ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

MAS

MEDIDAS ACCIONES SOLUCIONES

SEGURIDAD HÍDRICA

Claudia Golleguillos. Sistema de Tratamiento pasivo Biotreat®

Gerardo Díaz, Petorca

Coordinadores de la iniciativa

Financistas de la iniciativa

TRANSICIÓN HÍDRICA: EL FUTURO DEL AGUA EN CHILE
Portafolio de Medidas, Acciones y Soluciones
MAS Seguridad Hídrica
Chile, Junio 2019
ISBN: 978-956-8200-51-0

Expertos que apoyaron el desarrollo de los diferentes componentes de la Transición Hídrica:

- Javier Vitale, Universidad Nacional de Cuyo – Argentina
- Patricia Puebla, Universidad Nacional de Cuyo – Argentina
- Mauro Nalesso, Banco Interamericano de Desarrollo – Estados Unidos
- Jorge Ducci, Banco Interamericano de Desarrollo – Chile
- Pedro Coli, Banco Interamericano de Desarrollo – Estados Unidos
- Efraín Rueda, Consultor Banco Interamericano de Desarrollo - Estados Unidos
- Eduardo Bustos, Centro Cambio Global UC
- Alejandra Figueroa, Consultor experto en evaluación ambiental
- Simón Bruna, Consultor experto en evaluación ambiental
- Humberto Peña, Consultor experto en evaluación regulatoria e institucional
- Daniela Duhart, Consultor experto en evaluación regulatoria e institucional
- Lorena Herrera, Consultor experto en evaluación social
- Jacobo Homsi, Consultor experto en evaluación económica
- Eugenio Soto, Consultor experto en evaluación económica

Profesionales que colaboraron:

- Valentina Cárdenas, Ingeniero Ambiental
- Paola Díaz, Ingeniero Civil Industrial
- Camila Romero, Ingeniero Ambiental

Equipo Edición de Contenidos:

- Alejandro Jadresic, Fundación Chile
- Marcos Kulka, Fundación Chile
- Andrés Pesce, Fundación Chile
- Diego Luna, Fundación Futuro Latinoamericano
- Ulrike Broschek, Fundación Chile
- Claudia Galleguillos, Fundación Chile
- Paola Matus, Fundación Chile
- Débora Gomberoff, Fundación Chile
- Anahí Ocampo, Fundación Chile
- María José Gómez, Fundación Chile
- Martín Fuentes, Fundación Chile
- Adriana López, Fundación Chile
- Jorge Alarcón, Fundación Chile
- Gabriel Caldés, Consultor Fundación Chile

Comunicaciones y Marketing:

- Katherine Noack, Fundación Chile
- Macarena León, Fundación Chile
- Loreto Velázquez, Fundación Chile
- Catalina Besio, Fundación Chile
- Mauricio Becerra, Fundación Chile
- Paula Larraín, Fundación Chile
- Erika López, Fundación Chile

Edición General:
Consuelo Fernández

Diseño y Diagramación
Verónica Zurita V.
Micaela Moles
Mauricio Becerra

Impresión:
Imprenta Fyrma Gráfica Ltda.

La impresión de este portafolio contó con el apoyo de:

el agua nos une
SuizAgua América Latina

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Embajada de Suiza en Chile

Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE

EH2030 cuenta con el apoyo del AquaFund, principal fondo de financiamiento temático del BID para agua y saneamiento, creado en el 2008. El AquaFund es financiado con recursos propios del BID y de socios donantes como el Gobierno de Austria, la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), la Fundación PepsiCo y la Cooperación Suiza a través de su Agencia para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y el Secretariado de Estado para Asuntos Económicos (SECO).

Publicación sin fines comerciales. Reservados todos los derechos. Queda autorizada su reproducción y distribución con previa autorización y citando fuente como: “Escenarios Hídricos 2030-EH2030. (2019). Transición Hídrica: El Futuro del Agua en Chile. Fundación Chile, Santiago, Chile”.

Consideraciones:
Los contenidos de esta publicación son el resultado de un proceso de diálogo, construcción colectiva y acuerdos básicos con los participantes de Escenarios Hídricos 2030, iniciativa que tiene por propósito impulsar la seguridad hídrica y sustentabilidad del recurso en Chile. Sin embargo no se representa, ni se pretenden reflejar la opinión y/o visión individual de las instituciones participantes, sino presentar la información surgida desde el proceso. Tampoco se representa necesariamente la posición de las organizaciones que forman parte del Comité Ejecutivo. La sistematización de este proceso estuvo a cargo del equipo de edición de contenidos, conformado por Fundación Chile y Fundación Futuro Latinoamericano.

Nota:
1. La Confederación de Canalistas de Chile no suscribe el presente documento por no estar de acuerdo con la metodología utilizada en el proceso y sus resultados, particularmente en lo referido a los árboles de problemas en las cuencas y las soluciones propuestas.
2. La Sociedad Nacional de Agricultura participa de la iniciativa EH2030, pero no suscribe el presente documento.

GOBERNANZA ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 PARA EL DESARROLLO DE ESTA PUBLICACIÓN

Coordinación y facilitación

Comité Ejecutivo

CHILE LO HACEMOS TODOS

·Ministerio de Obras Públicas
·Ministerio del Medio Ambiente
·Ministerio de Agricultura
·Dirección General de Aguas

Comité Técnico

CHILE LO HACEMOS TODOS

·Instituto Nacional de Hidráulica
·Dirección de Obras Hidráulicas
·Dirección General de Aguas

Especialistas temáticos invitados

Grupo Construcción de Escenarios

CHILE LO HACEMOS TODOS

·Ministerio de Obras Públicas
·Ministerio del Medio Ambiente
·Ministerio de Minería
·Ministerio de Energía
·Ministerio de Hacienda
·Ministerio del Interior y Seguridad Pública
·Ministerio de Agricultura
·Dirección General de Aguas
·Dirección de Obras Hidráulicas
·Instituto Nacional de Hidráulica
·Comisión Nacional de Riego
·Instituto de Desarrollo Agropecuario
·Comisión Chilena del Cobre
·Superintendencia de Servicios Sanitarios
·Servicio Nacional de Geología y Minería
·Corporación Nacional Forestal

Nota: Si bien la Sociedad Nacional de Agricultura (SNA) participó del proceso, en el Comité Ejecutivo, Grupo Construcción de Escenarios y mesas de trabajo de las cuencas de Aconcagua, Maipo y Maule, dicha institución no suscribe la presente publicación. Sin perjuicio de lo anterior, la SNA ha confirmado su permanencia en la iniciativa.

I N D I C E

INTRODUCCIÓN 12
DESCRIPCIÓN DE FICHAS 14
METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LAS MAS 18
SIGLAS 20
AGRADECIMIENTOS 21

GESTIÓN E INSTITUCIONALIDAD DEL AGUA 25

F1. Plan Nacional de recursos hídricos y estructura institucional para su aplicación efectiva 27
F2. Planes de Gestión Integrada de Recursos Hídricos a Nivel de Cuenca y Organismos de Cuenca 29
F3. Educación, Cultura e Información sobre el agua 30
F4. Sistema nacional de monitoreo, información e investigación hídrica 31
F5. Ordenamiento territorial para una mejor gestión hídrica 33
F6. Marco regulatorio de las empresas sanitarias e inserción en la cuenca 34
F7. Fomento al riego en un marco de gestión integrada de los recursos hídricos 35
F8. Mejora y complemento de la normativa ambiental 36
F9. Desarrollo de un papel municipal activo en el tema hídrico 37

01. Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) 38
02. Derecho Humano al agua 41
03. Reservas y áreas de protección de recursos hídricos 44
04. Incentivos para la recarga e infiltración de acuíferos 47
05. Mejoramiento del caudal ecológico como instrumento de gestión 50
06. Incentivos para eficiencia y uso sustentable del agua en los sectores productivos 53
07. Incentivos para eficiencia y uso sustentable del agua en el sector residencial 56
08. Entidad dirimente, independiente y permanente para fijación de tarifas en agua potable y saneamiento 60
09. Contratos de opción de volúmenes de agua 61
10. Bancos de agua 63
11. Fondos de agua 65
12. Pago por servicios ecosistémicos y acuerdos recíprocos de agua 67
13. Seguros agrícolas 69
14. Competencias de innovación en el tema hídrico 71
15. Financiamiento comunitario a soluciones hídricas o crowdfunding 73
16. SWAP de fuentes de abastecimiento de agua 75
17. Coordinación y fortalecimiento de Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUAs) 76
18. Sistema nacional integrado de información del agua 79
19. Acuerdo Voluntario de Gestión de Cuencas (AVGC) 82
20. Estándar Internacional para la Gestión Sostenible del agua 84
21. Análisis de la huella hídrica 86
22. ISO 14.046 Huella de agua 88
23. Economía circular del agua 90
24. Responsabilidad Social Empresarial (RSE) 92
25. Responsabilidad Social Empresarial en Agua (RSEAgua) 94
26. Campañas educativas en el uso eficiente del agua 96
27. Filtro de riesgo hídrico (water risk filter) 98
28. Plataforma de alerta temprana ante eventos extremos 99

29. Sistema de difusión de información satelital para un riego inteligente 101
30. Modelo 'benchmarking' para complementar las tarifas de agua potable y saneamiento 103
31. Monitoreo y modelización participativa 105
32. Monitoreo remoto o teledetección de cuencas 108
33. Fiscalización ciudadana o guardianes del medio ambiente 111
34. Sensores para medición de calidad y cantidad de forma remota 112
35. Monitoreo de parámetros físico-químicos del agua 114
36. Monitoreo de aspectos químicos del agua 116
37. Monitoreo de aspectos microbiológicos en agua 118
38. Caudalímetros mecánicos para tuberías 120
39. Otros medidores de caudal volumétrico para tuberías 122
40. Monitoreo de flujo bajo elementos primarios 124
41. Método altura piezométrica para medición de caudales superficiales 126
42. Método químico para medición de caudales 128
43. Método óptico para la medición de caudal en ríos o canales 130
44. Método área-velocidad para medición de caudales 132
45. Sensor de nivel mediante tecnología radar 135
46. Sondas de calidad para aguas subterráneas 137
47. Pozómetros para medir el nivel de las aguas subterráneas 139
48. Mapeo de redes subterráneas con tecnología electromagnética 141
49. Análisis del estado ecológico de cuerpos de agua 142
50. Estimación de la recarga del acuífero – método WETSPASS 144

CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE NUESTROS ECOSISTEMAS HÍDRICOS 147

51. Recuperación y conservación de humedales naturales 149
52. Recuperación y conservación de estuarios 152
53. Recuperación de riberas de ríos para mejorar servicios ecosistémicos 155
54. Recuperación y conservación de ríos 157
55. Reconexión de cauces con llanuras de inundación 159
56. Reforestación y forestación de cuencas para disminución de riesgo de desastres 161
57. Recuperación y conservación de bofedales 163
58. Recuperación y conservación de turberas 165
59. Tecnosoles para recuperación de humedales 167
60. Mallas y lonas de poliuretano para protección de glaciares 169
61. Cal para cubrimiento de rocas y protección de glaciares 171
62. Barreras de contención para retardar derretimiento de glaciares 173
63. Infiltración para recarga de acuíferos por gravedad y en lecho de río 175
64. Infiltración para recarga de acuíferos por presión 178
65. Pavimentos permeables 181
66. Plazas de agua para recolección de agua lluvia 183
67. Sistema tradicional de captación y almacenamiento de aguas lluvias (Cochas/Qochas/Jagüeyes) 185
68. Sistema tradicional para recarga superficial de acuíferos (Amunas) 187
69. Bordos superficiales para disminuir la escorrentía (Jollas) 189
70. Zanjas de infiltración para recolección y almacenamiento de agua lluvia 191
71. Jardines de lluvia para recolección de agua de escorrentía 193

EFICIENCIA Y USO ESTRATÉGICO DEL RECURSO HÍDRICO 195

72. Red de alcantarillado al vacío 197
73. Conducción cerrada de agua 199
74. Sistema de conducción de agua con energías renovables 201
75. Mejoramiento y reconstrucción de canales de regadío para evitar pérdidas por infiltración 203
76. Manta de hormigón impermeable para la pérdida por infiltración en el terreno 205
77. Embalse para acumulación de aguas 207
78. Estanque flexible para acumulación multiuso 209
79. Estanques modulares de fibra de vidrio para almacenamiento de agua 211
80. Represa inflable de membrana para acumulación de agua 213
81. Celdas de polipropileno para la gestión de agua lluvia en forma de drenes 215
82. Cámaras ADS StormTech® para el control del agua pluvial 217
83. Esferas para evitar evaporación de estanques expuestos 219
84. Camión hidrojet para limpieza de cañerías 221
85. Tecnología Line Stop - Hot Tap para la mantención de tuberías 223
86. Sistema robótico para el mantenimiento y reparación en tuberías 225
87. Reparación para redes de agua con elastómeros 227
88. Bomba presurizadora para mantener la presión en redes de agua 229
89. Detección de fugas de aguas por sistema electroacústico (Geófono) 231
90. Uso de imágenes satelitales para la detección de fugas de agua 233
91. Cámara termográfica para la detección de fugas de agua 235
92. Gas trazador para búsqueda de fugas de agua 237
93. Videoscopio y endoscopio para la detección de fugas de agua 239
94. Sistemas de riego para la optimización del consumo de agua en la agricultura 241
95. Agricultura de precisión con técnicas de riego deficitario controlado 243
96. Automatización del riego en agricultura 245
97. Tecnologías de control inteligente para infraestructura hídrica 248
98. Riego subterráneo 250
99. Cobertura de techos para retener humedad en cultivos 252
100. Invernaderos convencionales 254
101. Recambio varietal a cultivos de menor requerimiento hídrico 256
102. Reconversión agrícola a cultivos de menor requerimiento hídrico 258
103. Cultivos hidropónicos y aeropónicos 260
104. Agricultura vertical en invernaderos 262
105. Permacultura para la producción agrícola 264
106. Paisajismo xérico o de bajo requerimiento hídrico 266
107. Cambio a vegetación nativa de menor requerimiento hídrico en áreas verdes urbanas 268
108. Sistema de recirculación acuícola (RAS) 270
109. Agroforestería 272
110. Agricultura Sintrópica 274
111. Relaves espesados, filtrados y en pasta para reducción de consumo de agua en minería 276
112. Mulch para retener humedad en el suelo 278
113. Labranza de conservación mínima o cero 280
114. Cultivo de contorno para reducir evaporación de humedad del suelo 282
115. Sistema tradicional de camellones para cultivo en zonas anegadas 284
116. Humesuelo® para menor uso de agua de riego 286
117. Hidrogel en raíces para reducir el uso de agua en el riego 288
118. Aluminosilicato hidratado de calcio y sodio (Flobond®) para retardar percolación del agua en el suelo 290

119. Dispositivos de control de temperatura para eficiencia en el consumo de agua caliente 292
120. Aplicaciones móviles para la gestión eficiente de consumo de agua domiciliario 294
121. Monitoreo de presión al interior de las redes para controlar pérdidas y consumo (WES®) 296
122. Estanque y lavamanos unificado para disminuir el consumo de agua 298
123. Sistemas sanitarios de menor requerimiento hídrico 300
124. Sistemas de ahorro en griferías y mangueras 302
125. Plasma de Peróxido de Hidrógeno para esterilización en hospitales 304
126. Detergente de ropa sin enjuague 306
127. Detergente para lavado de automóviles en seco 308
128. Jabón espuma para lavado de manos 310
129. Baño compostero para reducción en consumo de agua 312
130. Tippy Tap® para reutilización de aguas grises en vegetación 314

MIGRACIÓN E INCORPORACIÓN DE NUEVAS FUENTES DE AGUA 317

131. Matriz unificada de distribución de agua 319
132. Trasvase de largas distancias tipo "carretera hídrica" 321
133. Trasvase por mar o "proyecto Aquatacama" 323
134. Trasvase entre cuenca 325
135. Captación de aguas lluvias en techos 327
136. Techos verdes para recolección de agua lluvia 329
137. Bolsas flotantes marinas para el transporte de agua 331
138. Generador de agua potable por condensación de vapor atmosférico (FreshWater®) 333
139. Sistema atrapaniebla 335
140. Siembra de nubes 337
141. Desalación mediante osmosis inversa 339
142. Desalación mediante osmosis inversa producida con energía renovable 341
143. Nanofiltración (NF) para pre-tratamiento en purificación de agua de mar 344
144. Desalinización mediante sistema Electrodiálisis (ED) 346
145. Desalación por compresión de vapor 348
146. Ultrafiltración (UF) como pre-tratamiento para desalación 350
147. Desalación por destilación de múltiple efecto (MED) 352
148. Desalación por destilación súbita (Flash MSF) 354
149. Desalinización mediante cristalización 356
150. Microfiltración (MF) 358
151. Osmosis forzada (Forward Osmosis) 360
152. Destilación solar 362
153. Reúso de aguas residuales urbanas en emisarios submarinos 364
154. Reutilización agua residual rural 366
155. Humedal artificial superficial 368
156. Humedal artificial subsuperficial 370
157. Equipo de saneamiento descentralizado y reutilización de Aguas Grises (Sneek) 373
158. Lagunas aireadas para tratamiento de aguas servidas 375
159. Lagunas facultativas para el tratamiento de aguas servidas 377
160. Equipo de tratamiento de aguas grises del hogar (Grey Flows PS®) 379
161. Biorreactor de membrana (MBR) para el tratamiento de aguas residuales e industriales 381
162. Biorreactor de lecho móvil (MBBR) para tratamiento de aguas residuales 383
163. Reactor aerobio de lecho fijo sumergible (RALFS) para tratamiento de aguas residuales 385
164. Lombrifiltro para tratamiento de aguas servidas 387
165. Biofiltros para tratamientos de aguas servidas 389

166. Reactores Biológicos Secuenciales (SBR) para tratamiento de aguas servidas 391
167. Tratamiento con lodos activados para su aplicación en aguas servidas 393
168. Lodos Activados en Cultivo Fijo (Fixed-Bed Biofilm Activated Sludge - FBAS) 395
169. Reactor anaerobio para tratamiento de aguas residuales 397
170. Reactor anaerobio de flujo ascendente y manto de lodos (UASB) 399
171. Biodiscos (CBR) para tratamiento de aguas servidas 401
172. Tratamientos biológicos de compuestos con nitrógeno 403
173. Tratamiento biológico de fósforo 405
174. Tratamiento de agua residual mediante sistema Enviro-septic 407
175. Sistema ultrasónico para control de floraciones de algas 409
176. Lodo granular aerobio para el tratamiento de aguas residuales (NEREDA®) 411
177. Enzimas para la digestión de materia orgánica en el agua 413
178. Coagulación y floculación para tratamiento de aguas residuales 415
179. Oxidación química tradicional (procesos de oxidación directa) 417
180. Oxidación total para el tratamiento de aguas residuales grises 419
181. Procesos de oxidación avanzada (POAs) 421
182. Electro-oxidación para tratamiento de RILES 423
183. Extracción por solvente (SX) para tratamiento de RILES 425
184. Oxidación con aire húmedo (OAH) para tratar RILES 427
185. Sistema de abatimiento de Boro (ABAR) 429
186. Adsorción de metales pesados en aguas residuales 431
187. Adsorción de iones metálicos nocivos 433
188. Bioadsorción de metales pesados en aguas residuales 435
189. Extractores por arrastre de aire (Air Stripping) para la remoción de COV en aguas residuales 437
190. Intercambio Iónico con resinas selectivas 439
191. Membrana de cerámica para filtración, pretratamiento y reciclaje de agua 441
192. Osmosis inversa con membranas de canal abierto para el tratamiento de lixiviados y percolados generados en rellenos sanitarios 443
193. Trampa de aceites y grasas con adición de insumos biológicos como pre-tratamiento para aguas residuales 445
194. Sistema de flotación por aire disuelto (DAF) para la separación de residuos sólidos suspendidos en el agua 447
195. Bekosplit separador impurezas orgánicas no hidrosolubles 449
196. Filtros coalescentes para separar hidrocarburos del agua 451
197. Sistema de filtración skimmer para eliminar hidrocarburos y derivados 453
198. Filtros biológicos percoladores (FBP) para el tratamiento de agua residual 455
199. Evaporador al vacío para tratamiento de agua residual 457
200. Zeolitas activadas y modificadas para el tratamiento de efluentes industriales 459
201. Filtración por cartuchos 461
202. Filtro rápido de arena (FRA) para tratar Fe-Mn 463
203. Filtro de bioarena 465
204. Filtro de arena a presión 467
205. Filtros de malla autolimpiante 469
206. Filtros con resina Intercambio Iónico para retención de sales 471
207. Filtro de plata coloidal 473
208. Barco con microburbujas para remediación de cuerpos de agua 475
209. Purificación de agua con tecnología de plasma 477
210. Filtro de ozono y luz ultravioleta para depuración de aguas lluvia 479
211. Decloración para aguas residuales previa a descarga 481
212. Tabletas para purificación de agua en situaciones de desastre 483

Claudio Salas, Simtech, Desaladora Chanavayita

INTRODUCCIÓN

Frente a la creciente escasez hídrica y la necesidad de seguir desarrollando nuestro país, Escenarios Hídricos 2030 propone una Transición Hídrica para alcanzar la seguridad y sustentabilidad del vital recurso al año 2050, a través de Medidas, Acciones y Soluciones (MAS) que aborden la demanda, oferta, gestión e institucionalidad del agua para habilitar un desarrollo económico, social y ambiental, sostenible, basado en recursos hídricos suficientes en calidad y cantidad.

A partir de las diferentes visiones levantadas del conjunto de actores a lo largo del proceso de trabajo de la iniciativa, que considera fundamental una mirada sistémica en el territorio, donde se valora a todos los usuarios del agua en un desarrollo armónico y virtuoso, se propone construir el camino hacia la Transición Hídrica a través de cuatro ejes de acción paralela y sinérgicos entre sí:

1. **Gestión e institucionalidad del agua**
2. **Conservación y protección de nuestros ecosistemas hídricos**
3. **Eficiencia y uso estratégico del recurso hídrico**
4. **Migración e incorporación de nuevas fuentes de agua**

En este contexto, se ha desarrollado un portafolio con un espectro de MAS tecnológicas, ingenieriles, prácticas ancestrales, acciones de conservación y de gestión del recurso, para cada uno de los cuatro ejes, descritas en un total de 212 fichas que proporcionan información base, las que permiten al lector conocer más sobre las diversas opciones existentes para reducir la Brecha Hídrica y mitigar el Riesgo Hídrico en los territorios.

El objetivo de este levantamiento es mostrar la existencia de un amplio abanico de opciones para aplicación en distintas escalas, sectores y usuarios del recurso. Cabe señalar que este trabajo representa un primer esfuerzo para avanzar hacia la identificación de oportunidades para reducir Brecha Hídrica pudiendo existir muchas alternativas adicionales que debido al alcance del trabajo no pudieron ser incluidas en el presente portafolio. La invitación es entonces a seguir sumando soluciones y profundizar en el análisis de cada una con el fin de avanzar hacia su potencial implementación.

ESTRUCTURA DEL PORTAFOLIO

El presente portafolio puede ser utilizado por cualquier persona, tomador de decisión e incluso por un usuario residencial que quiere identificar soluciones a problemas específicos en la gestión del agua. El portafolio contiene medidas, acciones y soluciones clasificadas e identificadas en diferentes colores: 1. Gestión e institucionalidad del agua (en color azul), 2. Conservación y protección de ecosistemas hídricos (en color verde), 3. Eficiencia y uso estratégico del recurso hídrico (en color naranjo) y 4. Migración e incorporación de nuevas fuentes de agua (en color violeta).

A continuación, se presenta la descripción de cada nivel que conforma la estructura del portafolio:

EJES DE LA TRANSICIÓN HÍDRICA

Se refiere a los mecanismos institucionales, legales, educacionales y financieros que permiten la gestión del agua, la colaboración y coordinación de las intervenciones sobre el recurso hídrico de parte de los usuarios, organismos públicos, instituciones privadas y fiscalizadoras del recurso. En esta sección también se incluye la recolección, análisis y difusión de información sobre el recurso hídrico y ecosistemas asociados, que permita mejorar su gestión. Esta sección se clasifica bajo los siguientes temas:

- Fichas fundamentales
- Mecanismos legales
- Mecanismos institucionales
- Mecanismos financieros
- Educacional
- Plataformas de difusión
- Monitoreo y teledetección

Son medidas para proteger los ecosistemas que son fuente de agua actual y futura, además de los ecosistemas asociados a ellos que permiten su funcionamiento. Esta sección se clasifica bajo los siguientes temas:

- Restauración
- Conservación
- Recarga e infiltración de acuíferos

Se presentan las medidas, acciones o soluciones que se pueden aplicar a la demanda de agua para tender a una mayor eficiencia y uso responsable, logrando un equilibrio con la oferta disponible. Estas medidas están enfocadas en reducir las pérdidas de agua una vez captadas y la reducción del uso del agua. Esta sección se clasifica bajo los siguientes temas:

- Optimización de la conducción, almacenamiento y distribución
- Optimización del uso de agua
- Cambio de proceso
- Tecnificación y automatización

Son medidas, acciones y soluciones para aumentar la oferta de agua disponible para las actividades económicas, productivas y humanas. Esta sección se clasifica bajo los siguientes temas:

- Trasvase
- Captación o cosecha atmosférica
- Desalación
- Tratamiento y uso

DESCRIPCIÓN DE FICHAS

Cada ficha contiende íconos y términos para sintetizar la información respecto a cada MAS, los cuales se describen a continuación:

OBJETIVO QUE ABORDA:

	CAPTAR: Volumen de agua dulce superficial y/o subterránea extraída de fuentes naturales para ser utilizada por diferentes usuarios. En algunos casos, también se considera el agua atmosférica.
	TRASVASAR: Obras hidráulicas que permiten trasladar agua de una zona geográfica a otra mediante sistemas de conducción.
	REGULAR: Referido al servicio ecosistémico de gestionar el exceso de agua y eventos extremos.
	OPTIMIZAR: Referido a reducir el uso o pérdida de agua.
	RECARGAR: Métodos naturales y artificiales que permiten infiltrar agua en los acuíferos.
	ALMACENAR: Mecanismos para guardar temporalmente el agua para su posterior aprovechamiento.
	TRATAR: Operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico para la eliminación o reducción de contaminantes o parámetros no deseables de las aguas.
	MONITOREAR: Corresponde a la recolección, análisis y difusión de información sobre el recurso y ecosistemas asociados.
	REUSAR: Aprovechamiento de un recurso hídrico previamente utilizado en alguna actividad después de someterlo a un tratamiento.
	GESTIONAR: Se refiere a los mecanismos e instrumentos normativos, institucionales y financieros para una mejor gestión de intervenciones y coordinación entre usuarios, instituciones públicas, privadas y fiscalizadores del recurso hídrico.
	CONSERVAR: Es el uso y aprovechamiento racional o la reparación, en su caso, de los componentes del medio ambiente, especialmente aquellos propios del país que sean únicos, escasos o representativos, con el objeto de asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración (Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente, Chile).

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

SECTOR DE APLICACIÓN:

TODOS LOS SECTORES

	INDUSTRIAL: medidas que puedan ser aplicadas dentro de los procesos productivos de distintas industrias (textil, agroindustria, maderera, etc.)
	FORESTAL: medidas aplicables a las plantaciones forestales como sector productivo.
	MINERÍA: medidas para los procesos de exploración, explotación y cierre de minas.
	AGRÍCOLA: medidas aplicables a las zonas agrícolas durante la producción de los alimentos y productos agrícolas.
	PECUARIO: medidas aplicables a la cría de ganado del tipo ovino, avícola, vacuno y otros.
	AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO: medidas para los procesos de obtención, suministro, conducción y tratamiento de las aguas para uso humano.
	SERVICIOS: todos los otros sectores que no sean necesariamente productivos, como hospitalario, transporte, comercial, etc.
	ÁREAS VERDES: referido al uso de agua en parques y zonas verdes en las áreas urbanas.
	MEDIO AMBIENTE: medidas para las zonas de conservación o recuperación que cumplen funciones de provisión de servicios ecosistémicos fuera de un proceso productivo.

TIPO DE SOLUCIÓN:

	INFRAESTRUCTURA: medidas que implican una construcción física y que ocupan una superficie de suelo, por ejemplo, embalses, lagunas de tratamiento, etc.
	TECNOLOGÍA: dispositivos de pequeño tamaño, cambios tecnológicos o innovación en los procesos, como por ejemplo aireador en grifería, conexión lavamanos-estanque, entre otros. Si esta tecnología requiere una infraestructura de tamaño o superficie considerable, es clasificada como infraestructura.
	GESTIÓN: medidas que implican cambios en el manejo organizacional, coordinación institucional, establecimiento de normativa, etc., como, por ejemplo, fomento al uso sustentable del agua en el sector productivo.
	EDUCACIONAL: medidas que apuntan a un cambio de comportamiento en un grupo de personas a través de por ejemplo: campañas, publicidad, premios u otros.
	ECONÓMICAS: medidas que buscan generar un impacto o cambio en la gestión a través de estímulos o sanciones económicas.
	INFRAESTRUCTURA VERDE: medidas que se basan en un manejo natural del entorno y aprovechamiento de los procesos naturales en el ecosistema para una mejor gestión del recurso hídrico. Son acciones y soluciones que fomentan la conservación o recuperación de sistemas naturales con un deliberado y consciente esfuerzo para utilizar la provisión de servicios ecosistémicos para proporcionar la gestión primaria del agua, así como una amplia gama de co-beneficios secundarios usando un enfoque más holístico.
	PRÁCTICAS ANCESTRALES: son conocimientos y prácticas desarrolladas por comunidades locales a través del tiempo y por generaciones para comprender y manejar sus propios ambientes locales con el fin de incrementar la resiliencia de su entorno natural y en este caso referidas a la gestión del agua.

ESCALA DE APLICACIÓN:

	RESIDENCIAL: medidas para la gestión del agua dentro del hogar/empresa o en un conjunto de viviendas que pueden incluso llegar a ser implementadas en una comunidad o ciudad.
	PROCESO INDUSTRIAL: medidas para aplicación en procesos productivos o industriales.
	CUENCA: referido a medidas que impactan el funcionamiento hídrico de un curso de agua, una cuenca hidrográfica o zona intermedia.
	NACIONAL: medidas que se implementan o impactan fuera de los límites de una cuenca, por ejemplo, cambios de comportamiento en la sociedad, normativas o trasvases entre cuencas.

TÉRMINOS:

• **Descripción**: Explicación resumida del objetivo o función de la medida, acción o solución, así como de su funcionamiento.

• **Beneficios**: Descripción de las principales ventajas de la medida para solucionar el problema. Incluye en algunos casos las externalidades o resultados indirectos de la medida que sean positivos.

• **Condiciones técnicas de operación**: aspectos técnicos y condiciones físicas del lugar que deben ser considerados para el correcto uso de la medida, acción o solución, por ejemplo, pendientes máximas, necesidad de conexión a internet, entre otras .

• **Casos de aplicación**: Ejemplos de sitios donde se haya implementado la medida y los resultados obtenidos.

• **Impacto ambiental**: descripción y evaluación cualitativa de los potenciales impactos positivos y negativos de las medidas, acciones y soluciones en el ecosistema hídrico clasificadas en impacto bajo, medio o alto. La evaluación considera análisis de alteración de la biodiversidad y eficiencia en el uso del recurso hídrico, dentro de cada cual se evaluaron otros aspectos como impacto en la relación vegetación-suelo, fauna hidrobiológica y terrestre y alteración hídrica en cantidad y calidad (ver metodología para mayor información).

• **Impacto social**: descripción cualitativa y evaluación de los potenciales impactos negativos de las medidas, acciones y soluciones sobre el ecosistema socioeconómico clasificadas en impacto bajo, neutro o alto. El análisis integra criterios de beneficios sociales en cuanto a la recuperación de agua, costos sociales relativos al costo de adquisición de la solución, externalidades positivas producidas (por ejemplo: recuperación de fauna) y negativas (por ejemplo: desechos contaminantes al fin de la vida útil de la medida). Adicionalmente, se identifican posibles conflictos sociales que podría generar cada medida (ver metodología para mayor información).

Se han podido identificar múltiples beneficios de las medidas, acciones y soluciones contenidas en este portafolio. Adicionalmente, han sido muy bien evaluadas desde la perspectiva de las externalidades sociales, impacto ambiental y condiciones habilitadoras, como normativas, institucionalidad y programas de financiamiento existentes para su desarrollo.

• **Condiciones legales e institucionales**: Son las condiciones del entorno que facilitan o retardan la implementación de las MAS y que incluyen el análisis de los mecanismos financieros, aspectos normativos, institucionales y de coordinación (gobernanza), así como los mecanismos para inducción de comportamiento. Estos factores se traducen en un análisis de los tiempos de implementación clasificadas en corto, mediano y largo plazo (ver metodología para mayor información).

• **Costos referenciales**: la sección costos corresponde a una estimación referencial del CAPEX (gastos de capital) y OPEX (gastos operativos) de la medida a una escala y dimensión establecida para efectos del cálculo con información de costos reales de las mismas medidas implementadas en territorio chileno. Para otras medidas se proporcionan costos referenciales de proveedores nacionales, internacionales o de casos de aplicación reales que puedan dar mayor información al lector.

• **Información de contacto**: Listado de empresas proveedoras de la tecnología en Chile o en el exterior, así como personas y organizaciones expertas en el tema en el caso de otro tipo de medidas.

• **Referencias y mayor información**: Documentos y sitios web donde encontrar más información de la medida.

METODOLOGÍA de análisis de las MAS

ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

Aquí se presenta una descripción y evaluación cualitativa y general de los potenciales impactos **positivos y negativos** de las MAS en el medio ambiente, jerarquizados en **bajo, medio o alto**. El análisis fue desarrollado por un equipo especialista en base a experiencia práctica, guías o publicaciones técnicas de organismos nacionales o internacionales y evidencia técnica sobre el desempeño de determinada medida en distintas condiciones. En ese sentido, se consideraron en la evaluación los criterios de alteración de la biodiversidad y eficiencia en el uso del recurso hídrico y para cada uno, se evaluaron otros aspectos como impacto en la relación vegetación-suelo, fauna hidrobiológica y terrestre y alteración hídrica en cantidad y calidad. El impacto ambiental positivo se entiende como un aporte, mientras el impacto ambiental negativo es entendido como complejidad ambiental que debe mitigarse o compensarse una vez se quiera implementar la MAS en el territorio. Para mayor información sobre la metodología desarrollada y los análisis de resultados ver Anexo Informe de Expertos.
https://www.escenarioshidricos.cl/multimedia/

- Impacto ambiental negativo bajo
- Impacto ambiental negativo medio
- Impacto ambiental negativo alto
- Impacto ambiental positivo bajo
- Impacto ambiental positivo medio
- Impacto ambiental positivo alto

ANÁLISIS DE IMPACTO SOCIAL

Aquí se presenta una descripción cualitativa y general de los potenciales impactos **negativos** de las MAS en los aspectos socioeconómicos del territorio, jerarquizados en **bajo, medio o alto**. El análisis fue desarrollado por un equipo especialista en base a experiencia práctica, guías o publicaciones técnicas de organismos nacionales o internacionales y evidencia técnica sobre el desempeño de determinada medida. Estas evaluaciones se hicieron en base a las características técnicas- con base científica- de cada una de las soluciones, independiente de la cuenca donde sean implementadas. Entre los criterios utilizados se encuentran:
(I) **Beneficios sociales**, identificados por dos conceptos: ahorro o liberación de recursos escasos y aumento del consumo del bien o servicio que se produzca;
(II) **Costos sociales**, relacionados con el aumento del consumo de insumos necesarios para producir los beneficios sociales;
(III) **Externalidades positivas y negativas** definidas como decisiones que, no siendo tomadas por los afectados, afectan la función de utilidad de un individuo, un conjunto de ellos y/o un territorio;
(IV) **Conflictos sociales** que podría generar cada medida, definidos como falta de acuerdo persistente en el tiempo, afectación a un grupo grande de individuos o confrontación entre varios grupos sociales. Para mayor información sobre la metodología desarrollada y los análisis de resultados ver Anexo Informe de Expertos.
https://www.escenarioshidricos.cl/multimedia/

- Impacto social negativo bajo
- Impacto social negativo medio
- Impacto social negativo alto

COSTOS REFERENCIALES

La sección costos corresponde a una estimación aproximada en algunos casos del CAPEX (gastos de capital) y del OPEX (gastos operativos) de la medida a una escala, condiciones de operación y dimensiones establecidas para efectos del cálculo, con información de costos reales de las mismas medidas implementadas en territorio chileno y en otros casos de algunas experiencias internacionales. Para mayor información sobre la metodología desarrollada y los análisis de resultados ver Anexo Informe de Expertos. https://www.escenarioshidricos.cl/multimedia/

CONDICIONES LEGALES E INSTITUCIONALES

Son las condiciones del entorno que pueden facilitar o retardar la implementación de las MAS, entre las cuales se encuentran los mecanismos financieros, los temas legales, institucionales y de coordinación (gobernanza), así como los mecanismos para inducción de comportamiento (Peña, 2019. Para EH2030, 2019). Para el análisis de las condiciones legales e institucionales es necesario distinguir los siguientes aspectos:

• El entorno que de acuerdo con la naturaleza propia de las MAS motivo de análisis, corresponde que sean implementadas por actores muy diversos, relacionados directa o indirectamente con el agua.

• La naturaleza de la limitación o facilidades, estas pueden ser normativas, legales, institucionales, financieras y de conocimiento.

• El nivel de las condiciones según se trate de factores estructurales, que afectan a un conjunto amplio de MAS, o de condiciones específicas y propias de una MAS en particular.

Para mayor información sobre la metodología desarrollada y los análisis de resultados ver Anexo Informe de Expertos. https://www.escenarioshidricos.cl/multimedia/

- Largo plazo de implementación
- Mediano plazo de implementación
- Corto plazo de implementación

*El análisis de externalidades indica que del total de MAS evaluadas un **80% posee un impacto social bajo**, mientras el **84% genera un aporte ambiental**, es decir, son iniciativas que contribuyen a la recuperación de vegetación, hábitat, especies endémicas y procesos hidrológicos, mejorando la calidad del agua y permitiendo la conservación del recurso.*

*El análisis de condiciones legales e institucionales indica que un **52% de las MAS** pueden ser implementadas en el **corto plazo y un 41% en un mediano plazo.***

SIGLAS

APR: Agua Potable Rural
BID: Banco Interamericano de Desarrollo
BM: Banco Mundial
CA: Código de Aguas de 1981
CAPEX: Capital Expenditure, costos de la inversión.
CASEB: Centro para Estudios Avanzados en Ecología y Biodiversidad
CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CH: Condiciones Habilitadoras
CHF: Condiciones Habilitadoras Fundamentales
CIREN: Centro de Información de Recursos Naturales
CMNUCC: Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNID: Consejo Nacional de Innovación y Competitividad
CNR: Comisión Nacional de Riego
COCHILCO: Comisión Chilena del Cobre
CODELCO: Corporación Nacional del Cobre
CONADI: Corporación Nacional de Desarrollo Indígena
CONAF: Corporación Nacional Forestal
CPA: Catastro Público de Aguas
DAA: Derechos de Aprovechamiento de Agua
DBO_5: Demanda Biológica de Oxígeno
DGA: Dirección General de Aguas
DIA: Declaración de Impacto Ambiental
DIRECTEMAR: Dirección Nacional de Territorio Marítimo y Marina Mercante
DOH: Dirección de Obras Hidráulicas
DQO: Demanda Química de Oxigeno
EH2030: Escenarios Hídricos 2030
EE: Energía Eléctrica
EE PTAM: Energía Eléctrica de la Planta de Tratamiento de Agua de Mar
EULA: Centro de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción
IEB: Instituto de Ecología y Biodiversidad
IICH: Instituto de Ingenieros de Chile
INDAP: Instituto de Desarrollo Agropecuario
INE: Instituto Nacional de Estadística
INH: Instituto Nacional de Hidráulica
INIA: Instituto de Investigaciones Agropecuarias
IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
LBGMA: Ley de Bases Generales sobre el Medio Ambiente
LGUC: Ley General de Urbanismo y Construcciones
MAS: Medidas, Acciones y Soluciones
MF: Microfiltración
MMA: Ministerio de Medio Ambiente
MINSAL: Ministerio de Salud
MINVU: Ministerio de Vivienda y Urbanismo
MOP: Ministerio de Obras Públicas
OCDE: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
ODEPA: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
OI: Osmosis Inversa
OF: Osmosis Forzada
ONG: Organización no Gubernamental
OUA: Organización de Usuarios de Agua
OPEX: Operating expenses, gastos operacionales
PEAP: Planta Elevadora de Agua Potable
PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PPQQ: Productos químicos
PTAS: Planta de tratamiento de aguas residuales
PTOI: Planta de tratamiento de Osmosis Inversa
RCA: Resolución de Calificación Ambiental
RILES: Residuos Industriales Líquidos
RM: Región Metropolitana
SAG: Servicio Agrícola Ganadero
SBAP: Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas
SEA: Servicio de Evaluación Ambiental
SEIA: Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SERNAGEOMIN: Servicio Nacional de Geología y Minería
SISS: Superintendencia de Servicios Sanitarios
SMA: Superintendencia de Medio Ambiente
SNIA: Sistema Nacional Integrado de Información del Agua
SONAMI: Sociedad Nacional de Minería
SST: Sólidos suspendidos totales
SUBDERE: Subsecretaría de Desarrollo Regional
UF: Ultrafiltración
UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
WWAP/ONU-Agua: Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos
ZPL: Zona de protección litoral

AGRADECIMIENTOS

Concretar la publicación **TRANSICIÓN HÍDRICA: EL FUTURO DEL AGUA EN CHILE** fue posible gracias al gran compromiso y contribución de representantes de diversas instituciones público-privadas y organizaciones ciudadanas que participaron del proceso Escenarios Hídricos 2030.

La iniciativa Escenarios Hídricos 2030 reconoce y agradece el aporte de cada una de las personas e instituciones que trabajaron activamente y que colaboraron en la construcción de esta publicación.

EH2030 agradece especialmente a las entidades financistas de la iniciativa, Banco Interamericano de Desarrollo y Zoma Capital, apoyo que ha sido fundamental para concretar el proceso y trabajo expuesto, tanto en la Radiografía del Agua: Brecha y Riesgo Hídrico en Chile como en la presente publicación.

MIEMBROS PARTICIPANTES DE ESCENARIOS HÍDRICOS 2030

Jorge Ducci (Banco Interamericano de Desarrollo), Oscar Cristi (Dirección General de Aguas), Juan José Donoso (Ministerio de Medio Ambiente), Alejandro Jadresic (Fundación Chile), Marcos Kulka (Fundación Chile), Diego Luna (Fundación Futuro Latinoamericano), Hernán Blanco (Fundación AVINA), Mónica Ríos (Ministerio de Obras Públicas), Ricardo Ariztía (Sociedad Nacional de Agricultura), Jessica López (Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios A.G.), Felipe Celedón (Sociedad Nacional de Minería), Claudio Seebach (Generadoras de Chile), Andrés Meneses (Ministerio de Agricultura), Javiera Hernández (Ministerio de Agricultura), Nicolás Ureta (Dirección General de Aguas), María Cristina Betancour (Sociedad Nacional de Minería), Carlos Gajardo (Sociedad Nacional de Minería), Francisco Donoso (Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios A.G.), Juan Pablo Matte (Sociedad Nacional de Agricultura), Jaime Espíndola (Generadoras de Chile), Sebastián Miller (Banco Interamericano de Desarrollo), Fernando Brito (Banco Interamericano de Desarrollo), Sebastián Bonelli (The Nature Conservancy), Francisca Bardi (The Nature Conservancy), Roque Sáenz (Tambo Roca), Claudia Farías (Tambo Roca), Carolina Bustamante (Fundación AMULEN), Rocío Espinoza (Fundación AMULEN), Andrea Osses (Dirección General de Aguas), María de la Luz Vásquez (Ministerio de Minería), Mario Pérez (Instituto de Desarrollo Agropecuario), José M. Urrutia (Instituto de Desarrollo Agropecuario), Karla González (Instituto Nacional de Hidráulica), Rodrigo Herrera (Instituto Nacional de Hidráulica), Enrique Galecio (Instituto Nacional de Hidráulica), Camila Montes (Comisión Chilena del Cobre), Cristian Cifuentes (Comisión Chilena del Cobre), Wilfredo Alfaro (Corporación Nacional Forestal), Pilar Cruz (Asociación de Municipalidades de Chile), Gabriel Zamorano (Superintendencia de Servicios Sanitarios), Rodrigo Farías (Superintendencia de Servicios Sanitarios), Gonzalo Aracena (Superintendencia de Servicios Sanitarios), Paula Díaz Palma (Ministerio de Medio Ambiente), Ivalú Astete (Ministerio de Medio Ambiente), Verónica Droppelmann (Ministerio de Medio Ambiente), Carolina Espinoza (Servicio Nacional de Geología y Minería), Luis López (Servicio Nacional de Geología y Minería), Nicole Cabrera (Servicio Nacional de Geología y Minería), Jaime Yáñez (Comisión Nacional de Riego), Mónica Rodríguez (Comisión Nacional de Riego), Rodrigo Pérez (Instituto de Desarrollo Agropecuario), Esteban Tohá (Ministerio de Energía), Carlos Olivares (Ministerio de Energía), Jorge Gómez (Generadoras de Chile), Orlando Acosta (Generadoras de Chile), Carlos Barría (Asociación Gremial de Pequeños y Medianos Generadores de Energía), Rafael Loyola (Asociación de Pequeñas y Medianas Centrales Hidroeléctricas), Gloria Alvarado (Federación Nacional de Agua Potable Rural), José Orellana (Federación Nacional de Agua Potable Rural), José Rivera (Federación Nacional de Agua Potable Rural), Guillermo Saavedra (Federación Nacional de Cooperativas de Servicios Sanitarios Ltda.), Carlos Berroeta (Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios A.G), Daniela Álvarez (Asociación Gremial de Productores de Cerdos de Chile), Renzo Boccanegra (Asociación Gremial de Productores de Cerdos de Chile), Francisco Albornoz (Fundación para el Desarrollo Frutícola), Benjamín Gramsch (Sociedad de Fomento Fabril), Francisco Gana (Sociedad Nacional de Agricultura), Juan Guillermo Jeldes (Sociedad Nacional de Agricultura), Fernando Peralta (Confederación de Canalistas de Chile), María de los Ángeles Villanueva (Confederación de Canalistas de Chile), Luis Jorquera (Confederación de Canalistas de Chile), María Teresa Arana (Corporación Chilena de la Madera), Pía Silva (Corporación Chilena de la Madera), Carlos Descourvières (Chilealimentos), Carlos Ciappa (ILC Abogados), Eduardo Bustos (Centro de Cambio Global Universidad Católica), Gladys Vidal (Universidad de Concepción), Georg Welzel (Consultor), Carlos Cruz (Consejo de Políticas de Infaestructura), Gonzalo Pérez (Consejo de Políticas de Infraestructura), Rodrigo Oyanedel (Walton Family Foundation), Javier Hurtado (Cámara Chilena de la Construcción), Alex Thiermann (Cámara Chilena de Comercio, Servicios y Turismo), Katherine Rojas (Cámara Chilena de Comercio, Servicios y Turismo), Alejandro Salinas (Asociación Chilena de Municipalidades), Gabriel Caldés (Consultor Fundación Chile), Andrés Pesce (Fundación Chile), Ulrike Broschek (Fundación Chile), Claudia Galleguillos (Fundación Chile), Paola Matus (Fundación Chile), Débora Gomberoff (Fundación Chile), María José Gómez (Fundación Chile), Anahí Ocampo (Fundación Chile), Gerardo Díaz (Fundación Chile), Martín Fuentes (Fundación Chile), Adriana López (Fundación Chile), Jorge Alarcón (Fundación Chile).

Espacio de diálogo ambiental y social

Sara Larraín (Chile Sustentable), Juan Pablo Orrego (Ecosistemas) Bernardo Reyes (Ética en los Bosques), Óscar Fernández (Comité Nacional Pro Defensa de la Flora y Fauna - CODEFF), Alessandro Lodi (Casa de la Paz), Diego Urrejola (Fundación Cosmos), Sebastián Bonelli (The Nature Conservancy), Francisca Bardi (The Nature Conservancy), Paloma Caro (World Wildlife Fund - WWF).

ACTORES QUE PARTICIPARON DEL PROCESO Y CONTRIBUYERON EN LOS TERRITORIOS

Cuenca de río Copiapó:

Patricia Olivares (Seremi Agricultura), Paulino Donoso (Comisión Nacional de Riego), Hernán Kong (Corporación de Fomento de la Producción), Francisco San Martín (Superintendencia de Servicios Sanitarios), Michele Cathalifaund (Dirección de Obras Hidráulicas), Rodrigo Alegría (Dirección General de Aguas), César Araya (Ministerio de Medio Ambiente), Miguel Vargas (Ministerio del Interior), Emilio Díaz Aguilera (Mesa del sector público), Alejandro Escudero (Corporación de Fomento de la Producción), Alejandra Narváez (Asociación de Productores y Exportadores Agrícolas del Valle de Copiapó), Juan Carlos González (Junta de Vigilancia Río Copiapó), Angélica Osorio (Comunidad de Aguas Subterráneas I,II y III), Carlos Araya (Comunidad de Aguas Subterráneas V y VI), Leonardo Troncoso (Corporación para el Desarrollo de la Región de Atacama), Pablo Romero (Aguas Chañar), Cristián González (Junta de Vigilancia río Copiapó), Fernanda Prohens (Comunidad de Aguas Subterráneas I,II y III), Carolina Veroitza (Comunidad de Aguas Subterráneas IV), Nibaldo Rojas (Corporación de Fomento de la Producción), Natalia Penroz (Ministerio de Medio Ambiente), Álvaro Parra (Ministerio de Medio Ambiente), Claudio Henríquez (Ministerio de Agricultura), Erwin Kehr (Superintendencia de Servicios Sanitarios), Hugo Rodríguez (Gobierno Regional), Jorge Espinoza (Dirección General de Aguas), Rodrigo Sáez (Dirección General de Aguas), Leonardo Gros (Instituto de Desarrollo Agropecuario), Francisco Astudillo (Universidad de Atacama), José Leiva (Unión Comunal de Juntas de Vecinos Copiapó), Mirna Cortés (Consejo Nacional del Pueblo Colla).

Cuenca del río Aconcagua

Kattherine Ferrada (Anglo American), Ursula Weber (Anglo American), Javier Vargas (ESVAL), Cristián Vergara (ESVAL), Marcelo Aceituno (ESVAL), Rodrigo Correa (Corporación Nacional del Cobre), Francisco Riestra (Corporación Nacional del Cobre), Álvaro Hernández (Corporación Nacional del Cobre), Luis Rojas (Anglo American), Carlos Salazar (Corporación Nacional del Cobre), Arnaldo Chibbaro (Asesor Intendencia), Moisés Hervías (Comisión Nacional de Riego), Juan Alfredo Cabrera (Comisión Nacional de Riego), María Loreto Kort (Instituto de Desarrollo Agropecuario), Ricardo Astorga (Seremi Agricultura), Juan Valle (Subsecretaría Interior), Adolfo Sandoval (Encargado Regional de Riego), Irene Salazar (Asociación de Agricultores Quillota y Marga Marga), Santiago Matta (III sección cuenca Aconcagua), Enrique Jullian (IV sección cuenca Aconcagua), Rodrigo Riveros (I sección cuenca Aconcagua), Bernardo Salas (Canales Catemu).

Cuenca de río Maipo:

David Le May (Canal de Pirque), Rafael León, (Asociación Canales de Maipo), José Manuel Córdova (Asociación canales de Pirque), Rodrigo Vargas (Corporación Nacional Forestal), José Luis Fuentes (Sociedad del Canal del Maipo), Daniel Gallagher (Aguas Andinas/Massachusetts Institute of Technology), Janett Salinas (Ministerio de Medio Ambiente), Jorge Reyes (Aguas Andinas), Bárbara Eguiguren (Ministerio de Energía), Roberto Fuentes (Comisión Nacional de Riego), Mónica Marín (Servicio Nacional de Geología y Minería), Juan Carlos Salgado (Dirección General de Aguas).

Cuenca de río Maule:

Claudia Sangüesa (Centro Tecnológico de Hidrología Ambiental - Universidad de Talca), Roberto Pizarro Tapia (Universidad de Talca), Mario Hanna (Gobierno Regional), Leonardo Sandoval (Comisión Nacional de Riego), Manuel Gei (Seremi Ministerio de Obras Públicas), Vicente Maturana (Ministerio de Obras Públicas), Olaya Martínez (Gobierno Regional), Samuel Sáez (Subsecretaria de Desarrollo Regional y Administrativo), Sara Pereira (Superintendencia de Servicios Sanitarios), Enrique Osorio Alarcón (Dirección General de Aguas), Carolina Muñoz (Ministerio de Hacienda), Marcelo González (Instituto de Desarrollo Agropecuario), Guillermo Vargas Molina (Ministerio del Interior y Seguridad Pública - Intendencia Región del Maule), Carlos Diez Jugovic (Junta de Vigilancia Río Maule), Alvaro Seguel (Consultor Comisión Nacional de Riego), Yohana González (San Clemente Foods S.A.), Jean Bustamante (San Clemente Foods S.A.), Paulo Gil (Sugal Group), Jorge Arnes (Sugal Group), Francisco Oyarce (Forestal Arauco), Juan Pablo Arroyo (Celulosa Arauco y Constitución), Juan Carlos Sepúlveda (Forestal Arauco), Rodrigo Herrera (Celulosa Arauco y Constitución), René Gallardo (Enel Generación), Ana María Cisternas (Aguas Nuevo Sur), Valentina Bobadilla (Forestal Arauco), Juan Muñoz Lara (Corporación Nacional Forestal), Felipe Álvarez Donoso (La Ponderosa SA), Wilfredo Arriagada (Municipalidad de Linares), Javier Morales (Dirección Obras Hidráulicas), Claudio Ramírez (Dirección General de Aguas), Carlos Pérez (Inversiones Leice), Pablo Castiglione (Enel Generación).

Cuenca de río Lebu:

Víctor Romero (Dirección General de Aguas), Pedro Beltrán (Subsecretaria de Desarrollo Regional y Administrativo), Víctor Coloma (Superintendencia de Servicios Sanitarios), Javiera Contreras (Dirección de Obras Hidráulicas), José Pino (Dirección de Obras Hidráulicas), Javiera Quilodrán (Asociación de Municipalidades Región del Bio Bio), Felipe Vargas (Asociación de Municipalidades Región del Bio Bio), Ana Hinojosa (Asociación de Municipalidades Región del Bio Bio), Mauricio Nova (Asociación de Municipalidades Región del Bio Bio), Luis Cuevas (Gobierno Regional), Cristian Fuentes (Gobierno Regional), Francisco Oyarce (Forestal Arauco), Víctor Vargas (Instituto Forestal), Rodolfo Fierro (Forestal Arauco), Jocelyn Gallegos (Forestal Arauco), Marcela Vásquez (Gobernación Provincial de Arauco), Luis Ceballos (Gobernación Provincial de Arauco), Jorge Lincopi (Gobernación Provincial de Arauco), Leonardo Cuevas (Dirigente vecinal), David Villegas (Dirigente vecinal), Nazareno Rocha (Organización Social Turística), Juan Rocha (Organización Social Turística), Pedro Lagos (Dirigente Vecinal), Lucía Millano (Dirigente Vecinal), Juan Antipil (Dirigente Vecinal), Leandro Fernández (Dirigente Vecinal), María Angélica Cuevas (Dirigente Vecinal), Sebastián Enríquez (Forestal Arauco), Victor Bahamondes (Dirección de Obras Hidráulicas), Andrés Fernández (Forestal Arauco), Boris Fica (Forestal Arauco), Luis Díaz (Dirección General de Aguas), Francisco Rifo (Seremi de Salud), Pablo San Martín (Gobierno Regional), Jaime Lira (Gobierno Regional), Carlos Vega (Intendencia), Ariel Durán (Subsecretaría del Interior), Pablo Ureta (Seremi de Salud), Hugo Quiero (Gobernación Provincial de Arauco).

Cuenca de río Baker:

Alejandra Espina (Dirección General de Aguas), Jorge O'kuinghttons Villena (Dirección General de Aguas), Alfredo Mayorga (Corporación Nacional Forestal), Ronald Valenzuela (Corporación Nacional Forestal), Ángela Hernández (Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia), Carlos Ureta (Oficina Nacional de Emergencias), Enrique Vásquez (Oficina Nacional de Emergencias), Sidi Bravo (Oficina Nacional de Emergencias), Juan Luis Amenabar (Seremi Energía), Pablo Hernández (Comisión Nacional de Riego), Nicolás Bitsch (Seremi Agricultura), Carlos Gonzales (Servicio de Evaluación Ambiental), Rosita Rodríguez (Servicio de Evaluación Ambiental), Lorena Castro (Servicio de Evaluación Ambiental), Giovanni Queirolo (Superintendencia de Servicios Sanitarios), Cristian Aguilar (Dirección de Obras Hidráulicas), Jimena Silva (Seremi Medio Ambiente), Fernando Ojeda (Servicio Nacional de Turismo), Leonardo Yañez (Corporación Nacional Forestal), Manuel Henríquez (Corporación Nacional Forestal), Hernán Pérez (Ministerio de Agricultura), Carla González (Servicio de Evaluación Ambiental), Hernaldo Saldivia (Servicio Agrícola y Ganadero), María José García (Ministerio de Energía), Cristian Alarcón (Servicio Nacional de Turismo), Giovanna Gómez (Dirección General de Aguas).

OTRAS PERSONAS QUE PARTICIPARON DEL PROCESO DESDE SU INICIO

Carlos Estévez (Dirección General de Aguas), Marcelo Mena (Ministerio de Medio Ambiente), Patricio Meller (Fundación Chile), Magaly Espinosa (Ministerio de Obras Públicas), Patricio Crespo (Sociedad Nacional de Agricultura), Víctor Galilea (Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios A.G), Simón Bruna (Ministerio de Medio Ambiente), Francisca Rivero (Fundación AVINA), Adrián Lillo (Dirección General de Aguas), Daniela Cabezas (The Nature Conservancy), Ricardo Bosshard (World Wildlife Fund - WWF), Koen Verbist (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - UNESCO), Felipe Zavala (Ministerio de Minería), Cristián Sobarzo (Dirección de Obras Hidráulicas), Claudio Fiabane (Ministerio del Interior), Sofía Aroca (Ministerio de Hacienda), María José Ramírez (Consultor Fundación Chile), Fernando González (Fundación Chile), Rodrigo Cordero (Fundación Chile).

PROFESIONALES Y ESPECIALISTAS QUE CONTRIBUYERON AL ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL PORTAFOLIO

Alejandra Figueroa (Consultor), Simón Bruna (Consultor), Daniela Duhart (Consultor), Lorena Herrera (Consultor), Jacobo Homsi (KRISOL), Eugenio Soto (Consultor), Humberto Peña (Consultor), Valentina Cárdenas (Consultor), Paola Díaz (Consultor), Camila Romero (Consultor), Andrea Butelmann (Universidad Alberto Hurtado), Sandra Bernal (Universidad de Arizona), Sonia Reyes (Pontificia Universidad Católica de Chile), José Miguel Morán (Asociación Gremial de Riego y Drenaje), Luis Gurovich (Consultor Asociación Gremial de Riego y Drenaje), Edilberto Baquero (Deltares Holanda), Diego Ocampo (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation -CSIRO), Roque Saenz (TAMBO ROCA), Mauricio Toro (Fundación Chile), Carolina Cuevas (Fundación Chile), Jaime Retamal (Dirección de Obras Hidráulicas).

MAS

MEDIDAS ACCIONES Y SOLUCIONES

212 fichas que proporcionan información base, las que permiten al lector conocer más sobre las diversas opciones existentes para reducir la Brecha Hídrica y mitigar el Riesgo Hídrico en los territorios.

© Big_Chile

1. GESTIÓN E INSTITUCIONALIDAD DEL AGUA

- Fichas fundamentales
- Mecanismos legales
- Mecanismos institucionales
- Mecanismos financieros
- Educacional
- Plataformas de difusión
- Monitoreo y teledetección

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA F1

Plan Nacional de recursos hídricos y estructura institucional para su aplicación efectiva

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Gestionar	Todos los sectores	Gestión	Nacional

Descripción

La aplicación de la gran mayoría de las MAS depende de políticas públicas y planes que involucran a distintos actores del ámbito público y privado. Considerando que la estructura institucional del sector agua y de otros sectores directa o indirectamente se relacionan con los recursos hídricos en el país, incluye más de 40 instituciones, dichas políticas y planes frecuentemente entran en competencia o presentan conflictos entre ellos, en temas tales como: definición de prioridades y objetivos, asignación de recursos, definición de criterios técnicos, asignación de responsabilidades, etc.

No obstante este escenario, los planes nacionales sobre recursos hídricos elaborados en el pasado sólo han permitido la formulación de diagnósticos y lineamientos generales, sin llegar a constituir un plan de acción estructurado, con metas y acciones definidas para avanzar en forma coordinada en la gestión de los recursos hídricos del país.

Además, el actual nivel de desarrollo del país y de explotación de sus recursos naturales genera una creciente interacción entre las distintas iniciativas, resultando cada vez más urgente un Plan Nacional que las ordene y priorice con un enfoque integrador y en una perspectiva de largo plazo. A lo anterior se debe agregar el aumento de las demandas y la disminución de la oferta, como resultado del cambio climático, lo que acentúa los problemas de sustentabilidad y la necesidad de introducir cambios en las prácticas existentes.

Así, resulta crítico la formulación e implementación de un Plan Nacional de Recursos Hídricos y obtener el compromiso permanente con el mismo de un conjunto amplio de organismos públicos, que disponen de atribuciones regulatorias o de desarrollo específicas, y de los actores privados.
ente en base al índice de precios del consumidor.

Entre los temas centrales de dicho Plan debieran estar:

a) El conocimiento, monitoreo e investigación de los recursos hídricos y sistemas de información;
b) La disponibilidad y aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos;
c) La conservación y protección de los recursos hídricos y los ecosistemas asociados, y gestión de la calidad de las aguas;
d) El abastecimiento de agua potable y saneamiento, en las ciudades y en el área rural;
e) El aprovechamiento de agua para riego;
f) El manejo de los cauces y el control de crecidas y aluviones; y
g) La participación de los usuarios y la ciudadanía. capacitación del público. El análisis de cada uno de estos temas debiera incluir un diagnóstico, definición de objetivos y prioridades; y la definición de las líneas de acción, con Indicadores, metas y asignación de responsabilidades.

El diseño e implementación del Plan requiere el acondicionamiento de una estructura organizativa con niveles políticos, técnicos y operativos, capaz de formularlo y darle un seguimiento efectivo.

Plan Nacional de recursos hídricos y estructura institucional para su aplicación efectiva

Entre los temas centrales de dicho Plan debieran estar:

a) El conocimiento, monitoreo e investigación de los recursos hídricos y sistemas de información;

b) La disponibilidad y aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos;

c) La conservación y protección de los recursos hídricos y los ecosistemas asociados, y gestión de la calidad de las aguas;

d) El abastecimiento de agua potable y saneamiento, en las ciudades y en el área rural;

e) El aprovechamiento de agua para riego;

f) El manejo de los cauces y el control de crecidas y aluviones; y

g) La participación de los usuarios y la ciudadanía. capacitación del público. El análisis de cada uno de estos temas debiera incluir un diagnóstico, definición de objetivos y prioridades; y la definición de las líneas de acción, con Indicadores, metas y asignación de responsabilidades.

El diseño e implementación del Plan requiere el acondicionamiento de una estructura organizativa con niveles políticos, técnicos y operativos, capaz de formularlo y darle un seguimiento efectivo.

Referencias y mayor información

BM 2011, Chile: Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos, BM (Banco Mundial), Washington DC, USA.
BM 2013, Chile: Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua BM (Banco Mundial), Washington DC, USA.

BM 2014, Chile: Plan para la Mejora del Marco Institucional del Agua en Chile: Etapa 1 - Propuesta para el fortalecimiento de la DGA

BM 2014, Chile: Plan para la Mejora del Marco Institucional del Agua en Chile: Etapa 2 - Propuesta de creación de una Subsecretaría de Recursos Hídricos

BM 2015 Chile: Marco Legal para la Gestión de los Recursos Hídricos. Evaluación de sus Limitaciones y Recomendaciones para su Mejora.

Peña, H. (2019). Escenarios hídricos 2030: Análisis de las condiciones habilitadoras de las medidas, acciones y soluciones (MAS). Estudio elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago, Chile.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA F2

Planes de Gestión Integrada de Recursos Hídricos a Nivel de Cuenca y Organismos de Cuenca

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Gestionar	Todos los sectores	Gestión	Nacional

Descripción

La validez de una MAS como solución de un determinado problema hídrico, frecuentemente depende del conjunto de relaciones que se presentan en el marco de la cuenca, no siendo adecuado su consideración en forma aislada. Estos problemas se caracterizan por involucrar a numerosos agentes presentes en las cuencas, que no se relacionan en forma orgánica entre sí y que superan largamente a los usuarios directos del agua. De este modo, se trata de soluciones que deben ser evaluadas en la perspectiva de realizar una gestión integrada de los recursos hídricos en la cuenca.

En el país se han realizado numerosos intentos orientados a generar instancias e instrumentos que permitan coordinar la actuación de los distintos actores a nivel de cuencas e impulsar iniciativas de interés común. Sin embargo, en ausencia de normativas que establezcan una organización formal, que defina objetivos, funciones y organización, los esfuerzos no han tenido continuidad y sólo han permitido avanzar en diagnósticos sin constituir planes operativos. Por otra parte, existen temas que requieren urgentemente soluciones integrales a nivel de las cuencas, tales como el manejo de las externalidades generadas por cambios de uso o tecnológicos, uso conjunto de aguas subterráneas y superficiales, el seccionamiento de las cuencas, la gestión de la calidad de las aguas, entre otras.

Para atender los problemas señalados resulta necesario el desarrollo de un instrumento de planificación que analice y evalúe en términos técnicos, sociales, económicos y ambientales las iniciativas propuestas, las priorice e identifique los instrumentos para hacerlas efectivas y genere un plan de acción (“Plan Director”). Por otra parte, es necesario crear un organismo de participación, de carácter formal y composición pública-privada, con instrumentos y capacidades para formular y hacer efectivo el plan aprobado. Los principales objetivos de la entidad propuesta son: constituir una instancia de análisis y conocimiento de los problemas de agua de la cuenca, con una perspectiva de mediano y largo plazo; coordinar las iniciativas orientadas a la materialización de las soluciones a dichos problemas; vigilar la evolución de la cuenca en relación con la situación del agua y sus beneficios; representar los intereses comunes ante terceros y ante las políticas y planes públicos en la cuenca, e impulsar iniciativas de interés común.

Para cumplir con sus objetivos y hacer efectivos los acuerdos que se adopten debiera disponer de atribuciones e instrumentos de gestión, entre los que se destaca: la preparación del Plan Director (o Plan Maestro) de los Recursos Hídricos del área de acción de la cuenca.

Referencias y mayor información

BM 2011, Chile: Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos, BM (Banco Mundial), Washington DC, USA.

BM 2013, Chile: Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua BM (Banco Mundial), Washington DC, USA.

Instituto de Ingenieros (2012). Hacia una Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Una Propuesta. Comisión de Aguas.

Peña, H. (2019). Escenarios hídricos 2030: Análisis de las condiciones habilitadoras de las medidas, acciones y soluciones (MAS). Estudio elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago, Chile.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA F3

Educación, Cultura e Información sobre el agua

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Gestionar	Todos los sectores	Gestión	Nacional

Descripción

La actuación de las personas comunes, en relación con el aprovechamiento del agua, está influida por las costumbres, hábitos y creencias que forman parte de su cultura, y por la información y conocimientos a los que tienen acceso. Así, si dicho entorno no es favorable a determinado comportamiento que sea funcional a las soluciones propuestas, sus posibilidades de implementación exitosa disminuyen.

En el país solo han existido iniciativas aisladas y limitadas en el tiempo en algunas materias relativas a la promoción de una cultura hídrica. A diferencia de otros países de la región, no se han institucionalizado esfuerzos conducentes a ese objetivo. En el hecho, la principal fuente de información respecto de los temas relativos al agua lo constituyen los medios de comunicación de masas, los que frecuentemente entregan una visión excesivamente simple, parcial y descontextualizada de la compleja realidad de la gestión del agua, lo que hace más difícil la formación de una ciudadanía verdaderamente consciente de la naturaleza de los desafíos que presenta el tema en el país. Estas circunstancias inciden en las soluciones y prioridades que se analizan en el ámbito público y en la actuación de los poderes del Estado.

Por otra parte, una cultura hídrica funcional a la solución de los problemas debe tener la capacidad de recoger y adaptarse a la enorme heterogeneidad de la realidad hídrica de Chile.

En este contexto, se plantea la necesidad de tomar iniciativas para mejorar dicho comportamiento mediante la educación formal e informal, y el acceso a información sobre los desafíos que presenta el tema del agua y el papel que corresponde a los ciudadanos en su solución. Una propuesta en esta dirección a nivel nacional supone la identificación de objetivos e instrumentos a utilizar y la participación y coordinación de numerosos actores del ámbito público y privado.

Referencias y mayor información

BM 2011, Chile: Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos, BM (Banco Mundial), Washington DC, USA.

BM 2013, Chile: Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua BM (Banco Mundial), Washington DC, USA.

Instituto de Ingenieros (2012). Hacia una Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Una Propuesta. Comisión de Aguas.

Peña, H. (2019). Escenarios hídricos 2030: Análisis de las condiciones habilitadoras de las medidas, acciones y soluciones (MAS). Estudio elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago, Chile.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA F4

Sistema nacional de monitoreo, información e investigación hídricas

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Gestionar	Todos los sectores	Gestión	Nacional

Descripción

Para un adecuado aprovechamiento de los recursos hídricos, así como para su protección y conservación es necesario disponer de información espacial y temporal acerca de las variables hidrológicas, en cantidad y calidad, de los ecosistemas asociados, de la infraestructura de aprovechamiento de los usos, de los antecedentes legales y económicos relacionados con la administración del recurso, entre muchos otros antecedentes. Si esta información no existe, no está disponible fácilmente, o no dispone de procesamientos y estudios adecuados, se tienen serias dificultades para la implementación de los MAS que presentan impactos a nivel de la gestión hídrica en las cuencas, e inclusive no es posible evaluar su conveniencia.

Hace muchos años que el país dispone de antecedentes sobre variables hidrológicas y ha desarrollado una red hidrológica que ha permitido la gestión de sus recursos hídricos. Sin perjuicio de lo anterior, existen vacíos en la generación de información básica, en la existencia de sistemas de información de fácil acceso y en la generación de estudios básicos. Dichas limitaciones se presentan especialmente en temas tales como la medición de las extracciones y la calidad de las aguas y de variables ambientales conexas. Asimismo, se hace necesario la preparación de numerosa información catastral (por ejemplo: derechos de aprovechamiento de aguas y pozos de aguas subterráneas) y la consolidación de sistemas integrados de bases de datos a nivel regional y local.

En el país estas limitaciones se asocian básicamente a problemas de capacidades institucionales, ya que la legislación ha previsto la existencia de los sistemas de información adecuados para la gestión del agua, incluyendo el aporte de información por parte de los particulares.

La institucionalidad vinculada con la generación de información y conocimiento sobre los recursos hídricos y su aprovechamiento es muy numerosa e involucra actores públicos y privados. En la práctica se conforma un sistema de gestión de información y conocimiento que incluye: redes de medición, inventarios y catastros, bases de datos, y estudios básicos e investigaciones. El análisis pormenorizado de la situación de estos componentes muestra distintos déficits para atender las necesidades actuales del país. Para superarlos se requiere:

- Un importante esfuerzo de integración y coordinación de las actividades que realizan los distintos actores, creando instancias con ese objetivo.
- Impulsar un plan integrado de mejora del sistema de gestión de información y conocimiento ya señalado.
- Plena aplicación de los instrumentos disponibles para hacer efectivo el aporte de los particulares a la generación de información.

Sistema nacional de monitoreo, información e investigación hídricas

Al respecto, los análisis efectuados (CNID, 2016) muestran la necesidad de avanzar en las siguientes líneas de acción:

- Conocimiento básico: catastros e inventarios sobre recursos hídricos y su aprovechamiento; creación de plataformas integradas de datos de fácil acceso; desarrollo y actualización de estudios básicos;
- Mejoramiento e incorporación de nuevas técnicas de medición y análisis.
- Desarrollo de un programa integrado de investigación hídrica sobre temas sensibles.

Referencias y mayor información

CNID (2016) Ciencia e Innovación para los Desafíos del Agua en Chile.

Peña, H. (2019). Escenarios hídricos 2030: Análisis de las condiciones habilitadoras de las medidas, acciones y soluciones (MAS). Estudio elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago, Chile.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA F5

Ordenamiento territorial para una mejor gestión hídrica

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Gestionar	Todos los sectores	Gestión	Nacional

Descripción

El uso del suelo está regulado en el país por diversos instrumentos legales orientados a atender necesidades surgidas a lo largo de su desarrollo, y que inciden en el uso de los distintos MAS. Así, se dispone de la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC), de atribuciones de los Gobiernos Regionales contenidas en la Ley Orgánica Constitucional sobre Gobierno y Administración Regional, y las leyes y reglamentos sobre la protección del bosque nativo, el uso del borde costero y el Sistema Nacional de Área Silvestres Protegidas por el Estado, entre otros. Además, existen regulaciones que determinan espacialmente el alcance de ciertas normativas y que inciden en la aplicación de las MAS, como es el caso, por ejemplo, de la delimitación de los cauces y de las áreas de concesión a las empresas sanitarias.

En este contexto, frecuentemente las implicancias sobre la gestión hídrica de las decisiones relativas al ordenamiento y uso del territorio están insuficientemente presente en las normativas y en las decisiones relativas a su implementación.

En efecto, la asignación de categorías de protección al territorio, las normativas aplicables a la conservación de bosques, los criterios relativos a la edificación en sectores rurales, el proceso de establecimiento de los límites urbanos, la sectorización del suelo urbano, el establecimiento de áreas de protección a las fuentes de recursos hídricos para proteger su cantidad y calidad, y la determinación de los límites de inundación de los cauces naturales, entre otros, pueden ser definiciones críticas para la implementación de ciertas MAS.

No obstante, en general, son decisiones en las que tienen escasa presencia los problemas asociados al agua o no existen regulaciones relacionadas con el tema hídrico.

Un aspecto de gran importancia será vincular esta temática a las iniciativas que se desarrollan orientadas a tener una mayor descentralización del país y a dar una participación efectiva a las comunidades locales en la gestión del territorio y sus recursos.

En este contexto será necesario realizar un diagnóstico detallado de la relación entre la gestión del agua y el ordenamiento territorial, incluyendo una evaluación de las implicancias de la situación actual en los problemas hídricos existentes. A continuación, se debiera estudiar los aspectos legales, normativos e institucionales que necesitan ser corregidos para incorporar la temática hídrica en las decisiones sobre el uso del territorio.

Referencias y mayor información

BM 2011, Chile: Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos, BM (Banco Mundial), Washington DC, USA.

BM 2013, Chile: Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua BM (Banco Mundial), Washington DC, USA.

Instituto de Ingenieros (2012). Hacia una Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Una Propuesta. Comisión de Aguas.

Peña, H. (2019). Escenarios hídricos 2030: Análisis de las condiciones habilitadoras de las medidas, acciones y soluciones (MAS). Estudio elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago, Chile.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA F6

Marco regulatorio de las empresas sanitarias e inserción en la cuenca

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Gestionar	Todos los sectores	Gestión	Nacional

Descripción

El marco regulatorio aplicable a las empresas sanitarias establece un sistema tarifario sobre la base de una "empresa modelo" que se orienta a optimizar la prestación de servicios. Las actividades asociadas a la prestación se inician en la obra de toma (incluida la infraestructura de regulación) y en el acceso a los correspondientes derechos de aprovechamiento y se cierran con la entrega de las aguas servidas tratadas a un cauce natural o al océano. De acuerdo con esta conceptualización, las actividades relacionadas con el manejo de la cuenca dirigidas a mejorar la oferta hídrica, en cantidad o calidad, así como las posibles iniciativas de reúso quedan fuera de la definición de la "empresa modelo" y, en consecuencia, de las necesidades de financiamiento y de los planes de desarrollo de las empresas.

En este contexto, las empresas sanitarias tienen limitados incentivos para desempeñar un papel más amplio en la gestión de los recursos hídricos de la cuenca y contribuir a soluciones que no contribuyen, al menos en el corto plazo, a la prestación de los servicios.
Por otra parte, la eficiencia hídrica de la "empresa modelo" no es directamente motivo de fiscalización, siendo relevante para ese propósito solo los objetivos relacionados con la calidad del servicio al usuario (por ejemplo: continuidad, calidad del agua, presión). Así, en la práctica, las pérdidas por conducción reales superan ampliamente las incorporadas en la "empresa modelo". De este modo, la aplicación de acciones como las contenidas en las MAS por parte de las empresas sanitarias pueden tener menos incentivos de los que se pudiera esperar.

Para permitir que las condiciones habilitadoras constituyan un mayor estímulo a la adopción de prácticas que mejoren la oferta de recursos hídricos y su aprovechamiento eficiente, a nivel de las cuencas, resulta necesario revisar el marco normativo y los procedimientos aplicables a las empresas sanitarias.

En particular, interesa analizar la forma como se aborda la relación entre las actividades de prestación de los servicios y el sistema de recursos hídricos a nivel de la cuenca, e incorporar las modalidades más adecuadas para que los efectos actuales o potenciales, no incluidos en la legislación de aguas ni ambiental, sean parte de la toma de decisiones y su fiscalización.

Referencias y mayor información

BM 2011, Chile: Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos, BM (Banco Mundial), Washington DC, USA.

BM 2013, Chile: Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua BM (Banco Mundial), Washington DC, USA.

Instituto de Ingenieros (2012). Hacia una Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Una Propuesta. Comisión de Aguas.

Peña, H. (2019). Escenarios hídricos 2030: Análisis de las condiciones habilitadoras de las medidas, acciones y soluciones (MAS). Estudio elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago, Chile.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA F7

Fomento al riego en un marco de gestión integrada de los recursos hídricos

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Gestionar	Todos los sectores	Gestión	Nacional

Descripción

El apoyo del Estado al desarrollo de infraestructura hidráulica y de sistemas modernos de aplicación del agua a los cultivos ha sido una herramienta extremadamente efectiva y los recursos entregados como subsidio a los usuarios en los últimos 30 años han sido cuantiosos. Asimismo, la evaluación de los programas por los distintos actores ha sido muy positiva. Sin embargo, desde la perspectiva de la gestión de los recursos hídricos en el marco de la cuenca, presentan dos tipos de limitaciones que no están incluidas en su actual implementación. Ellas son: a) la existencia de posibles externalidades negativas que no están incluidas en las decisiones de asignación del subsidio, lo que se traduce en la generación de impactos financiados con fondos públicos (por ejemplo: reducción de la recarga de los acuíferos, crecimiento insostenible de las zonas de riego); y b) Los instrumentos de fomento en algunos casos pudieran apoyar soluciones que generan externalidades positivas a nivel de la cuenca, y que, en la actualidad no son consideradas en la asignación de los subsidios y/o priorización (por ejemplo: mantención de caudales mínimos ambientales en los cauces, prácticas que favorecen la recarga de acuíferos).

Las limitaciones señaladas en relación con la aplicación de subsidio a las actividades de riego por parte del Estado hacen aconsejable revisar las normativas y procedimientos vigentes acerca del tema. En particular, resulta de interés la revisión de las disposiciones de la Ley de Fomento al Riego y Drenaje, y la que Establece Normas sobre Ejecución de Obras de Riego por el Estado.

En dichos cuerpos legales sería de interés estudiar las normativas y procedimientos que permitan incorporar los daños y beneficios sobre terceros y el medio ambiente a la toma de decisiones. De este modo, pudiera favorecerse la implementación de algunas MAS, en la medida que contribuyen a la adecuada gestión del agua en el marco general de la cuenca.

Referencias y mayor información

BM 2011, Chile: Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos, BM (Banco Mundial), Washington DC, USA.

BM 2013, Chile: Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua BM (Banco Mundial), Washington DC, USA.

Instituto de Ingenieros (2012). Hacia una Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Una Propuesta. Comisión de Aguas.

Peña, H. (2019). Escenarios hídricos 2030: Análisis de las condiciones habilitadoras de las medidas, acciones y soluciones (MAS). Estudio elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago, Chile.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA F8

Mejora y complementación de la normativa ambiental

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Gestionar	Todos los sectores	Gestión	Nacional

Descripción

De acuerdo con el diseño institucional vigente, la aplicación de las tecnologías referidas a tratamiento de aguas contaminadas requiere de normativas sobre la emisión y la calidad objetivo del agua en los cuerpos receptores. No obstante, en distintas áreas la normativa vigente debió ser revisada hace más de 10 años, en algunos casos debiera mejorarse y en otros casos no se ha dictado. Así, de acuerdo a los procedimientos vigentes las normas de emisión a cuerpos de agua (a ríos, lagos y al océano) debieron ser revisadas el año 2005 y la norma de descarga a acuíferos necesita modificaciones. Salvo escasas excepciones, las normas secundarias de calidad de ríos, lagos y aguas subterráneas no se han dictado, de modo que no existe programas de monitoreo para su vigilancia ni la posibilidad de establecer planes de prevención o mitigación, si ello fuera necesario. Asimismo, no existe una normativa referida a la contaminación difusa de las aguas subterráneas, en especial aplicable a las actividades agrícolas. Por otra parte, el reúso de las aguas servidas tratadas de las ciudades supone el desarrollo de normativa ambiental y sanitaria específica que no ha sido dictada, lo que pudiera ser un obstáculo para ciertos tipos de uso.

Se encuentra pendiente la creación del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, que debiera desempeñar un papel relevante en las políticas de conservación de la biodiversidad, y, en consecuencia, en las MAS relacionadas con el cumplimiento de dicho objetivo en los sistemas hídricos.

De acuerdo con lo planteado, para hacer un uso adecuado de parte de las MAS propuestas se hace necesario desarrollar un programa de revisión y dictación de las normativas ambientales pendientes.

Referencias y mayor información

BM 2011, Chile: Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos, BM (Banco Mundial), Washington DC, USA.

BM 2013, Chile: Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua BM (Banco Mundial), Washington DC, USA.

Instituto de Ingenieros (2012). Hacia una Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Una Propuesta. Comisión de Aguas.

Peña, H. (2019). Escenarios hídricos 2030: Análisis de las condiciones habilitadoras de las medidas, acciones y soluciones (MAS). Estudio elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago, Chile.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA F9

Desarrollo de un papel municipal activo en el tema hídrico

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Gestionar	Todos los sectores	Gestión	Nacional

Descripción

En el país la actuación de los municipios en temas hídricos es menor. Solo ocasionalmente intervienen en representación de los vecinos, cuando surgen conflictos que han generado un nivel de alarma y movilización públicas. Salvo excepciones, las municipalidades no han desarrollado planes o programas que asuman esta temática en forma integral, ni disponen de unidades en su estructura orgánica que se refieran específicamente al tema. Sin embargo, las funciones que pudieran desarrollar son múltiples y de gran impacto para una adecuada gestión de los recursos hídricos en el país. En efecto, los municipios pueden cumplir un papel significativo en la gestión hídrica, en áreas tales como:

a) Fomento del uso eficiente del agua por la población, incluyendo labores de difusión y capacitación, dictación de ordenanzas, adecuación de normas generales a las necesidades locales, por ejemplo, en materia de edificación y regulación, entre otras;
b) Optimización del manejo del agua en los bienes nacionales de uso público y fiscales que le corresponde administrar (por ejemplo, parques y plazas, campos deportivos, calles, cauces, playas, etc.);
c) Aplicación de normativas de responsabilidad municipal (por ejemplo, ley general de urbanismo y edificaciones;
d) Incorporación de la temática hídrica en las instancias educativas, en función de su papel en esa área;
e) Representación de los intereses comunales en temas estratégicos relacionados con el abastecimiento de la población, la protección ambiental y la defensa contra inundaciones (por ejemplo, impulsando la dictación de normas secundarias de calidad de agua, la sustentabilidad de los acuíferos, la vigilancia de la calidad de las aguas, el desarrollo de la red de drenaje de aguas lluvias, etc.)

Para avanzar en esta materia resulta fundamental generar capacidades en el tema a nivel municipal a través de un plan nacional con ese propósito. Ello supone fomentar la generación de unidades municipales orientadas a él y el desarrollo de planes de capacitación especializados, con documentación y apoyos, que permitan ampliar el ámbito de atención de los municipios en el tema.

Referencias y mayor información

BM 2011, Chile: Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos, BM (Banco Mundial), Washington DC, USA.

BM 2013, Chile: Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua BM (Banco Mundial), Washington DC, USA.

Instituto de Ingenieros (2012). Hacia una Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Una Propuesta. Comisión de Aguas.

Peña, H. (2019). Escenarios hídricos 2030: Análisis de las condiciones habilitadoras de las medidas, acciones y soluciones (MAS). Estudio elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago, Chile.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 01

Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Gestionar	Todos los sectores	Gestión	Cuenca

Descripción

Según Axel Dourojeanni (2016), la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) es la ***gestión de intervenciones*** de múltiples actores en un sistema hídrico compartido entre ellos, con el fin de lograr mas beneficios que costos sociales, ambientales y económicos, en el corto y largo plazo.
La GIRH es un cambio de enfoque a la tradicional gestión sectorial, fragmentada y de corto plazo, la cual se ha impuesto fuertemente en las últimas décadas.

En la GIRH el agua es considerada como un componente que es integral y transversal a los ecosistemas y al bienestar humano, donde los diferentes usos, intereses y necesidades deben equilibrarse, aplicando políticas e instrumentos que aseguren su uso sustentable. Entonces la base de la GIRH es la participación de los diferentes actores que comparten el agua en una cuenca e interactúan en todos los niveles.

Dourojeanni establece 4 grupos de instrumentos para la GIRH, que son fundamentales y complementarios entre si:

1. ***Soporte a la gestión:*** permiten conocer el comportamiento de los ecosistemas hídricos y su entorno socioeconómico.
2. ***Inducción de comportamiento:*** instrumentos que cambian el comportamiento de los usuarios, para que no se afecten entre sí, ni al medio ambiente.
3. ***Organización para la gestión:*** Principalmente, asigna y delimita roles y territorios, para ejecutar y aplicar los instrumentos de gestión, lo que actúan coordinadamente.
4. ***Ejecución e intervención directa:*** Son aquellos que modifican el sistema natural y el ciclo hidrológico por medio de obras y ocupación de la cuenca por asentamientos humanos, donde se deben mitigar o corregir efectos no deseados.

Beneficios

- Fortalece la planificación de las intervenciones en los sistemas hídricos, al contar con información de base pública (soporte), que permite mirar el territorio en forma holística (tierra y agua) para tomar mejores decisiones respecto al uso del agua superficial y subterránea.
- Promueve la adaptación al cambio climático, fomentando la conservación, restauración, reparación y protección de los ecosistemas hídricos que prestan servicios ambientales para el desarrollo y la seguridad.
- Identifica posibles desastres naturales y prepara el territorio para enfrentarlos, aprovechando el exceso de agua para guardarla y usarla en escasez.
- Concientiza que las intervenciones aguas arriba tienen efectos deseados o indeseados aguas abajo, mejorando la gestión de sistema integrado.
- Visión intersectorial del desarrollo, implementando soluciones multipropósito y colaborativas.
- Visión de cuenca, incluso si se comparte por mas de 2 regiones o países.
- Considera el vínculo entre agua, alimento y energía.
- Planifica el aumento en la producción de alimentos con menos consumo de agua (riego eficiente) y menos suelo (agricultura vertical o mantención de las has agrícolas).

- Formaliza y mejora el mercado de aguas para entregar respuestas a la dispersión de precios, costos de transacción, asimetría de información y otros.
- Mejora el registro público de los derechos de agua de manera que estén actualizados y permitan una mejor fiscalización.
- Buscar equilibrar la realidad contractual de los DAA con la realidad física o hidráulica de las fuentes de agua.
- Fomenta la participación de todos los usuarios que comparten el agua en la cuenca e interactúan en todos los niveles.
- Potencia a las Organizaciones de Usuarios de Agua dentro de un sistema integrado, coordinado y colaborativo, de manera que estén registradas y tenga la capacidad técnica y económica de hacer una gestión integrada del recurso.
- Integra a las comunidades vulnerables y el medio ambiente dentro de los usuarios de agua en la cuenca.
- Mejora la coordinación intersectorial a nivel gubernamental y con los usuarios.
- Las estrategias y planes se construyen colaborativamente.
- Mejora los procesos de resolución de conflictos y regula las facultades jurisdiccionales de las distintas organizaciones, así como la capacidad técnica de los tribunales especializados.
- Se reducen los costos de tratamiento de las aguas, los riesgos para la salud humana y de los ecosistemas, al mejorar la gestión y control en la calidad del agua.
- Apoya el mantenimiento de caudales ambientales y reservas ecológicas, especialmente importante en zonas con escasez hídrica.
- Protege las zonas naturales para la recarga de acuíferos y la calidad en las fuentes de agua, especialmente de la contaminación difusa y los pasivos ambientales que no han sido gestionados adecuadamente.
- Entrega un medio para cumplir y mejorar el abordaje al Tratado entre Chile y Argentina sobre medio ambiente del año 1991.

Casos de Aplicación

En el 4º Foro Mundial del Agua en México (2006), se informó que, de los 95 países examinados, el 74% tenía estrategias de GIRH en vigor o había iniciado un proceso para la formulación de tales estrategias. En muchos lugares se pueden identificar iniciativas que aplican principios de la GIRH, aunque no siempre sea una integración completa entre todas las instituciones.

Algunos ejemplos de estos principios son:

- GIRH en el Parque Municipal de Kelana Jaya en Malasia, donde la empresa de aguas y los sectores ambientalistas generaron un plan común para reducir el impacto en la calidad de las aguas.
- La cuenca de Lerma Chapala en México, donde 5 Estados establecieron un programa de coordinación para la distribución de agua entre los usuarios.
- Recientemente se firmó un plan inédito entre los Estados de California, Arizona, Nevada, Utah, colorado, Nuevo México y Wyoming para establecer un Plan de Contingencia de Sequía en el río Colorado, que comparten estos Estados y México.

GIRH entre cuencas trasfronterizas:

- En el río Mekong, se creó una comisión de coordinación entre Laos, Cambodia, Vietnam y Tailandia.
- Comité Consultivo Técnico de África Occidental (WATAC), creado con el objetivo de preparar programas de acción regionales, para implementar la visión del agua en África Occidental en el siglo XXI.

Condiciones Legales e Institucionales

A pesar que gran parte de los países mencionan la GIRH como estrategia a implementar, en la práctica se hace más compleja, ya que debe lograr la integración de diversos sectores y usuarios con distintos objetivos, visiones, intereses, presentando barreras institucionales y económicas. Considerando que la gestión hídrica en Chile está basada en Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA) y gestión sectorial, varios son los retos legales e institucionales que han sido identificados (más allá de los económicos) para implementar una GIRH sin modificar el actual sistema. Los desafíos legales fueron descritos por el Banco Mundial (2011) como: Garantizar la protección de los derechos de aguas de grupos vulnerables como indígenas y pequeños agricultores que no cuentan con acciones de agua.

Por otro lado, el tratado entre Chile y Argentina sobre medio ambiente de 1991, convienen que las acciones y programas relativos al aprovechamiento de los recursos hídricos compartidos, se emprenderán conforme al concepto de manejo integral de las cuencas hidrográficas.

Impactos ambientales

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Una GIRH bien diseñada tiene el propósito de dar sostenibilidad a las intervenciones en la cuenca, las actividades productivas, las comunidades y ecosistemas. Conserva los ecosistemas frágiles y amenazados, así como los fundamentales para mantener los servicios ecosistémicos que sostienen el desarrollo. Se fomenta una relación equilibrada y justa de todos los usuarios de la cuenca, implementando medidas como Pago por Servicios Ambientales (PSA) y compensaciones para resguardar los equilibrios socioambientales y económicos.

Referencias y mayor información

Banco Mundial. (2011). Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos en Chile. Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible Región para América Latina y el Caribe. Disponible en URL: http://www.dga.cl/eventos/Diagnostico%20gestion%20de%20recursos%20hidricos%20en%20Chile_Banco%20Mundial.pdf

Banco Mundial. (2006). Integrated river basin management From Concepts to Good Practice. Case study 5: The Lerma-Chapala River Basin, Mexico. Washington, D.C. 20433, U.S.A.. Disponible en URL: http://documents.worldbank.org/curated/en/805901468281748091/pdf/411690MX0Lerma1ase1study1501PUBLIC1.pdf

Dourojeanni, A. (2016). Instrumentos para la gestión integrada de las intervenciones sobre las cuencas y el agua. Recuperado de URL: https://www.iagua.es/blogs/axel-dourojeanni/instrumentos-gestion-integrada-intervenciones-cuencas-y-agua

Instituto de Ingenieros (2012). Hacia una gestión Integrada de recursos hídricos, una propuesta. Comisión de aguas. Santiago, Chile. Disponible en URL: http://aih-cl.org/articulos/Hacia-una-GIRH-Instituto-de-Ingenieros-de-Chile-(2012).pdf

National Integrated drought Information System. (2019). Colorado river drought contingency planning. Disponible en URL: https://www.drought.gov/drought/news/colorado-river-drought-contingency-planning

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization- UNESCO. (2009). Integrated water resources management in action. ISBN 978-92-3-104114-3. París, Francia. Disponible en URL: https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/references/iwrm-in-action-unescounwwapunep-dhi-2009.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 02

Derecho Humano al agua

Objetivo que aborda

Gestionar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Gestión

Escala

Cuenca Nacional

Descripción

El 28 de julio de 2010, a través de la Resolución A/RES/64/292, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, como elementos esenciales para la realización de todos los derechos humanos. La Resolución exhorta a los Estados y organizaciones internacionales a: proporcionar recursos financieros; propiciar la capacitación y la transferencia de tecnología para ayudar a los países, en particular a los que se encuentran en vías de desarrollo; proporcionar un suministro de agua potable y saneamiento saludable, limpio, accesible y asequible para todos.
El Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, adoptó en el año 2002, la Observación General Nº 15 sobre el derecho al agua, donde se establece que *"el derecho humano al agua es indispensable para una vida humana digna"* (artículo I.1). Asimismo, define el derecho de cada persona a disponer de agua suficiente, saludable, aceptable, físicamente accesible y asequible para su uso personal y doméstico.
En este sentido, las Naciones Unidas define estos términos como:

Suficiente: cantidad y continuidad de agua para el uso personal y doméstico.

Saludable: agua libre de microorganismos, sustancias químicas y peligros radiológicos que constituyan una amenaza para la salud humana.

Aceptable: color, olor y sabor aceptables para ambos usos, personal y doméstico.

Accesible: físicamente alcanzable, ya sea dentro o situados en la inmediata cercanía del hogar, de las instituciones académicas, en el lugar de trabajo o las instituciones de salud.

Asequible: que el costo del agua y los servicios e instalaciones de acceso al agua sean de alcance general, es decir no debería superar el 3% de los ingresos del hogar.

Este principio está relacionado también con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, donde el Objetivo 6 establece 6 metas:

6.1 De aquí al 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos.

6.2 De aquí al 2030, lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres, las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad.

6.3 De aquí al 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación: eliminando el vertimiento; minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos; reduciendo a la mitad, el porcentaje de aguas residuales sin tratar; aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.

6.4 De aquí al 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores, asegurando la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce, para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.

6.5 De aquí al 2030, implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda.

6.6 De aquí al 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos, a través de:

6.a De aquí al 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo, para la creación de capacidades en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, tales como: captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización.

6.b Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.

También se menciona en los Objetivos de Desarrollo del Milenio, un compromiso de 189 países para promover la lucha contra la pobreza, la protección de las libertades y el fomento de sociedades más inclusivas, a través de una alianza mundial entre países desarrollados y en vías de desarrollo. El ODM 7.c se insta a la comunidad internacional a reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas que en 1990 no tenían acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento.

Beneficios

De acuerdo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la prestación de servicios adecuados de agua y saneamiento, son esenciales para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible, incluidos los relativos a la salud y la igualdad de género.

Las enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento, siguen estando entre las principales causas de fallecimiento de niños menores de 5 años; más de 800 niños mueren cada día por enfermedades diarreicas asociadas a la falta de higiene.

En Chile 4.823 personas en zonas urbanas no están siendo abastecidas de agua potable, mientras que en las zonas rurales son 417.516 personas, especialmente de la zona centro-sur, situación que se incrementa cuando se trata de saneamiento (SISS, 2016).

La obligatoriedad del derecho humano al agua y al saneamiento, establece una prioridad al tema en la política pública y agendas nacionales, las que a su vez permiten priorizar inversión y promover esfuerzos públicos y privados en este sentido.

Esta misma estrategia coadyuva en el fortalecimiento de las instituciones regulatorias nacionales, pudiendo fomentar la participación ciudadana y la coordinación interinstitucional hacía la búsqueda común de soluciones.

Condiciones Legales e Institucionales

Cuando un país establece este principio entre sus prioridades, es necesaria la voluntad política para generar los mecanismos legales e institucionales que impulsen las medidas específicas en el territorio. Este mecanismo requiere también de financiamiento, así como el reconocimiento del nexo agua-alimentación-energía y la necesidad de un enfoque y gestión conjunta e integrada, para un incremento en la seguridad en los tres aspectos (Embid y Martin, 2018). Chile suscribió en el año 2015 la Agenda 2030, teniendo un carácter vinculante para nuestro país. El derecho humano al agua no se encuentra reconocido en nuestra legislación. La Constitución Nacional, no contiene referencia alguna al agua como un Derecho Humano, pero sí reconoce y protege la propiedad que sobre el derecho de aprovechamiento tiene su titular. El Código de Aguas actual no considera una priorización en el uso para satisfacer el derecho humano al agua, pero si la facultad de expropiar derechos de agua en caso de ser necesario.

Casos de Aplicación

Constitución de Colombia. Limita a sus entidades para que no destinen el excedente de sus recursos a otros rubros, en tanto no garanticen primero la prestación universal y calificada de los servicios públicos que hacen de los derechos sociales una realidad palpable a la población, entre ellos el servicio público domiciliario de agua potable y saneamiento (Becerra y Salas, 2016).

Constitución de Ecuador. Considera el agua un bien nacional público, inalienable, imprescriptible, inembargable y estratégico, debido a sus implicaciones económicas, sociales, políticas y ambientales; por lo que prohíbe toda forma de privatización, siendo facultades exclusivas del Estado su administración, regulación, control y gestión para el pleno desarrollo de los derechos y el interés social, de acuerdo con los principios de sostenibilidad, precaución, prevención y eficiencia (Becerra y Salas, 2016).

Constitución de México. Reconoce el derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico, así como su garantía por parte del Estado y la concurrencia de los tres órdenes de Gobierno para que su acceso y uso sean equitativos y sustentables (Becerra y Salas, 2016).

Constitución de República Dominicana. Tiene un aspecto interesante, pues impone al Estado el cumplimiento de los derechos económicos y sociales, de acuerdo con las pautas que marcan los instrumentos internacionales y los organismos por ellos facultados para su interpretación, dando prioridad en todo momento a los sectores económicamente más vulnerables de la población (Becerra y Salas, 2016).

Referencias y mayor información

Becerra, JJ. y Salas, I. (2016). El derecho humano al acceso al agua potable: aspectos filosóficos y constitucionales de su configuración y garantía en Latinoamérica. Revista Prolegómenos Derechos y Valores, 19(37), 125-146. DOI: http://dx.doi.org/10.18359/prole.1683

Echeverría, C.M. (2018). El derecho humano al agua: análisis histórico, contenido y alcance en la legislación chilena Memoria para optar al grado de Licenciada en Ciencias Jurídicas y Sociales. Universidad de Chile. Disponible en URL: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/151579/El-derecho-humano-al-agua-an%C3%A1lisis-hist%C3%B3rico-contenido-y-alcance-en-la-legislaci%C3%B3n-chilena.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Embid, A. y Martín, L. (2018). Lineamientos de políticas públicas. Un mejor manejo de las interrelaciones del Nexo entre el agua, la energía y la alimentación. CEPAL Serie Recursos naturales e infraestructura 189. Disponible en URL: https://www.cepal.org/es/publicaciones/44183-lineamientos-politicas-publicas-un-mejor-manejo-interrelaciones-nexo-agua-la

Justo, J.B. (2013). El Derecho Humano al Agua y Saneamiento (DHAS) frente a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y sus implicaciones para el desarrollo sectorial. CEPAL-Ministerio de Asuntos Exteriores de Francia. Colección de documentos de proyectos. Disponible en URL: https://www.ohchr.org/documents/issues/water/contributionssustainability/eclac7.pdf

Ministerio de Economía y Fomento. (2018) Regulación del agua como derecho ¿Por qué es importante la regulación de aguas?. Iniciativa científica Milenio. Santiago de Chile Disponible en URL: http://www.iniciativamilenio.cl/wp-content/uploads/2018/06/Regulaci%C3%B3n-de-Aguas.-A.-Neirot.pdf

Naciones Unidas. (s/a). Objetivos del desarrollo sostenible: 6. Agua limpia y saneamiento. Disponible en URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/

Naciones Unidas. (2010). El derecho humano al agua y al saneamiento. Disponible en URL: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml

Naciones Unidas. (2010). The right to water. Factsheet N° 35. Disponible en URL: https://www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35en.pdf

Superintendencia de Servicios Sanitarios -SISS. (2016). Informe de Coberturas Sanitarias 2016. Disponible en URL: http://www.siss.gob.cl/586/articles-16607_recurso_1.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 03

Reservas y áreas de protección de recursos hídricos

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Gestionar	Medio Ambiente	Gestión	Cuenca Nacional

Descripción

En Chile existe un marco institucional y regulatorio de áreas protegidas disperso, compuesto por una serie de categorías e instrumentos distintos de protección y conservación de ecosistemas y patrimonio ambiental. Sin embargo, las figuras jurídicas existentes no están diseñadas para la protección de las fuentes de aguas y el ciclo hidrológico en específico. Los recursos hídricos suelen estar incluidos como parte integrante de la zona de protección, o bien referidos a un componente determinado, como los sitios Ramsar ("Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas"). Sin embargo, el agua posee un ciclo que abarca una cuenca completa (cordillera a mar) y la protección de una parte de ella no garantiza el flujo sostenible del agua, ni la calidad necesaria para el uso ambiental, para la conservación de los servicios ecosistémicos y, principalmente, para el derecho humano al agua. Por otro lado, las facultades de la DGA relativas a las limitaciones y restricciones al uso del agua, quedan acotadas a la constitución de nuevos DAA -con excepciones en ciertas regiones en que en se prohíbe por la presencia de vegas, bofedales y humedales- cubriendo solo parte de las cuencas.

Las reservas de aguas o áreas de protección hídrica, son instrumentos jurídicos recomendados para incorporarlos en el marco normativo-institucional para proteger las fuentes de aguas superficiales y subterráneas, a nivel de cuenca o demarcaciones hidrográficas. Con ello, es posible garantizar la cantidad de agua necesaria para el desarrollo, la provisión de servicios ecosistémicos y la capacidad de adaptación al cambio climático.

Dentro de esta categoría existen dos figuras jurídicas:

(i) Decretos de reservas de agua: instrumentos jurídicos que garantizan flujos mínimos de agua que corren por las cuencas para el uso ambiental. Están diseñados para proteger el caudal ambiental y sostener los servicios ecosistémicos dentro del área que comprende la reserva, ya sea un acuífero, cuenca o región. Una vez decretada el área de reserva, la autoridad podría establecer limitaciones a la sobreexplotación del recurso y al aprovechamiento de una parte o la totalidad de las aguas disponibles. Para esto, se pueden fijar volúmenes determinados de extracción, uso y descarga autorizados en ciertos periodos del año, así como condiciones de otorgamiento y límites a los derechos de aprovechamiento existentes.

(ii) Áreas de protección hídrica: instrumentos jurídicos con propósitos similares a los decretos de reservas de agua cuyas principales diferencias radican en el procedimiento para su establecimiento, la extensión geográfica, dado que se pueden incluir la gestión en las zonas de influencia que pueden intervenir las fuentes de agua o la provisión de las mismas; y las facultades más amplias de la autoridad que puede excluir actividades incompatibles, prohibir o limitar ciertos usos del suelo que puedan generar efectos importantes el área de protección, estableciendo un régimen jurídico especial.

Beneficios

(i) Los beneficios de las reservas de agua son:

- Permiten asegurar el agua necesaria para la vida, lo que incluye el derecho humano al agua, los ecosistemas que sostienen los servicios ambientales que permiten el desarrollo humano y de las comunidades vulnerables.
- Al establecer límites sostenibles de oferta de agua, los usuarios implementan las innovaciones necesarias para continuar creciendo y desarrollándose, ajustando su consumo a la oferta disponible.
- Disminuyen el riesgo para el desarrollo futuro del país, dado que controlan la escasez y los conflictos entre usuarios.
- Garantizan la conectividad del sistema hídrico a lo largo de toda la cuenca, además de requerir el manejo conjunto y sistémico de aguas superficiales y subterráneas, considerando su interacción.
- Contribuyen a la conservación de los ecosistemas y continuidad de servicios ambientales para la gestión del agua y la sociedad (almacenamiento, conducción, abastecimiento, mejora calidad agua, protección contra eventos extremos como inundaciones, entre otros.)
- Al implementarlas en distintas zonas del país, mantienen el ciclo hidrológico natural, contribuyendo así a generar resiliencia de ecosistemas y población ante situaciones de escasez, sirviendo como medida de adaptación y mitigación frente al Cambio Climático.
- Entrega valor agregado a los productos que se producen en territorios sustentables. Por lo tanto, asegura apertura y mantención de mercados internacionales.

(ii) Los beneficios adicionales de las áreas de protección hídrica son:

- Establece un régimen especial que permite manejar el territorio para conservar la vida en la cuenca, donde se incluye la conservación de los servicios ecosistémicos, el derecho humano al agua y la provisión de alimentos.
- Contribuyen a la conservación de los recursos hídricos comprendidos en el área, al asegurar caudales claves a nivel de cuenca o demarcación hidrográfica, que permiten proteger las fuentes de agua y sus zonas de influencia.

Casos de Aplicación

Reservas de agua para el medio ambiente en México: Por decreto, el Ejecutivo Federal puede declarar la reserva de agua para uso ambiental, conservación ecológica y consumo humano, en el acuífero, cuenca o región hidrológica respectiva. El objetivo es garantizar los flujos mínimos para el equilibrio ecológico del sistema. Esta declaración surge de un proceso regulado en el que participan distintas entidades como: la Comisión Nacional del Agua, los Organismos de Cuenca y el Consejo de Cuenca. La declaratoria incluye un estudio técnico y una consulta pública. En el área comprendida en la respectiva reserva, se establecen limitaciones a la explotación y uso de una parte o la totalidad de las aguas disponibles, fijando volúmenes de extracción, uso y descargas que se pueden autorizar, así como las modalidades o límites a los derechos de los concesionarios y asignatarios.

Áreas de protección hídrica en Ecuador (APH): Son territorios delimitados por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), en los que existen fuentes de agua que han sido declaradas de interés público para su mantenimiento, conservación, protección, abastecimiento al consumo humano y soberanía alimentaria. Dentro de estas áreas, se establece un régimen especial que regula el uso de las fuentes de agua y zonas de influencia, excluyendo actividades y prohibiendo o limitando ciertos usos de suelo, que resulten incompatibles con los objetivos del área de protección. Estas reservas pasan a formar parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) de Ecuador y su gestión está a cargo del Fondo para la Protección del Agua (FONAG), en el marco del Programa de Áreas de Conservación Hídrica Sostenible. El propósito de este instrumento es servir a la conservación de los recursos hídricos, beneficiando caudales claves para el abastecimiento poblacional que, junto al caudal ecológico, forman parte de las garantías preventivas contempladas en la ley de Recursos Hídricos del Ecuador.

Otras experiencias de referencia: Reserva de agua para el medio ambiente (EWR) en el Estado de Victoria, Australia. Desde su creación en el año 2005, las aguas obtenidas a través de mecanismos de ahorro y recuperación de aguas para tal efecto, quedan reservadas bajo la figura de derechos de agua para el medio ambiente, bajo la administración de la entidad gestora del agua para el medio ambiente del Estado de Vitoria (VEWH).

Reservas y áreas de protección de recursos hídricos

Condiciones Legales e Institucionales

- Explicitar en el Código de Aguas* la incorporación de caudales de reserva y áreas de protección, según lo establecido por el Artículo 42 de la Ley N°19.300, que establece la facultad del MMA y el organismo público encargado por la ley de regular el uso o aprovechamiento de los recursos naturales en un área determinada, pudiendo exigir el cumplimiento de planes de manejo para asegurar la mantención de caudales de aguas y conservación de suelos; mantención del valor paisajístico y protección de especies clasificadas en alguna categoría de conservación.
- La incorporación legal de estas figuras, incluye regular un proceso participativo para su dictación, que contemple informe técnico previo, etapa de consulta pública, integración de las OUA, etc.. También se debe determinar el servicio encargado de su administración (idealmente nuevo SBAP y/o organismos de cuenca), así como dotar de facultades suficientes a las entidades responsables (MMA y DGA para Chile). Se recomienda ampliar las facultades de la DGA relacionadas con la imposición de limitaciones y restricciones al uso de las aguas, de manera de completar dichas atribuciones.
- El proyecto de ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP) al alero del MMA (Boletín Nº 9404-12), actualmente en discusión legislativa, busca la unificación y coordinación de la gestión de las áreas protegidas. Sin embargo, hasta el momento no incorpora instrumentos de protección y gestión especial, como las reservas o áreas de protección del recurso hídrico.
- Una vez incorporados estos instrumentos a la normativa, su implementación requiere de capacidad técnica y sobre todo de voluntad articulada entre distintos actores que incidan en el proceso de establecimiento de reservas o áreas, así como la coordinación con los respectivos niveles de gobierno.
- Las modificaciones legales deben incorporar estas áreas o reservas al SNAP, para su gestión coordinada y coherente con el resto de las áreas de protección.

Referencias y mayor información

Dirección General de Aguas- DGA. Limitaciones y restricciones al uso del agua. Santiago, Chile. Disponible en URL: http://www.dga.cl/limitacionrestriccionagua/Paginas/default.aspx#seis

Duhart, D. (2019). Levantamiento de información y complemento de condiciones habilitantes de tipo legal-institucional. Estudio elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia

Ministerio del Medio Ambiente- MMA (2015). Las áreas protegidas de Chile. Santiago, Chile. Disponible en URL: http://bdrnap.mma.gob.cl/recursos/privados/Recursos/CNAP/Consultoria/2015_LasAPs_2ed.pdf

Oficio Nº 12.995 de 22 de noviembre de 2016, remitido por la Cámara de Diputados al Senado, que contiene la aprobación al proyecto de ley que reforma el Código de Aguas, correspondiente al boletín Nº 7543-12.

Casos:

Ecuador: Ley Orgánica de RRHH, Usos y Aprovechamiento del Agua, su Reglamento. http://www.fonag.org.ec/web/?page_id=451
Victoria, Australia: https://www.water.vic.gov.au/waterways-and-catchments/rivers-estuaries-and-waterways/environmental-water

México: Ley de Aguas Nacionales. https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/programa-nacional-de-reservas-de-agua-pnra-para-el-medio-ambiente

** La Indicación Sustitutiva al Proyecto de Ley contenido en el Boletín no 7543-12, presentada por el Ejecutivo al Senado el 31 de enero de 2019, propone agregar además, junto con la ampliación del decreto de reserva para denegar parcialmente solicitudes de DAA para la conservación del recurso para la preservación ambiental, la facultad del Presidente de la República para que de oficio pueda constituir una reserva para el abastecimiento de la población o conservación del recurso para la preservación ambiental cuando no exista solicitud pendiente y por causa fundada.*

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 04

Incentivos para la recarga e infiltración de acuíferos

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Gestionar	Todos los sectores	Gestión	Cuenca

Descripción

Actualmente el Código de Aguas contempla la posibilidad de efectuar obras de recarga artificial de acuíferos, previa autorización de la DGA, con el objetivo de aumentar la disponibilidad de aguas subterráneas, aprovechando la capacidad de almacenamiento de éstos, así como mejorar la calidad de las aguas. La normativa otorga preferencia a los ejecutores de estas obras para obtener DAA provisionales sobre las aguas inyectadas, mientras dure la recarga, salvo en zonas de prohibición decretadas, donde estas obras solo pueden complementar disponibilidad para DAA existentes.
Sin embargo, hoy en día no existe un desarrollo significativo de éstas técnicas, principalmente debido al desconocimiento y falta de información sobre los acuíferos, que frenan el desarrollo de técnicas e inversión en infraestructura necesaria para implementarla (CNR, 2018).
Una alternativa de mejora consiste en fomentar la implementación de sistemas de recarga e infiltración de acuíferos a través de incentivos y un marco normativo-institucional adecuado que la facilite y garantice un manejo sustentable. Esto puede comprender:

(i) **Contar con información necesaria** sobre acuíferos, zonas de recarga y zonas de influencia (catastro, estado y disponibilidad, calidad aguas, capacidad de almacenamiento y recarga, interacción con aguas superficiales, permeabilidad de suelos, zonas óptimas para infiltración, entre otros aspectos) a través del Sistema Nacional de Información de Aguas (SNIA) mejorado (ver ficha Nº 18) e informes técnicos, que orienten a tomadores de decisiones, usuarios y emprendedores;

(ii) **Impulsar recarga artificial** u otros sistemas de infiltración a través de la incorporación de incentivos económicos, como por ejemplo: (a) sistemas de net metering de recarga artificial, en que los participantes infiltran los excesos de aguas superficiales por medio de distintas técnicas y son compensados por ello con descuentos en el pago de la tarifa por consumo de agua (previa tarificación por extracción); (b) bancos de agua, en que los usuarios depositan (infiltran) agua al acuífero y estos depósitos otorgan derecho a extraer aguas subterráneas en el futuro (ver ficha Nº 4 y 10); (c) programas de subsidios o co-financiamiento, para compra/construcción de implementos e infraestructura necesaria (captación de aguas lluvia, pozos y piscinas de infiltración, tratamiento y reutilización, etc), habilitación de suelos que permitan infiltración, investigación acuíferos, desarrollo tecnológico, sistemas de monitoreo y medición, entre otros.

(iii) **Promover infiltración natural**: potenciarla a través de iniciativas relacionadas con la gestión de aguas superficiales y su escurrimiento, de manera que contribuyan a la infiltración natural, como por ejemplo: (a) reemplazo por pavimentos y superficies verdes permeables (ver ficha Nº 4 y 65); (b) gestionar uso de suelos y adecuar normativa urbanística para destinar/proteger áreas de infiltración como parte del ordenamiento territorial; c) Identificar áreas de infiltración natural que se puedan proteger o recuperar.

(iv) **Integrar al sistema la recarga inducida por descargas de aguas tratadas**: gestionar descargas autorizadas, considerando su potencial de recarga a través de infiltración difusa, adecuando su tratamiento para alcanzar calidad requerida, así como zonas de disposición para optimizarla;

(v) **Generar un marco legal e institucional**: que regule la recarga e infiltración de acuíferos en sus distintos aspectos, los respectivos incentivos y subsidios que faciliten su implementación, así como establezca

una institucionalidad clara y coordinada, encargada de su gestión y autorización, con las respectivas funciones y atribuciones (DGA, CASUB, JdV y Consejos de Cuenca).

(vi) Establecer una base de financiamiento permanente para el desarrollo de técnicas de recarga e infiltración de acuíferos, lo que podría salir del presupuesto público y/o tarifa por aprovechamiento de las aguas, impuesto al m^2 pavimentado y/o deforestado, entre otros posibles. También es importante impulsar la cooperación público-privada para las inversiones.

Beneficios

Fomentar la recarga e infiltración a acuíferos permite, entre otros beneficios, almacenar el exceso de agua, especialmente para reserva en zonas de escasa disponibilidad; contribuir a la conservación de los acuíferos y sus ecosistemas relacionados. Igualmente, esta medida aporta a mitigar los impactos del cambio climático, al ser un sistema de almacenamiento que evita la evaporación del agua y mitiga la disminución de recarga natural por actividades antrópicas (urbanización, pavimentación, canalización, erosión, etc.); actúa como almacenamiento regulador en eventos extremos (capta agua en exceso y entrega agua en escasez); con un adecuado manejo, aporta a mitigar la sobrexplotación de recursos hídricos y mejorar la calidad del agua en el acuífero. La recarga también se utiliza como barreras hidráulicas subterráneas, que impiden la intrusión de agua de mar en napas subterráneas. La recarga e infiltración también puede hacerse con aguas residuales tratadas adecuadamente, aportando a mantener o recuperar los niveles de los acuíferos, o bien la regeneración de humedales, etc.

Casos de Aplicación

- California, Estados Unidos: hay un sistema de infiltración a gran escala en el Distrito de Agua de Orange County, la que se realiza con aguas residuales tratadas que antiguamente eran descargadas por emisarios submarinos al mar. Se utiliza un sistema de microfiltración, osmosis inversa y luz ultravioleta, generando 378.500 m^3/día de agua de alta calidad, de los que 132.500 m^3/día son inyectados en pozos costeros para el control de la intrusión marina y 246.000 m^3/día son bombeados hacia piscinas de percolación al interior de Orange County, donde se infiltran naturalmente para recargar los acuíferos y así asegurar el suministro de agua potable local.
- Amsterdam, Holanda: Holanda es uno de los países con mayor desarrollo de recarga artificial de acuíferos en Europa. Hace más de 50 años, entró en operación el sistema de recarga artificial en las dunas de arena de Amsterdam, con el objetivo de utilizarla como almacenamiento y método de descontaminación, para asegurar el suministro de agua en la capital. Actualmente, 65% del abastecimiento de agua de Amsterdam proviene de acuíferos con recarga artificial.
- Israel: Desde los años 60 se ha realizado la recarga artificial de acuíferos a través de pozos y piscinas de infiltración, con el objetivo de almacenar agua para asegurar el funcionamiento del sistema nacional de suministro. La mayor parte de la recarga artificial se realiza con aguas residuales tratadas. El desarrollo de la desalinización a gran escala, ha motivado la investigación de tecnologías que permitan efectuar recarga con agua obtenida de la desalación, como nuevo desafío.
- Proyectos piloto Comisión Nacional de Riego, Chile: Desde el 2013, se han desarrollado pilotos en distintas cuencas de Chile, con el propósito de evaluar factibilidad y potencial agroeconómico, probando y monitoreando distintos métodos (pozos, piscinas e intervención directa en esteros), identificando sectores óptimos para la recarga y disponibilidad de caudal superficial.
- Proyecto piloto de la Sociedad Canal de Maipo (SCM) en campus Antumapu U. Chile: Iniciativas de prueba de distintos métodos de recarga artificial de acuíferos, con el propósito de poder replicar experiencias a lo largo de todo Chile. El objetivo del proyecto es inyectar acuíferos en las zonas no saturadas de influencia del mismo, con aguas naturales superficiales provenientes de DAA consuntivos y permanentes, que los regantes de la SCM detentan sobre las aguas del Río Maipo, a través de piscinas y pozos.

Condiciones Legales e Institucionales

El Código de Aguas y Reglamento sobre exploración y explotación agua subterráneas (D.S. N°203) es bastante limitado e insuficiente en esta materia, por lo que se requiere, ya sea: (i) una nueva ley que aborde y regule los distintos aspectos vinculados a las aguas subterráneas de manera cabal y con un enfoque sustentable, como se ha hecho en otros países; (ii) La modificación del Título IV del Código de Aguas que regula las aguas subterráneas, para incorporar disposiciones cuyo propósito sea asegurar la gestión sustentable de las mismas y facilitar el desarrollo e implementación de técnicas de recarga artificial de acuíferos, con el respectivo reglamento que agrupe y especifique las distintas materias relacionadas de manera sistematizada.
En ambos casos, entre las modificaciones necesarias se encuentran consideraciones técnicas, de uso, financiamiento, fiscalización y legales, que permitan potenciar los mecanismos existentes en la regulación actual.

Nota: La Indicación Sustitutiva al Proyecto de Ley contenido en el Boletín Nº 7543-12, presentada por el Ejecutivo al Senado el 31 de enero de 2019, propone incorporar al Título IV del Código de Aguas, una nueva sección sobre "Recarga artificial de acuíferos". Las disposiciones propuestas establecen la base del procedimiento para obtener la autorización requerida para la ejecución de obras de recarga artificial de acuíferos y, establece como requisitos permanente, la no afectación de la calidad del agua y llevar un registro pormenorizado de los caudales infiltrados y extraídos. Estas disposiciones contemplan dejar en manos de las JdV u OUA respectiva, la autorización que requiere la ejecución de obras para la recarga artificial de acuíferos y la DGA como subsidiaria, en caso que no exista OUA. Además, se excluye expresamente a las obras de infiltración de aguas lluvias localizadas en zonas urbanas de la regulación de obras de recarga artificial.

Referencias y mayor información

Cabrera, G. (2013). Aspectos generales de la recarga de acuíferos en Chile. Alhsud.

Comisión Nacional de Riego- CNR. (2018). Marco operativo para proyectos de recarga artificial en acuíferos. Santiago, Chile. Disponible en URL: https://portalqa.cnr.gob.cl/marco-metodologico-para-proyectos-de-recarga-de-acuiferos

Duhart, D. (2019). Levantamiento de información y complemento de condiciones habilitantes de tipo legal-institucional. Estudio elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia

García, F. (2017). Métodos paradójicos para una recarga de acuíferos: artificial o inducida, puntual o difusa. En Revista iAgua.es. Disponible en URL: https://www.iagua.es/blogs/federico-j-garcia-mariana/metodos-paradojicos-recarga-acuiferos-artificial-o-inducida-puntual

Ingenieros Chile. (2017). La reforma al Código de Aguas y la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH). Disponible en URL: http://www.iing.cl/images/iing/pdf/Informe_Aguas_y_GIRH_Completo.pdf

Jódar-Abellán, A., Albaladejo, JA. y Prats, D. (2017). Artificial groundwater recharge. Review of the current knowledge of the technique. Revista de la Sociedad Geológica de España 30(1), 85-96. Disponible en URL: https://www.researchgate.net/publication/318317506_Artificial_Groundwater_Recharge_Review_of_the_Current_Knowledge_of_the_Technique

Marra, R. (2017). Recarga y Recuperación de Acuíferos, un caso de estudio: experiencia en Tucson Arizona. SWRC.

Schwarz, J. y Bear, J. (2016). Artificial Recharge of Groundwater in Israel. Disponible en URL: https://recharge.iah.org/files/2016/08/Israel-Schwarz-and-Bear-Israel-10apr16.pdf

Unesco-IHE, MetaMeta. (2014). The Amsterdam Dune Water Machine brochure; Dutch Water Authorities, 2015. Water Governance.

Nº FICHA 05

Mejoramiento del caudal ecológico como instrumento de gestión

Objetivo que aborda: Gestionar

Sector de aplicación: Medio Ambiente

Tipo de solución: Gestión

Escala: Nacional, Cuenca

Descripción

Actualmente existe dualidad de conceptos y en los procedimientos para su establecimiento:

i) Caudal Ecológico Mínimo: regulado en Código de Aguas y su Reglamento D.S. Nº 14, el cual es considerado para el otorgamiento de nuevos DAA sobre aguas superficiales o cambios en el punto de captación.

ii) Caudal Ecológico o Ecosistémico: usado como medida de mitigación en el Sistema de Evaluación Ambiental (Ley 19.300, Reglamento SEIA y Guías metodológicas).

En ambos cuerpos legales se utilizan metodologías y criterios distintos para su determinación. El Código de Aguas solo considera caudales y DAA, en cambio el SEIA considera factores ambientales que arrojan como resultado caudales mayores a respetar. En la práctica, existen DAA con y sin caudal ecológico asociado, incluso en la misma fuente natural; también hay secciones de ríos sin caudales ecológicos ya que los DAA fueron otorgados con anterioridad. Además, en un mismo punto de captación ocurre que los usuarios deben respetar distintos caudales ecológicos, ya que han sido determinados de manera diferente según el año de otorgamiento del respectivo DAA y la metodología regulada en ese período.

Para mejorar el caudal ecológico como instrumento de gestión es necesario:

(i) Establecer caudal ecológico mínimo tanto para DAA nuevos como existentes respecto de los cuales no haya sido fijado;

(ii) Determinar el caudal ecológico considerando la fuente natural en su integridad, que deba ser respetado por todos los usuarios a prorrata de sus DAA.

(iii) Mejorar metodología de determinación del caudal ecológico, que considere distintos usos en la fuente, incluyendo funciones ambientales, efectos acumulativos y cambio climático, interacción entre aguas superficiales y subterráneas, entre otros aspectos.

(iv) Actualizar caudales ecológicos establecidos con metodologías pasadas, de manera de uniformarlos para que no se produzcan diferencias entre DAA de una misma fuente. Y establecer su actualización periódica, ajustando la metodología utilizada para incorporar variación de factores considerados para su determinación.

(v) Asegurar participación del MMA como organismo técnico, y a las respectivas OUA en el proceso de determinación y actualización de los caudales ecológicos mínimos.

(vi) Incluir dentro de la nueva obligación de transmitir instantáneamente la información obtenida de los sistemas de medición en las fuentes superficiales, aquella relacionada con el cumplimiento de caudales ecológicos, para facilitar la fiscalización.

(vii) Mejorar fiscalización del cumplimiento, aumentando dotación de fiscalizadores de la DGA, con respectivo aumento de recursos financieros.

(viii) Disuadir incumplimiento del caudal ecológico mínimo, a través de sanciones específicas, multas suficientemente elevadas y la posibilidad de revocar los DAA ante incumplimientos reiterados.

Beneficios

Contar con caudal ecológico mejorado podría tener múltiples beneficios como:

- Garantizar que el agua sea compartida equitativamente entre usos ambientales y los otros usos.
- Contribuir a conservar las fuentes naturales de agua, organismos acuáticos y ecosistemas a lo largo de los cauces, asegurando continuidad del recurso hídrico.
- Contribuir a recarga natural de aguas subterráneas, en cauces cuyas superficies son permeables y permiten la infiltración hacia napas subterráneas.
- La obligación para todos los titulares de DAA (nuevos y existentes) en una misma fuente de agua de respetar los caudales ecológicos por igual, facilitaría el cumplimiento de la obligación para las JdV y usuarios, al poder prorratear el caudal disponible restante entre todos los usuarios una vez asegurado el caudal ecológico, facilitando fiscalización DGA.

Casos de Aplicación

Caudal mínimo biológico en Francia: La regulación establece una metodología de cálculo base para fijar el caudal mínimo biológico, como parte de las condiciones para el otorgamiento de las autorizaciones o concesiones de extracción, que a su vez, debe ser complementada por un estudio específico que considera el contexto ambiental y biológico, así como los aspectos particulares, territoriales, contenidos en los instrumentos de planificación y gestión territorial de las aguas a nivel de cuenca y subcuenca (SDAGES y SAGES).

Caudal ambiental en la cuenca Murray-Darling, Australia: Los planes de cuenca limitan el uso del agua en niveles ambientalmente sostenibles, mediante el establecimiento de límites de desviación/extracción, para las fuentes de agua superficiales en la cuenca. Todas las extracciones deben adecuarse a esos límites. Uno de los componentes esenciales de los planes de cuenca, es el suministro de agua para satisfacer los requerimientos del medio ambiente, incluyendo biodiversidad acuática y terrestre, así como objetivos de calidad del agua que influyen en la gestión de caudales ambientales. Cada 5 años, la autoridad revisa las directrices para la determinación de los caudales ambientales.

Indicadores de flujo ambiental en Inglaterra: Para asegurar el buen estado ecológico de los recursos hídricos, sus fuentes y ecosistemas relacionados, la Agencia Ambiental elabora Indicadores de Flujo Ambiental (EFI), consistentes en estimaciones de volúmenes, por debajo de los cuales se considera podría generarse un daño o impacto ambiental en la fuente de agua. A partir de los EFI, la Agencia impone a las licencias de extracción un control "hands off flow". Estos parámetros son establecidos en cada fuente, en base al conocimiento de expertos, complementado con los conocimientos locales o estudios específicos. Son revisados y actualizados de forma constante por la Agencia. Uno de los aspectos que la reforma en este país busca mejorar, consiste en la estandarización del caudal ecológico mínimo por fuente, para que sea el mismo para todos los usuarios y así facilitar su cumplimiento y fiscalización.

Condiciones Legales e Institucionales

- Modificar regulación para actualizar el concepto del caudal ecológico mínimo y referenciarlo como caudal ambiental o ecosistémico, mejorando la metodología de cálculo, que considere en su determinación la interacción con el sistema hídrico al que pertenece la fuente en su integridad, servicios ecosistémicos, estructura y función de los ecosistemas, entre otros criterios adicionales.
- Modificar el Código de Aguas y el D.S. N°14, para introducir el deber de la DGA de uniformar y actualizar periódicamente los caudales ecológicos en las fuentes de aguas superficiales, reflejando las variaciones en el tiempo, los caudales naturales y otros factores considerados en la metodología para su determinación.
- Modificar el Código de Aguas para ampliar la facultad de la DGA y establecer un caudal ecológico para todos los tipos de usuarios y titulares de DAA, tanto nuevos como existentes (retroactivamente, ya que la mayoría de los DAA fueron otorgados antes de la entrada en vigencia de la ley 20.417 que reguló el establecimiento de caudal ecológico en Chile).

- Reconocer en la regulación la práctica de la DGA de establecer caudales ecológicos respecto de DAA existentes, en la tramitación de solicitudes de traslado de puntos de captación, como hasta ahora lo había contemplado el PdL de reforma al Código de Aguas.
- Modificar el Código de Aguas y el Reglamento (D.S. N°14), así como la Ley 20.417 que establece las funciones del MMA, para incorporar su participación y la de respectivas OUA en proceso de determinación de caudales ecológicos mínimos y su actualización periódica.
- Modificar obligación de transmisión de información introducida por Ley 21.064, para incluir datos relacionados con cumplimiento de los caudales ecológicos establecidos.
- Modificar Código de Aguas para incorporar una sanción específica por infracción relativa a la conservación del caudal ecológico mínimo, que contemple una multa suficientemente elevada, ya que actualmente la afectación del caudal ecológico mínimo solo es considerada como agravante. Además incorporar la facultad de la DGA para revocar DAA como sanción, en caso de incumplimiento reiterado.

Referencias y mayor información

Boettiger, C. (2013). Caudal ecológico mínimo: regulación, críticas y desafíos. Disponible en URL: https://derecho.udd.cl/centro-justicia-constitucional/files/2015/11/Caudal_ecologico_o_minimo_regulacion_cri.pdf

Dirección General de Aguas - DGA (2016). Impacto aplicación caudal ecológico mínimo retroactivo en cuencas de la IV, V y VI región. Disponible en URL: http://documentos.dga.cl/ECO5707.pdf

Duhart, D. (2019). Levantamiento de información y complemento de condiciones habilitantes de tipo legal-institucional. Estudio elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia

Instituto de Ingenieros Chile, (2017). La reforma al Código de Aguas y la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH). Disponible en URL: http://www.iing.cl/images/iing/pdf/Informe_Aguas_y_GIRH_Completo.pdf

OCDE (2016). Evaluaciones del desempeño ambiental Chile. Disponible en URL: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40308/S1600413_es.pdf

Riestra, F. (2015). Experiencia en el Establecimiento de Caudales Ambientales en Chile. Seminario Internacional Cambio Climático, Política Fiscal Ambiental y Caudales Ambientales: Desafíos y Oportunidades para Las Energías Sostenibles en América Latina. Buenos Aires – 26 y 27 de Mayo de 2015 Disponible en URL: http://www.cohife.org/OLD/documentos/FRIESTRA_CHILE.pdf

Vergara, R. (1999). Estatuto jurídico de la fijación de caudales mínimos ecológicos. Disponible en URL: http://redae.uc.cl/index.php/redae/article/view/274

República de Francia. Article L214-18. Disponible en URL: https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000006833152&cidTexte=LEGITEXT000006074220

OCDE (2015). Australia Country Profile. Water Resources allocation: Sharing Risks and Opportunities, OECD Studies on Water; S.A. Banks & B.B. Docker (2014) Delivering environmental flows in the Murray- Darling Basin (Australia)—legal and governance aspects, Hydrological Sciences Journal, 59:3-4, 688-699 Disponible en URL: https://www.environment.act.gov.au/water/water-regulation/environmental-flows-guidelines

OCDE (2015). United Kingdom Country Profile. Ibid. Disponible en URL: http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140328104910/http://cdn.environment-agency.gov.uk/LIT_7935_811630.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 06

Incentivos para eficiencia y uso sustentable del agua en los sectores productivos

Objetivo que aborda

Gestionar

Sector de aplicación

Industria | Forestal | Minería | Agricultura

Tipo de solución

Gestión

Escala

Cuenca | Proceso Industrial

Descripción

Una de las recomendaciones de la OCDE en materia de gestión hídrica en Chile, consiste en intensificar los esfuerzos por elevar la eficiencia en el uso del agua en todos los sectores económicos, especialmente en la agricultura y la minería (OCDE, 2016).
A través de un conjunto de medidas regulatorias y voluntarias, que comprendan incentivos económicos y herramientas informativas, se puede contribuir a disminuir el consumo de agua, aumentar la eficiencia hídrica y consolidar el manejo sustentable del recurso hídrico en los procesos productivos de los sectores que encabezan el consumo de agua en Chile. Algunos ejemplos son:

Medidas transversales:

(i) Tarificar las extracciones de agua: establecer una tarifa por extracción de aguas superficiales y subterráneas que son usadas con fines productivos. Existen diversos modelos para calcular la tarifa en base al volumen extraído, donde los titulares de DAA deben pagar por el agua obtenida. La recaudación es destinada a la gestión de las aguas, así como a cumplir los objetivos de políticas y regulaciones relacionadas con la conservación y manejo sustentable del recurso hídrico.

(ii) Beneficios tributarios, subsidios y/o descuentos: para los titulares de DAA que implementen soluciones que permitan abordar brecha hídrica, como por ejemplo: sistemas de cosecha de aguas lluvias, reúso de aguas residuales tratadas, sistemas de recarga o infiltración a acuíferos, entre otros. También es posible calcular descuentos en el pago por extracciones o tributarios, por m^3 de agua que ayuda a disminuir la Brecha Hídrica.

(iii) Subsidios a través de fondos públicos concursables, créditos con baja tasa de interés, descuentos o bonificaciones para financiar el desarrollo, instalación e implementación de proyectos de disminución del consumo de agua, eficiencia hídrica y manejo sustentable en los procesos productivos.

(iv) Estándares y certificación de eficiencia hídrica: desarrollo de indicadores, estándares y certificación de eficiencia y huella de agua en procesos productivos y productos, usando sellos reconocidos nacional e internacionalmente. Esto debe ir de la mano de programas de apoyo a los sectores productivos para disminuir su consumo, incrementar la eficiencia y el manejo sustentable de las aguas. En paralelo, las campañas informativas y educacionales para inducir el comportamiento de los consumidores y prefieran productos con menor huella de agua.

(v) Integrar consideraciones sobre eficiencia hídrica, disminución de consumo y manejo sustentable de las aguas en los mecanismos de evaluación ambiental de proyectos agrícolas, mineros e industriales principalmente: Incorporar umbrales para el consumo de agua, metas de eficiencia y manejo sustentable de las aguas dentro de los procesos de evaluación ambiental, como parte de las condiciones y medidas exigidas para la autorización de proyectos que requieran estudios de impacto ambiental. Los proyectos que no requieran ingresar al SEIA, se establezca un volumen de agua por sobre el cual deban presentar planes de manejo sustentable, eficiencia hídrica y disminución de consumo de agua respecto de sus procesos productivos, que contemplen metas y plazos de cumplimiento para avanzar en esos aspectos.

(vi) Iniciativas de cooperación internacional en que se establezcan límites sostenibles y transparencia de huella de agua de productos, con el propósito de fomentar la producción sustentable de los bienes importados/exportados entre los países.

Incentivos para eficiencia y uso sustentable del agua en los sectores productivos

Beneficios

Dentro de los beneficios que se obtienen al disminuir el consumo, aumentar la eficiencia y gestionar de manera sustentable las aguas en los procesos productivos, se encuentran:

- Sostener la actividad productiva en el tiempo, al nivelar la demanda de agua con la oferta disponible.
- Aumentar eficiencia en el tratamiento de aguas residuales y reducir emisiones.
- Prevenir o reducir conflictos entre usuarios en competencia.
- Aumentar la disponibilidad del recurso hídrico y optimizarlo para todos los usos, incluyendo funciones ecosistémicas.
- Disminuir o eliminar la necesidad de satisfacer la demanda de agua a través grandes obras que podrían tener impactos indeseados.
- Contribuir a la protección y conservación de las fuentes naturales y ecosistemas.
- Contribuir en materia de mitigación y adaptación al cambio climático, aumentando la resiliencia de los sistemas.
- Valor agregado de productos de exportación que cumplen con estándares, manejo y reducción de Huella de Agua.

Casos de Aplicación

- **El agua paga el agua en Francia:** La normativa europea exige a los Estados miembros que los distintos sectores usuarios del agua contribuyan a la recuperación de los costos del agua, en base a los principios usuario-pagador y contaminador-pagador. En aplicación de lo anterior, en Francia los distintos sectores productivos usuarios, contribuyen a cubrir los costos asociados al recurso hídrico. Así, los sectores agrícola e industrial pagan un cargo por extracción y otro por contaminación, y los montos recaudados por las respectivas agencias del agua son destinados a financiar la gestión del agua y acciones de preservación de los medios acuáticos.
- **Régimen de ayuda para el fomento de agricultura respetuosa de las cuencas hidrográficas en Inglaterra:** El programa gubernamental Catchment Sensitive Farming (CSF) es una alianza entre la Defra y la Agencia Ambiental, que tiene por objetivo mejorar la calidad del agua y del aire en zonas prioritarias, a través de capacitaciones, orientación y subvenciones a los agricultores. Dentro de las subvenciones, se encuentra el financiamiento de la compra e instalación de cisternas de almacenamiento subterráneo para fomentar la captación de aguas lluvias.
- **Asignaciones de capital mejoradas para la eficiencia hídrica (ECA) en el Reino Unido:** A través de este programa se establecen beneficios tributarios para la inversión en ciertas tecnologías y productos que permiten incrementar la eficiencia hídrica en los procesos productivos.
- **Incentivos financieros para el desarrollo de proyectos de recarga artificial de acuíferos en California:** En Pajaro Valley se están desarrollando un conjunto de proyectos piloto de recarga artificial, con sistemas de net metering e incentivos como descuentos en la tarifa a pagar por uso del agua.
- **Certificado Azul en Perú:** Se trata de un reconocimiento otorgado por la Autoridad Nacional del Agua a los usuarios hídricamente responsables que participan en el Programa Huella Hídrica y ejecutan con éxito los compromisos asumidos para la evaluación de su huella hídrica y su reducción.
- **Planes de manejo eficiente del agua (WEMP) en Singapur:** Desde el año 2015, los grandes usuarios de las aguas, es decir todas aquellas industrias que hayan consumido más de 60.000 m^3 el año anterior, tienen la obligación de presentar ante la autoridad del agua, un plan de manejo eficiente del agua para los tres años siguientes. Los objetivos de estos planes son: brindar a las empresas una metodología que les permita conocer en detalle el consumo de agua en que han incurrido, para identificar las áreas en que se debe reducir el consumo y aumentar la eficiencia, así como establecer un plan de acción que comprenda medidas para ahorrar agua, prioridades y plazos de implementación.
- **Fondo de Eficiencia Hídrica (WEF) en Singapur:** Las empresas que deben cumplir con Planes de manejo eficiente del agua quedan habilitadas para postular al Fondo de Eficiencia Hídrica, administrado por la autoridad del agua, cuyo propósito es co-financiar la implementación de proyectos que contribuyan a reducir el consumo de agua de la empresa en al menos un 10%.

Condiciones Legales e Institucionales

- **Tarificación de extracciones de agua:** Para establecer un cargo por concepto de extracción de las aguas para los sectores productivos, es decir un precio al aprovechamiento que permita incorporar los costos de escasez, fuentes alternativas, medidas de conservación, etc., es necesario modificar la regulación actual y establecer los objetivos, metodología de cálculo y entidades encargadas de su determinación y recaudación. Incorporar así el principio usuario-pagador a nuestra legislación de las aguas.
- **Descuentos en tarifa a pagar por extracciones:** el incentivo de descuento por reducción del consumo debe ser contemplado en la nueva regulación que establezca la metodología de cálculo del cargo a pagar por concepto de extracción.
- **Beneficios tributarios especiales** para incentivar inversión en tecnología y sistemas de reúso de aguas grises, captación de aguas lluvias y recarga artificial. se requiere modificación de la normativa vigente a través de una ley que los establezca y regule.
- **Creación de fondos e instrumentos de fomento** nuevos o priorización en la asignación de fondos existentes por sector, para la adquisición e instalación sistemas de reúso de aguas grises, captación de aguas lluvias y recarga artificial.
- **Certificación y sellos:** La elaboración de una ley de certificación y etiquetado de procesos y productos que transparenten la huella de agua a lo largo de la cadena de producción y que fije estándares de eficiencia requeridos, permitiría su implementación obligatoria y generalizada para fomentar el aumento de eficiencia hídrica, estableciendo límites de consumo. Otra opción es desarrollar el Certificado Azul para Chile, que podría implementarse a través de la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático. Actualmente existen diversas iniciativas tanto públicas como privadas que debieran ser consideradas para su diseño.
- **Establecimiento de requisitos de eficiencia hídrica, disminución de consumo y manejo sustentable de las aguas en la evaluación ambiental de proyectos agrícolas, mineros e industriales:** Para los proyectos que deban ingresar al SEIA a través de EIA, incorporar límites de consumo de agua, metas de eficiencia y manejo sustentable del recurso, como parte de las condiciones y medidas de mitigación de las RCA.
- **Para los proyectos que no requieran ingresar al SEIA,** se incorpore en la regulación ambiental la obligación de presentar planes de manejo sustentable, eficiencia hídrica y disminución de consumo de agua, cuando sus procesos productivos tengan un requerimiento hídrico superior al volumen que la misma regulación establezca.
- **En el marco de TLC y cláusulas ambientales de acuerdos de comercio regionales,** promover actividades de cooperación internacional para el establecimiento de límites sostenibles de consumo de agua y entrega de información respecto a la huella de agua de productos, con el propósito de fomentar la eficiencia hídrica en la producción sustentable de los bienes importados/exportados y disminución del consumo de agua.
- **Para aumentar su eficacia**, la implementación del conjunto de mecanismos regulatorios y voluntarios, debe ser impulsada a través de programas públicos e iniciativas privadas, en el marco de políticas nacionales coordinadas y alineadas, con fuerte cooperación inter-institucional y público-privada (FAO, 2016).

Referencias y mayor información

Duhart, D. (2019). Levantamiento de información y complemento de condiciones habilitantes de tipo legal-institucional. Estudio elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia

FAO. (2016). Global Framework for Action to Cope with Water Scarcity in Agriculture in the context of Climate Change. Disponible en URL: http://www.fao.org/3/a-i6459e.pdf

MMA. (2017). Plan de Acción Nacional de Consumo y Producción Sustentables 2017-2022. Disponible en URL: http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/11/PLAN-NACIONAL-DE-ACCION-CPS-2017-2020.pdf

Ministerio del Interior y Seguridad Pública. (2015). Política Nacional para los Recursos Hídricos. Disponible en URL: https://www.interior.gob.cl/media/2015/04/recursos_hidricos.pdf

OCDE. (2010). Sustainable Management of Water Resources in Agriculture. Disponible en URL: https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/sustainable-management-of-water-resources-in-agriculture_9789264083578-en

OCDE. (2016). Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile 2016. Disponible en URL: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40308/S1600413_es.pdf

ODEPA. (2016). Protocolo de Agricultura sustentable. Disponible en URL: https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/3-Protocolo-Agricultura-Sustentable.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 07

Incentivos para eficiencia y uso sustentable del agua en el sector residencial

Objetivo que aborda

Gestionar

Sector de aplicación

Agua Potable y saneamiento

Áreas Verdes

Tipo de solución

Gestión

Escala

Residencial

Nacional

Descripción

Hasta ahora existen sólo algunas iniciativas aisladas, pero no contamos con una estrategia, política, plan o regulación que establezca lineamientos generales y fomente la implementación de un conjunto de acciones coordinadas que permitan aumentar la eficiencia hídrica y promover la gestión sustentable de las aguas a nivel residencial y comercial.
En el marco de una iniciativa nacional, ésta medida busca diseñar e implementar un conjunto de acciones para incentivar el manejo sustentable y eficiente de las aguas, reduciendo al mismo tiempo su consumo residencial, a partir de experiencias identificadas en diferentes países. Estas medidas buscan enfrentar los desafíos de la escasez hídrica, la competencia entre los distintos usos, los impactos del cambio climático y el aumento de la población, que repercuten en la disponibilidad y estado de las aguas.

Existen múltiples iniciativas interesantes alrededor del mundo, a continuación se enumeran algunas de ellas agrupadas por tipo:

(i) Construcción e infraestructura: requisitos técnicos de ahorro de agua y uso eficiente en instalaciones y construcciones residenciales, comerciales y servicios públicos, que sean vinculantes, aplicables tanto para obras nuevas como para existentes con respectivas adaptaciones. Dentro de los requerimientos se deben considerar por ej. artefactos de bajo consumo hídrico y reductores de caudal, certificados por eficiencia hídrica; instalaciones para reutilización de aguas grises; sistemas de captación de aguas lluvias; sistemas de detección temprana de fugas, control de presiones, entre otras.

(ii) Desarrollo urbano sustentable (WaterSmart Cities): Diseño e implementación de planes para ciudades con manejo sustentable y eficiente de agua, que permitan adaptación y resiliencia frente a cambio climático. Una arista fundamental es contar con un plan de manejo de drenaje sustentable, que incorpore un conjunto de medidas, tales como: captación y almacenamiento de aguas lluvias para riego de áreas verdes; sistemas de infiltración como pavimentos permeables, jardines de lluvia, plazas de agua, los que mitigan y previenen inundaciones; áreas verdes y jardines xerófilos, entre otros.

(iii) Información al consumidor y educación: desarrollo de indicadores y certificación de eficiencia y huella de agua de artefactos y productos, edificios y construcciones, a través de sellos reconocibles; perfiles de consumo de agua por domicilio a partir de medidores diferenciados (cocina, baño, exterior), campañas informativas y educacionales para inducir la preferencia hacia productos con menor huella de agua, disminución del consumo de agua, evitar pérdidas innecesarias y prevenir fugas.

(iv) Incentivos económicos:

- Tarificación diferenciada del agua por bloques crecientes (TBC): estructura tarifaria orientada a promover la conservación del agua y la equidad. Por una parte, internaliza el valor real del agua, incluyendo la escasez del recurso y los costos de fuentes alternativas de suministro; por otra parte, se hace cargo de los sectores de menores ingresos para garantizar su abastecimiento, a través de subsidios cruzados, donde se tarifica por bloques. El bloque de mayor consumo, posee una tarifa mayor que subsidia la operación y tarifa del bloque de menor consumo o más vulnerable.
- Impuesto específico de conservación: aplicable a todos los usuarios de agua, incluyendo el residencial, pero en ese caso sobre un volumen previamente establecido.

- Impuesto al pavimento impermeable: calculado en base al m² de pavimento impermeable, por sobre una superficie mínima.
- Descuentos por ahorro de agua anual, reutilización de aguas, captación de aguas lluvias: se fija un porcentaje de descuento sobre la tarifa a pagar por consumo de agua. El descuento se calcula de acuerdo al porcentaje agua ahorrada, en comparación al año anterior. Este descuento también aplica por el reúso de aguas grises o aguas lluvias captadas (sistema net metering).
- Subsidios para reemplazo de artefactos de eficiencia hídrica y de jardines: programas de descuentos, bonos o reembolso de monto establecido para la compra de artefactos con certificación de eficiencia hídrica, así como contenedores para captación de aguas lluvias, y/o compra e instalación de sistemas de tratamiento de aguas domiciliarios; reemplazo de especies y acondicionamiento de jardines de menor requerimiento hídrico, entre otros.

Beneficios

Parte de los beneficios que se podría obtener con la implementación de éstas medidas son:

- Beneficios directos a los usuarios de agua, quienes verán una reducción del precio a pagar en las cuentas del agua.
- Tener ciudades más resilientes que contribuyen a la mitigación y adaptación a al cambio climático.
- Contar con una ciudadanía más consciente del valor del agua y su adecuado manejo.
- Aumentar la disponibilidad del recurso hídrico y optimizarlo para todos los usos, incluyendo funciones ecosistémicas.
- Contribuir a la protección y conservación de las fuentes naturales de agua y ecosistemas.
- Aumentar eficiencia en el tratamiento de aguas residuales y reducir emisiones.

Casos de Aplicación

(i) De construcción e infraestructura:

Estándares técnicos y certificación de construcciones en Singapur: La autoridad encargada de la construcción y edificaciones en Singapur, es responsable de la implementación del sistema de certificación Green Mark, a partir de la legislación de estándares mínimos para construcciones nuevas y existentes, incluyendo el criterio de eficiencia hídrica.

(ii) De incentivos económicos:

Incorporación del costo real del agua en la tarifa y fijación de un impuesto de conservación en Singapur: En Singapur existe un impuesto a la conservación, aplicable a todos los usuarios de las aguas, incluyendo el consumo residencial por sobre 20 m³, dejando en evidencia que el agua es un recurso estratégico para el desarrollo del país. Adicionalmente, la tarifa por consumo de agua incorpora el alto costo de fuentes alternativas que aportan nueva agua para el suministro. Para el consumo doméstico existe una tarifa de dos bloques: una tarifa general y una tarifa con subsidio específico a través de vouchers de descuentos (U-Saved), aplicable sólo a familias con escasos recursos.

Premio al ahorro en consumo de agua para usos domésticos en Zaragoza: Desde hace más de 15 años, se descuenta automáticamente un 10% en la factura de agua del usuario doméstico, cuando ha reducido su consumo en al menos un 10% en comparación con el año anterior. Esta medida ha permitido reducir el consumo promedio de 133 l/hab/día (año 2000) a 99,6 litros por hab/día (2016).

Programa Water Smart de California del Sur: Programa de descuento del Distrito Metropolitano del Agua, que consiste en reembolsos a los que los usuarios residenciales pueden optar, al reemplazar sus artefactos por unos de mayor eficiencia hídrica certificada, cumpliendo con los estándares requeridos (lavadoras, WC, riego controlado, sensores de humedad de suelo, cisternas para recolección de aguas lluvias), así como proyectos de transformación de jardines diseñados para ahorrar agua.

Impuesto al pavimento impermeable en Los Angeles, California: El año 2018 fue aprobada una nueva regulación (Measure W), que establece un impuesto anual por m^2 pavimentado o construido impermeable, que deberán pagar los propietarios de los terrenos. La recaudación está destinada a financiar el "Programa de Agua Limpia y Segura", para financiar la recolección y tratamiento de las aguas lluvias, para que puedan ser infiltradas a los acuíferos, entre otras medidas.

(iii) De desarrollo urbano sustentable:

Plan Rainproof en Amsterdam, Holanda: Estrategia desarrollada para aumentar la resiliencia de la ciudad frente a las lluvias extremas, las que se hacen cada vez más frecuentes producto del cambio climático. Dentro del conjunto de medidas, se encuentra la recolección y almacenamiento de aguas lluvias, infiltración natural y artificial, drenaje sustentable, entre otras.

Programa de reducción de fugas, Inglaterra: La Ofwat (Autoridad Reguladora de los Servicios del Agua) es la encargada de establecer la regulación y controlar el cumplimiento de metas relacionadas con la reducción de fugas en la conducción de agua potable. Este compromiso es asumido por las compañías de abastecimiento de agua, cuyos incumplimientos son sancionados con altas multas.

(iv) De información al consumidor:

Sistema de etiquetado obligatorio de eficiencia hídrica (WELS), Singapur: Desde el 2009, existe un sistema de calificación de eficiencia hídrica de artefactos como WC, lavadoras, griferías, entre otros, los que son etiquetados con una clasificación de 0 a 3, para que los consumidores puedan tomar decisiones de compra con mayor información disponible.

Condiciones Legales e Institucionales

En el corto plazo, algunas de estas medidas podrían ser emprendidas en el marco de las iniciativas existentes. La Política Nacional para los Recursos Hídricos (2015) contempló algunas medidas relacionadas, como cambios regulatorios para reutilización de aguas grises, captación de aguas lluvias y recarga artificial de acuíferos. Sin embargo, no se ha procedido con una estrategia de implementación coordinada y efectiva de medidas a nivel residencial y comercial.

Una oportunidad puede ser el plan sectorial de adaptación para los recursos hídricos (pendiente), en el marco del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022.

En específico, cada una de éstas estrategias debería estar acompañadas de los siguiente cambios:

Estándares de eficiencia hídrica en construcciones:

- Actualmente existen los Estándares técnicos de construcción sustentable de viviendas en Chile, iniciativa del MINVU (2018), la que busca colaborar con el uso eficiente y sustentable del agua potable, a través de una guía de buenas prácticas para el diseño, construcción y operación de viviendas nuevas o existentes. Sin embargo estos estándares no tienen fuerza obligatoria.
- Para que la instalación de artefactos de eficiencia hídrica sea obligatoria en las construcciones residenciales, se requiere modificar la normativa que regula esta materia, es decir la NCh 407 del 2005 sobre artefactos sanitarios de loza vítrea y el Reglamento de instalaciones domiciliarias de agua potable y alcantarillado, así como las especificaciones técnicas establecidas por la SISS.

Urbanísticas y municipales:

- Dentro del marco normativo general de la Ley General de Urbanismo y Construcción (OGUC) y la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), se puede coordinar el diseño y planificación urbana a nivel nacional, regional y comunal, usando los respectivos instrumentos de ordenamiento territorial que incorporen distintas medidas para el manejo sustentable y eficiente de las aguas.

Información al consumidor (sellos y certificaciones):

- Promover la utilización de un sistema unificado de certificación de eficiencia hídrica de artefactos y construcciones que sea de referencia nacional. En un principio de carácter voluntario, ya que no existe normativa que lo regule. La elaboración de una ley de certificación y ecoetiquetado de construcciones, artefactos y productos de eficiencia hídrica, que fije los estándares requeridos, permitiría su implementación obligatoria y generalizada.

Incentivos económicos:

- Para la incorporación de los impuestos específicos planteados, se requiere una ley que los establezca, siendo una iniciativa y materia exclusiva del Presidente de la República.
- Los subsidios para reemplazo de artefactos, jardines eficientes, sistemas domiciliarios de captación y reutilización de aguas, pueden ser parte de una iniciativa nacional. Para ello, se requiere una regulación general que contemple el financiamiento necesario para su implementación, o bien iniciativas locales, como las alianzas entre municipalidades y privados.

Referencias y mayor información

Donoso, G., Molinos-Senate, M. (2016). Sistema tarifario de agua potable en Chile: una propuesta para mejorar su sostenibilidad. Disponible en URL: https://politicaspublicas.uc.cl/wp-content/uploads/2017/04/CAP.-5.pdf

Duhart, D. (2019). Levantamiento de información y complemento de condiciones habilitantes de tipo legal-institucional. Estudio elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2018). Estándares de construcción sustentable para viviendas de Chile, Tomo III Agua. Disponible en URL: http://csustentable.minvu.gob.cl/estandares-cs/

Instituto de Ingenieros de Chile. (2011). Temas prioritarios para una política nacional de recursos hídricos. Comisión de Aguas. Disponible en URL: http://documentos.dga.cl/REH5332.pdf

SIWI. (2016). Water in the sustainable city. Working paper. Disponible en URL: http://www.siwi.org/publications/water-in-the-sustainable-city/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 08

Entidad dirimente, independiente y permanente para fijación de tarifas en agua potable y saneamiento

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Gestionar	Agua Potable y saneamiento	Gestión	Nacional

Descripción

Actualmente el procedimiento tarifario a grandes rasgos es: (i) se hacen dos estudios (privado y autoridad competente) que se intercambian ante notario; (ii) la empresa regulada presenta discrepancias respecto al estudio de la autoridad; (iii) existe un período de posible acuerdo entre la autoridad regulatoria y la empresa regulada; y (iv) de no haber acuerdo, se forma una comisión de 3 expertos (un profesional de común acuerdo y uno determinado por cada una de las partes), dirimen, eligiendo por cada discrepancia la más "cercana" a lo que se estime como "real o correcto". Es común que las tarifas suban cuando las partes no llegan a acuerdo, porque la ley establece que la empresa puede discrepar del estudio de la SISS y no viceversa. La alternativa es contar con una entidad de consultores independientes, supervisados por un cuerpo colegiado, que representen los diferentes y legítimos intereses de las partes, los que evalúan cada uno de los presupuestos. En esta misma idea, se puede contar con agrupaciones temáticas para solucionar las discrepancias por temas específicos, como costos de personal, etc. Esto permitiría mayor convergencia en las propuestas, porque disminuiría el número de discrepancias.

Beneficios

Si existe plena independencia, el sistema asegura parcialidad de las evaluaciones con integración de los diferentes sectores afectados a cada ítem del presupuesto. Esta situación de independencia ha sido cuestionada cuando el funcionamiento del ente es financiado por las empresas que son luego fiscalizadas.

Casos de Aplicación

Este esquema es similar al Tribunal de Defensa de la Libre Competencia y el Panel de Expertos Eléctrico que ha probado ser exitoso en el sector eléctrico en Chile. El Tribunal es un ente colegiado autónomo creado en el año 2004 por la Ley Nº 19.940, con la función de pronunciarse, mediante dictámenes de efecto vinculante, sobre aquellas discrepancias y conflictos que, conforme a la ley, se susciten con motivo de la aplicación de la legislación eléctrica y que las empresas eléctricas y otras entidades habilitadas sometan a su conocimiento. Dicho Tribunal llama a concurso público de antecedentes para los distintos cargos que incluyen ingenieros, abogados, economistas, y otros. Los integrantes son designados por el Tribunal de Defensa de la Libre Competencia, mediante un concurso público, por periodos de seis años.

Información de contacto

Andrea Butelmann
Directora Magíster en Economía Aplicada a Políticas Públicas
Universidad Alberto Hurtado

Referencias y mayor información

Buttelmann, A. y Fuentes, D. (2017). Tarificación de empresas sanitarias y la moción parlamentaria que la modifica. Observatorio Económico Nº 114.

Sepúlveda. (2015). La independencia en la resolución de conflictos en el sector eléctrico. Actas de Derecho de Energía Nº 5 [2015] pp. 75-85.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 09

Contratos de opción de volúmenes de agua

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Gestionar	Agua Potable y saneamiento	Gestión	Cuenca

Descripción

Los contratos de opción es una transacción que se lleva a cabo entre un comprador y un vendedor con derechos de agua o acciones, activándose solo en periodo de escasez de agua o eventos de turbidez. Estos contratos resguardan el consumo humano, por lo tanto, se negocian entre los proveedores de agua potable y otros sectores productivos. El intercambio permiten al comprador protegerse del riesgo de no disponer de agua suficiente para su actividad, mientras el vendedor mantiene el derecho de propiedad o uso del agua. Estos contratos están sujetos al cumplimiento de ciertas condiciones hidrológicas de escasez y, por lo tanto, de aumento de demandas potenciales de agua. El contrato puede darse en forma directa entre usuarios, así como a través de un Banco de Agua, donde la compra se realiza para tener accesos prioritarios al agua, en caso de existir demanda.

Este método de coordinación entre usuarios, puede darse por "volumen de agua" o por "reducción de consumo". El contrato de compra de volúmenes de agua, por ejemplo, entre agricultores y empresas sanitarias, incluye un volumen predeterminado de agua y un precio preestablecido que sería firmado por los agricultores, cuya disposición a pagar por la seguridad del agua es menor que la disposición a pagar de los usuarios residenciales. La ejecución del contrato solo se activaría en caso de una sequía extraordinaria o la existencia de un evento extremo. Como resultado, el agua sería transferida desde la agricultura al sector proveedor de agua potable, pagando un costo menor por el suministro de agua, logrando un costo social más bajo, que no debería afectar a las tarifas de agua potable.

El contrato por reducción de consumo, tiene características y objetivos similares, pero aplicable en intervalos de tiempo más cortos, asociados con los fenómenos extremos repentinos que podrían ocurrir bajo escenarios de cambio climático. La base del contrato considera que el riesgo de fallos en el suministro de agua, pueda ser compartido entre los usuarios industriales y residenciales. De esta manera, el contrato de opción provocaría una reducción en el consumo, generando un ahorro de agua que permitiría que el sistema residencial extienda su funcionamiento, mejorando la seguridad del suministro de agua potable y previniendo un alza en los costos tarifarios.

El comprador debe pagar una prima al vendedor que, generalmente, se calcula como el costo de oportunidad asociado a dejar de usar esa agua en algún momento. Existen varios métodos de cálculo de la prima. Además deben cumplirse las siguientes condiciones (Michelsen y Young, 1993): a) seguridad en el suministro de agua, para garantizar que existe agua suficiente para el tenedor de la opción en años de sequía y para los usos de menor valor en condiciones normales; b) los derechos de agua deben estar bien definidos y algunos de sus atributos, como el derecho al uso, ser transferibles, entre otros; c) la actividad agraria (en caso de que el vendedor sea un regante), debe poder ser suspendida o modificada temporalmente; d) ambas partes deben saber cuál es el valor de uso del agua y el precio de las alternativas disponibles; e) se tienen que estimar la probabilidad y la severidad de la sequía o turbidez; y f) los costos asociados al contrato de opción, deben ser menores que la alternativa más barata.

Este tipo de contrato reserva agua de la cuenca en forma anticipada, resguardando el consumo humano

en cantidad de agua disponible en época de escasez. Sin embargo, el instrumento no asegura la disponibilidad real del agua.

Beneficios

El intercambio de agua entre usuarios, permite reducir la exposición al riesgo de falta de agua para el consumo humano, además de generar flexibilidad entre asignación y uso del agua para garantizar el suministro al sector más necesitado en cada caso. Los contratos de opción de agua pueden reducir los riesgos existentes en los mercados spot (riesgo asumido por el comprador) y mercados de derechos permanentes (riesgo asumido por el vendedor). Los contratos de opción, son voluntarios y no obligan a establecer una negociación entre comprador y vendedor, dado que el vendedor sigue siendo el propietario del derecho o acción de agua.
Otras ventajas mencionadas son la menor necesidad de supervisión y regulación.

Casos de Aplicación

En Estados Unidos podemos encontrar experiencias en Colorado, California o Texas. Este es también un mecanismo que se utiliza en España, propuesto para trasvases entre cuencas.

Referencias y mayor información

Michelsen, A.M. y Young, R.A. (1993). Optioning agricultural water rights for urban water supplies during drought. American Journal of Agricultural Economics 75(5); pp. 1010-1020.

Reya, D., Calatrava, J. y Garrido, A. (2016). El potencial de los contratos de opción de agua. En J. Calatrava y A. Gómez-Ramos, (Eds). Los mercados de agua en España: presente y perspectivas. Capítulo 14. Series economía. España, Cajamar Caja Rural.

Vicuña, S., Gil, M., Melo, O. y Donoso, G. (2014). Economic Instruments for urban water systems adaptation to climate variability and climate change, the case of the city of Santiago in Central Chile,CEPAL. Disponible en URL: https://www.dropbox.com/s/2xlwktprm2a56em/Presentacion_ContratosOpcion_MAPA.pdf?dl=0

Vicuña, S., Gil, M., Melo, O., Donoso, G., & Merino, P. (2018) Water option contracts for climate change adaptation in Santiago, Chile, Water International, 43:2, 237-256, DOI: 10.1080/02508060.2017.1416444

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 10

Bancos de agua

Objetivo que aborda

Gestionar

Sector de aplicación

Industria | Agricultura | Pecuario | Minería | Agua Potable y saneamiento | Medio Ambiente

Tipo de solución

Gestión

Escala

Cuenca | Nacional

Descripción

Consiste en un "proceso institucionalizado que se establece para facilitar la transferencia de agua asignada y en uso a otros usuarios y usos" (Lawrence J. MacDonnell, 1995). En la forma más simple, un banco de agua es un intermediario entre compradores y vendedores de agua, sea en forma temporal (arriendo) o en forma permanente. A diferencia de un agente, que facilita y busca que compradores y vendedores se encuentren, las transferencias, eventual o permanente de derechos de aguas bajo esta modalidad, se efectúan a través de un proceso establecido, conocido, institucionalizado y regulado por el Estado, sujeto a sanciones y escrutinio público. El fin de un banco de agua es facilitar la transferencia de los recursos hídricos hacia donde estos se requieran más, sea con fines productivos, ambientales o sociales. Existen en un amplio abanico de formatos. Hay bancos en manos privadas, sujetos a regulaciones del Estado y otros en manos del sector público.

Los objetivos de un banco de agua son:

- Ofrecer seguridad en el abastecimiento de agua en épocas de sequía.
- Ofrecer seguridad en la obtención de agua durante los períodos estacionales.
- Asegurar el abastecimiento de agua para el consumo humano y otras actividades básicas para el desarrollo.
- Promover la conservación del agua, alentando a los poseedores de derechos a conservar y depositar sus derechos de agua en el banco.
- Actuar como un instrumento de apoyo al mercado de aguas.
- Instancia de negociación, para resolver conflictos de inequidad entre usuarios, de aguas superficiales y subterráneas
- Asegurar el cumplimiento de acuerdos entre usuarios de diferentes secciones a lo largo de la cuenca.
- Un banco de agua debe estar siempre respaldado por una ley estatal, ya que se ha comprobado que en manos de privados, tienden a ir en contra de los principios de equidad y medioambiente.

Beneficios

La introducción de bancos de agua permitiría coordinar a los distintos agentes que desean intercambiar agua.

Permite contar con una entidad que maneja información confiable, oportuna y a costo mínimo.

Al poner en contacto la oferta con la demanda, permite mantener un equilibrio en los precios del agua en el mercado y, en consecuencia, reduce el exceso de demanda de agua y las presiones sobre el recurso.

Un banco de agua podría dar seguridad jurídica a los agentes económicos que acudieran a él, buscando información para intercambiar derechos de agua y promoviendo la eficiencia.

La transparencia de información, permitiría aplicar las mejores prácticas, dando garantías que los derechos transados tienen respaldo físico, promoviendo la conservación de los recursos hídricos, manteniendo reservas de agua para el consumo humano en casos de sequía.

A diferencia del mercado de aguas, consignado en el Código de Aguas, el banco serviría además para proteger el medio ambiente, favorecer la equidad y preparar a los usuarios del agua en una cuenca para afrontar sequías extremas.

Bancos de agua

Casos de Aplicación

A nivel mundial se han conocido diferentes iniciativas de bancos de agua:

México: Posee un banco de aguas de naturaleza jurídica pública y alcance regional, que cuenta con 32 sistemas establecidos. Éstos han sido conceptualizados como instancias de gestión, con operaciones reguladas para las transmisiones de derechos, siendo un instrumento que ayuda a la regulación de las prácticas informales, a fin de crear un mercado regulado de derechos, en el que se promueva la asignación o reasignación eficiente del recurso hacia los usos más productivos y con ello impulsar el manejo integral y sustentable del recurso.

Información de contacto

CONAGUA
https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/bancos-del-agua-55182
México

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Bancos de Agua, ¿Una opción para la gestión del agua en la región de Atacama?. Santiago, Chile.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 11

Fondos de agua

Objetivo que aborda

Gestionar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Gestión

Escala

Cuenca Nacional

Descripción

Es un mecanismo financiero y de gobernanza en el territorio, constituido con la representación de actores públicos, privados y sociedad civil, que genera fondos de inversión para la implementación de soluciones basadas en la naturaleza y el manejo sustentable de la cuenca, apuntando a proteger fuentes de agua y promover prácticas de conservación aguas arriba. Los proyectos pueden incluir la creación de áreas de conservación, cambios en el uso del suelo (por ejemplo, prohibir el pastoreo de ganado en las márgenes de los ríos, reforestación, eliminación de especies de plantas invasoras) y la introducción de técnicas agrícolas más sostenibles. En ocasiones, el fondo de agua compensa a los agricultores o usuarios de terrenos ubicados río arriba, por pérdidas en el uso de la tierra u otros cambios.

A diferencia del Pago por Servicios Ambientales (PSA), un Fondo de Agua podría ser el mecanismo mediante el cual se financian iniciativas o parte de los costos de proyectos de PSA, o bien para estimular el mercado de aguas mediante la adquisición de los créditos de un proyecto.

Beneficios

La disponibilidad de fondos de distintas fuentes, permite la inversión en proyectos con múltiples beneficios al ecosistema y a la gestión del agua.

Proyectos generados con estos fondos, han mostrado que se pueden producir flujos de agua más limpios y sostenidos, eliminando oscilaciones dramáticas en el suministro de agua en terrenos que se encuentran río arriba.

Ayuda a las ciudades que se localizan río abajo a evitar el costoso tratamiento del agua y los daños que causan las inundaciones.

Casos de Aplicación

Hasta ahora se han implementado alrededor de 23 fondos de agua en América Latina y El Caribe. Uno de los ejemplos más conocidos y exitosos es el Fondo para la Protección de Agua, mejor conocido como FONAG, establecido en el año 2000, que paga por los proyectos y programas de conservación de la cuenca que provee agua a la ciudad de Quito, Ecuador.

En Chile está en preparación el primer fondo de agua para Santiago, enfocado en la gestión de la cuenca del río Maipo, impulsado por The Nature Conservancy (TNC) y la Fundación Ciudades Resilientes de Chile.

Información de contacto

The Nature Conservancy
Chile
https://www.nature.org/en-us/about-us/where-we-work/latin-america/chile/

Referencias y mayor información

Alianza Latinoamericana de fondos de agua. (2019). Disponible en URL: http://fondosdeagua.org/esp/

Coca Cola Journey. (2017). Los Fondos de Agua: Una solución eficaz a los desafíos mundiales que enfrenta el agua. Disponible en URL: https://journey.coca-cola.com/historias/los-fondos-de-agua--una-solucion-eficaz-a-los-desafios-mundiales

FONAG Fondo de preservación del agua. (2019). Disponible en URL: http://www.fonag.org.ec/web/

REDLAC. (2010). Fondos ambientales y Pagos ambientales. Tommie Herbert, Rebecca Vonada, Michael Jenkins, Ricardo Bayon; Juan Manuel Frausto Leyva (Eds). Rio de Janeiro: RedLAC. 102 p.:il. ; 29 cm. Disponible en URL: http://www.funbio.org.br/wp-content/uploads/2012/04/1-Fondos-Ambientales-y-Pagos-por-Servicios-Ambientales.pdf

TNC. (2019). Fondo de agua Santiago. Disponible en URL: https://www.nature.org/es-us/sobre-tnc/donde-trabajamos/tnc-en-latinoamerica/chile/historias-en-chile/fondo-de-agua-santiago-de-chile/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 12

Pago por servicios ecosistémicos y Acuerdos recíprocos de Agua

Objetivo que aborda

Gestionar

Sector de aplicación

Industria | Agricultura | Pecuario | Minería | Agua Potable y saneamiento | Medio Ambiente

Tipo de solución

Gestión

Escala

Cuenca | Nacional

Descripción

Los pagos por servicios ambientales o ecosistémicos (PSA), son una clase de instrumentos económicos diseñados para dar incentivos a los dueños o gestores de un territorio, con el fin de conservar un servicio ambiental (y social), que beneficia a la sociedad como un todo. El PSA, generalmente apunta a que los usuarios del territorio adopten prácticas sustentables o de conservación, que garanticen la provisión de un servicio ecosistémico, que pueden ser de provisión, soporte/regulación y cultural (clasificación Common International Classification of Ecosystem Services-CICES, 2013). Los servicios ambientales/ecosistémicos (SE), son definidos como *"las contribuciones que los ecosistemas ofrecen al bienestar humano"* (CICES, 2013). El PSA es un acuerdo voluntario y negociado entre al menos dos partes, con un servicio mensurable de por medio, (p.e., toneladas de carbono secuestrado) o un uso equiparable de la tierra, pero limitado a las prácticas susceptibles de ofrecer el servicio (p.e., conservación de los bosques para garantizar la provisión de agua). Los pagos que los compradores hacen, deben ser contingentes por un servicio ofrecido, de manera ininterrumpida durante la duración del contrato. Este contrato es entre consumidores que se benefician de los servicios ecosistémicos y los productores que permiten la mantención del servicio al gestionar adecuadamente el ecosistema.

Un sistema que se ha implementado específicamente para el agua, son los Water Quality Trading o comercio de calidad de agua, donde se generan proyectos y programas de PSA enfocados a este tema (ver: https://www.wri.org/our-work/project/water-quality-trading).

Por otro lado, existen los Acuerdos Recíprocos que a diferencia del PSA, se basa en el principio de precaución, la creación de instituciones locales y la alineación. En este tipo de sistema, ambas partes (proveedor del servicio y beneficiado) debe proveer incentivos para la conservación del territorio, que provee el servicio ecosistémico. Estos mecanismos requieren de inversión para una implementación inicial. Una de las fuentes podría ser, por ejemplo, los fondos REDD + para la reducción de emisiones de dióxido de Carbono derivadas de la deforestación y la degradación forestal.

"La importancia que se le otorga a la valoración Económica, se pone de manifiesto en el hecho de que su ausencia ha sido considerada como una de las causas de la caída en los niveles de provisión de los servicios ecosistémicos" (MEA, 2004, citado en Galleguillos y Maturana, 2017). Paruelo (2010) realiza análisis de casos, sugiriendo que "Reducir la valoración de los SE a la definición de un valor monetario no es un requisito para incorporar la dimensión ambiental a la toma de decisiones". La valoración debe realizarse en un contexto de apoyar la creación de incentivos, políticas e instrumentos económicos que internalicen el valor de los servicios ecosistémicos. Las valoraciones complementarias que mejor funcionan para este caso, son los métodos de costos de reemplazo o restauración, costos evitados o inducidos y gastos preventivos o mitigación (Galleguillos y Arochas, 2017).

Nº FICHA 12

Pago por servicios ecosistémicos y Acuerdos recíprocos de Agua

Beneficios

El sistema de PSA genera beneficios ambientales y económicos para proveedor y beneficiario de los servicios ecosistémicos. Mediante este sistema se pueden conservar fuentes de agua o ecosistemas completos de los cuales su funcionamiento permiten la seguridad hídrica de la cuenca con un sistema que puede ser autofinanciado y generar beneficios adicionales para la cuenca y la comunidad.

Casos de Aplicación

Cuenca del río Ruvu, Tanzania. Un PSA se generó para que el pueblo Tuluguru protegiera el bosque montañoso que atrapa la humedad del océano Índico, que luego recarga los afluentes que abastecen de agua a una población de 4 millones de personas. El PSA diseñado, permitió que los agricultores recibieran una remuneración para que adopten prácticas agrícolas para el control de la escorrentía y la erosión del suelo, además que aportaran a la producción de cultivos. Años de este proyecto culminó en la creación de un área protegida en la cuenca.

Parque Nacional Amboró, Bolivia. Varios Acuerdos Recíprocos entre agricultores y usuarios del agua, están apuntando a conservar la cuenca bajo dos objetivos generales: 1) proteger los bosques de cuenca alta, para mantener la provisión de agua en cantidad y calidad; 2) los usuarios del agua de la cuenca baja, tienen que contribuir a la conservación de los bosques asociados a las fuentes de agua. En este proyecto, los usuarios de la cuenca baja generan proyectos de desarrollo alternativo para los agricultores de la parte alta de la cuenca e incluso, mejoramiento de la calidad de las viviendas de agricultores.

Cuenca del Bajo Lempa, El Salvador. Se determinó que la deforestación podría ser un elemento que pone en riesgo los servicios ecosistémicos en la cuenca y se ha establecido el valor de restauración del ecosistema en una cuenca, versus el costo de una posible remoción en masa cuenca abajo (Galleguillos y Arochas, 2017).

Información de contacto

Fundación Chile
Claudia Galleguillos C.
Líder de Estrategias Hídricas
Chile

Alejandra Arochas
Consultor independiente
Chile

Referencias y mayor información

FAO. (2013). Los pagos por servicios ecosistémicos. Disponible en URL: http://www.fao.org/3/a-ar584s.pdf

Fundación Natura. Acuerdos Recíprocos por el Agua. (2015).Disponible en URL: http://www.naturabolivia.org/es/acuerdos-reciprocos-por-agua/

Galleguillos, C. y Maturana, V. (2017). Servicios ecosistémicos para la gestión del agua, guía metodológica. Proyecto WaterClima, Comunidad Europea. ISBN: 978-956-8200-40-4. Disponible en URL: https://www.escenarioshidricos.cl/wp-content/uploads/2017/04/GUIA-METODOLOGICA-2017.pdf

Galleguillos, C. y Arochas, A. (2017). Servicios Ecosistémicos para la Gestión del Agua, Caso Acuífero Mar del Plata. Proyecto WaterClima, Comunidad Europea. ISBN: 978-956-8200-40-4. Disponible en URL: https://www.escenarioshidricos.cl/wp-content/uploads/2018/04/MAR-DEL-PLATA-V.3-1.pdf

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). (2004). Ecosystems and human well-being: our human planet. Washington, D.C. Island Press. EE.UU.

Paruelo J. (2010). Valoración de servicios ecosistémicos y planificación del uso del territorio, ¿es necesario hablar de dinero?. 121 – 139 pp. En: Laterra P., Jobbagy E., Paruelo J. (eds.). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Buenos Aires, Argentina. 744.

WWF. (2009). Uluguru Nature Reserve Declared in Coastal East Africa. Disponible en URL: https://www.worldwildlife.org/stories/uluguru-nature-reserve-declared-in-coastal-east-africa

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 13

Seguros agrícolas

Objetivo que aborda

Gestionar

Sector de aplicación

Agricultura Pecuario

Tipo de solución

Gestión

Escala

Cuenca Nacional

Descripción

El Seguro Agrícola con subsidio del Estado es una herramienta que permite a los agricultores recuperar el capital de trabajo invertido en el cultivo y/o frutal, cuando estos son afectados por riesgos climáticos (sequía en secano, helada, lluvia, viento, granizo y nieve), que provocan daños y pérdidas económicas a los agricultores.
El Estado, a través de Agroseguros, subsidia desde el 40% del costo neto del seguro, más 1 UF por póliza, bonificando adicionalmente:

- +10% por renovación.
- +10% por contratación colectiva.
- +10% por seguros y/o coberturas nuevas.
- +5% en cereales.
- +5% en zonas extremas, válido en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Aysén, Magallanes y las provincias de Chiloé y Palena.

Tope del subsidio: 70% de la prima neta, más 1 UF por póliza. No se puede superar las 80 UF por póliza.
Estos seguros cuentan con subsidios del Estado para:

1. **Cultivos anuales entre Arica y Parinacota hasta Chiloé** (cereales, hortalizas, cultivos industriales, leguminosas, forrajeras).
2. **Frutales**: Vides y olivos entre Atacama y Maule; pomáceas entre Valparaíso y La Araucanía; arándanos y frambuesas entre Coquimbo y Los Lagos; kiwi entre Valparaíso y Biobío; nogal entre Coquimbo a Maule; frutales mayores y menores entre Arica y Parinacota y Aysén. Los frutales deben contratar además un Seguro de Incendio con Adicionales, que cubre producción, sistema de conducción y sistema de riego.
3. **Flores de corte entre Coquimbo y Valparaíso**.

Los agricultores que pueden acceder a estos seguros, deben tener iniciación de actividades ante el Servicio de Impuestos Internos (SII) y ser contribuyente del Impuesto al Valor Agregado (IVA). También cubre a los pequeños agricultores atendidos por INDAP, Banco Estado y otras, en cuyo caso, el monto asegurado no puede superar las 250 UF por temporada agrícola. Estos seguros se deben contratar antes de la siembra, trasplante o inicio del periodo de riesgo y se debe, teniendo claro la superficie a proteger y su rendimiento.

Beneficios

Estos seguros permiten entregar una mayor estabilidad económica a las inversiones agrícolas realizadas por los agricultores.

El seguro agrícola, como instrumento de administración del riesgo, permite a los pequeños y medianos agricultores tener una participación más activa en el creciente mercado agrícola.

Las principales causas de pérdidas agrícolas son los eventos climáticos adversos, riesgos cubiertos por este seguro. De esta manera, los agricultores frente a la pérdida de producción agrícola debido a eventualidades climáticas, tiene la posibilidad de recuperar su inversión y quedar en condiciones crediticias favorables.

Casos de Aplicación

Cuenca del Maule, Chile. Aproximadamente 160 millones de pesos recibieron 30 agricultores del Maule, debido a la afectación de sus cultivos de arándanos por las fuertes lluvias y granizos en el año 2018.

Valle del Lluta, Arica y Parinacota, Chile. Más de 83 millones de pesos recibieron ocho agricultores de la región de Lluta, cuyos cultivos de tomate fueron afectados por los fuertes vientos y lluvias en el año 2018.

En ambos casos, los agricultores habían contratado un seguro del Estado para cubrir los daños climáticos o eventos de la naturaleza.

Información de contacto

Agroseguros
Ministerio de Agricultura
Chile

Referencias y mayor información

Agroseguros. Ministerio de Agricultura. Disponible en URL: https://www.odepa.gob.cl/seguros-agricolas

INDAP. Programa de apoyo para contratación de seguro agrícola. Disponible en URL: https://www.indap.gob.cl/servicios-indap/plataforma-de-servicios/financiamiento/!k/programa-de-apoyo-para-contrataci%C3%B3n-de-seguro-agr%C3%ADcola

ODEPA. Seguros agrícolas. Disponible en URL: https://www.odepa.gob.cl/seguros-agricolas

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 14

Competencias de innovación en el tema hídrico

Objetivo que aborda

Gestionar

Optimizar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Gestión

Escala

Cuenca

Nacional

Proceso Industrial

Descripción

Innovar es crear algo nuevo, ya sea a partir de la mejora de algo existente, o la creación de algo completamente nuevo. Este es un de pensamiento y acción, que busca encontrar soluciones nuevas a problemas comunes. El fomento a la innovación se ha convertido en un elemento crucial para el desarrollo y la búsqueda de respuestas o alternativas más amigables y sostenibles a los desafíos globales de cambio climático, como los que aquejan al medio ambiente y la sociedad en su conjunto. Estos mecanismos suelen implementarse a través de concursos públicos o dirigidos a un grupo de personas, donde se convocan a ideas para resolver problemas específicos. La innovación requiere de una estructura institucional pública y privada, que fomente y coordine procesos de colaboración entre demandantes y oferentes, como puede ser el caso de empresa privada y sector académico.

Beneficios

Un sistema público-privado de apoyo y fomento a la innovación en temas de agua, permitirá generar ideas novedosas en tecnología y gestión, que maximicen la eficiencia y generen sensibilidad, conocimiento y educación en la sociedad, respecto a los problemas y el uso sostenible de los recursos hídricos.

La aplicación de la innovación en la búsqueda de soluciones a los problemas hídricos, tiende a aumentar la eficiencia hídrica, promoviendo la seguridad y sustentabilidad del recurso.

Casos de Aplicación

Existen ejemplos del fomento a las competencias de innovación en algunos sectores (transporte, medicina, redes sociales, etc.). En Chile, el que ha tenido un gran avance es el sector energético, quien en pocos años, producto de la aplicación de la innovación, logró diversificar la matriz energética, tomando un liderazgo internacional en esta materia. También se han generado competencias de innovación en el tema de aguas, impulsadas por proyecto CORFO "Ingeniería 2030"(https://www.ingenieria2030.org/descripcion/). De igual manera se formó la Comisión "I+D+i para la sostenibilidad de los recursos hídricos", coordinado por el Consejo Nacional de Innovación para los Recursos Hídricos.

A nivel internacional, el 2016, el Secretario General de las Naciones Unidas y el Presidente del Grupo del Banco Mundial convocaron al Panel de Alto Nivel sobre el Agua de las Naciones Unidas, donde se decidió la creación de un "Motor de Innovación del Agua" (Water Innovation Engine) para alentar la coordinación y la inversión en la innovación.

El Gobierno de Países Bajos implementó un concurso para los estudiantes para encontrar soluciones innovadoras en cuatro temas dentro del ciclo del agua: aguas residuales, conducción, residuos y gestión hora punta. Con el Water Innovation Challenge (WIC), los estudiantes pueden trabajar solos o en grupo, con un desafío en el que pueden desarrollar su idea o solución como un plan de negocios, una maqueta y / o un prototipo.

Existen también organizaciones internacionales enfocadas en financiar investigación, desarrollo y exploración de estrategias para el accesos al agua y saneamiento, como por ejemplo New Ventures de la fundación Water.org.

Condiciones Legales e Institucionales

Además de que deben existir fondos concursables para impulsar esta medida, es necesario coordinar los incentivos a la competitividad con los impulsos a la innovación privada. Estudios por Aghion et al. (2012) y relevados por el BID indican que hay una relación entre el impacto de los programas de innovación empresarial y lo competitivo del sector. Los efectos de los incentivos fiscales para estimular la innovación en un determinado sector pueden impulsar desarrollo en algunas empresas: cuanto más competitivo sea el sector, más estimuladas estarán estas empresas para innovar con el fin de escapar de la competencia, mientras que el impacto puede ser negativo en sectores con niveles de competencia muy bajos. Es por lo tanto importante cierta demanda de innovación para que los incentivos fiscales sean eficaces.

Referencias y mayor información

Aghion, P., Dewatripont, M., Du, L., Harrison, A., and Legros, P.(2012). Industrial policy and competition. NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH. Working Paper 18048. Disponible en URL: https://www.nber.org/papers/w18048.pdf

Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo. (2016). Estrategia Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación para la Sostenibilidad de los Recursos Hídricos. Disponible en URL: http://www.cnid.cl/wp-content/uploads/2017/04/Ciencia-e-innovacio%CC%81n-para-los-desafi%CC%81os-del-Agua-en-Chile-VF.pdf

Ingeniería Universidad Católica. Premian a estudiantes por innovación que extrae agua del clima costero. Disponible en URL:https://www.ing.uc.cl/noticias/premian-a-estudiantes-por-innovacion-que-extrae-agua-del-clima-costero/

Water Innovation Challenge. Disponible en URL: https://waterinnovationchallenge.nl/

Water.org. New ventures. Disponible en URL: https://water.org/about-us/our-work/new-ventures/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 15

Financiamiento comunitario a soluciones hídricas o crowdfunding

Objetivo que aborda

Gestionar

Optimizar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Gestión

Escala

Cuenca

Nacional

Proceso Industrial

Descripción

El financiamiento comunitario o crowdfunding es la oportunidad de conseguir fondos para iniciativas privadas, individuales o colectivas, en segmentos de la sociedad que puedan tener dificultades de acceso a los sistemas conocidos o tradicionales de inversión, así como los préstamo en bancos o fondos estatales. La idea de este sistema es recibir el apoyo desinteresado de un grupo numeroso, y a veces anónimo, de personas o instituciones que, a través de una convocatoria abierta, se interesan en financiar o donar dinero a dicho proyecto o iniciativa. Existen páginas web conocidas que canalizan las solicitudes o pueden generarse páginas privadas según el proyecto. A medida que crecen los tipos de proyectos, han variado también los tipos de crowdfunding, que van desde donaciones hasta inversión o préstamos con tasa de rentabilidad. La idea del financiamiento colectivo es apoyar iniciativas de interés para los financistas, aunque éstas no tengan un beneficio económico. En los casos en que se financie una inversión, el inversor puede exigir información más detallada.

Beneficios

Este tipo de financiamiento da bastante libertad al emprendedor, en términos del tiempo para desarrollar las ideas. Sin embargo, muchas de las plataformas exigen un monto realista y un plazo determinado para recolectar los fondos.

Existe un interés creciente por usar estas plataformas de crowdfunding como medio de financiamiento, para incentivar que el proponente se movilice en recolectar los fondos, además de mantener las plataformas.

Casos de Aplicación

Plataforma Joinmosaic.com. Financia proyectos de energía solar y agricultura social principalmente, centrada en iniciativas vinculadas a la agricultura.

Universidad de Alicante. Existen también experiencias de plataformas a través de universidades (https://uacrowd.ua.es/).

ChangeMakers. Plataforma para proyectos hídricos que combina crowdfunding con concursos, capacitación, redes de empresarios, innovadores y activistas interesados en financiar proyectos.

Watercrowder. Combina el financiamiento con consultorías propias para desarrollar pequeños proyectos.

Idea.me. Este sitio de crowdfunding fue originado en Chile y ha expandido su influencia por todo el continente, es la más importante de Latinoamérica y cuenta con muchas categorías en la que el emprendimiento puede ser recibido.

Financiamiento comunitario a soluciones hídricas o crowdfunding

Patreon. Esta plataforma difiere un poco al crowdfunding tradicional, está dirigida a emprendedores creativos que generan contenido constantemente y los suscriptores pueden financiarlos mensualmente con el monto que gusten.

www.crowdfunding.cl, Chile. Es una plataforma que funciona para financiamientos en Chile.

Existen otros tipos de plataformas y opciones que pueden ser exploradas. El sistema de crowdfunding es muy activo y con alto potencial de aplicación a proyectos en innovación y gestión del agua.

Referencias y mayor información

Water Finance & management. (2017). The potnetial of crowfdfunding for water P3s. Disponible en URL: https://waterfm.com/crowdfunding-p3-water/

Change Makers. Disponible en URL:https://www.changemakers.com/

El País. (2013). El medio ambiente busca mecenas. Disponible en URL: https://elpais.com/sociedad/2013/07/24/actualidad/1374700100_950710.html

Universo crowdfunding. Disponible en URL:https://www.universocrowdfunding.com/que-es-el-crowdfunding/

https://www.emprende.cl/financia-tu-emprendimiento-con-crowdfunding/

https://www.crowdfunding.cl/

https://www.idea.me/projects?countries=CL

http://www.catapultame.cl/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 16

SWAP de fuentes de abastecimiento de agua

Objetivo que aborda

Gestionar

Sector de aplicación

Industria | Agricultura | Minería | Agua Potable y saneamiento | Medio Ambiente

Tipo de solución

Gestión

Escala

Cuenca

Descripción

Son acuerdos de orden comercial, basados en el intercambios o trueque de dos o más fuentes de suministro de agua, las que son distintas entre si, pudiendo estar en lugares diferentes, o bien, de origen distinto (agua generada usando técnicas tecnológicas o agua natural), cuyo objetivo es lograr reducir los costos de inversión y operación para el abastecimiento de aguas. Es así como una actividad que se realiza en la zona cordillerana puede intercambiar el agua con una actividad que se desarrolla en la zona costera, a través de la cesión de derechos de agua u otros acuerdos.

Un SWAP puede traer beneficios en ahorro de inversiones y costos de operación para las partes involucradas, sin embargo, también puede generar externalidades negativas si no se considera el entorno ambiental y social dentro de los acuerdos bilaterales.

Beneficios

El intercambio de aguas puede generar beneficios para ambas partes, si el acuerdo es negociado estratégicamente, considerando el entorno social y ambiental involucrado.

Condiciones técnicas de operación

Se requiere de un diseño previo, donde ambas partes acuerdan los usos del agua y los beneficios para los involucrados.

Casos de Aplicación

Atacama, Chile. SWAP de aguas desaladas y servidas tratadas entre Candelaria y Aguas Chañar, gatilladas por medidas ambientales comprometidas en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) del Proyecto Candelaria 2030. En este caso, la minera usa las aguas tratadas para sus procesos y, a cambio, la minera entrega agua desalada a la empresa sanitaria para el abastecimiento del consumo humano.

Referencias y mayor información

Resolución de Calificación Ambiental (RCA) Nº 133, del 23 de julio del 2015, emitida por la Comisión de Evaluación en la Región de Atacama, que califica ambientalmente el proyecto "Candelaria 2030 -Continuidad Operacional". Disponible en URL: http://seia.sea.gob.cl/archivos/2015/07/23/RCA_Candelaria_2030_22.07.2015.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 17

Coordinación y fortalecimiento de Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUAs)

Objetivo que aborda

Gestionar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Gestión

Escala

Cuenca

Nacional

Descripción

La normativa ha concentrado las funciones de gestión y administración territorial ordinaria de las aguas objeto de DAA, en las Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUAs), que comprende a las comunidades de aguas superficiales, comunidades de aguas subterráneas, asociaciones de canalistas y juntas de vigilancia. Actualmente, la constitución de OUA no es obligatoria, salvo en las zonas de restricción y prohibición que dan lugar a Comunidades de Aguas Subterráneas (CASUB), existiendo sólo 14 de estas comunidades en la práctica. A pesar de las diversas iniciativas de fomento y fortalecimiento, las OUAs siguen presentando debilidades en su constitución, objetivos y funcionalidad. Actualmente, no todos los titulares de DAA en las cuencas aplican el prorrateo en época de escasez, dado que sólo algunos de ellos participan en las OUAs. Tampoco se contempla una entidad coordinadora de las OUA, que integre a públicos y privados a nivel de cuenca (no sólo titulares de DAA). Intentos como las Mesas de Agua (2007) y Mesas Territoriales de Agua (2015) han carecido de estructura institucional, objetivos, funciones y atribuciones suficientes, financiamiento y apoyo técnico permanente (CNR, 2018; OCDE, 2017; BM, 2013).

Así, el modelo chileno se caracteriza por la ausencia de incentivos para la participación en sistemas de gobernanza integral de cuencas, donde las OUAs gestionan el agua de manera sectorial y fragmentada, descuidando además el caudal ecológico en los cuerpos de agua, así como la interacción entre aguas subterráneas y superficiales (OCDE, 2017; BM, 2013). Algunas alternativas de mejora son:

(i) Creación de Consejos o Comités de Cuenca: que actúen como institucionalidad formal y permanente en una cuenca o un conjunto de ellas, con atribuciones suficientes para la adecuada gestión hídrica. Debe constituir una instancia representativa y vinculante de participación, deliberación y coordinación entre los usuarios representados por las OUA, los servicios públicos y otros actores públicos y privados que inciden, o se ven beneficiados/perjudicados por la gestión de las aguas dentro de la zona de su competencia (no sólo titulares de DAA).

Su objeto principal es propiciar una gestión sustentable, eficiente, equitativa, coordinada e integrada de los recursos hídricos dentro del área de competencia, a través de metas a mediano y largo plazo que armonicen objetivos sociales, económicos y ambientales, alcanzando un equilibrio entre las necesidades de aprovechamiento de los distintos usuarios, la conservación de las aguas y ecosistemas asociados. Estos consejos siempre deben contar con entidades técnicas permanentes y con el financiamiento adecuado que asegure su permanencia en el tiempo.

(ii) Creación de organismos técnicos locales o regionales: Son secretarías técnicas o agencias de cuenca que brindan apoyo técnico para el adecuado funcionamiento de los Consejos y las OUA, suministrando alternativas para la toma de decisiones, ejecutando decisiones adoptadas y fiscalizando su cumplimiento.

En esta línea van las propuestas de Consejos de Recursos Hídricos del Instituto de Ingenieros de Chile (2012) y del Banco Mundial (2013), aunque como entidad consultiva y no vinculante.

(iii) Confederación o federaciones de OUAs: Un organismo que coordine a todas las OUAs en la cuenca, entregando lineamientos técnicos y una adecuada gestión de agua en las cuencas, para sostener el desarrollo de todos sus usuarios en el tiempo.

Coordinación y fortalecimiento de Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUAs)

Beneficios

Entre los beneficios de contar con entidades coordinadoras de cuenca y OUA fortalecidas, se encuentran:

- Mejorar la gobernanza de las aguas a nivel local.
- Materialización del principio de unidad de cuenca contenido en el art. 3 del Código de Aguas, que reconoce la relación de aguas subterráneas y superficiales.
- Coordinación de intervenciones y facilitación GIRH a nivel de la cuenca en instancia legitimada.
- Mejora de gestión y eficiencia de los recursos hídricos.
- Contar con metas claras y orientaciones en temas que requieren manejo consensuado, los que deben ser abordados en forma sistémica a nivel de cuenca, como balance oferta/demanda, calidad, ciclo hidrológico, aspectos vinculados con medio ambiente y biodiversidad, conservación fuentes superficiales y subterráneas, prevención de inundaciones y sequías, adaptación al cambio climático, entre otras.
- Prevención y resolución de conflictos, evitando judicialización.
- Facilita y optimiza la comunicación entre las OUAs en una misma cuenca, con los privados y servicios públicos pertinentes. Permite la transmisión de información sobre distintos aspectos de los recursos hídricos y la cuenca.
- Coordina la generación de información hídrica y su recopilación dentro de la cuenca, facilitando la labor de la DGA y terceros.

Casos de Aplicación

En varios países, entidades similares se han constituido como los vehículos de la GIRH para cumplir sus fines, entre ellos se puede mencionar:

- **Comités de Cuenca y Agencias del agua, Francia:** Los *Comités de Cuenca*, son órganos consultivos de composición público-privada, que funcionan como instancia de debate y concertación de todos los actores que intervienen en la cuenca. Estas entidades tienen a su cargo la elaboración del esquema director de planificación y gestión de las aguas para cada cuenca (SDAGE), instrumentos de planificación que fijan las orientaciones para las políticas del agua en la cuenca cada 15 años, revisables cada cinco años.

  Las *Agencias del Agua* son organismos públicos creados por ley, sujetos a supervisión del Ministerio del Medio Ambiente, cuyo objetivo es equilibrar la gestión del agua con el desarrollo económico y el medio ambiente. Para ello, deben implementar los instrumentos de planificación, contribuir a la puesta en práctica de la GIRH, así como recaudar los distintos cargos que los usuarios deben pagar por ley (cargos por extracción, contaminación, protección del medio ambiente, entre otros); entre otras funciones.

- **Comités de Cuencas Hidrográficas (CCH) y Agencias de Cuenca, Brasil:** La estructura de la gestión de las aguas es descentralizada y participativa. (i) *Comités de Cuenca* son los que tienen mayor incidencia. Estos fueron creados en 1997 por la Política Nacional de Recursos Hídricos y están conformados por representantes de los usuarios, de la sociedad civil y del gobiernos federal, estatal y municipal. Sus principales funciones consisten en la aprobación de los planes del agua, la fijación del valor y recaudación de los cobros por el uso de las aguas, así como la intermediación en conflictos entre usuarios. (ii) Las *Agencias de Cuenca* son las secretarías ejecutivas de los CCH.

- **Consejos de Cuenca (CC) y Organismos de cuenca (OC), México:** (i) *Consejos de Cuenca,* son las entidades encargadas de canalizar la participación ciudadana en la toma de decisiones sobre la gestión del agua a nivel de cuenca, con el objetivo de coordinar y concertar las intervenciones en la misma, para alcanzar una GIRH. (ii) *Organismos de Cuencas*, son entidades gubernamentales de carácter técnico, encargados de administrar las concesiones dentro del límite hidrológico-administrativo. En comparación con otras experiencias más avanzadas, como la de Francia, España y Brasil que llevan más tiempo operando, los CC en México aún presentan dificultades de funcionamiento debido a fallas de diseño y procedimientos (BM, 2013). Los CC deben trabajar armónicamente con los OC.

- **Federación de Juntas de Vigilancia en ríos y esteros, Región de O'Higgins, Chile:** es una corporación de derecho privado, constituida en octubre del año 2005, cuyo objetivo principal es representar la opinión, intereses y necesidades de los más de 30.000 agricultores, propietarios de 190.000 hectáreas correspondientes al 90% de la superficie regada de la región. Junto con ello, la Federación fomenta y contribuye al desarrollo integral del riego, a través de la participación en iniciativas público-privadas, donde se coordinan y articulan las medidas tendientes a obtener el mejor aprovechamiento de las aguas de los ríos y esteros de la región de O'Higgins. En la actualidad, la conforman nueve Juntas de Vigilancia organizadas y constituidas de acuerdo al Código de Aguas..

Coordinación y fortalecimiento de Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUAs)

Condiciones Legales e Institucionales

Respecto a la creación y fortalecimiento de OUA:

- Incorporar al Código de Aguas la obligatoriedad para constitución de OUA por todos los titulares de DAA y asegurar representatividad equitativa de los usuarios en ellas.
- Incorporar a la legislación incentivos, para que las OUA ejerzan plenamente sus atribuciones y fomenten la participación efectiva de sus miembros (ej. financieros a través de priorización en asignación de fondos e instrumentos de fomento; administrativos, como requisito para evaluación ambiental).
- Introducir modificación al Código de Aguas para prohibir el seccionamiento de ríos y sectorización acuíferos, impidiendo constitución de juntas de vigilancia que administren extracciones sin considerar efectos que generan aguas abajo y subterráneas. Se refuerce, la competencia que actualmente contempla la figura de las Juntas de vigilancia en el Código de Aguas a nivel de cuenca hidrográfica (arts. 263 y 266 Código de Aguas).
- Revisar a mediano plazo el marco normativo-institucional que rige a las OUA, sistematizar sus deberes y atribuciones, evaluar las responsabilidades asignadas para adecuarlas a los desafíos actuales, en coherencia con el fortalecimiento del rol de la DGA (preservación de la naturaleza, caudal ecológico, contaminación, cambio climático, riesgos naturales, entre otras), simplificar su procedimiento de constitución, entre otros aspectos.

Respecto a la coordinación de OUA a nivel de cuencas:

- Creación de nueva institucionalidad, estableciendo Consejos de Cuenca y respectivos organismos técnicos que reemplacen las Mesas Territoriales. Se requiere nueva ley que los cree, otorgue jerarquía institucional, defina su composición público-privada y estructura de funcionamiento, estableciendo funciones claras y coordinadas, los dote de atribuciones suficientes y regule procedimientos básicos para su funcionamiento.
- Regular proceso de elaboración y revisión periódica de instrumentos de planificación y metas de gestión de las aguas, a cargo de los Consejos de Cuenca, que sean vinculantes a nivel de cuenca y subcuenca, así como coherente con la política nacional de Estado.

Referencias y mayor información

Banco Mundial. (2013). Chile: Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua. Disponible en URL: http://documentos.dga.cl/ADM5439.pdf

CNR. (2018). Manual avanzado para profesionales de las Organizaciones de Usuarios de Aguas.Disponible en URL:https://www.riohuasco.cl/manual-avanzado-para-profesionales-de-las-organizaciones-de-usuarios-de-aguas/

DGA. (2018). Diagnóstico Nacional de Organizaciones de Usuarios.

DGA. (2016). Atlas del Agua. Chile 2016. 136 pp. Disponible en URL: http://www.dga.cl/DGADocumentos/Atlas2016parte1-17marzo2016b.pdf

Dourojeanni, A. (2014). Sobre Manejo de Cuencas y Consejos de Cuencas. Disponible en URL: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40308/S1600413_es.pdf

Duhart, D. (2019). Levantamiento de información y complemento de condiciones habilitantes de tipo legal-institucional. Estudio elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia

Federación de Juntas de Vigilancia en ríos y esteros, Región de O'Higgins, Chile. Disponible en URL: https://www.federacionjuntas.cl

Instituto de Ingenieros (2012). Hacia una gestión Integrada de recursos hídricos, una propuesta. Comisión de aguas. Santiago, Chile. Disponible en URL: http://aih-cl.org/articulos/Hacia-una-GIRH-Instituto-de-Ingenieros-de-Chile-(2012).pdf

OCDE. (2017). Brechas y estándares de gobernanza de la infraestructura pública en Chile: Análisis de Gobernanza de Infraestructura, Cap. 5. Disponible en URL: http://www.oecd.org/gov/brechas-y-estandares-de-gobernanza-de-la-infraestructura-publica-en-chile-9789264286948-es.htm

Rojas, J., Pérez, M. A., Malheiros, T. F., Madera, C., Prota, M. G., Dos Santos, R. (2013). Análisis comparativo de modelos e instrumentos de gestión integrada del recurso hídrico en Suramérica: los casos de Brasil y Colombia. Ambi-Agua, Taubaté, 8(1), 73-97. Disponible en URL: http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n1/07.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 18

Sistema nacional integrado de información del agua

Objetivo que aborda

Gestionar Monitorear

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Gestión Tecnología

Escala

Nacional

Descripción

Avanzar hacia un sistema nacional, integrado y unificado de información de los recursos hídricos en tiempo real, es la tendencia en los países que han emprendido reformas legales y estructurales, para enfrentar la crisis hídrica global y el cambio climático. Actualmente, Chile sigue careciendo de un sistema que logre integrar, consolidar, analizar y disponibilizar la información sobre recursos hídricos, generada por distintos organismos públicos y privados, que permita suministrar datos completos, validados, fiables, procesados, sistematizados y actualizados, de manera oportuna y de fácil acceso. Estos sistemas son necesarios para hacer efectiva una adecuada planificación, asignación, gestión, fiscalización y conservación del recurso hídrico.

Como parte de la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025 (MOP, 2013), se impulsó el Sistema Nacional de Información del Agua (SNIA) con el objetivo de desarrollar una plataforma centralizada operada por la DGA, a través de la cual se sistematiza, actualiza y accede a la totalidad de la información sobre las aguas. Para que el SNIA apunte a los sistemas de información más avanzados, debe contemplar, a lo menos las siguientes consideraciones:

(i) Completar y actualizar registros, catastros e información a través de un plan impulsado por la DGA, donde se identifiquen metas por etapas, procedimientos y plazos claros para alcanzar este objetivo.

(ii) Establecer un programa de actualización periódico, con la tecnología y financiamiento necesario, para avanzar hacia un sistema de información en tiempo real de parámetros más relevantes, como son los distintos usos, extracciones, disponibilidad y calidad de las aguas, trasferencias de DAA, estado de las fuentes, entre otros.

(iii) Unificar, homologar e integrar datos e información existente y recopilada, como por ejemplo del CPA, del Observatorio MOP-DGA, de la Dirección Meteorológica, de la CNR, el SEIA y otras bases de públicas con información relevante, relacionada con los recursos hídricos. Además, se deben incorporar datos generados por los usuarios de agua, para usar el SNIA como plataforma única, en la que se sistematice y procese toda la información generada y sea puesta a disposición del público con un formato de fácil acceso.

(iv) Establecer la obligación para todos los servicios, entidades públicas y privadas, OUA y usuarios de agua, de generar información relacionada con los recursos hídricos, así como compartirla periódicamente y transmitirla en línea a la unidad encargada de administrar el SNIA.

(v) Generar un protocolo vinculante, en reglamento o norma técnica, que establezca criterios, formatos, estándares y periodicidad en la toma de datos, requeridos para la información transmitida por titulares, OUA y otros servicios, de manera de validar y unificar datos, hacerlos comparables y poder procesarlos para integrarlos al sistema.

(vi) Definir la elaboración de reportes periódicos como el Atlas del Agua (México), estadísticas anuales y estudios que procesen información sobre temas relevantes, tales como disponibilidad del recurso, estados de las fuentes, calidad de las aguas, ciclo hidrológico, huella hídrica, eficiencia en el uso, etc. que estén disponibles en la plataforma y sean de fácil acceso y consulta.

(vii) Mejorar con nueva tecnología y perfeccionar la plataforma digital, para permitir un acceso más fácil e intuitivo a la información, de manera que las solicitudes y trámites de los usuarios de las aguas puedan ser realizados en línea a través del SNIA.

(viii) Acelerar la implementación de este SNIA mejorado, como una prioridad de la DGA.

Beneficios

Con un SNIA mejorado se podrá contar con la información necesaria para la toma de decisiones, vinculadas con la planificación, gestión eficiente y sustentable, fiscalización y conservación de las aguas. En general, esto contribuye a ejercer en forma óptima las funciones que la ley le ha encomendado al órgano público rector de las aguas (DGA), así como a otros organismos públicos y privados que inciden y poseen responsabilidades con su gestión.

Lo anterior es fundamental para la toma de decisiones, para el cumplimiento de obligaciones de los distintos tipos de usuarios de las aguas y las OUA, así como para la óptima gestión de los DAA. Finalmente, esto permitiría adaptar la gestión eficiente y sustentable del recurso, la conservación frente a los cambios reales de disponibilidad de agua, de manera de satisfacer las necesidades de los distintos usuarios, en equilibro con las funciones ambientales.

Casos de Aplicación

Sistema Nacional de Información del Agua sobre cantidad, calidad, usos y conservación del Agua (SINA) de México: Sistema institucional centralizado de información sobre el agua, con enfoque interdisciplinario. Consistente en una plataforma moderna, donde se integra y se pone a disposición del público la mayor cantidad de información estadística y geográfica relevante del sector hídrico. Los datos provienen de una amplia red de informantes a nivel nacional y regional, que suministran información que luego es almacenada, validada, procesada, integrada y publicada en la plataforma. Su administración está a cargo de la Subdirección General de Planeación de la CONAGUA (Conagua, 2016).

Sistema de Información sobre Recursos Hídricos de Australia (AWRIS): Sistema institucional público que recibe información de más de 200 organizaciones, estandariza, organiza, procesa y publica los datos recabados en todo el país sobre aguas superficiales y subterráneas, su disponibilidad, calidad, almacenamiento, usos, restricciones, derechos de aprovechamiento y mercado del agua, entre otros. Tiene el objetivo de proveer información de alta calidad, que permita mejorar la gobernanza de las aguas. Es administrado por el servicio australiano de meteorología.

Sistema de Información sobre el Agua (SIE) de Francia: Dispositivo creado por el Estado a nivel nacional, cuyo objetivo es recopilar, conservar y difundir datos e indicadores sobre el agua, medios acuáticos, distintos usos y servicios de agua potable y saneamiento. Basado en la colaboración, coordina a los distintos actores, conforme a la organización establecida en el Plan Nacional de Datos del Agua. Además, el Servicio de administración nacional de datos y repositorios del agua (Sandre), debe asegurar el acceso y poner a disposición el repositorio de datos sobre las aguas del SIE, compuesto por especificaciones técnicas y listas de códigos de libre utilización, con el objetivo de garantizar la interoperabilidad de los sistemas de información relacionados con el agua.

Condiciones Legales e Institucionales

- Para que la DGA ejecute el mejoramiento básico del SNIA, en principio no requiere que se modifiquen las funciones que la ley le encomienda y respectivas atribuciones, puesto que cabe dentro de las mismas (artículo 299, letra b, Código de Aguas).
- Se requiere más bien de voluntad política de la autoridad para impulsar, como una de las prioridades, el mejoramiento del SNIA en los aspectos planteados, así como el incremento de recursos financieros necesarios.
- Junto a lo anterior, cumplir de manera efectiva la obligación de la DGA de establecer una red de estaciones de control de calidad, cantidad y niveles de agua superficiales y subterráneas en cada cuenca (art. 129, bis 3, Código de Aguas), para lo cual se requiere completar y mantener la red, asegurando tecnología y financiamiento necesarios.
- Para completar el Catastro Público de Aguas con información acerca de DAA existentes y sus características, parte esencial de información sobre el aprovechamiento de las aguas, que la DGA ejerza la nueva atribución entregada por la ley 21.064, para subrogarse a los titulares y proceder a la inscripción de DAA (contemplada para cobro de patentes por

no uso, pero el mecanismo sirve para estos fines también).

Para el resto de los aspectos de mejoramiento, a corto plazo:

(i) Las funciones de monitoreo, obtención y difusión de información siguen dispersas y superpuestas en múltiples organismos. Se requiere una modificación legal al art. 299 del Código de Aguas, donde se establezca expresamente el deber de coordinación y sistematización de la información en la DGA, como único organismo encargado y facultado especialmente para ello, con suficientes atribuciones.

(ii) Promover una modificación legal que establezca la obligación para otros servicios, organismos públicos competentes, OUA y titulares de DAA, de generar, compartir y entregar datos levantados, así como información relevante de los recursos hídricos, en las condiciones y oportunidad determinadas por la DGA, que sean necesarias para incorporar al SNIA y así facilitar la cooperación interinstitucional.

A mediano plazo:

(i) Contar con una normativa especial de manera similar a México o Francia, a través de una nueva ley o bien como parte de la reforma al Código de Aguas, con su respectivo reglamento, que regule el SNIA, establezca un comité técnico multidisciplinario encargado, contenido mínimo de información, procedimientos claros, programas de actualización, funcionamiento de la plataforma, coordinación con otras entidades suministradoras de la información, telemetría de datos, entre otros aspectos, junto con el incremento de recursos financieros que ello requiere.

- La última modificación introducida al Código de Aguas por la Ley 21.064, que buscaba mejorar la cantidad y calidad de la información sobre recursos hídricos y DAA es insuficiente, ya que no establece la obligación de los usuarios de medir y transmitir información relacionada con otros aspectos como calidad, entre otras cosas. Entonces solo queda contemplado como obligación de las CASUB y sin obligación de transmitir dicha información (art. 307 DS 203). Tampoco establece la obligación de instalar sistemas de medición y transmisión de información para todos los titulares o CASUB en aguas subterráneas. Así, queda como obligación únicamente en zonas de restricción y prohibición. Para el resto de los titulares y CASUB, la DGA debe requerirlo, a diferencia de lo que ocurre con las fuentes superficiales. Además, la actual dotación de la DGA resulta insuficiente para fiscalizar el cumplimiento de estas nuevas obligaciones, donde no se contempló la asignación de mayores recursos para ello.

- Las resoluciones emitidas por la DGA, establecerán los plazos y condiciones técnicas para cumplir la obligación de instalar sistemas de medición y transmisión de información, el requisito de telemetría, ya que la normativa actual sólo exige transmisión “instantánea” en fuentes superficiales

Referencias y mayor información

Duhart, D. (2019). Levantamiento de información y complemento de condiciones habilitantes de tipo legal-institucional. Estudio elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia

Escenarios Hídricos 2030. (2018). Radiografía del agua. Brecha y Riesgo hídrico en Chile. Disponible en URL: https://fch.cl/wp-content/uploads/2018/07/radiografia-del-agua.pdf

Horne, J. (2015). Water Information as a tool to enhance sustainable water management - the Australian experience. Water 2015, 7, 2161-2183; doi:10.3390/w7052161. Disponible en URL: https://www.mdpi.com/2073-4441/7/5/2161

INBO/GWP (2009). Manual para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas. Disponible en URL: https://www.rioc.org/IMG/pdf/RIOC_GWP_Manual_para_la_gestion_integrada.pdf

INBO/UNESCO (2009). The handbook on water information systems. Disponible en URL: https://www.inbo-news.org/sites/default/files/_HB-2018-SIE-BAT_web.pdf

OCDE (2016). Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile 2016. Disponible en URL: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40308/S1600413_es.pdf

Casos:
-México: http://sina.conagua.gob.mx/sina/
-Australia: http://www.bom.gov.au/water/about/wip/awris.shtml
-Francia: https://www.eaufrance.fr/le-systeme-dinformation-sur-leau-sie&

Nº FICHA 19

Acuerdo Voluntario de Gestión de Cuencas (AVGC)

Objetivo que aborda

Gestionar

Sector de aplicación

Industria | Agricultura | Pecuario | Minería | Agua Potable y saneamiento | Medio Ambiente | Forestal

Tipo de solución

Gestión

Escala

Cuenca

Descripción

El Acuerdo Voluntario para la Gestión de Cuencas (AVGC) es un instrumento de fomento que apunta a una regulación blanda (Soft Law), a través de una relación entre entidades que se expresa en un convenio entre empresas, organismos públicos competentes y otras organizaciones involucradas, para fomentar la producción limpia y el desarrollo sustentable en cuencas con actividades productivas. Son acuerdos y compromisos voluntarios de acciones, orientados a cumplir objetivos y metas comunes de los actores que interactúan en una misma cuenca.

El AVGC pretende contribuir a la competitividad y sustentabilidad territorial., a través de (i) la eficiencia en el uso y manejo sostenible de los recursos naturales estratégicos; (ii) la reducción de la vulnerabilidad ante riesgos naturales y la adaptación al cambio climático; (iii) articulaciones y alianzas para el cuidado del patrimonio ambiental; (iv) información aplicada a la gestión, divulgación y capacitación local; (v) espacios de participación formal en la gestión para organizaciones del territorio; (vi) bases para sellos territoriales; (vii) bases para posibles organismos de cuenca.

El Acuerdo se prepara, negocia e implementa de una manera participativa y descentralizada. Se basa en los principios de voluntariedad, responsabilidad, representatividad, así como de transparencia y acceso a la información.

Beneficios

Los beneficios del diálogo multiactor para la gestión integral del agua son:

- Fortalecimiento de la confianza entre las partes.
- Prevención y transformación de situaciones de conflicto hídrico.
- Logro de acuerdos sostenibles, con acciones concretas y monitoreables.
- Registro y transparencia del proceso ante los actores.
- Apoya la gestión y eficiencia hídrica de las cuencas.

Acuerdo Voluntario de Gestión de Cuencas (AVGC)

Casos de Aplicación

La Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático de Chile, creada el año 2017 a partir del Consejo Nacional de Producción Limpia (CPL), ha adaptado experiencias internacionales de gestión mediante contratos territoriales (Acuerdo Foro del Agua de EE.UU., Parques Naturales Regionales de Francia) a la coordinación público-privada de procesos de aprovechamiento del agua y otros recursos naturales estratégicos para el desarrollo y la subsistencia. La Aplicación de la metodología de Acuerdos Voluntarios de Gestión de Cuencas ha sido aplicada ya por la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático en seis cuencas: Maipo-Clarillo, El Yali, Vichuquén, Panguipulli, Itata y Picoiquén.

Los acuerdos y su monitoreo están publicados en la página web de la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático.

Información de contacto

Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático
contacto@ascc.cl
Chile

Referencias y mayor información

Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático. Acuerdos Voluntarios para la Gestión de Cuencas. Disponible en URL: http://www.agenciasustentabilidad.cl/pagina/acuerdos_voluntarios_para_la_gestion

Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático (2017). Experiencia acumulada en Acuerdos Voluntarios para la Gestión de Cuencas. Disponible en URL: http://www.agenciasustentabilidad.cl/resources/uploads/documentos/archivos/566/presentacion_experiencia_comparada_avgc.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 20

Estándar Internacional para la Gestión Sostenible del agua

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Gestión

Escala

Descripción

La certificación de la gestión del agua se plantea a nivel global como una herramienta de gestión ambiental, cuyo objetivo es acreditar procesos completos, que permitan garantizar que un producto determinado cumple con un estándar reconocido y público, respecto a la gestión del agua durante su proceso de fabricación. Esto permite dar certeza al consumidor que, en el lugar donde se origina este producto, existe una gestión responsable del agua, considerando su entorno social y ambiental. El desarrollo de este Sistema llamado "Estándar Internacional para Gestión Sostenible del Agua" fue llevado a cabo por la red internacional "Alliance for Water Stewardship" con participación de World Wildlife Fund (WWF), The Nature Conservancy (TNC), Pacific Institute, Fundación Chile, Veolia, Coca - Cola, Water Environment Federation, Tecnológico de Monterrey y Fundación FEMSA, entre otras. Ha sido aplicado a nivel mundial, incluyendo Chile, donde Fundación Chile fue la entidad implementadora junto al Centro Tecnológico de Monterrey.

Se requiere de acceso a gran cantidad de información, además del compromiso de las empresas para la implementación de medidas que permitan su certificación bajo este estándar.

Beneficios

La aplicación de este estándar, permite que las empresas que logran la eficiencia hídrica en cantidad y calidad, certifiquen internacionalmente sus buenas prácticas.

Mejora su competitividad y le permite acceder a mejores mercados.

Genera información para que la empresa o el sitio, pueda identificar anticipadamente, los riesgos y oportunidades que deben ser abordados para sostener su desarrollo futuro.

Se obtienen ahorros en los costos relacionados con el agua al ser más eficientes.

Permite la creación de planes de gestión sostenible del agua en las empresas.

Permite a la empresa ser identificado como una empresa líder y pionera en la generación de estándares en "water stewardship".

Demostrar responsabilidad sobre el medio ambiente.

Generar nuevas oportunidades a las empresas para hacer más eficiente el uso del recurso hídrico.

Credibilidad en un tema de gran preocupación en mercados exigentes.

Casos de Aplicación

Nestlé Waters, México. Localizada en el municipio de Santa Rita Tlahuapan, Puebla, inició su jornada de certificación a principios de 2017. La ambición es obtener la certificación en 2019, cómo parte del plan a largo plazo de administración responsable del agua que se lleva en la planta desde el inicio de sus operaciones. Nestlé Waters ha certificado ocho de sus fábricas en todo el mundo, incluidas Pakistán, Canadá y los Estados Unidos, abordando cuatro áreas clave: sus fábricas, las cuencas donde operan, la cadena de suministro agrícola y en las comunidades con las que trabaja, para ampliar el acceso a agua limpia y saneamiento. Nestlé Waters anunció que ampliará su compromiso con la administración responsable del agua certificando todas sus fábricas bajo el Estándar «Alliance for Water Stewardship» (AWS) para el 2025.

Viña Montes, Chile. En su planta ubicada en Apalta, Santa Cruz, Colchagua, fue aplicado este estándar por el Tecnológico de Monterrey y Fundación Chile, como caso piloto en Latinoamérica y El Caribe.

Referencias y mayor información

Alliance for Water Stewardship. Disponible en URL: https://a4ws.org/
https://a4ws.org/about/our-work/projects/

WWF. Disponible en URL: https://www.worldwildlife.org/projects/alliance-for-water-stewardship

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 21

Análisis de la huella hídrica

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Gestión

Escala

Descripción

La **Huella Hídrica** es una metodología internacional desarrollada por Water Footprint Network, utilizada como una herramienta que permite estimar la cantidad de agua requerida para producir bienes y servicios en un área específica (país, cuenca, proceso, etc). La Huella Hídrica (HH) es un indicador que se define como "el volumen de agua fresca apropiada o no devuelta al sistema, tomando en cuenta los volúmenes de agua consumida y contaminada" (Hoekstra *et al.,* 2011). La Huella Hídrica se compone de la huella azul, verde y gris. La suma de estos tres componentes, nos entrega la Huella Hídrica total del área o sistema en estudio.

La HH azul se refiere al volumen de agua fresca extraída de fuentes superficiales y/o subterráneas por parte de los diferentes usuarios, que no retorna al ambiente de donde se extrajo. Este "no retorno" puede ocurrir por: 1) Evaporación o evapotranspiración de agua, 2) Incorporación de agua en el producto, 3) Agua que no retorna a la misma cuenca de extracción o que se descarga al mar, 4) Agua que retorna a la cuenca en un periodo de tiempo distinto al que se extrajo.

La HH verde se refiere al volumen de agua lluvia utilizada por los sectores que aprovechan esta fuente para riego, principalmente el agrícola y forestal. Esta agua queda temporalmente almacenada en la parte superficial del suelo, la que se puede evaporar, evapotranspirar o incorporar en la vegetación.

La HH gris es un indicador virtual del grado de contaminación del agua fresca. Se refiere al volumen de agua fresca que se requiere para asimilar la carga de contaminantes de una descarga, hasta niveles acorde a los estándares ambientales.

En general, la cantidad de información disponible es parte de las limitaciones que se encuentran para caracterizar a los sectores productivos en los territorios y establecer el uso de agua de las diferentes actividades que se desarrollan en las regiones y comunas del país. La información suele estar a escalas regionales dificultando los análisis, ya que implica que ésta debe ser asignada a unidades más pequeñas (comuna, cuencas, otras) en base a supuestos. Actualmente, el desarrollo del concepto ha ampliado su rango de aplicación, llegando a ser una herramienta complementaria a las convencionales para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) en una cuenca (IICA, 2017). La Huella Hídrica se recomienda para determinar potenciales consumos de agua en los territorios. Para incorporar esta herramienta en la gestión estratégica del agua en los países, es recomendable identificar la información estandarizada a nivel nacional, la cual debe ser actualizada en forma periódica.

Beneficios

La metodología puede ser utilizada en distintos niveles; procesos productivos, productos, consumidor, cuenca, país.
Se crea conciencia entre usuarios y productores sobre el consumo de agua y sus posibles sinergias en los territorios.
Permite aumentar la alerta e identificar brechas en consumo de agua para realizar una adecuada gestión.
La medición permite focalizar territorios para analizar sus impactos y luego formular respuestas.
Permite la definición de metas, mejoras y riesgos en disponibilidad del recurso futuro.

Permite la generación de información clave para stakeholders interesados, mejora la capacidad de los usuarios del agua para reportar el uso del recurso en forma consistente y actualizada.

Casos de Aplicación

Chile. Aplicación de la Huella Hídrica a nivel nacional en el sector agrícola, (Donoso y Franco, 2012).

Chile. Aplicación de la Huella Hídrica a nivel nacional, escala cuenca y comunal, para 7 sectores productivos: forestal, agrícola, minero, industria, energía, agua potable y saneamiento, pecuario. Los resultados están publicados en la Radiografía del Agua y en el anexo de expertos (EH2030, 2018).

Información de contacto

Claudia Galleguillos C.
Jefa proyecto Suizagua
Fundación Chile

Referencias y mayor información

Dirección General de Aguas. (2016). La Huella Hídrica Como Instrumento para la Gestión de Recursos Hídricos. División de Estudios y Planificación. SDT N° 393. Disponible en URL: http://documentos.dga.cl/REH5713.pdf

Donoso, G., Franco, G., (2013). La huella hídrica agrícola de Chile. Revista Agronomía y Forestal N° 47. Disponible en URL:file:///C:/Users/anahi.ocampo/Downloads/AyF%2047%20-%2010%20-%20va%20-%20huella.pdf

Fundación Chile. (2016). Guía para la evaluación de la huella hídrica productiva a nivel cuenca en Chile. Disponible en URL:https://www.escenarioshidricos.cl/wp-content/uploads/2017/04/GUIA-HUELLA-HIDRICA-EN-CUENCAS.pdf

Escenarios Hídricos 2030. (2018). Radiografía del agua. Brecha y Riesgo hídrico en Chile. Disponible en URL: https://fch.cl/wp-content/uploads/2018/07/radiografia-del-agua.pdf

Hoekstra, A., Mekonnen, m. (2012). The water footprint assessment manual: setting the global standard. Earthscan, London, UK.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 22

ISO 14.046 Huella de Agua

Objetivo que aborda

Gestionar Monitorear Optimizar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Gestión

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Norma internacional que entrega los principios, requisitos y directrices para evaluar e informar huella de agua. La principal diferencia con el análisis de la Huella Hídrica es que la norma ISO 14.046 adopta un enfoque más del tipo de evaluación del ciclo de vida, enfocándose en la estimación del impacto (la norma se basa en gran medida en la norma LCA – ISO 14.044), mientras que el Manual de evaluación de la huella hídrica (Hoekstra, 2011) se basa en la contabilidad en términos de agua azul / verde / gris.

Dentro del análisis del ciclo de vida, la huella de agua se define como un subconjunto específico de indicadores que abordan el consumo y la contaminación del agua y los correlacionan a potenciales impactos. Esta metodología requiere información precisa y gran cantidad de datos del proceso productivo, la que no siempre se levanta de manera frecuente y con el alcance requerido.

La Huella de Agua se recomienda para determinar los consumos de agua en los procesos productivos, apoyando a las empresas a planificar la gestión del agua, abordando la eficiencia hídrica internamente, así como acciones de compensación con el entorno que, analizadas de forma estratégica, incorpora el concepto ganador-ganador con el entorno, mirando los riesgos y oportunidades que pueden afectar la sostenibilidad del negocio.

Beneficios

Evaluar la magnitud de impactos ambientales potenciales relacionados con el agua.

Identificar oportunidades para reducir los potenciales impactos ambientales relacionados con el agua, asociados con productos en varias etapas de su ciclo de vida, así como con procesos y organizaciones, que permiten la gestión estratégica del riesgo relacionado con el agua.

Facilitar la eficiencia del agua y la optimización de la gestión del agua al nivel de productos, procesos y organizaciones.

Informar a quienes toman decisiones en la industria, las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, de sus potenciales impactos ambientales relacionados con el agua (por ejemplo, para propósitos de planificación estratégica, establecimiento de prioridades, diseño o re-diseño de productos y procesos; toma de decisiones sobre inversiones de recursos, entre otros).

Se mira el ciclo del agua completo, mirando desde la cadena de proveedores hasta la venta del producto.

La Huella de Agua incentiva la mirada estratégica para identifica riesgos y oportunidades en el entorno.

Proporcionar información coherente y fiable, con evidencia y base científica, para generar el informes con los resultados de la huella de agua.

Esta herramienta genera indicadores de impacto a los ecosistemas, a la salud de las personas, entre otros. Estos indicadores están estandarizados a nivel internacional. También permite mirar el entorno y generar acciones de mitigación y compensación, las cuales deben tener beneficios sociales.

Casos de Aplicación

El proyecto Suizagua Andina Chile de la Fundación Chile aplica la metodología de la huella hídrica ISO 14.046 para identificar brechas y oportunidades en el sector agroindustrial y exportador. El mismo proyecto elaboró un manual de aplicación de la norma y un manual de buenas prácticas disponible en línea.

Información de contacto

Claudia Galleguillos
Jefa proyecto Suizagua
https://fch.cl/proyecto/sustentabilidad/suizagua-2/
Fundación Chile

Simón Gmuender
Consultor experto internacional
Quantis

Sebastián Papi M.
Consultor experto en Chile
Independiente

Referencias y mayor información

Dirección General de Aguas. (2016). La Huella Hídrica Como Instrumento para la Gestión de Recursos Hídricos. División de Estudios y Planificación. SDT N° 393. Disponible en URL: http://documentos.dga.cl/REH5713.pdf

Organización Internacional de Normalización- ISO. (2014). ISO 14046, Environmental Management - Water Footprint- Principles, requirements and guidelines. Disponible en URL: https://www.iso.org/standard/43263.html

Fundación Chile y Agua Limpia. (2016). Manual de aplicación para evaluación de huella hídrica acorde a la norma ISO 14046. Disponible en URL: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/archivos/paginas/manual_de_aplicacion_de_huella_hidrica_acorde_a_la_norma_iso_14046_0.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 23

Economía circular del agua

Objetivo que aborda

Optimizar Gestionar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Gestión

Escala

Proceso Industrial Cuenca Nacional

Descripción

La economía circular del agua es un cambio de enfoque en el modo que se concibe la relación del ser humano con el agua, que va más allá de ser sólo un insumo en la producción de bienes y servicios. La economía circular apunta a que los recursos y materiales mantengan su máxima utilidad y valor en todo momento, pudiendo ser utilizados o reutilizados varias veces durante el proceso de uso y producción de un producto. Aunque el enfoque es mayormente aplicado a industrias y procesos productivos, es también aplicable al funcionamiento de una casa y de una ciudad. Para aplicar el enfoque de la economía circular es necesario abordar los desafíos de cada proceso o problema con una visión holística, entendiendo cada proceso como un sistema interconectado de elementos, con entradas y salidas que debe tender a ser cerrado, es decir, sin pérdidas de materia y energía. De esta manera, la economía circular, en el caso del agua, busca estrategias para: 1) reutilizar recursos, 2) generar mínimos desechos, 3) reducir necesidad de energía y; 4) reducir pérdidas o escapes de recursos. El reciclaje de agua de procesos y el reúso de las aguas residuales tratadas, es parte de las estrategias de reutilizar recursos y generar mínimo de desechos (efluentes). Además, la identificación de los puntos del sistema que están abiertos o que generen escape de recursos y energía, permite reducir los requisitos de insumos y energía, además de reducir residuos y efluentes. En este sentido, una industria agroalimentaria puede optimizar sus procesos al identificar pérdidas de agua, puede tratar aguas provenientes del lavado de frutas y reusarlas para otros procesos que no requieran alta calidad o volverlas a ingresar al proceso.

Además, los lodos provenientes del tratamiento de las aguas pueden ser utilizados para producir fertilizante, que es mejorador de suelos en los predios agrícolas. De esta manera, la industria reduce su consumo de agua externo y genera valor a un producto de desecho.

Esta medida requiere la implementación de un sistema de análisis de la gestión de la empresa y/o proceso, que requiere apoyo técnico y financiero. El análisis de la gestión de una empresa debe ser realizado por un especialista, para lo que existen también una serie de normas de estandarización, que son voluntarias y pueden coadyuvar en el proceso de análisis. En el área de la economía circular está la BS 8.001 (Marco para la Implementación de los principios de la economía circular en las organizaciones), la ISO 14.009 (Sistema de gestión ambiental: Directrices para incorporar el rediseño de productos y componentes para mejorar la circulación de materiales) y la ISO 14.001 que, al ser la norma internacional de sistemas de gestión ambiental, incluye aspectos de reducción de residuos, reúso de efluentes y otros relacionados con la economía circular.

Beneficios

El enfoque de economía circular, similar al de análisis del ciclo de vida de un producto permite identificar momentos y lugares de un procesos que pueden ser más eficientes hacia la reducción o eliminación de residuos y efluentes.

Son beneficios de la economía circular la reducción del uso de agua, la reducción de los requerimientos energéticos, la reducción de residuos generados y la recuperación y el aprovechamiento de elementos que se perdían en los efluentes.

El caso de empresas que al realizar un tratamiento interno al agua, y reutilizarla en otro proceso, reducen no sólo la necesidad de agua, sino también de energía, ya que el agua no pierde temperatura y puede ser usada directamente en procesos que así lo requieran.

Al valorizar los desechos, un proceso que era pérdida, se convierte en un ingreso de ganancia para la empresa.

La valorización de los lodos de tratamiento, que dejan de ser un gasto en disposición final y pueden convertirse en un producto que tiene un mercado.

Al optimizar, reciclar, tratar y reusar el agua dentro de un mismo proceso, se lograr reducir los costos y fomenta un proceso más amigable con el medio ambiente, que también se traduce en una imagen positiva para la empresa.

Casos de Aplicación

Cervecera Mahou, San Miguel en España. Ha implementado una serie de procesos de electrocoagulación y reactores bioelectroquímicos para reutilizar el agua y producir energía, reciclar el aluminio residual de las latas como agente floculante en el pretratamiento de electrocoagulación y generar sales que permiten la valorización de los nutrientes como fertilizantes. Esta misma empresa ha conformado el Observatorio de Economía Circular, junto con CEMEX y Saint-Gobain Placo y en colaboración con el Ministerio de Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España, con el objetivo de generar un espacio de diálogo y promover la adopción de buenas prácticas y la promoción de políticas públicas.

Una organización Holandesa, encargada del tratamiento de los residuos de producción de agua potable, cambió el proceso de ablandamiento para obtener calcita 100% reutilizable, la que posteriormente se usa en otros sectores.

Otra empresa en Holanda, diseñó un proceso de aireación de los lodos industriales, reduciendo los problemas de olores y recuperando sulfato de amonio como fertilizante.

Información de contacto

Andrea Cino B.
andrea.cino@fch.cl
Jefa de Proyectos
Centro de Producción y Consumo Sustentable
Fundación Chile

Referencias y mayor información

Club de excelencia en sostenibilidad. Economía circular Mahou San Miguel. Disponible en URL: http://www.clubsostenibilidad.org/tendencias/economia-circular/

Dutch Water Technology. (s/a). Nitrogen recovery from wwtp sludge (biodrying). Disponible en URL: https://www.dutchwatertechnology.com/our-solutions/nitrogen-recovery-from-wwtp-sludge

Dutch Water Technology. (s/a). Water utilities circular: the reuse of softening pellets as seeding material in drinking water process. Disponible en URL. https://www.dutchwatertechnology.com/our-solutions/water-utilities-circular

Palmen, L,J., Schetters, M.J.A., van der Hoek, J.P., Kramer, OJ,Kors, L.J., Hofs, B., Koppers, H. Production, use and reuse of Dutch calcite in drinking water pellet softening. Presentación. Disponible en URL: https://www.tkiwatertechnologie.nl/wp-content/uploads/2015/05/2478161.pdf

Saltiel, G. (2016). ¿Qué significa una economía circular en el sector del agua para América Latina?. Revista IAgua. Disponible en URL: https://www.iagua.es/blogs/gustavo-saltiel/que-significa-economia-circular-sector-agua-america-latina

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 24

Responsabilidad Social Empresarial (RSE)

Objetivo que aborda

Gestionar

Sector de aplicación

Industria | Agricultura | Pecuario | Minería | Agua Potable y saneamiento | Forestal

Tipo de solución

Gestión

Escala

Cuenca | Proceso Industrial

Descripción

La responsabilidad social corporativa (RSC) también llamada responsabilidad social empresarial (RSE) o inversión socialmente responsable, se define como la contribución activa y voluntaria al mejoramiento social, económico y ambiental por parte de las empresas, generalmente con el objetivo de mejorar su capital social, situación competitiva y su valor agregado. El concepto de responsabilidad social empresarial tiene diversas acepciones, dependiendo de quien lo utilice. Otra definición es la responsabilidad de una empresa o corporación con respecto a las consecuencias de su accionar, tanto social como con el medio ambiente (Ospina *et al.,* 2008). Las más holísticas y progresistas hacen referencia a que una empresa es socialmente responsable, cuando en su proceso de toma de decisiones valora el impacto de sus acciones en las comunidades, en los trabajadores y en el medio ambiente e incorpora efectivamente sus intereses en sus procesos y resultados. Para la Organización Internacional del Trabajo (OIT) la responsabilidad social de la empresa es el conjunto de acciones que toman en consideración las empresas, para que sus actividades tengan repercusiones positivas sobre la sociedad, afirmando los principios y valores por los que se rigen, tanto en sus propios métodos y procesos internos, como en su relación con los demás actores.

La responsabilidad social corporativa va más allá del cumplimiento de las leyes y las normas, dando por supuesto su estricto cumplimiento en forma voluntaria. En este sentido, la legislación laboral y las normativas relacionadas con el medio ambiente, son el punto de partida con la responsabilidad ambiental. Bajo este concepto de administración y de gestión, se engloban un conjunto de prácticas, estrategias y sistemas de gestión empresariales que persiguen un nuevo equilibrio entre las dimensiones económica, social y ambiental. Los antecedentes de la RSE se remontan al siglo XIX, en el marco del cooperativismo y el asociacionismo que buscaban conciliar eficacia empresarial con principios sociales de democracia, autoayuda, apoyo a la comunidad y justicia distributiva. Sus máximos exponentes en la actualidad son las empresas de economía social, por definición, empresas socialmente responsables.

Beneficios

- Ayuda a mejorar y promover una buena imagen de la compañía, tanto a nivel interno como con los consumidores, los proveedores, la comunidad, las organizaciones de activistas, los inversionistas, etc, pudiendo ser una actividad estratégica en la competencia comercial.
- Apoya como agente de desarrollo en las comunidades en la que están insertas.
- Reduce el riesgo reputacional de las empresas.
- Integra en la estrategia de negocio de la empresa, todos los elementos que forman parte del ciclo de vida del proceso, desde el cliente hasta el proveedor, incorporando la responsabilidad compartida de las acciones de misma, en toda su cadena de valor.

Casos de Aplicación

La RSE es un eje estratégico de las grandes empresas, dentro de las cuales, la gestión del agua es fundamental. En Chile, las empresas de agua potable cuentan con área o política de RSE, donde implementan mecanismos de comunicación con los usuarios y proyectos de cooperación.

Información de contacto

Claudia Galleguillos
Jefa proyecto Suizagua
https://fch.cl/proyecto/sustentabilidad/suizagua-2/
Fundación Chile

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2015). Manual de buenas prácticas. Proyecto Suizagua Andina Chile. Disponible en URL: https://www.escenarioshidricos.cl/wp-content/uploads/2018/04/Manual-buenas-practicas-RSEAgua-Suizagua-ilovepdf-compressed-1.pdf

Fundación Chile. (2015). Humedal artificial: una innovadora solución para la sequía de la V Región. Disponible en URL: https://fch.cl/humedal-artificial-una-innovadora-solucion-para-la-sequia-de-la-v-region/

Nestlé. Buenas prácticas: Agua. Disponible en URL: https://www.creaciondevalorcompartido.cl/buenas-practicas.php

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 25

Responsabilidad Social Empresarial en Agua (RSEAgua)

Objetivo que aborda

Gestionar

Sector de aplicación

Industria | Agricultura | Pecuario | Minería | Agua Potable y saneamiento | Forestal

Tipo de solución

Gestión

Escala

Cuenca | Proceso Industrial

Descripción

La responsabilidad social empresarial (RSE) fue definida en la ficha Nº 24.

El sistema se focaliza en las empresas, considerando que son actores relevantes dentro de un territorio que es compartido con otros usuarios de agua, especialmente cuando se encuentran insertas en un entorno con estrés hídrico y el agua puede poner en riesgo su propia producción, para su crecimiento o mantención en el tiempo. RSEAgua es un concepto desarrollado por Fundación Chile y acuñado bajo el proyecto Suizagua Andina Chile, donde se establece como eje estratégico el agua compartida por diversos usuarios en un mismo territorio. Las intervenciones que realiza la empresa en su entorno, debe considerar una mirada estratégica para identificar los factores clave que pueden poner en riesgo la sustentabilidad de su propia producción, del territorio, del ecosistema que presta servicios ambientales y de todos quienes usan el agua para la vida. Cuando un vecino tiene problemas de agua, es el primer síntoma de un potencial riesgo para la propia sustentabilidad del conjunto de empresas y usuarios de agua. Bajo este concepto se ha trabajado en la incorporación de la empresa privada al problema hídrico del territorio donde se enmarca su área de influencia, cambiando el paradigma de las empresas respecto a la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) a una mirada estratégica del entorno, con un concepto ganador - ganador. Utilizando esta metodología, se motiva a las empresas a mirar su entorno, a través de los riesgos que pueden afectar su propia sostenibilidad productiva en el tiempo y las oportunidades que pueden potenciar a los usuarios que comparten un mismo territorio.

Los riesgos y oportunidades son clasificados según el Estándar para la Gestión Sostenible del Agua de la Alliance for Water Stewarship (AWS; 2014). Los riesgos se clasifican en físicos, reputacionales y regulatorios. Las oportunidades son clasificadas en sociales, ambientales y económicas.

Beneficios

- Ayuda a mejorar la gestión del agua, mirando los riesgos en el entorno que antes no eran considerados, pudiendo realizar las acciones necesarias para mitigarlos o compensarlos.
- Mejora la relación con los vecinos y el entorno, reduciendo el riesgo reputacional de las empresas.
- Apoya como agente de desarrollo en las comunidades en la que están insertas.
- Demuestra que la empresa puede ser la más eficiente en el consumo de agua, pero si los vecinos sacan agua de la misma fuente compartida y no son eficientes (ej. Acuífero), el riesgo de quedarse sin agua para la producción sigue siendo el mismo.
- Muestra que todas las intervenciones aguas arriba de las cuencas, poseen impactos positivos o negativos, que afectan a los usuarios aguas abajo. Esto hace que las empresas piensen en las acciones estratégicas del territorio. Por ejemplo, si una empresa corta la descarga de aguas tratadas a un canal de riego, con la finalidad de reusarla en los procesos productivos y ser más eficiente, ¿cuántas familias que usan el agua de ese canal para sus cultivos, quedarán sin agua disponible?, ¿Qué porcentaje puedo reusar y descargar?, ¿En qué periodo?.

Casos de Aplicación

Casos de Suizagua Chile, año 2015:

Cementos Polpaico, Chile. Implementó un sistema de tratamiento pasivo "biotreat®" para el reúso de las aguas residuales en el poblado Estación Polpaico, comuna de Tiltil, Región Metropolitana. Además, se implementó un sistema de riego subterráneo en la plaza de la localidad. Con ello, devolvió el agua a la comunidad, la que se usa para el riego de áreas verdes y, próximamente, para invernaderos productivos. Asimismo, la totora del sistema de tratamiento, que se corta cada 6 meses, es utilizada para generar artesanía local. El sistema es manejado por la municipalidad, en colaboración con la comunidad y el APR.

Clariant, Chile. Tanto los actores residenciales como industriales extraen agua de la misma cuenca hidrográfica. En este contexto, la compañía formó una comunidad de aguas subterráneas, con miembros de las empresas vecinas (siete empresas en total); vecinos residenciales y representantes de la municipalidad, con el fin de iniciar un proceso de concientización del acuífero compartido por todos ellos, de promover la eficiencia hídrica y acciones de compensación con algunos grupos de vecinos.

Tinguiririca Energía, Chile. Apoyó a las Juntas de Vigilancia de la cuenca del río Tinguiririca, para financiar la instalación de equipos de control, comunicación y sensorización, necesarios para la supervisión continua de los caudales ingresados en los canales de riego (telemetría). Con esto, los usuarios cuenca abajo de la central hidroeléctrica, pudieron obtener mejores datos para su planificación y administración del recurso.

Información de contacto

Claudia Galleguillos
Jefa proyecto Suizagua
https://fch.cl/proyecto/sustentabilidad/suizagua-2/
Fundación Chile

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2015). Manual de buenas prácticas. Proyecto Suizagua Andina Chile. Disponible en URL:https://www.escenarioshidricos.cl/wp-content/uploads/2018/04/Manual-buenas-practicas-RSEAgua-Suizagua-ilovepdf-compressed-1.pdf

Fundación Chile. (2015). Humedal artificial: una innovadora solución para la sequía de la V Región. Disponible en URL: https://fch.cl/humedal-artificial-una-innovadora-solucion-para-la-sequia-de-la-v-region/

Galleguillos, C. (2015). Huella hídrica: una herramienta para la gestión estratégica del agua. En Fundación Chile. (Ed.), Desafíos del agua para la región Latinoamericana, pp. 104-115. Santiago, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia

Nestlé. Buenas prácticas: Agua. Disponible en URL: https://www.creaciondevalorcompartido.cl/buenas-practicas.php

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 26

Campañas educativas en el uso eficiente del agua

Objetivo que aborda

Gestionar Optimizar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Gestión

Escala

Cuenca Nacional

Descripción

La gestión integrada de los recursos hídricos y la eficiencia, requieren de una sociedad informada y de una cultura del agua que permitan su implementación. Las buenas prácticas en la gestión del recurso hídrico, se construyen en procesos progresivos que incluyen educación, capacitación e información para la comunidad. Como establece el objetivo 4 del Desarrollo Sostenible, la educación es la base para mejorar nuestra vida y el desarrollo sostenible.

Las campañas de educación son un conjunto de actividades que tienen la intención de lograr un determinado objetivo, a través de informar y sensibilizar al público sobre la importancia de corregir o cambiar actitudes inadecuadas, generando disciplina y control social, para cambiar una cultura específica. El propósito de una campaña educativa va más allá de una actividad de difusión, ya que su diseño tiene una intencionalidad de transformación cultural.

Las campañas educativas pueden utilizar diversos medios como: talleres, actividades artísticas, trípticos, redes sociales, concursos, entre otros. También pueden diseñarse para distintos públicos como: estudiantes, dirigentes sociales, dueñas de casa, empresas, etc. Dependiendo de los temas que se quieran difundir y los objetivos que se quieren lograr, una campaña educativa puede tener alcance y duración distinto. Al respecto, el enfoque de 'aprendizaje social' que estudia cambios reales en la sociedad, sugiere que una campaña de educación para la gestión hídrica requiere un previo trabajo de reconocimiento entre gestores y usuarios, un intercambio de percepciones de los problemas, desarrollo en conjunto de soluciones potenciales y desarrollo de la confianza mutua hacia la toma decisiones conjuntas (Mostert *et al.,* 2008). Por lo tanto, la aplicación de esta medida requiere un análisis previo de la población objetivo a la que se quiere llegar. Dado que una campaña debe ser a largo plazo, es necesario personal capacitado y financiación para asegurar la implementación, seguimiento y análisis de los resultados durante y después de la campaña.

Las campañas educativas de alto impacto, generalmente consideran la experiencia y vivencias como parte del proceso educativo, en contacto directo con su entorno, fuera del aula.

Beneficios

La difusión de información sobre la problemática del agua y el rol del ciudadano en la disminución del problema, es un método utilizado por municipios, regiones y sectores privados para lograr la reeducación, concientización y cambio de hábitos de los usuarios, hacia un uso más eficiente del agua que ha dado buenos resultados.

Una campaña de educación bien diseñada e inclusiva puede lograr cambios efectivos y duraderos en la población, basados en un entendimiento real del impacto que tienen los usuario sobre el agua.

En países en desarrollo, se ha visto que los programas de educación sobre la importancia del agua en las escuelas, puede generar mejores hábitos de higiene y saneamiento, además de mayor protección a los cursos de agua.

Además, la información proporciona herramientas y genera iniciativas para el desarrollo de soluciones innovadoras a los problemas del medio ambiente (Objetivo de Desarrollo 4).

Casos de Aplicación

Ciudad de Zaragoza, España. Se llevó a cabo una fuerte campaña para el ahorro del agua, después de una temporada de sequías prolongadas. El proyecto se centró en el compromiso público a través de los medios de comunicación, educando a las generaciones más jóvenes y desarrollando material de lectura. El objetivo del proyecto logró aumentar el uso eficiente del agua y reducir los consumos per cápita. El proyecto también contempló subvenciones para la compra de aparatos domésticos de ahorro de agua. En nueve años, desde el lanzamiento del proyecto, la población de Zaragoza aumentó en más del 12%, aunque el uso diario de agua se redujo de 848.000 m^3 a 615.000 m^3 en el mismo período. El uso per cápita también se redujo de 150 l/día en 1997 a 99 l/ día en el 2012.

Seattle, Estados Unidos. En el año 2000, el Saving Water Partnership (SWP), un grupo de empresas de servicios públicos en Seattle y el condado de King, se organizaron para reducir las demandas de agua, convenciendo a los usuarios de comprar equipos eficientes en el uso del agua a través de subvenciones y campañas de educación. Con un costo de USD33.000.000, financiado a través de tarifas, el programa logró ahorros de agua de 3.700 m^3/día y la instalación de casi 350.000 accesorios eficientes de uso de agua.

Referencias y mayor información

Mostert, E., Craps, M., Pahl-Wostl, C. (2008). Social learning: the key to integrated water resources management?. Water International Journal, 33(3), 293-304.

2030 Water Resources Group. (2015a). Zaragoza Behavioral Change Initiative. En Managing Water Use in Scarce Environments. Disponible en URL: https://www.waterscarcitysolutions.org/behavioral-change-initiative/

2030 Water Resources Group. (2015b). Seattle, US. Regional Water Conservation Program. En Managing Water Use in Scarce Environments. Disponible en URL: https://www.waterscarcitysolutions.org/regional-water-conservation-program/

Castillo, J. (2016). Educación Hídrica. En revista IAgua. Disponible en URL: https://www.iagua.es/blogs/jesus-castillo/educacion-hidrica

Naciones Unidas. (s/a). Objetivo 4 educación de calidad. En Objetivos de desarrollo sostenible. Disponible en URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 27

Filtro de riesgo hídrico (water risk filter)

Objetivo que aborda

Monitorear Gestionar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Gestión Tecnología

Escala

Proceso Industrial Cuenca Nacional

Descripción

Herramienta desarrollada por la World Wildlife Fund (WWF) a nivel global, en conjunto con KFW DEG, cuyo objetivo es aportar a transparentar los riesgos que podrían estar afectos distintas actividades productivas, mejorando la evaluación y mitigación del riesgo hídrico. La herramienta permite evaluar, analizar, valorar y orientar las respuestas de mitigación adecuadas los riesgos del agua. Se basa en los principios de la Alliance for Water Stewardship, clasificando el riesgo hídrico en 1) FISICO (calidad, cantidad, estado del ecosistema); 2) REGULATORIO (normas ambientales adecuadas, institucionalidad y gobernanza, instrumentos de gestión, infraestructura y financiamiento); 3) REPUTACIONAL (Importancia cultural del agua fresca y la biodiversidad, escrutinio de los medios, confianza corporativa, conflictos por el agua). La herramienta utiliza más de 30 capas de datos, actualizados anualmente que, junto a datos recopilados localmente, ayudan a priorizar el riesgo hídrico para los usuarios en una cuenca o compañía, recomendando acciones de mitigación. Cuenta con más de 125 acciones para responder a los riesgos hídricos, incluidas las de adaptación al cambio climático, anticipándose a los futuros cambios en los recursos hídricos. Los análisis de evaluación que entrega son: riesgo en la cuenca, riesgo operacional, análisis de riesgo y análisis de oportunidad.

Además, la herramienta evalúa el valor potencialmente afectado, basado en:

- Probabilidades de eventos de riesgo de agua
- Escenarios relacionados con el agua
- Datos financieros del usuario.
- Rangos de impacto financiero

Su limitación está en la calidad y precisión de la información que es utilizada para el análisis, tanto a nivel macro, como sitio específica.

Beneficios

Las evaluaciones estimativas, considerando información variada, permite tener un mejor entendimiento de los riesgos hídricos en los procesos productivos, en una cuenca o a nivel país.

Ayuda a mejorar la toma de decisiones respecto a las medidas preventivas y de mitigación que deberían tomarse.

Entrega un valor a los atributos de la cuenca, indicando áreas que potencialmente debieran ser protegidas o conservadas, con el fin de sostener el desarrollo futuro.

Incorpora la herramienta de "valor potencialmente afectado", la que se basa en los resultados de la Evaluación del Riesgo del Agua y combina eventos probables con posibles impactos financieros.

Casos de Aplicación

En la página de la aplicación se pueden acceder a distintos mapas a nivel nacional y regional, así como casos de aplicación en el mundo.
http://waterriskfilter.panda.org/es/Explore/WWFBasins

Referencias y mayor información

WWF. Water Risk Filter. Disponible en URL: http://waterriskfilter.panda.org/es

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 28

Plataforma de alerta temprana ante eventos extremos

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

El agua es también una fuente de riesgos para la infraestructura y la vida humana cuando ésta supera la capacidad de control de los sistemas naturales y humanos, así como cuando se convierte en un vector de contaminantes y microorganismos potencialmente perjudiciales para la vida. En estos casos, es necesario la consideración de infraestructura, tecnología y sistemas de gestión que reduzca los potenciales impactos. La generación, análisis y difusión de información se convierte en un aliado imprescindible para la preparación temprana ante el riesgo. En este sentido, la información de satélites meteorológicos e instrumentos de medición a nivel de la superficie terrestre, tales como caudalímetros, pluviómetros y otros, se están utilizando en conjunto para monitorear las condiciones climáticas que dan origen a fenómenos meteorológicos, tales como: tormentas, olas de calor y aluviones principalmente. La información satelital permite entender fenómenos como las lluvias, vientos y otros; mientras que los sistemas terrestres, funcionando en tiempo real y con telemetría remota, generan información constante de cómo reaccionan estos sistemas a los fenómenos climáticos. La combinación de información meteorológica y medición de los sistemas hídricos (caudal y calidad) es procesada, modelada y reenviada a los usuarios en forma de alertas tempranas simples, que permitan una toma de decisión y acción rápida para mitigar posibles impactos.

Beneficios

Esta información sintetizada y en tiempo real, permite a los usuarios y tomadores de decisión adoptar medidas precautorias ante el riesgo.

Aunque existen sistemas de alerta temprana a nivel nacional, éstos pueden ser desarrollados en las cuencas, conectando toda la información disponible, de manera de mantener a los usuarios informados y preparados ante un eventual riesgo natural o antrópico.

Casos de Aplicación

Estados Unidos. Cuenta con un sistema de alerta temprana, gestionado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos, el Servicio Meteorológico Nacional y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. Estas instituciones trabajan en conjunto para mantener los sistemas de alerta de inundaciones en todo el país, basados en los datos proporcionados por las estaciones meteorológicas y para medición de cauces. Estas alertas son transmitidas a la población a través de la radio y mensajes de celular (https://www.ready.gov/alerts) .

Chile. El Centro Nacional de Alerta Temprana es la unidad de la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI), encargada del monitoreo constante, en tiempo real, de todo el territorio nacional, con el fin de establecer y difundir alertas tempranas al Sistema de Protección Civil. Esto permiten coordinar adecuadamente la respuesta a eventos de emergencia, desastres y posibles catástrofes (http://www.onemi.cl/cat/).

Plataforma de alerta temprana ante eventos extremos

Chile. A través de las compañías de telefonía, se cuenta con un sistema para la difusión de alertas tempranas a los celulares, con información sobre riesgos de tsunami, sismos de mayor intensidad, erupciones volcánicas e incendios forestales (http://www.sae.gob.cl/).

Chile. Respecto a emergencias relacionadas con el exceso y contaminación del agua, se cuenta con una plataforma creada bajo el programa Innova de CORFO, actualmente en funcionamiento en cuencas altas de los ríos Mapocho y Maipo en la región Metropolitana. La plataforma de Alerta Hídrica está pensada como una herramienta de pronóstico, manejo y gestión en tiempo real de sistemas hídricos ambientales, que ayuda en la toma de decisiones y permite anticiparse a la ocurrencia de desastres hídricos ambientales.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio. Información procesada y centralizada en sistemas digitales, permite tomar acciones en menor tiempo y conducir estrategias de gestión integradas. Se deben manejar externalidades negativas, como: falta de financiamiento para manejar y procesar la información, así como para actuar rápidamente ante alertas.

Referencias y mayor información

Gobierno de Chile. ¿Qué es el SAE?. Disponible en URL: http://www.sae.gob.cl/

NASA. Floods. Disponible en URL: https://disasters.nasa.gov/floods

Department of Homeland Security. Ready alerts. Disponible en URL: https://www.ready.gov/alerts

Earth Observation for Sustainable Development. disaster risk reduction. Disponible en URL: https://www.eo4sd-drr.eu/

Centro Nacional de Alerta Temprana en Chile. Disponible en URL: http://www.onemi.cl/cat/

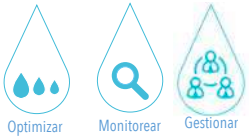
Alerta Temprana en Celulares, Chile. Disponible en URL: http://www.sae.gob.cl/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 29

Sistema de difusión de información satelital para un riego inteligente

Objetivo que aborda



Sector de aplicación

Agricultura

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Cuenca

Descripción

Sistemas de información que analizan y difunden datos satelitales sobre las condiciones meteorológicas actuales y futuras, cruzándolos con datos de temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación solar en la superficie de la tierra. Éstos datos son indispensables para el cálculo de la evapotranspiración en la vegetación, usada para determinar la cantidad de agua que consumen las plantas, así como la disponibilidad de agua en el suelo. Además, la información sobre el pronóstico de las condiciones meteorológicas futuras, permite estimar la cantidad de agua que requiere el cultivo en un lapso de tiempo mayor, permitiendo una mejor planificación que la obtenida con otros equipos de monitoreo a nivel de la planta. Este sistema está pensando en la gestión de áreas agrícolas extensas o cuencas, donde más de un usuario pueda ser beneficiado. La información llega al usuario a través de una interfaz digital en web o aplicación de celular. A través de este análisis, cuando las precipitaciones exceden la demanda de agua en un área específica, se envía una alerta de mensaje de texto a los agricultores, aconsejándoles no regar las plantas. Por el contrario, cuando la precipitación está por debajo de la demanda requerida, se envía un mensaje de texto a los agricultores, indicando la cantidad de agua adicional que será necesaria para el riego de sus cultivos.

Beneficios

A diferencias de otros sistemas de automatización del riego, que miden las condiciones a nivel de la planta (ficha Nº 96), estos sistemas hacen una evaluación de las condiciones hidrometeorológicas de grandes áreas y para escalas de tiempo más largas.

El objetivo es proporcionar información a menor resolución que los sistemas de precisión (donde se mide el estado de cada planta), pero permite beneficiar a muchos agricultores en una misma zona, cuenca o región.

Esta información de manera anticipada, puede mejorar la toma de decisiones en el uso del agua en el riego, tendiente a la disminución del consumo de agua y por lo tanto la reducción de costos. Un mejor uso del agua mejora el rendimiento de los cultivos y previene el exceso del riego que puede causar.

Nº FICHA 29

Sistema de difusión de información satelital para un riego inteligente

Casos de Aplicación

Existen diversas plataformas públicas o privadas que ofrecen el servicio de información para una agricultura inteligente (smart agriculture).

Pakistán. El Consejo de Investigación de Recursos Hídricos de Pakistán (PCRWR) envía textos semanales a los usuarios con información meteorológica.

Bee2Crop. Empresa que ofrece plataformas de información para ayudar a los productores agrícolas a gestionar, controlar, programar e informar eficazmente los diferentes sistemas de riego, fertilización y energía.

Agromet, Chile. Red Agrometeorológica del Instituto de Investigación Agrícolas, es un sistema con más de 100 estaciones meteorológicas, diseñada para observar algunas variables como: humedad relativa, precipitación, presión, radiación, etc. La información no es automáticamente analizada y enviada a los usuarios, como lo haría un sistema integrado.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Impacto positivo en la gestión de los cultivos, pudiendo mejorar el uso y pérdidas de agua.

Impacto Social

Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Optimización del recurso hídrico
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología
Externalidades: (+) Mejor administración de los derechos del agua; (+) Disminución de los costos de producción agrícola.
Conflicto: No se aprecian.

Información de contacto

PCRWR (Proveedor)
http://www.pcrwr.gov.pk/
Pakistán

Referencias y mayor información

Red Agrometeorológica del Instituto de Investigación Agrícolas. Disponible en URL: http://agromet.inia.cl/

NASA. (2018). Smart Phones Bring Smart Irrigation. Disponible en URL: https://earthobservatory.nasa.gov/images/92903/smart-phones-bring-smart-irrigation

Bee2croping. Disponible en URL: https://www.ceb-solutions.com/products/bee2crop/

CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE). (2013). Use of remote sensing and GIS tools in the irrigation commands to assist planning and management. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE). Disponible en URL: https://wle.cgiar.org/use-remote-sensing-and-gis-tools-irrigation-commands-assist-planning-and-management

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 30

Modelo 'benchmarking' para complementar las tarifas de agua potable y saneamiento

Objetivo que aborda

Optimizar

Gestionar

Sector de aplicación

Agua Potable y saneamiento

Tipo de solución

Económicas

Escala

Residencial

Nacional

Descripción

Actualmente las tarifas de los servicios de agua potable y saneamiento se determinan de acuerdo a los costos operacionales y de inversiones de una 'empresa modelo', la que es más eficiente que la empresa real. El regulador necesita una gran cantidad de información, tanto de la empresa real como del mercado, con el fin de definir y construir la "empresa modelo", para así determinar los costos y el valor de las inversiones que permiten calcular las tarifas en un horizonte determinado. El proceso de negociación tarifaria consiste en que, una vez determinado y acordado por las partes los costos e inversiones de la empresa modelo, se fija una tarifa que permita cubrir dichos valores. Con este proceso se busca que la empresa real «compita» con la empresa modelo, buscando una mayor eficiencia, que una vez incorporada a la empresa real se reflejen en la próxima negociación tarifaria.
Por la complejidad de este proceso, resulta de difícil comprensión para que la comunidad pueda conocer los detalles de la tarifa a pagar, se plantea el «modelo benchmarking», que aporta información complementaria para una mejor comprensión del modelo tarifario. Consiste en determinar una serie de indicadores, técnicos y financieros, de todas las empresas sanitarias, publicando en forma periódica un Benchmarking de fácil lectura y comprensión, que permita comparar si las tarifas de cada empresa tienen relación con la empresa modelo, es decir, si las valores tarifarios tienen una relación directa con una operación eficiente. Por ejemplo, se debería controlar el valor del m^3 de las empresas y sus costos, las perdidas de agua, las utilidades, el gasto en energía, en inversiones, etc. Además, se debe incluir el comportamiento histórico de cada empresa. El sistemas debería ser exigido y administrado por la Autoridad Sanitaria.

El benchmarking debe ser público, dispuesto en la pagina web de las empresas y de la Autoridad Sanitaria. Paralelamente, se podría realizar difusión en la prensa, de modo que el consumidor pueda tener acceso al comportamiento histórico de cada empresa sanitaria.

Beneficios

La comunidad o consumidores de agua potable, pueden controlar si los procesos tarifarios están relacionados con la eficiencia operacional de las empresas sanitarias.

Es un instrumento de apoyo a la gestión de la Autoridad Sanitaria, dado que permite controlar la eficiencia de las empresas y recopilar antecedentes para regular la tarifa aplicada.

Permitiría comparar a las empresas sanitarias en eficiencia y cuales de ellas presentan mayores avances para alcanzar los estándares esperados, los cuales justificarían la tarifa fijada.

Casos de Aplicación

Existe una institución que se dedica a realizar benchmarking de las empresas internacionales sanitarias. The International Benchmarking Network. (2017). Disponible en URL: https://www.ib-net.org/

Modelo 'benchmarking' para la regulación de las tarifas de agua potable y saneamiento

Información de contacto

The International Benchmarking Network
https://www.ib-net.org/

Referencias y mayor información

Banco Mundial, Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas. (2005). Las tarifas de agua potable y alcantarillado en América Latina. Informe 32738. Disponible en URL: http://documentos.bancomundial.org/curated/es/398411468772501567/Las-tarifas-de-agua-potable-y-alcantarillado-en-America-Latina

The International Benchmarking Network. (2017). Disponible en URL: https://www.ib-net.org/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 31

Monitoreo y modelización participativa

Objetivo que aborda

Monitorear

Sector de aplicación

Medio Ambiente

Tipo de solución

Tecnología

Gestión

Escala

Cuenca

Descripción

El Monitoreo Participativo es el registro sistemático y análisis periódico de información, basada en observaciones y mediciones que han sido registradas por personas de la sociedad civil, sin tener previo conocimiento científico o ser especialistas. Este tipo de procesos, es una metodología muy utilizada en ciencias como la planificación, la evaluación ambiental o el desarrollo comunitario. Parte de estos métodos colaborativos entre ciencia y sociedad civil, es también la modelización participativa o colaborativa, que tiene el objetivo de co-construir modelos representativos de fenómenos socioambientales, basados en el conocimiento e información proporcionada por los afectados. Para ambos procesos existe una diversidad de métodos, herramientas tecnológicas y plataformas, que permiten integrar y diseminar la diversidad de información de manera más simple. Un movimiento que se ha generado a partir de estos métodos es la ciencia ciudadana (citizen science). Este término se refiere a la recopilación y análisis de datos relacionados con el medio ambiente, realizado por miembros del público en general. En general, estas iniciativas están asociadas a un proyecto de colaboración con científicos o profesionales de la temática, quienes realizan una transferencia de las capacidades y conocimiento específico a la ciudadanía, para que pueda ejercer este rol una vez finalizada la iniciativa. Además de mejorar la toma de datos, que en muchos casos puede ser costosa y difícil, uno de los objetivos de incluir a ciudadanos civiles en el proceso de monitoreo o modelización, sin poseer conocimientos técnicos o científicos previos, es el de concientizar sobre los fenómenos que potencialmente puedan afectarlos, así como hacerlos partícipes de las posibles soluciones.

Igualmente, en el caso de la modelización participativa, el objetivo principal es el de incluir información real de los afectados, para mejorar los procesos de planificación y toma de decisiones, ya que los métodos estándares "de arriba hacia abajo" (top-down approaches), han demostrado tener deficiencias al mal interpretar la realidad local.
Se requiere capacitación técnica previa a los participantes para aprender a utilizar los equipos y recoger los datos de manera correcta. Requiere también confianza y un sistema de control, para asegurar que los datos proporcionados poseen la mejor calidad posible.

Beneficios

Los beneficios de la participación en el monitoreo según la FAO (2009) son:

- Proporciona una imagen continua, que permite a la comunidad determinar si las actividades están progresando según lo planeado.
- Proporciona una "alerta temprana“, que permite buscar soluciones antes que los problemas se salgan de control.
- Permite retroalimentación continua a lo largo de la vida de las actividades y proyectos, asegurando que la calidad de las actividades sea suficiente para proporcionar buenos resultados.
- Cuando los afectados tienen el control del monitoreo, los resultados se examinan y correlacionan con las experiencias pasadas.
- Puede proporcionar información realista, al mismo tiempo que muestra tendencias en el tiempo.
- Es un complemento que otorga mayor precisión a los sistemas tradicionales de monitoreo y alertas tempranas.

Además, si el proceso de participación en el monitoreo es bien coordinado y con un alcance de tiempo suficiente este puede mejorar la toma de decisiones y contribuir al cambio de percepciones, comportamientos y actitudes que finalmente contribuyen a los proyectos y políticas con sustentabilidad (Estrella y Gaventa 1998).

Casos de Aplicación

Citizen Science Alliance, Estados Unidos. Se promueve la alianza entre academia y la sociedad civil, para democratizar la toma de datos, difundir y mejorar la comprensión pública de la ciencia y del proceso científico. Existen muchas otras organizaciones a nivel internacional que promueven esto.

Red Nacional de Fenología (NPN), Estados Unidos. Es una de las redes más importantes de monitoreo participativo, la cual cuenta con una Oficina Nacional de Coordinación (NCO), miles de observadores voluntarios y muchos socios, incluidos científicos de investigación, administradores de recursos, educadores y responsables políticos. El objetivo de esta red es tomar notas de las observaciones a largo plazo sobre la vegetación y fauna, en un documento llamado "Natures Notebook". Este documento es luego utilizado por los científicos para identificar cambios en la temporalidad de fenómenos, como la floración o las migraciones de aves. (https://www.usanpn.org/usa-national-phenology-network).

Proyecto CurieuzeNeuzen, Bélgica. La agencia de protección ambiental flamenca y el periódico regional Meysman, trabajaron con más de 50.000 personas monitoreando por 1 mes la calidad del aire de la región (https://curieuzeneuzen.be/).

Michoacán, México. En el caso del agua, un grupo de ciudadanos fueron partícipes del monitoreo de la calidad del agua (Programa de monitoreo comunitario del agua Bajo Balsas). En este programa, los pobladores locales fueron capacitados en la correcta toma de muestra, registro de datos y análisis. Este monitoreo generó datos fundamentales para reconocer los principales problemas, para así asegurar la calidad del agua que abastece a las poblaciones rurales de esta región, con el fin de evitar daños a la salud y al ambiente. (http://www.grupobalsas.org/)

Río Tacloban, Filipinas. Este es un buen ejemplo para mostrar el caso del monitoreo participativo en la gestión hídrica, donde un grupo de ciudadanos, junto con tomadores de decisión realizó un análisis de los problemas más relevantes relacionados con el agua en la cuenca y sus interacciones, según el marco de seguridad hídrica, lo que permitió elaborar objetivos para el Plan Maestro de Gestión Integrada de Recursos Naturales de la cuenca (https://www.deltares.nl/en/projects/collaborative-modelling-in-the-philippines-tacloban/).

Proyecto MAPA, Chile. Se trabajó colaborativamente entre tomadores de decisión y organizaciones locales en la cuenca del río Maipo, para crear una red de los objetivos más importantes del bienestar humano relacionados con el recurso hídrico, dentro del marco de seguridad hídrica. Esta información fue insumo para la elaboración del Plan de Adaptación al Cambio Climático en la cuenca del río Maipo (http://www.maipoadaptacion.cl/marco-conceptual-para-el-desarrollo-de-indicadores-de-desempeno-de-la-cuenca/).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo. Mejora la percepción y se amplían redes de colaboración. El impacto es negativo si el Estado no tiene capacidad para manejar la información o responder a las alertas generadas. Si la comunidad no está bien capacitada, se pueden generar distorsiones en el manejo de la información, repercutiendo en los resultados obtenidos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: mayor disponibilidad del recurso hídrico.
Costo: asociado a las capacitaciones.
Externalidades: (+) Aumenta la conciencia social respecto a la falta del recurso hídrico.
Conflicto: Eventual división de la comunidad por la aceptación de algunos y rechazos de otros, para realizar un monitoreo participativo,

Referencias y mayor información

Curieuze Neuzen vlaanderen. Disponible en URL: https://curieuzeneuzen.be/

Deltares. (2015). Collaborative modelling in the Philippines, Tacloban. Disponible en URL: https://www.deltares.nl/en/projects/collaborative-modelling-in-the-philippines-tacloban/

Estrella, M. y Gaventa, J. (1998). Who counts reality?: Participatory monitoring and evaluation: a literature review. Institute of Development Studies, Sussex, UK.

Irwin, A. (2018). No PhDs needed: how citizen science is transforming research. Nature: News feature 23/octubre/2018. Disponible en URL: https://www.nature.com/articles/d41586-018-07106-5

National Phenology Network. Disponible en URL: https://www.usanpn.org/usa-national-phenology-network

Ocampo-Melgar, Vicuña, Gironas, Varady, Scott. (2017). Scientists, Policymakers, and Stakeholders Plan for Climate Change: A Promising Approach in Chile's Maipo Basin. Environment.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 32

Monitoreo remoto o teledetección de cuencas

Objetivo que aborda: Monitorear

Sector de aplicación: Medio Ambiente

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Cuenca

Descripción

El monitoreo remoto o teledetección es la obtención de información de un objeto, sin tener contacto directo con él. Con este objetivo, se han generado diversos dispositivos y métodos para adquirir y analizar información de un objeto o fenómeno desde la distancia (satélites meteorológicos, rayos X, resonancia magnética, LIDAR etc.). Es aplicable para el monitoreo de ríos, glaciares, calidad de agua, entre otros, siendo eficiente para alcanzar lugares de difícil acceso. Por ejemplo, para el monitoreo de glaciares, se recomienda utilizar los sensores que pueden ir anexados a aviones, satélites o drones.

El proceso de monitoreo con teledetección consiste en:

1. Una fuente de energía es emitida (radiación electromagnética o radar);
2. La energía tiene contacto con la atmósfera y luego llega al objeto;
3. La energía interactúa con las propiedades físicas y químicas del objeto a monitorear;
4. La energía, o parte de ella, vuelve y es detectada por el sensor;
5. La información es transmitida, corregida (en el caso que haya pasado por la atmósfera), analizada e interpretada, para luego ser convertida en una imagen.

Dependiendo de la información que se desee obtener, es necesario considerar algunos aspectos:

- Los sensores tienen distintas capacidades espaciales (área que puede detectar), radiométricas (energía guardada en bit) y espectrales (longitud de onda electromagnética que pueden detectar y discernir).
- Dependiendo de donde van anexados los sensores (plataforma), existe una escala temporal o tiempo que tardan en pasar por el mismo sitio (por ejemplo, la órbita de un satélite).
- Existen sensores pasivos que requieren de luz solar para funcionar, dado que esta luz es reflejada desde los objetos a monitorear. Entre los sensores pasivos, destacan los de tipos espectrales, multiespectrales e hiperespectrales, cada uno de ellos enfocados en detectar rangos del espectro de la luz (infrarrojo, luz visible, ultravioleta y térmico). Los sensores multiespectrales son ideales para detectar la superficie cubierta por hielo o nieve.
- Los sensores activos, emiten su propia fuente de energía. Hay de tipo “Radar”, que usa ondas de radio y trabaja en una banda del espectro comprendida entre 1 mm y 1 m. Estos son ideales para detectar cambios de volumen y textura. También están los de tipo "Lidar”, que usa rayos laser para detectar diferencia de altitud.

Por los motivos mencionados, la elección del tipo de imagen que se necesita (Landsat, MODIS, Quickbird, Geoeye, ASTER, GOES, etc.), dependerá de las características espaciales, espectrales y temporales del fenómeno que se quiere estudiar, además de si puede ser RADAR o satelital. Es importante considerar que no todas las imágenes son gratis o vienen listas para ser usadas. Algunas requieren ser corregidas y georreferenciadas.

Beneficios

La teledetección hace posible recoger información de zonas inaccesibles, remotas y peligrosas como la alta montaña y los glaciares.

Otorga rapidez y continuidad para obtener la información, en comparación con un monitoreo in situ.

Con la teledetección se pueden obtener imágenes de varios momentos, con el fin de identificar posibles cambios o fenómenos, como por ejemplo el cambio de uso de suelo.

Se puede obtener información que no es visible al ojo humano, como la profundidad de un lago, la composición química del suelo o la salud de la vegetación.

Dada su potencialidad, la teledetección es una herramienta muy utilizada en el estudio de los ecosistemas:

- En el caso de los glaciares, se utiliza para medir el área y superficie para inventariarlos. Con observaciones remotas es posible ver el retroceso y adelgazamiento del glaciar, mediante sensores multiespectrales y de SAR, respectivamente. A partir de esto, se puede estimar la velocidad del retroceso y el avance en la línea de nieve, pudiendo identificar tendencias climáticas relacionadas al estado de los glaciares.

- En el caso de los cuerpos de agua, permite obtener información de una amplia superficie y con el suficiente tiempo para detectar cambios que puedan resultar peligrosos para la salud humana y animal, como por ejemplo las mareas rojas o brotes de cianobacterias del tipo K*arenia brevis,* las que causan eutrofización del agua y emiten sustancias tóxicas para otros organismos, generando mortandad de peces y otras especies.

- Para el estudio del suelo, la información de base sobre asentamientos humanos, vegetación, suelo y agua, permite realizar mapas temáticos (mapa de uso de suelo, mapa de riesgos, mapa de vegetación), inferir relaciones y generar modelos predictivos de los distintos componentes de un sistema o cuenca. Por ejemplo, las imágenes del satélite Sentinel-2 se usan para determinar diversos índices de plantas, tales como: el área de clorofila de las hojas y los índices de contenido de agua, los que se usan en la predicción del rendimiento efectivo de las plantas y en las aplicaciones relacionadas con la agricultura. El seguimiento a los cambios de uso de suelo (por ejemplo suelo urbano, agrícola y vegetación natural), permite entender los requerimientos hídricos existentes y proyectarlos a futuro, incorporando los posibles cambios en los usos del suelo (por ejemplo: aumento de la población, disminución superficie agrícola, entre otros).

Casos de Aplicación

- **Glaciares:** Hay datos de varias décadas con el cambio de volumen de los glaciares en los Alpes, lo que ha permitido detectar que éstos han perdido masa. En Chile, diversos investigadores han utilizado las imágenes satelitales para medir los cambios en el volumen de los glaciares en los Andes, estableciendo una línea base para su monitoreo en el tiempo. Las mediciones satelitales en los campos de hielo patagónicos, sugieren que éstos están disminuyendo rápidamente, con una contribución cuantificable al aumento del nivel del mar eustático.

- **Agua:** El satélite Sentinel-2 está siendo utilizado para el monitoreo de aguas superficiales, grandes y pequeñas, ya que permite obtener cambios en los niveles de clorofila de los océanos con suficiente anticipación. (http://www.waterinsight.nl/solutions/cyanobacteria-monitoring-systems). El sistema de pronóstico para la proliferación de algas nocivas, gestionado por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), integrado casi en tiempo real al Sistema de información de mareas rojas (IRIS) de la Universidad del Sur de la Florida, Estados Unidos, usan los datos satelitales de los sensores del espectroradiómetro de imágenes de resolución moderada (MODIS), en los satélites Aqua y Terra de la NASA. En el marco del VII Monitoreo Binacional de la Calidad del Agua Superficial en el Lago Titicaca, entre Perú y Bolivia, se están utilizando los satélites de la Agencia Europea para identificar parámetros de clorofila-A y sólidos totales suspendidos (Proyecto Earth Observation for Sustainable Development, http://eo4sd.esa.int/)

- **Cuenca:** El proyecto Europeo Earth Observation for Sustainable Development, está utilizando el monitoreo satelital para caracterizar cuencas hidrográficas, monitorear cambios de uso de suelo, monitoreo en calidad de agua, extensión y nivel de lagos y ríos, modelización y pronósticos hidrológicos, mapeo y pronóstico de eventos de riesgos y monitoreo de sectores productivos. Todos estos aspectos están siendo utilizados para demostrar los beneficios y la utilidad de las herramientas de teledetección en la gestión de cuencas y el desarrollo sostenible.

Monitoreo remoto o teledetección de cuencas

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto ambiental positivo indirecto. información de los sistemas con detalles automatizados que permiten mejorar la calidad de información, aumentar la frecuencia de datos, entregar más y mejor información a nivel de inventarios de ecosistemas por ejemplo o sobre condición con indicadores específicos.

Referencias y mayor información

Autoridad Nacional del Agua Perú. Satélites de la Agencia Espacial Europea monitorean aguas del Lago Titicaca en Perú y Bolivia. Disponible en URL: https://www.ana.gob.pe/noticia/satelites-de-la-agencia-espacial-europea-monitorean-aguas-del-lago-titicaca-en-peru-y

Barcaza, G., Masamu, A. (2007). Applicactions of remote sensing to glacier studies. Journal of the Japanese Society of Snow and Ice, 69:201-220. Disponible en URL: https://www.jstage.jst.go.jp/article/seppyo1941/69/2/69_2_201/_article/-char/en

Davies. B. (2018). Observing glaciers change from space. En Antartic Glaciers. Disponible en URL: http://www.antarcticglaciers.org/glaciers-and-climate/glacier-recession/observing-glacier-change-space/

Dimick, D. (2014). Soot and Dirt Is Melting Snow and Ice Around the World. En National Geographic. Disponible en URL: https://news.nationalgeographic.com/

Earth Observatory. (2018). How Scientists are Tracking Florida's Red Tides with Satellites and Smartphones. Disponible en URL: https://earthobservatory.nasa.gov/blogs/earthmatters/2018/08/24/how-scientists-are-tracking-red-tides-with-satellites-and-smartphones/

European Space Agency. Earth Observation for Sustainable Development. Disponible en URL: http://eo4sd.esa.int/

Glasser, N.F., Harrison, S., Jansson, K.N., Anderson, K., Cowley, A. (2011). Global sea-level contribution from the Patagonian icefields since the Little Ice Age maximum. Nature Geoscience,4: 303-307. Disponible en URL: https://www.nature.com/articles/ngeo1122

Kudela, R.M., Palacios, S.L., Austerberry, D.C., Accorsi, E.K., et al. (2015) Application of hyperspectral remote sensing to cyanobacterial blooms in inland waters. Remote Sensing of Environment. [Online] 167, 196–205. doi:10.1016/j.rse.2015.01.025.

Palmer, S.C.J., Kutser, T. & Hunter, P.D. (2015) Remote sensing of inland waters: Challenges, progress and future directions. Remote Sensing of Environment. [Online] 157, 1–8. Available from: doi:10.1016/j.rse.2014.09.021.

Pellicciotti, F., Ragettli, S., Carenzo, M., McPhee, J. (2014) Changes of glaciers in the Andes of Chile and priorities for future work. Science of the Total Environment, 493:1197-1210. Disponible en URL: http://www.glaciologia.cl/web/glaciologia_es/glaciologiacms/upload/Pellicciotti_etal.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 33

Fiscalización ciudadana o guardianes del medio ambiente

Objetivo que aborda

Monitorear

Sector de aplicación

Medio Ambiente

Tipo de solución

Gestión Tecnología

Escala

Cuenca

Descripción

Son organizaciones comunitarias sin fines de lucro, liderada por ciudadanos encargados de ejercer control ambiental para proteger los cuerpos de agua que son fuentes para el consumo humano, el desarrollo productivo y el medio ambiente. Estas organizaciones ciudadanas fiscalizan los cuerpos de agua respecto a malas prácticas, descargas contaminantes, robo de agua o cualquier acción que pudiera estar causando un riesgo a la salud de las personas o los ecosistemas. Su accionar suele estar coordinado con entidades del Estado o privada, de manera de lograr sinergias.

Beneficios

Estos grupos organizados pueden apoyar en la generación de información socioambiental, al manejar sistemas de monitoreo de la calidad del agua, los que podrían ser financiados por el Estado, por empresas que desean mantener una buena relación y lazos de confianza con la comunidad o mecanismos mixtos. Por otro lado, este tipo de sistema ciudadano puede ser un apoyo a las entidades fiscalizadoras del Gobierno, ayudando a focalizar sus inspecciones en terreno según las denuncias y antecedentes recibidos, por lo tanto, los recursos del Estado para estos fines se hacen más eficientes.

Casos de Aplicación

Costa Rica. Posee los "Grupos de fiscalización y control ciudadano" que están vinculados al poder judicial.

Chile. Los "Contralores Ciudadanos" de la Contraloría General de la República, lo que no implica un traspaso de facultades y atribuciones desde Contraloría General a los ciudadanos, sino más bien, tiene como objetivo formar una red ciudadana de colaboración para la fiscalización, fomentando la denuncia responsable. Es de carácter voluntario, individual y honorífico.

Chile. Hay algunas comunidades que se han organizado para realizar el proceso de fiscalización ciudadana, donde realizan las denuncias a la Brigada de Delitos contra el Ambiente (BRIDEMA), de la Policía de Investigaciones, quienes acuden al lugar a tomar las muestras y evidencias correspondientes, teniendo 30 días para evacuar su informe a la fiscalía.

Referencias y mayor información

Policía de Investigaciones de Chile. Brigada Investigadora de Delitos Contra el Medioambiente y Patrimonio Cultural. Disponible en URL: https://www.pdichile.cl/instituci%C3%B3n/unidades/medio-ambiente

Poder Judicial, Costa Rica. Grupos de fiscalización y control ciudadano. Disponible en URL: https://www.poder-judicial.go.cr/participacionciudadana/images/guia/herramientas/incidencia-toma-decisiones/grupos-fiscalizacion-control.html

Sensores para medición de calidad y cantidad de forma remota

Objetivo que aborda

Monitorear

Sector de aplicación

Industria | Agricultura | Minería | Agua Potable y saneamiento | Medio Ambiente

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial | Cuenca

Descripción

Método de monitoreo continuo de calidad de aguas, consiste en centralizar los parámetros medibles en aguas naturales o procesos industriales, mediante sistemas de control computarizados donde se integran tecnologías de monitoreo a través de distintos tipos de sensores, telemetría (transmisión de datos sin cables), automatización y control a distancia. Los sistemas de control inalámbricos, transfieren de manera remota a una estación de datos, permitiendo reagrupar la información y generar sistemas de alarmas, en caso de que los parámetros se encuentren fuera de norma. El sistema puede estar integrado por múltiples sensores que miden distintos parámetros fisicoquímicos, o bien, por sistemas para el control de compuertas.

Fuente: CaptaHydro

Beneficios

Esta tecnología permite el monitoreo en tiempo real y la centralización de la información, que puede ser dispuesta en la web o visualizada en una App telefónica.

La información constante permite mejorar la distribución y detectar los problemas rápidamente. Al ser tecnología remota, no es necesario realizar las mediciones in situ, lo que ahorra tiempo en la gestión.

Condiciones técnicas de operación

Estos sistemas requieren mantenimiento y protección. El manejo de los softwares e interpretación de la información, requiere de una capacitación previa. El rango y la precisión de cada parámetro, va a depender de los sensores o del sistema que sea elegido.

Casos de Aplicación

Existen casos de aplicación en distintas cuencas de Chile. Por ejemplo el sistema instalado por CaptaHydro en la Junta de Vigilancia del Río Putaendo.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio. Mejora la información, reduce costos de monitoreo, datos en forma continua, permite mejorar gestión sobre los recursos hídricos y ecosistemas.

Información de contacto

CaptaHydro
info@captahydro.com
(+56 9) 9828 0333
www.captahydro.cl

Aqua Instruments
aqua@aquainstruments.cl
(+562) 2 7892604
www.aquainstruments.cl

Referencias y mayor información

CaptaHydro. Disponible en URL: https://www.captahydro.com/

Monitoreo de Aguas. Aquainstruments. Disponible en URL: https://www.aquainstruments.cl/Equipos-Monitoreo/

Tecnología en Marcha. Vol. 18 N.˚ 2 Especial. Desarrollo de una red de monitoreo por sensores remotos de la calidad de agua. Disponible en URL: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835609.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 35

Monitoreo de parámetros físico-químicos del agua

Objetivo que aborda

Monitorear

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Cuenca

Descripción

Los aspectos físicos del agua son aquellos que responden a los sentidos de la vista, tacto, gusto y olfato. Dentro de ellos, se consideran:

Temperatura. Hace referencia a la temperatura presente en el agua. Esta tiene relación directa con la solubilidad del oxígeno, así como diversas reacciones químicas y bioquímicas. Existe una gran cantidad de instrumentos que permiten medir la temperatura del agua, como: termómetros de vidrio o de líquidos, pirómetros o termómetros sin contacto, termómetros con lámina bimetálica, de gas, de resistencia, par térmico, digitales o con fibra óptica. Todos ellos, con distintos rangos de medición y características físicas, que permiten adaptarse a las características del flujo y lugar de medición. Es un parámetro que podría afectar la reproducción de especies hidrobiológicas.

Solidos suspendidos. Comprende a todas aquellas sustancias visibles que se encuentran suspendidas en el agua y que no decantan de forma natural. Afectan los ecosistemas acuáticos, principalmente porque no permiten el ingreso de la luz para la fotosíntesis de las plantas acuáticas, alimento de algunas especies. También afectan los sistemas de riego por goteo. Existen sensores que, mediante el uso de luz infrarroja, permiten determinar la presencia de sólidos suspendidos. También están los métodos más tradicionales que, a través de una toma de muestras, determinan la proporción de sólidos en el líquido.

Turbidez. La turbidez es la reducción de la trasparencia de un líquido o gas, causado por la presencia de materiales suspendidos coloidales y/o particulados sin disolver. Existen sensores que, mediante el uso de luz infrarroja, permiten determinar la presencia de turbidez de un flujo. También hay distintos tipos de nefelómetros, que miden la turbiedad por medio de la radiación dispersa. Los turbidímetros miden la turbidez mediante la disminución en la intensidad de un haz de luz.

Elementos organolépticos relativos a la aceptabilidad (Color, olor y sabor). Los cambios de color, olor y sabor en el agua, podrían indicar la presencia de elementos tóxicos para la salud, pero no siempre es el caso. La aceptabilidad del agua, también dependerá de factores sociales, ambientales y culturales. Los cambios en color, olor y sabor pueden deberse a diversos factores de tipo biológico o químico, por efectos naturales o antrópicos. Siempre es recomendable realizar los análisis pertinentes con personal especializado, para descartar elementos que puedan ser perjudiciales a la salud humana. Respecto al color, existen métodos para determinar si corresponde a color aparente o real.

Conductividad. La conductividad es la capacidad de una disolución de conducir la corriente eléctrica. Es una medida de la concentración iónica total que tiene el agua. Existe distintos tipos de conductímetros que permiten medir la conductividad del agua. Existen también “sensores multiparámetros” que permiten medir uno o varios parámetros a la vez (físicos, químicos y biológicos). La conductividad puede indicar la presencia de sales minerales disueltas en el agua. Los cambios en la salinidad del agua, podrían afectar los ecosistemas de aguas dulce y a ciertos cultivos mas sensibles.

Beneficios

La medición de los aspectos físicos del agua, permite tener un mayor conocimiento de la calidad del recurso hídrico y generar alertas tempranas. Sus distintas variaciones pueden indicar cambios en su calidad para un determinado uso, por ejemplo, recreación, consumo humano, etc..
Los cambios del rango esperado, pueden deberse a contaminación por microorganismos o sustancias inorgánicas, generando impactos tanto en el ecosistema como en la salud humana.

Casos de Aplicación

Los instrumentos mencionados son ampliamente utilizados en todo el mundo.

Condiciones técnicas de operación

Los rangos de medición y sensibilidad (límite de detección), dependerán de los distintos instrumentos a utilizar. Los instrumentos de medición deben ser utilizados adecuadamente y mantenerse calibrados.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Más información mejora los análisis y las decisiones, tanto en procesos normativos como de políticas públicas.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo (*)
Beneficio: Disminución de la probabilidad de enfermedades por el consumo humano de agua potable de baja calidad.
Costo: asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Aumento de la confianza en el agua potable provista.
Conflicto: No se aprecian.

*** Termómetro: Impacto social negativo medio**
Beneficios: No se identifican beneficios sociales directos, si como externalidad.
Costo: asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Preservación de la flora y fauna.
Conflicto: No se aprecian.

Información de contacto

Termodinámica. www.termodinamica.cl
HACH. https://es.hach.com/
PCE Ibérica. www.pce-iberica.es
PCE Instruments. www.pce-instruments.com
WIKA. www.wika.cl
Veto www.veto.cl
Oz Perú www.oz-peru.com

Referencias y mayor información

Universidad Politécnica de Cartagena. Análisis de Agua. Disponible en URL: https://www.upct.es/~minaeees/analisis_aguas.pdf

Organización Mundial de la Salud – OMS. Guías para la calidad del agua de consumo humano. Capítulo 7, Aspectos microbiológicos. Disponible en URL: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq-4-cap7-spa.pdf?ua=1

Nº FICHA 36

Monitoreo de aspectos químicos del agua

Objetivo que aborda

Monitorear

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Cuenca

Descripción

Los aspectos químicos del agua son aquellos que se relacionan con la capacidad del agua de disolver distintas sustancias. Dentro de ellos, se consideran:

- Acidez (pH). Es un factor muy importante en los diferentes sistemas químicos y biológicos, así como en las aguas naturales. Es una propiedad básica, que tiene impactos en muchas reacciones químicas y biológicas en sistemas acuosos. Existen distintos pHmetros que permiten medir la acidez presente en el agua, algunos de los cuales están en línea.
- Dureza. La dureza corresponde a la concentración de compuestos minerales presentes en el agua, principalmente carbonato de calcio (ion calcio) y carbonato de magnesio (ion magnesio). Existen distintos kit de ensayo que permiten determinar la dureza del agua.
- Alcalinidad. Se refiere a la capacidad del agua para neutralizar ácidos. Dado que la alcalinidad de aguas superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, ésta se toma como un indicador de dichas especies iónicas. Existe una gran variedad de medidores de alcalinidad digitales.
- Solidos Disueltos Totales. Corresponde a la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Incluye cualquier elemento presente en el agua que no sea la molécula de agua pura (H^20) y sólidos en suspensión. Existen diversos medidores de SDT que se basan en la conductividad del agua.
- Cloro residual. El cloro residual corresponde a la concentración de cloro que existe en el agua en forma de ácido hipocloroso e ion hipoclorito, como residuo de la desinfección del agua para consumo humano

Existen distintos medidores que miden el cloro residual en todas sus formas.

- Oxígeno Disuelto. Corresponde al oxigeno que se encuentra disuelto en el agua, producto de la difusión del aire del entorno, la aireación del agua que ha caído sobre saltos o rápidos y como desecho de la fotosíntesis. Existen diversos medidores portátiles que permiten medir en forma directa el oxígeno disuelto, además de la DBO_5.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5). Corresponde a la cantidad de oxigeno que es consumida por los microorganismos al proliferar en el agua y alimentarse de la materia orgánica existente. Existen diversos medidores portátiles que permiten medir de forma directa la DBO_5 y oxígeno disuelto.
- Demanda Química de Oxígeno (DQO). Corresponde a la cantidad de oxigeno necesaria para la realización de la diversas reacciones químicas en el agua. Existen sensores que permiten medir de forma directa la DQO en agua, junto con otros parámetros.
- Metales pesados. La presencia de metales como mercurio, zinc, hierro, níquel, cobre, arsénico, plomo, etc. puede ser toxica para la salud humana y la del medio ambiente. Existen diversas técnicas para medir la presencia de metales pesados en agua, como Espectrofotometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo.

Existen diferentes instrumentos que permiten medir cada uno de los parámetros que fueron mencionados anteriormente, tanto de manera individual como colectiva. Hay en el mercado una gran variedad de sensores multiparámetros que permiten medir uno o varios de estos parámetros a la vez (físicos, químicos y biológicos).

Beneficios

La medición de los aspectos químicos del agua, permite tener un mayor conocimiento de la calidad del recurso hídrico.

Sus distintas variaciones pueden indicar cambios en su calidad, por ejemplo, contaminación por microorganismos o sustancias inorgánicas, generando impactos en el ecosistema y en la salud humana principalmente.

El conocimiento de la calidad de agua es de gran utilidad, tanto para para la salud humana y del ecosistema, como para el cuidado de la infraestructura hídrica y el cumplimiento de las normativas existentes.

Los parámetros químicos presentan una gran cantidad de instrumentos que permiten su medición.

Casos de Aplicación

Los instrumentos mencionados son ampliamente utilizados en todo el mundo.

Condiciones técnicas de operación

Los rangos de medición dependerán de los distintos instrumentos a utilizar.
La gran variedad de aparatos existentes en el mercado para la medición de parámetros físicos y químicos, permite que sea posible obtener instrumentos que se ajusten a las necesidades.
Existen también instrumentos que permiten medir y enviar la información vía bluetooth, así como utilizar otros tipos de tecnologías para almacenar la información.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto ambiental positivo indirecto. Más información mejora los análisis y las decisiones en procesos normativos y de políticas públicas.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de la probabilidad de enfermedades por el consumo humano de agua potable de baja calidad.
Costo: asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Aumento de la confianza en el agua potable provista.
Conflicto: No se aprecian.

Información de contacto

Omega. https://cl.omega.com
Termodinámica. www.termodinamica.cl
HACH. https://es.hach.com/
PCE Ibérica. www.pce-iberica.es
PCE Instruments. www.pce-instruments.com
WIKA. www.wika.cl
Veto. www.veto.cl
Oz Perú. www.oz-peru.com
Hanna instruments. www.hannachile.cl

Referencias y mayor información

Universidad Politécnica de Cartagena. Análisis de Agua. Disponible en URL: https://www.upct.es/~minaeees/analisis_aguas.pdf

Organización Mundial de la Salud – OMS. Guías para la calidad del agua de consumo humano. Capítulo 8, Aspectos Químicos. Disponible en URL: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq-4-cap8-spa.pdf?ua=1

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 37

Monitoreo de aspectos microbiológicos en agua

Objetivo que aborda

Monitorear

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Cuenca

Descripción

La presencia de microbios en el agua para consumo humano, provenientes principalmente de heces humanas o animales, se considera como un gran riesgo para la salud pública. Estos organismos son transmitidos a través del agua - asociados principalmente a un tratamiento y distribución inadecuados del suministro - permitiendo el desarrollo de brotes de diversas enfermedades infecciosas causadas por bacterias, virus y parásitos patógenos (p. ej. protozoos y helmintos), constituyendo el riesgo para la salud más común y extendido asociado al agua de consumo humano.

Existen distintos métodos para la detección de bacterias, virus, parásitos protozoarios y helmintos en el agua, los que se centran en la medición de una propiedad de los microorganismos. Los métodos basados en cultivos detectan organismos vivos, mientras que la microscopía, detección de ácidos nucleicos y los ensayos microbiológicos miden la presencia física de microorganismos o componentes de ellos, sin determinar si está vivo o es infeccioso.

Existen diversos organismos indicadores que permiten medir la contaminación fecal del agua, la eficacia de procesos como filtración o desinfección, la integridad y limpieza de los sistemas de distribución de agua, entre ellos: bacterias coliformes totales, *Escherichia coli*, coliformes termotolerantes, recuentos de heterótrofos en placa, enterococos intestinales, *Clostridium perfringens*, colifagos, bacteriófagos de *Bacteroides fragilis* y virus entéricos.

Beneficios

La medición de la presencia de microorganismos patógenos, puede utilizarse como indicador de la eficiencia del tratamiento y desinfección del agua. También se puede usar para evaluar la limpieza e integridad de los sistemas de distribución, así como la presencia de biopelículas.

El RHP detecta una gama más amplia de microorganismos y, generalmente, se considera un mejor indicador de la integridad y limpieza de los sistemas de distribución.

El grupo de los enterococos intestinales, puede utilizarse como indicador de contaminación fecal, ya que la mayoría de las especies no se multiplican en medios acuáticos. Este grupo presenta importantes ventajas: tienden a sobrevivir durante más tiempo que los coliformes termotolerantes en medios acuáticos y son más resistentes a la desecación y la cloración.

Monitoreo de aspectos microbiológicos en agua potable

Casos de Aplicación

El uso de estas metodologías para medición de microorganismos patógenos, es ampliamente utilizado a nivel mundial.

Condiciones técnicas de operación

Las condiciones técnicas de operación dependerán de los distintos instrumentos que se utilicen para realizar las mediciones

Información de contacto

3M. www.3m.com
YaliTech. www.yalitech.cl
Aguamarket. www.aguamarket.cl
Equipamiento Científico.
www.equipamientocientifico.com

Referencias y mayor información

Organización Mundial de la Salud – OMS. Guías para la calidad del agua de consumo humano. Capítulo 7, Aspectos microbiológicos. Disponible en URL:
https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq-4-cap7-spa.pdf?ua=1

Caudalímetros mecánicos para tuberías

Objetivo que aborda

Monitorear

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Cuenca

Descripción

Los caudalímetros mecánicos se instalan en sistemas de tuberías, generando una presión diferencial determinada, a través de un estrechamiento transversal parcial en el interior del medidor de caudal. La raíz cuadrada de esta presión diferencial es proporcional al caudal. Existen diversos elementos que permiten medir el caudal a través de este principio:

Turbinas. Los caudalímetros de turbina están provistos de una hélice que gira en contacto con el flujo de agua. La velocidad de giro de esta hélice, es proporcional al caudal. Para determinar el caudal se emplea un medidor de frecuencia o un contador electrónico que, cada vez que las aspas del rotor pasan a través de una bobina magnética, genera pulsos de voltaje. De esta forma, el número de vueltas del rotor es proporcional al flujo total y la frecuencia de revoluciones es proporcional al flujo.

Desplazamiento positivo. Su principio de funcionamiento consiste en la captura de volúmenes discretos de fluido, conducidos desde la entrada a la salida del caudalímetro siguiendo un camino fijo. Existen distintos caudalímetros que siguen este principio:

- ***De ruedas ovaladas.*** Estos caudalímetros usan dos ruedas dentadas ovaladas, las que se engranan entre sí en el interior de la cámara de medición. El número de revoluciones permiten conocer el volumen de fluido que pasa por el medidor.
- ***Disco nutante.*** Estos tienen forma de cono en la parte superior e inferior de la cámara de medición. Un cojinete de bolas centraliza el disco entre los dos conos. El movimiento nutante del disco se genera cuando el flujo entra en la cámara de medición. La separación completa entre los volúmenes de la cámara de entrada y de salida, se consigue mediante una línea de diámetro de disco exclusivo. Las piezas de entrada y de salida de la cámara de medición, están separadas por una placa de partición. La barra de posicionamiento obliga al disco a hacer la nutación alrededor del eje central de la cámara, accionando el imán de transmisión.

Beneficios

Estos instrumentos permiten conocer el volumen de agua que pasa por un cauce o canal para su mejor gestión.

Cada uno tiene ventajas comparativas, dependiendo de lo que se quiera medir.

El medidor de caudal de disco nutante, es la alternativa más económica entre los medidores de caudal para tubería.

El caudalímetro de turbina se puede utilizar en líquidos limpios o viscosos.

El caudalímetro de ruedas ovaladas tiene una alta precisión para caudales pequeños.

Caudalímetros mecánicos para tuberías

Casos de Aplicación

Los caudalímetros mencionados son ampliamente difundidos y comprados por distintas industrias.

Condiciones técnicas de operación

Los rangos de medición dependerán de los distintos instrumentos a utilizar.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto ambiental positivo indirecto. Mide consumo de agua o uso de líquidos en un proceso industrial.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo
Beneficios: Daño evitado por riesgo de inundación.
Costo: asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Mejor administración del recurso hídrico.
Conflicto: No se aprecian.

Información de contacto

Fieldata. http://www.fieldata.cl
Bopp-reuther. https://www.bopp-reuther.de/
Omega. https://cl.omega.com/
G Flow. www.g-flow.com

Referencias y mayor información

Ingeniería y Equipos S.A. (2018). Productos: Caudalímetros. Disponible en URL: http://www.ingesaglobal.com/index.php/es/productos/recambios

Bopp & Reuther Messtechnik. (s/a). Flow and volumen measuring. Disponible en URL: https://www.bopp-reuther.de/en/products/flow-and-volume-measuring-instruments/

G-Flow. (2019). Caudalímetros para equipos industriales. Disponible en URL: http://www.g-flow.com/caudalimetros

Emerson. (s/a). Acerca de los caudalímetros de turbina para líquidos. Disponible en URL: https://www.emerson.com/es-es/automation/measurement-instrumentation/flow-measurement/about-liquid-turbine-flow-meters

Rosetta Technology solutions. (s/a). Notas técnicas. Todo lo que necesita saber sobre los caudalímetros de turbina. Disponible en URL: http://rosetta-technology.com/es/aula-tecnica/notas-tecnicas/caudalimetro-turbina

Nº FICHA 39

Otros medidores de caudal volumétrico para tuberías

Objetivo que aborda: Monitorear

Sector de aplicación: Todos los sectores

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial, Cuenca

Descripción

Existen otros tipos de caudalímetros que funcionan con principios diferentes a los elementos primarios o los caudalímetros mecánicos. Dentro de ellos encontramos:

Torbellino y Vortex. Este medidor se basa en la determinación de la frecuencia del torbellino producido por una hélice estática, situada dentro de la tubería por la que pasa el fluido. La frecuencia del torbellino es proporcional a la velocidad del fluido. Los vórtices separados a ambos lados del cuerpo, generan alternativamente una presión local positiva o negativa, que el sensor capacitivo detecta, generando una señal de pulsos eléctricos que pueden ser amplificadas.

Electromagnéticos. Son óptimos para la medición de líquidos en aplicaciones de agua potable, aguas residuales o cualquier líquido que sea conductor de la corriente eléctrica. Su principio fundamental está basado en la ley de Faraday, que establece que en presencia de un campo electromagnético a lo ancho del perfil de flujo de un fluido, se obtendrá un voltaje que será proporcional a la velocidad del fluido. Si se conoce el voltaje y el diámetro del conducto, se puede obtener el caudal. Existen dos tipos de caudalímetros electromagnéticos:

- *Caudalímetros electromagnéticos de inserción.* Realizan la medición de la velocidad del caudal en un área concreta de la tubería, siendo una muestra representativa de toda la tubería.
- *Caudalímetros electromagnéticos en línea.* Realizan la medición de la velocidad media de toda la sección de la tubería donde están instalados.

Coriolis. Funcionan con un fluido que pasa por dos tubos metálicos, instalados simétricamente. Éstos son sometidos a vibraciones generadas por un oscilador ubicado en la parte inferior, donde los tubos vibran con una frecuencia propia. La vibración es medida por dos sensores, tanto en el lado de entrada como en la salida. Al fluir liquido o gases a través de los tubos, se produce un desfase que es medido por los sensores, en forma espacial y temporal. Este desfase es la cantidad de liquido o gas que fluye por medio de los tubos, donde el flujo pasante es proporcional a la intensidad de la vibración.

Rotámetro. Basa su operación en el principio de área variable o de cuerpo en suspensión. El flujo del fluido eleva el flotador existente en un tubo con forma cónica. El caudal de flujo es directamente proporcional a la altura del flotador.

Otros medidores de caudal volumétrico para tuberías

Beneficios

El caudalímetro electromagnético no genera pérdidas de carga, aplicables a procesos que fluyen por gravedad. Es útil en fluidos cercanos al punto de vaporización y permite la medición de caudales bidireccionales. Debido a que no cuenta con partes móviles, es confiable y de bajo mantenimiento.

El caudalímetro por torbellino y vórtex, permite ser usado en aguas contaminadas, así como en fluidos líquidos o gaseosos.

El caudalímetro por efecto Coriolis, permite la medición simultánea de densidad y temperatura, siendo adecuado para casos de viscosidad variable. Su uso puede ser en líquidos o gases, permitiendo la medición directa del caudal másico (no requiere compensación de presión y temperatura).

El rotámetro permite realizar la medición de caudal de forma directa, no requiere calibración y es de fácil uso y mantenimiento.

Casos de Aplicación

Estos caudalímetros son utilizados en todo el mundo para la medición de caudales en tuberías por distintos sectores productivos.

Condiciones técnicas de operación

Las características técnicas de los aparatos dependerán de cada modelo y medición.
El caudalímetro electromagnético presenta un costo relativamente alto y no permiten la medición de caudal en líquidos no conductivos.
Los caudalímetros electromagnéticos en línea son más precisos que los caudalímetros electromagnéticos de inserción.
El caudalímetro por torbellino y vórtex es afectado por fluidos abrasivos que puedan deformar el generador de torbellinos y no es recomendable para fluidos viscosos sucios.
El rotámetro debe ser instalado de forma vertical, de modo que el caudal sea ascendente.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto ambiental positivo indirecto. Monitoreo de uso y rendimiento en procesos industriales. Mide consumo de agua o uso de líquidos en un proceso industrial.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Daño evitado por riesgo de inundación.
Costo: asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) mejor administración del recurso hídrico.
Conflicto: No se aprecian.

Información de contacto

Endress+Hauser. www.cl.endress.com
Omega. cl.omega.com
Veto. www.veto.cl
PCE Ibérica. www.pce-iberica.es

Referencias y mayor información

Bejrens, H., Mahirhofer, J. et al., (1965). Algunas aplicaciones en Chile de los isótopos radioactivos en estudios hidrogeológicos. Revistas académicas Universidad de Chile. Disponible en URL: https://www.google.com/url?q=https://revistas.uchile.cl/index.php/AFCFM/article/download/37190/38756/&sa=D&source=hangouts&ust=1554837229736000&usg=AFQjCNHOEWFLucUnOSFmVaISZhtUTtUEsw

Chitiva, M., & Rueda, O. (2016). Análisis comparativo de tres métodos para la medición de caudales en canales abiertos. Bogota D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Disponible en URL: http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3367/1/RuedaUrue%C3%B1aOscarFernando2016.pdf

Galecio, E. (2007). Métodos de aforo para la estimación de la recarga de acuíferos. Memoria para optar al título de ingeniero civil, Universidad de Chile. Disponible en: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/galecio_j/sources/galecio_j.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 40

Monitoreo de flujo bajo elementos primarios

Objetivo que aborda: Monitorear

Sector de aplicación: Todos los sectores

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial, Cuenca

Descripción

Los elementos primarios de caudal son aquellos instrumentos que permiten medir el caudal mediante una variación de la presión, que se basa en el principio de Bernoulli. Estos instrumentos se instalan en sistemas de tuberías y generan una presión diferencial determinada, a través de un estrechamiento transversal parcial en el interior del medidor de caudal. La raíz cuadrada de esta presión diferencial es proporcional al caudal. Existen diversos elementos que permiten medir el caudal a través de este principio:

Placas de orificio. La placa de orificio consiste en un disco con un orificio concéntrico, excéntrico o segmentado, que se coloca perpendicular a la tubería, junto con dos tomas (antes y después de la placa), que permiten medir las variaciones de la presión cuando el fluido pasa por la placa.

Tramos calibrados. Consiste en una placa de orificio con bridas, que posee tramos calibrados de entrada y salida. El tramo calibrado se fabrica en una pieza, lo que permite conectar perfectamente todas sus piezas y evitar imprecisiones en la medición.

Tubos Venturi. Consiste en un tubo que cuenta con una entrada de boquilla cónica que acelera el medio, además de una salida que sirve como zona de difusión al ensancharse gradualmente, posibilitando una elevada recuperación de la presión.

Tubos de Pitot. Consiste en un tubo abierto en sus dos extremos y doblado en uno de ellos. El extremo que esta doblado es introducido al flujo contra una corriente, de forma que su eje central se encuentre en corriente, de forma que su eje central se encuentre en paralelo con respecto a la dirección del fluido. De esta forma, al chocar el flujo con el orificio del tubo, la enérgica cinética es transformada en presión por un manómetro colocado en el otro extremo del tubo.

Beneficios

Los elementos primarios de medición de caudal, son ampliamente utilizados por el sector industrial, dada su facilidad para la medición de líquidos en cañerías.

Estos instrumentos son de fácil uso y permiten obtener una mayor precisión en la medición.

El uso de placas de orificio puede ser más económicas que las otras opciones.

El tubo de Venturi es óptimo para mediciones de bajo caudal, siendo fáciles de manipular y con bajo mantenimiento.

El tubo de Pitot (multipunto), permite obtener una gran calidad en el perfil de velocidad y una gran exactitud en la medición.

Placa de orificio y tramo calibrado. Fuente: WIKA

Monitoreo de flujo bajo elementos primarios

Casos de Aplicación

Los instrumentos mencionados son ampliamente utilizados en todo el mundo.

Condiciones técnicas de operación

Los rangos de medición dependerán de los distintos instrumentos a utilizar.

Información de contacto

Termodinámica. www.termodinamica.cl
HACH. https://es.hach.com/
PCE Ibérica. www.pce-iberica.es
PCE Instruments. www.pce-instruments.com
WIKA. www.wika.cl
Veto www.veto.cl
Oz Perú www.oz-peru.com
Hanna instruments. www.hannachile.cl

Referencias y mayor información

Universidad Nacional de la Plata. Medidores de flujo. Disponible en URL: https://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/A0099/

Blog Instrumentación y Control. Elementos primarios de caudal – Placas de orificio. Disponible en URL: https://www.bloginstrumentacion.com/productos/caudal/elementos-primarios-de-caudal-placas-de-orifio/

WIKA. Elementos primarios de caudal. Disponible en URL: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/5126/BR_ProductReviewFL_es_es_58422.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 41

Método altura piezométrica para medición de caudales superficiales

Objetivo que aborda

Monitorear

Sector de aplicación

Industria | Agricultura | Minería | Agua Potable y saneamiento | Medio Ambiente

Tipo de solución

Tecnología

Escala

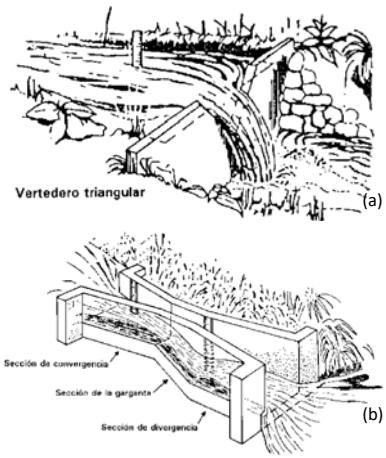
Proceso Industrial | Cuenca

Descripción

Para la medición de caudales de escorrentía en cauces abiertos (ríos, canales, lagos), se utilizan métodos indirectos, que miden otras variables físicas distintas al caudal, para aplicar luego distintos principios hidráulicos. Uno de los métodos más utilizados es el cálculo del caudal en función de la altura piezométrica. Para esto, existen distintos diseños estandarizados, los que permiten controlar las condiciones de escurrimiento para simplificar la determinación del caudal pasante. Estas secciones de control fuerzan al flujo a alcanzar una altura crítica de escurrimiento, mediante el angostamiento de la sección de escurrimiento, la elevación del fondo del canal, o una combinación de ambos. Las principales obras son:

Vertederos de aforo. Se denominan vertederos a las estructuras que se instalan en un canal y cambian el nivel de aguas arriba. En su mayoría, los vertederos están concebidos para presentar una descarga libre sobre la sección crítica, con el fin de que el caudal sea proporcional a la profundidad de la corriente. Existen dos tipos de vertederos que son comúnmente conocidos: Vertedero de pared aguda y vertedero de pared ancha.

Aforador o canaletas. Un aforador se basa en la determinación del caudal de un cauce, mediante la medición de su altura o nivel. Consta de una estructura que está constituida por una sección de convergencia con un piso nivelado, una garganta con un piso en pendiente hacia aguas abajo y una sección de divergencia con un piso en pendiente hacia aguas arriba. Dentro de esto, podemos encontrar aforadores como: Canal de aforo Parshall y aforador en H.



(a) Vertedero de aforo de pared aguda triangular. (b) Canaleta de aforo Parshall. Fuente: FAO (2007)

Método altura piezométrica para medición de caudales superficiales

Beneficios

Estas tecnologías pueden ser utilizadas en canales abiertos, flujos de ríos, salidas de alcantarillado, aguas residuales, vertidos de fábricas, etc. Son de fácil instalación y rápida medición. Accesibles por su bajo costo.

Condiciones técnicas de operación

La instalación de estos equipos de medición presenta varios requerimientos, ligados directamente con cada equipo en particular. En flujos abiertos, la altura piezométrica se debe medir en lugares donde la velocidad sea despreciable, lo cual se logra donde el agua escurre con flujo subcrítico o donde el agua se encuentra estancada.

Casos de Aplicación

Cada una de las metodologías presentadas, es ampliamente utilizada por distintos sectores productivos.

Impacto Ambiental

Canal de aforo Parshall
Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo
Impacto ambiental a nivel de sitio. Intervención del cauce con infraestructura. la modificación que se realiza para instalar estas canaletas es a nivel de sitio. Con bajo impacto en el cauce aguas abajo.

Vertedero de aforo
Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto ambiental a nivel de sitio. Intervención del cauce con infraestructura. La modificación que se realiza para instalar estas canaletas es a nivel de sitio, con bajo impacto en el cauce aguas abajo. Es una medición que entrega información de utilidad para establecer gestión sostenible de los regímenes hídricos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Daño evitado por riesgo de inundación.
Costo: asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) mejor administración del recurso hídrico.
Conflicto: No se aprecian

Información de contacto

FIBRA. https://www.fibra.cl/
ALCADE. https://www.alcade.cl/index

Referencias y mayor información

Galecio, E. (2007). Métodos de aforo para la estimación de la recarga de acuíferos. Memoria para optar al título de ingeniero civil, Universidad de Chile. Disponible en: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/galecio_j/sources/galecio_j.pdf

McPhee, J. (2013). Guías de aforos en canales abiertos y estimaciones de tasas de infiltración. CI5101 – HIDROLOGÍA. Facultad de ciencias físicas y matemáticas, Universidad de Chile. Disponible en URL: https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2013/2/CI5101/1/material_docente/bajar?id_material=817154

FAO. (2007). Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía. (Boletín de Suelos de la FAO - 68). Capítulo 4 - Caudal. Disponible en: http://www.fao.org/3/t0848s/t0848s06.htm

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 42

Método químico para medición de caudales

Objetivo que aborda: Monitorear

Sector de aplicación: Todos los sectores

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial, Cuenca

Descripción

Para la medición de caudales de escorrentía en cauces abiertos (ríos, canales, lagos), se utilizan métodos indirectos, que miden otras variables físicas distintas al caudal, para aplicar luego distintos principios hidráulicos y calcular el caudal. Uno de estos métodos se basa en el uso de trazadores, con la finalidad de determinar la variación de la concentración que tiene una solución al ser vertida en un cauce. Tiene como condición básica la mezcla completa en la sección de control. Para esto se requiere determinar 2 o más puntos de medición, con distancias conocidas, para medir el tiempo que tarda en mezclarse toda la solución. Existen distintos tipos de trazadores:

Sales. Esta técnica se basa en la medición de la conductividad eléctrica a través del cauce. La sal más utilizada corresponde al Cloruro de Sodio, debido a la facilidad de conseguirlo y su bajo costo.

Tinta colorante. Esta técnica se basa en la realización de un análisis colorimétrico, que mide la absorción de luz que existe en la muestra. Se utiliza principalmente como tinta el Dicromato de Sodio, que presenta un color anaranjado rojizo.

Tinta fluorescente. Esta técnica utiliza la fluorescencia de la solución y requiere de una tinta fluorescente y fluorímetros que capten el haz de luz. Es necesario hacer análisis de fluorimetría en los puntos de control. Los trazadores más utilizados son Fluoresceína, Pontancyl Rosado B, Rodamina B y Rodamina WT. Los dos últimos han sido declarados no tóxicos por la U.S. Food and Drug Administration.

Trazadores radiactivos. Esta técnica utiliza la radiactividad de los átomos presentes en la solución y su disminución en el flujo como indicador de velocidad, dirección flujo e infiltración en estudios hidrogeológicos. Como compuestos se utilizan trazadores salinos aniónicos, tales como: el I132 o Br82, los átomos CoS60 y Cr51 en forma de quelatos y versenatos, entre otros. Un trazador ideal, debe trasladarse a la misma velocidad que el agua, sin perdidas, sin cambiar sus características nucleares, sin ser interferidos por otros compuestos y sin que constituyan un riesgo para la salud de la población. Además de distintos tipos de trazadores, es importante considerar el tipo de vertido de la solución, que puede ser de inyección instantánea (verter instantáneamente la solución en el cauce, lo que genera una nube que viaja con el flujo) o inyección constante (se inyecta el trazador en el cauce a régimen constante, utilizando una bomba pequeña. Al inyectar la solución de trazador en el cauce, se produce una concentración de equilibrio, luego de dejar que la nube recorra la distancia necesaria para la mezcla completa.

Beneficios

El uso de trazadores es apropiado cuando la velocidad del flujo es muy grande o presenta mucha turbulencia. También para cauces de difícil acceso.

El uso correcto de este tipo de metodologías, puede presentar una exactitud mayor a otros métodos de aforo.

Método químico para medición de caudales

Casos de Aplicación

Los métodos de aforo químico, con sus distintos tipos de trazadores, son ampliamente utilizados a lo largo de todo el mundo y en distintos sectores productivos.

Condiciones técnicas de operación

- El uso de sales como trazador, se realiza principalmente con el método de inyección instantánea, ya que como inyección constante requiere de grandes cantidades de sal.
- El uso de Dicromato de Sodio como tinta colorante puede ser tóxica.
- Estas metodologías requieren de un experto entrenado para su uso.
- Se requiere de un aparato que permita medir la conductividad, colorimetría, fluorescencia o radiactividad según sea el caso.

Impacto Ambiental

Aforo químico con sales
Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Permite conocer los caudales en sistemas fluviales con mayores caudales donde otros métodos de aforo manual no funcionan. No se han descritos impactos negativos.

Aforo químico con Tintas fluorescentes
Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
Ciertos compuestos utilizados son tóxicos para el medio acuático y la salud de las personas. Sólo Rodamina B y Rodamina WT, han sido autorizados por la U.S. Food and Drug Administration. Sistemas que miden caudales en sistemas fluviales con mayores caudales donde otros métodos de aforo manual no funcionan.

Aforo químico con Radiactivos
Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
Impacto ambiental por potenciales efectos negativos. Sobre el medio acuático por liberación de radioisótopos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Daño evitado por riesgo de inundación.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Mejor administración del recurso hídrico.
Conflicto: No se aprecian.

Información de contacto

Trazado Nuclear
contacto@trazadonuclear.cl
http://www.trazadonuclear.cl

CaptaHydro
info@captahydro.com
www.captahydro.cl

Hanna Chile
www.hannachile.com

Referencias y mayor información

Bejrens, H., Mahirhofer, J. et al., (1965). Algunas aplicaciones en Chile de los isótopos radioactivos en estudios hidrogeológicos. Revistas académicas Universidad de Chile. Disponible en URL: https://www.google.com/url?q=https://revistas.uchile.cl/index.php/AFCFM/article/download/37190/38756/&sa=D&source=hangouts&ust=1554837229736000&usg=AFQjCNHOEWFLucUnOSFmVaISZhtUTtUEsw

Chitiva, M., & Rueda, O. (2016). Análisis comparativo de tres métodos para la medición de caudales en canales abiertos. Bogota D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Disponible en URL: http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3367/1/RuedaUrue%C3%B1aOscarFernando2016.pdf

Galecio, J. Métodos de aforo para la estimación de la recarga de acuíferos. Memoria para optar al título de ingeniero civil. 2007. Disponible en URL: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/galecio_j/sources/galecio_j.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 43

Método óptico para la medición de caudal en ríos o canales

Objetivo que aborda

Monitorear

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Cuenca

Descripción

Método no intrusivo, que permite medir el caudal en ríos y canales de irrigación, así como en aguas residuales. Para ello utiliza cámaras, que no entran en contacto con el fluido, cuyos datos obtenidos son transmitidos en línea.
Para su funcionamiento, se requiere la construcción de un perfil transversal de dos puntos de referencia, información que es ingresada a un software que establecerá el caudal utilizando la correlación de volumen, velocidad superficial y altura.
El sistema permite obtener el caudal en tiempo real, pudiendo obtener datos incluso en crecidas del caudal (inundaciones), generando alarmas de alerta temprana mediante correos electrónicos o SMS.

Beneficios

Permite calcular el caudal en tiempo real, sin restricción del tipo de cauce.

Permite medir las crecidas de caudal y hacer uso de un sistema de alerta temprana de eventos críticos. Por lo tanto, resiste los eventos de inundaciones.

Este método presenta bajos costos de operación y mantención, pudiendo ser operados con una batería de 12 V o pequeños paneles solares.

Casos de Aplicación

Se ha utilizado en ríos en Alemania y Luxemburgo, por la empresa SEBA Hydrometrie GmbH. Para ver esta los casos de aplicación se puede visitar www.seba-hydrometrie.com

Condiciones técnicas de operación

Se requiere la construcción de un perfil transversal con 2 puntos de referencia. Además, necesita instalar una cámara en una de las orillas del cauce y un sistema de telemetría para transmitir los datos en tiempo real.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
A nivel de manejo de la información y gestión de datos, automatización e información en línea. Apoya manejo institucional de alertas, asociadas a pulsos de inundaciones o condiciones de estrés hídrico.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficios: No se identifican beneficios sociales directos, si como externalidad.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología
Externalidades: (+) Mejor administración de los derechos de agua
Conflicto: Eventual rechazo por parte de los usuarios del agua al percibir el sistema como una pérdida de derechos.

Método óptico para la medición de caudal en ríos o canales

Costos referenciales

Los costos de inversión por cada estación son de aproximadamente 13.000 Euros.
Los costos de operación mensual corresponden a un plan de datos telefónicos o plan de datos satelital.

Información de contacto

Monitoreass
www.monitoreass.cl
Chile

Referencias y mayor información

MONITOREASS, productos y servicios de monitoreo de aguas. Disponible en URL: www.monitoreass.cl

DischargeKeeper. Seba Hydrometrie. Disponible en URL: https://fch.cl/wp-content/uploads/2018/04/Monitoreass_-Fernando-Aguirre.pdf

DischargeKeeper. Fuente: Seba Hydrometrie.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 44

Método área-velocidad para medición de caudales

Objetivo que aborda: Monitorear

Sector de aplicación: Todos los sectores

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial, Cuenca

Descripción

Para la medición de caudales de escorrentía en cauces abiertos (ríos, canales, lagos), se utilizan métodos indirectos, que miden otras variables físicas distintas al caudal, para aplicar luego distintos principios hidráulicos. Uno de los métodos más utilizados para calcular el caudal, es la medición del área – velocidad mediante el uso de la ecuación de continuidad.

Cálculo del área de escurrimiento. El uso del área de escurrimiento variará según el tamaño de la sección de aforo. Cuando las secciones de aforo son pequeñas, se hace uso del área completa de escurrimiento. Si la sección de aforo es grande, generalmente las mediciones de velocidad se realizan de forma discreta, dividiendo la sección de control en distintas subsecciones, obteniendo la velocidad y área en cada una de ellas. Los puntos de medición se determinan de forma que sean equidistantes unos de otros. Para poder estimar cada una de las áreas de las subsecciones, se debe determinar la profundidad del lecho en los distintos puntos de medición definidos, aunque es más recomendable realizar un perfil transversal del cauce.

Medición de la velocidad del flujo. Existen diversos métodos para medir la velocidad del cauce en una estación de aforo. Estas herramientas permiten la medición de la velocidad en un punto, sin embargo, a través de la aplicación de ciertas metodologías definidas, es posible obtener la velocidad media del flujo, midiendo en varios puntos en la zona de control. Los métodos más utilizados son:

- *Molinete*: funciona por el empuje dinámico del agua, que permite hacer girar una hélice que contiene un imán en una de sus aspas, la que guarda una distancia mínima frente al sensor. El número de giros se trasmite al sensor, estimando la velocidad de rotación, que es proporcional a la velocidad efectiva del fluido. Existen también molinetes electromagnéticos, que no cuentan con componentes móviles, ya que está encerrado en una capsula con forma hidrodinámica, permitiendo resistir de mejor manera la fuerza de la corriente.
- *Método ultrasónico:* se basa en medir la velocidad de la corriente de un cauce a una cierta profundidad (velocidad media), mediante la transmisión de ondas sonoras a través del agua, las que son medidas simultáneamente mediante transductores puestos en ambos lados del cauce. Existen dos caudalímetros con esta tecnología: por impulso (mide el tiempo de transito de la señal en el fluido) o por efecto Doppler (mide el cambio de frecuencia de las partículas en movimiento).
- *Tubo de Pitot:* Este sistema de medición consiste en un tubo abierto en sus dos extremos, con uno de ellos doblado. El extremo doblado es introducido al flujo contra la corriente, de forma que su eje central se encuentre en paralelo con respecto a la dirección del fluido. De esta forma, al chocar el flujo con el orificio del tubo, la energía cinética es transformada en presión por un manómetro colocado en el otro extremo del tubo.
- *Flotadores:* Un flotador puede ser cualquier cosa que flota, que sea visible en la superficie, por ejemplo: madera, botellas, fruta, etc. Este no es un método muy usado para la estimación del caudal, debido a la falta de exactitud en los resultados. Sin embargo, puede ser de mucha utilidad en caso de emergencias, cuando se necesitan estimaciones rápidas.

Beneficios

La medición de la velocidad del flujo y el área, permite estimar el caudal de un cauce de manera indirecta, pudiendo ser usado en distintos tipos de agua y en diferentes momentos.

El molinete tradicional destaca por su fácil uso y transporte.

El molinete electromagnético es más útil para medir pequeñas velocidades, siendo apropiado para ser usado en cauces contaminados o con diversa vegetación.

Los métodos ultrasónicos también son útiles para la medición de aguas residuales o con turbidez, permitiendo realizar mediciones a distintas profundidades, generando perfiles de flujo en 2D y 3D. También cuentan con una larga vida útil.

El tubo de Pitot es más eficiente con fluidos limpios.

El uso de flotadores permite realizar mediciones cuando no se cuentan con metodologías más confiables y para estimaciones rápidas.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
La información mejora el conocimiento sobre sistemas acuáticos, caudales, y permite mejorar el manejo. Los impactos negativos pueden estar dados por la pérdida de los equipos de medición en el cauce.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Daño evitado por riesgo de inundación.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Mejor conocimiento del funcionamiento del caudal, y aprovechamiento del recurso hídrico. El tubo de Pitot permite disminuir costos de producción.
Conflicto: No se aprecian

Condiciones técnicas de operación

Cada método tiene consideraciones, como:

- Para hacer un uso adecuado del molinete, se necesita un punto de apoyo físico, ya sea infraestructura o un operador.
- El uso del flotador puede incurrir en errores al estimar la velocidad del flujo, ya que mide la velocidad superficial en el cauce, en la línea de corriente respectiva. Debido a esto, será necesario utilizar un factor k que transforme esta velocidad en una velocidad media, según el perfil vertical de velocidades.
- El tubo de Pitot genera algunos errores comunes debido a: 1) la posición angulada del tubo con respecto a la dirección del flujo; 2) perturbaciones del escurrimiento en el punto de medición; 3) presencia de burbujas de aire en el instrumento, entre otros.

El cálculo de la velocidad media está en estricta relación con el instrumento utilizado. Algunos permiten obtener un valor de la velocidad media a partir del perfil de velocidades medido; otros, como los flotadores, permiten estimarla a partir de coeficientes empíricos. Los molinetes y tubos de Pitot, obligan a hacer una serie de mediciones en la columna vertical para cada subsección definida, siendo necesario seguir ciertas metodologías definidas.

Información de contacto

Aguamarket. https://www.aguamarket.com/
WIKA Chile. https://www.wika.cl/
OMEGA. https://cl.omega.com/
INDUCIEN Instruments S.A. http://www.inducien.cl/
PCE Instruments. https://www.pce-instruments.com/chile/

Referencias y mayor información

Galecio, J. (2007). Métodos de aforo para la estimación de la recarga de acuíferos. Memoria para optar al título de ingeniero civil. Disponible en URL: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/galecio_j/sources/galecio_j.pdf

FAO. (1997). Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía. (Boletín de Suelos de la FAO - 68). Capítulo 4 - Caudal. Disponible en URL: http://www.fao.org/3/t0848s/t0848s06.htm

McPhee, J. (2013). Guías de aforos en canales abiertos y estimaciones de tasas de infiltración. CI5101 – HIDROLOGÍA. Facultad de ciencias físicas y matemáticas, Universidad de Chile. Disponible en URL: https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2013/2/CI5101/1/material_docente/bajar?id_material=817154

OMEGA. Caudalímetro ultrasónico. Disponible en URL: https://es.omega.com/prodinfo/caudalimetro-ultrasonico.html

QuimiNet.com. Los medidores de caudal volumétrico. Disponible en URL: https://www.quiminet.com/articulos/los-medidores-de-caudal-volumetrico-16230.htm

El ABC de la automatización. Sensores de flujo, principios de medición. Disponible en URL: http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/sensores-de-flujo.pdf

WIKA. Tubo de Pitot. Disponible en URL: https://www.wika.cl/flc_apt_e_flc_apt_f_es_es.WIKA

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 45

Sensor de nivel mediante tecnología radar

Objetivo que aborda

Monitorear

Sector de aplicación

Industria

Agricultura

Minería

Agua Potable y saneamiento

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Sensor para medir el nivel de aguas en depósitos, sin necesidad de contacto directo, dado que utiliza un radar. Esta tecnología es un sistema que, mediante el uso de ondas electromagnéticas, mide distancias, altitudes, direcciones y velocidades de objetos móviles o estáticos. Su funcionamiento se basa en la emisión de un impulso de radio, que se refleja en la superficie del objetivo y permite determinar su distancia.

Existen distintos sensores que miden con distintas frecuencias. Para poder medir el nivel de forma fiable en un depósito, la señal de reflexión del producto debe distinguirse claramente de los ecos falsos.

Beneficios

Esta tecnología permite medir el nivel en aguas que cuentan con una gran cantidad de plantas, o bien, donde abundan los sólidos suspendidos.

Fácil instalación en sistemas ya existentes sin necesidad de modificaciones.

Es aplicable para medición de zonas amenazadas por crecidas de caudales.

Fuente: Meditecna

Sensor de nivel mediante tecnología radar

Condiciones técnicas de operación

Deben instalarse en la parte superior del depósito o elemento que se requiera medir. No puede tener contacto directo con el agua o fluido que este midiendo.
El uso de sensores con frecuencias muy bajas, puede incurrir en errores de medición.
Son susceptibles a ser robados por sus elevados costos.

Casos de Aplicación

Es ampliamente utilizado en el mundo, principalmente en países como China, Grecia, República Checa, etc. En Reino Unido se ha instalado para el monitoreo del nivel de marea.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto ambiental positivo indirecto. No hay evidencia de impactos a medio ambiente, flora o fauna de entorno directo.

Información de contacto

INDUCIEN, Chile, http://www.inducien.cl
Jorge C. Landon R., jlandon@inducien.cl

Endress + Hauser, Chile
https://www.cl.endress.com/es

Referencias y mayor información

VEGA. El sensor radar para la medición de nivel en líquidos: VEGAPULS 64. Disponible en URL: http://meditecna.com/wp-content/uploads/2016/08/Handout_VEGAPULS-64_ES.pdf

OTT HydroMet. OTT RLS. Disponible en URL: https://www.ott.com/es-la/productos/nivel-de-agua-86/ott-rls-290/

Endress + Hauser. Medición de nivel radar. Disponible en URL: https://www.cl.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/medicion-de-nivel-radar-sin-contacto

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 46

Sondas de calidad para aguas subterráneas

Objetivo que aborda: Monitorear

Sector de aplicación: Todos los sectores

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial, Cuenca

Descripción

Una sonda es un instrumento compuesto por una larga cuerda y un peso en uno de sus extremos, que permite ser introducida en la profundidad de las aguas.
Estas sondas son introducidas en los pozos o piezómetros y, una vez se encuentran en contacto con el agua, miden a través de diferentes sensores los parámetros físicos, químicos y biológicos, tales como: temperatura, conductividad, pH/ORP, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto, turbidez, profundidad, clorofila A, algas verde-azuladas/Cianobacterias, Rodamina, entre otros.

Varios modelos de sondas permiten enviar la información en forma remota, vía SMS, FTP, HTTP o por e-mail.

Beneficios

Puede transmitir la información a distancia y online.

Permite conocer distintas características físico químicas del agua e identificar tendencias en el corto y largo plazo de las distintas variables hídricas, tales como: nivel del agua, intrusión de agua salada, variaciones estacionales, recarga de acuíferos, etc.

El sensor de rodamina permite realizar estudios con tintes trazadores, con el fin de determinar la dirección del flujo del agua.

Casos de Aplicación

Los instrumentos mencionados son ampliamente utilizados en todo el mundo.

Condiciones técnicas de operación

La precisión, autonomía, profundidad permitida para la medición y rangos de medición de los distintos parámetros, dependerán de cada sonda.

Ecolog 50 para medición de calidad. Fuente: OTT

Sondas de calidad para aguas subterráneas

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio. Impacto ambiental positivo indirecto. Mejora la información, reduce costos de monitoreo, datos en forma continua, permite mejorar gestión sobre los recursos hídricos y ecosistemas

Información de contacto

Wika. www.wika.cl
Instruments S.A. http://www.inducien.cl
Chile

Referencias y mayor información

GWE Pesa engineering. (s/a). Sondas de nivel portátiles. Para medición manual de niveles en pozos y aguas subterráneas. Disponible en URL: http://www.pesawellengineering.es/files/pdf/Sondas_nivel.pdf

Ministerio del Medio Ambiente Perú. (2016). Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados: Muestreo de aguas subterráneas. Disponible en URL: http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/MANUAL-DE-BUENAS-PR%C3%81CTICAS_agua-subterr%C3%A1nea.pdf

OTT Hidromet. (2019). Agua subterránea. Disponible en URL: https://www.ott.com/es-es/aplicaciones/agua-subterranea-38/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 47

Pozómetros para medir el nivel de las aguas subterráneas

Objetivo que aborda: Monitorear

Sector de aplicación: Todos los sectores

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial, Cuenca

Descripción

El pozómetro es un instrumento que permite medir el nivel de las aguas subterráneas de forma rápida y precisa. Se compone de un cable milimetrado (de extensión variable), que en su extremo lleva una sonda con un electrodo que, una vez que alcanza el agua, transmite una señal hasta el carrete, accionando una alarma acústica y/o luminosa que advierte sobre la presencia de líquido. Existen también pozómetros que traen incorporados sensores de fondo, los que se activan al tocar terreno firme.

Beneficios

Permite medir el nivel de aguas subterráneas, tanto en tubos de nivel o en pozos.
Entrega los datos in situ y es de fácil operación.

Casos de Aplicación

El pozómetro es un instrumento muy utilizado para evaluar en terreno la condiciones de los acuíferos en cuanto al nivel de agua, por ejemplo utilizado en el Catastro de usos y usuarios del agua de Copiapó, Sector La Puerta y Angostura (MOP, 2015). El control de las extracciones es obligatorio para los titulares de derechos de aguas subterránea por Normas y Procedimientos de Control de Extracciones de Aguas Subterráneas, Año 2017 de la Dirección General de Aguas (Resolución DGA 2129/2016).

Condiciones técnicas de operación

La profundidad que se pueda medir dependerá del equipo a utilizar.

- La sonda del pozómetro debe ser bajada lentamente y con cuidado para encontrar momento exacto en que llega al agua ya que emitirá un sonido.
- La exactitud de la lectura dependerá de la posición de la sonda cuando inicia el sonido, y según el equipo. Es probable que deba repetir las pruebas para una mejor exactitud.
- La batería tiene una capacidad limitada, por lo que el equipo debe apagarse inmediatamente después de haber sido utlizado.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Impacto ambiental positivo indirecto. Permite tener datos con precisión, mejor información, aumenta las oportunidades para mejorar la gestión de los sistemas hídricos.

Pozómetros para medir el nivel de las aguas subterráneas

Información de contacto

Inducien instrument S.A.
http://www.inducien.cl/
Chile

SIMTECH
www.simtech.cl
Chile

GEOEQUIPOS
www.geoequipos.cl
Chile

VETO
https://www.veto.cl´
Chile

Pozómetro. Fuente: SIMTECH

Referencias y mayor información

Hydromet OTT. Pozometro serie KL 010. Disponible en URL: https://www.ott.com/es-es/productos/nivel-de-agua-86/pozometro-serie-kl-010-333/

SONDAGUA. (16 marzo 2018). ¿Cómo comprar un pozómetro ideal para lo que necesito?. Disponible en URL: http://www.sondagua.cl/blog/comprar-pozometro-ideal-lo-necesito/
http://www.pesawellengineering.es/files/pdf/Sondas_nivel.pdf

Ministerio de Obras Publicas. 2015. Catastro de usos y usuarios del agua de Copiapó, Sector La Puerta y Angostura. Disponible en URL: http://www.dga.cl/estudiospublicaciones/Series%20documentales/Informe%20Final%20Catastro%20Copiapo.pdf

Pozómetro. Fuente: Inducien.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 48

Mapeo de redes subterráneas con tecnología electromagnética

Objetivo que aborda: Monitorear

Sector de aplicación: Industria, Agricultura, Minería, Agua Potable y saneamiento

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial, Cuenca

Descripción

Tecnología que permite, a través del uso de diversas tecnologías y técnicas de rastreo electromagnéticas, localizar tuberías, cables, túneles, obstáculos u otros elementos ubicados en el subsuelo. La información obtenida es procesada y georreferenciada en planos que muestran las redes existentes en la zona de estudio.

Beneficios

Esta tecnología permite detectar o ubicar objetos ubicados en el subsuelo, evitando romper losas, pavimentos u otras estructuras bajo las cuales se desea hacer el estudio. Los resultados obtenidos permiten actualizar de forma significativa los registros desactualizados.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Mejora manejo de información asociada a la red urbana de agua, información digitalizada que apoya la gestión de infraestructura.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Conocimiento acabado del sistema de almacenaje y distribución de agua.
Costo: asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Mejor gestión de conflictos hídricos.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones técnicas de operación

El rendimiento de cobertura por día es de 1 a 3 km de longitud hasta 500 m de ancho.

Casos de Aplicación

Es utilizado ampliamente en Chile y el mundo, principalmente por el rubro de la gran minería, empresas de servicio, sistema judicial y policía de investigaciones.
Ara-Optima.
Addis Abeba, Etiopía, para el Banco Mundial.

Información de contacto

SINETYR-LA.
http://www.sinetyr-la.cl/
Benno Schuler ;benno.schuler@sinetyr-la.cl
+56 9 8158 0823
PROCIMEC Ingeniería
https://procimecingenieria.com/

Referencias y mayor información

Mapeo Subterráneo. PROCIMEC. Disponible en URL: http://www.procimecingenieria.com/download/brochure_1_esp.pdf

GeoRed. Disponible en URL: https://www.georedchile.cl/prospeccion-subterranea-con-ground-penetrating-radar.php

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 49

Análisis del estado ecológico de cuerpos de agua

Objetivo que aborda

Monitorear | Gestionar | Conservar

Sector de aplicación

Medio Ambiente

Tipo de solución

Gestión

Escala

Cuenca

Descripción

La evaluación de la calidad, estructura y funcionalidad de un cuerpo o curso de agua, es una herramienta importante para diagnosticar el estado ecológico del mismo. El estado ecológico, entendido por la "salud" de un sistema hídrico (estructura y función), otorga información sobre problemas que puedan estar afectando el adecuado funcionamiento interno de un ecosistema, así como su rol con otros ecosistemas. Al hablar de cuerpos de agua, se habla de ríos, lagos, lagunas, esteros, acuíferos, humedales, bofedales y zonas ripirianas aledañas, las que cumplen una función fundamental en los ecosistemas acuáticos. El análisis de estos aspectos se basa en indicadores o "señales" que responden a atributos de lo que se entiende por "salud" del sistema. Estos atributos y los indicadores seleccionados dependen del contexto y lo que se quiere estudiar, por lo que pueden ser muy variados, desde presencia de coliformes, turbidez, número de especies, caudal en verano, presencia de flora invasiva, etc. Además de indicadores puntuales, existen muchas metodologías que no solo recomiendan sus propios indicadores, si no también que apuntan a su integración para obtener un valor (promedio, ponderación, etc.), con información agregada del estado de salud de los ecosistemas acuáticos.
La aplicación y medición de algunos de éstos indicadores puede requerir equipo especializado y conocimiento previo sobre la ecología de los sistemas acuáticos. Sin embargo, muchas de las técnicas pueden ser transferidas, siendo aprendidas y replicadas por personas sin conocimiento científico, para hacer un monitoreo de sus fuentes de agua.

Beneficios

La aplicación de métodos de medición de atributos o indicadores, permite obtener una rápida foto o diagnóstico del estado de salud de un cuerpo de agua.

Ayuda a los tomadores de decisión a implementar medidas de prevención, mitigación o normativas, para minimizar los impactos previamente identificados.

Los indicadores pueden ser muy simples o muy complejos, lo que permite ajustar los métodos acorde al nivel de información disponible.

La información espacial también sirve para generar estos indicadores (extensión, presencia de algas, presencia de poblaciones, etc.), lo que permite identificar zonas que deben tener mayor atención o planes de manejo específicos.

En los casos que no se cuentan con estudios profundos y detallados de un sistema, este tipo de metodologías ayudan a una primera aproximación a los problemas de un sistema acuático.

Casos de Aplicación

Esta es un área muy desarrollada a nivel académico y a nivel de organizaciones gubernamentales, con diversos métodos y paquetes informáticos de uso público.

Evaluación Ecológica Rápida (REA), EEUU. Es un método muy conocido, desarrollado por la Administración Nacional de Océanos y Atmósferas de los Estados Unidos (NOAA). Se usa para recopilar datos de componentes biológicos de importancia ecológica, en un hábitat de arrecife a pequeñas escalas espaciales.

Índice IZRI, Chile. Un grupo de investigadores del centro EcoHyd y la Universidad de Santiago de Chile, desarrolló una adaptación regional de varios índices internacionales para evaluar el estado ecológico de zonas riparianas. Este índice toma en consideración aspectos como la abundancia y diversidad de vegetación, la calidad del cauce, la conectividad longitudinal y transversal del cauce, la calidad del sistema en términos de sedimentos, caudal y llanura de inundación. De esta manera, el índice IZRI analiza la naturalidad y funcionalidad del cauce, comparado a un estado inicial teóricamente prístino. Este índice que fue financiado por la Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente, Región Metropolitana de Santiago, fue probado en la cuenca del Maipo el año 2010.

Metodología EMA, Chile. Es un sistema de monitoreo para determinar el estado de salud de los humedales, creada por Fundación Chile, con apoyo del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) en el año 2009. Esta basada en la metodología aplicada por la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (USEPA). Permite evaluar el estado de salud de los humedales e instaurar un sistema de monitoreo costo/efectivo en extensas áreas, a través del uso de imágenes satelitales . Para realizar la evaluación en terreno y determinar la condición del sistema, se utilizan atributos físicos, hidrológicos, bióticos y de paisaje. La evaluación permite enfocar esfuerzos de restauración en zonas críticas y evaluar las medidas implementadas en el tiempo. Al 2014 se aplicó la metodología en 10 humedales de Chile y 2 de Panamá.

Información de contacto

Claudia Galleguillos C.
Líder Estrategias Hídricas
Fundación Chile

Alejandra Arochas L.
Consultora Ambiental independiente
Chile

Referencias y mayor información

NOAA. Rapid Ecological Assessments (REAs). (s/a)Disponible en URL: https://www.pifsc.noaa.gov/cred/reas.php

CONAMA-EcoHyd. (2010). Estudio para la identificación de zonas riparianas relevantes en la cuenca hidrográfica del Maipo. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50117_SegundaParteEstudio.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 50

Estimación de la recarga del acuífero-método WetSpass

Objetivo que aborda: Monitorear

Sector de aplicación: Medio Ambiente

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Cuenca

Descripción

El proceso de infiltración de la lluvia depende de varios factores relacionados con el clima y condiciones hidrológicas, uso del suelo y características hidrogeológicas. Estos factores varían en escalas espaciales y temporales. Ésta metodología ayuda a evaluar la recarga de agua subterránea, localizar las zonas favorables de recarga natural y ayudar a los administradores de agua a seleccionar áreas de posible recarga artificial, después de los cambios globales que puede sufrir los territorios. WetSpass calcula la evapotranspiración, escorrentía y recarga. Estima los componentes del balance de agua en función de diferentes factores, tales como: la pendiente, tipo de suelo, vegetación, profundidad de las aguas subterráneas y parámetros hidrometeorológicos (Batelaan y De Smedt, 2007). La información anterior, puede representarse espacialmente como raster utilizando una plataforma GIS. Dependiendo del tamaño de la discretización de la trama, un pixel puede representar áreas con vegetación, suelo desprovisto de vegetación, agua, suelos impermeables, entre otros, pudiendo también darse una mezcla de ellos. En este último caso, los distintos componentes del balance hídrico pueden ser ponderados según la proporción del tipo superficial del pixel de la trama. Esta trama puede ser procesada a través del software WetSpass, para obtener la recarga estimada de acuíferos y espacialmente distribuida (Batelaan y De Smedt, 2007).

Beneficios

Esta metodología permite una estimación de la recarga de los acuíferos.

Permite la identificación de las zonas naturales de recarga y una evaluación de las zonas pérdida en el tiempo, utilizando fotografías satelitales.

Instrumento de bajo costo de aplicación en áreas extensas de territorio, lo que permitiría la conservación de las zonas naturales de recarga de acuíferos que aún no han sido intervenidas, o bien, recuperar las que se han perdido en el tiempo.

Estimación de la recarga del acuífero-método WetSpass

Condiciones técnicas de operación

Se requiere de expertos con un amplio conocimiento del software para su aplicación.

Casos de Aplicación

Aplicado en varios países con zonas áridas, tales como: acuífero de Huaura en Perú, Franja de Gaza en Palestina, cuenca de Jafr en Jordania, acuífero de Sidi Marzoug-Sbiba, Pisoes en Portugal, Grote-Nete, Bélgica, entre otros.

Información de contacto

Luis Riveiro
Instituto Superior de Lisboa
Lisboa

Referencias y mayor información

Aish, A.M., Batelaan, O. y De Smedt, F. (2010). Distributed recharged estimation for groundwater modeling using WetSpass model, case study - Gaza Strip, Palestine. The Arabian Journal for Science and Engineering B – Engineering, 35, 155-163. Disponible en URL: https://limo.libis.be/primo-explore/fulldisplay?docid=LIRIAS1929716&context=L&vid=Lirias&search_scope=Lirias&tab=default_tab&lang=en_US&fromSitemap=1

AL KUISI, M. y EL-NAQA, A. (2013) Estimación espacial de recarga de agua subterránea basada en SIG en la cuenca de Jafr, Jordania: Aplicación de modelos WetSpass a regiones áridas. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 30(1), 96-109. Disponible en URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1026-87742013000100006&lng=es&nrm=iso

Batelaan, O. y De Smedt, F. (2007). Effects of climate change on the groundwater system in the Grote-Nete catchment, Belgium. *Hydrogeology Journal,* 15, 891–901. DOI: 10.1007/s10040-006-0145-x. Disponible en URL: https://www.vub.ac.be/WetSpa/publications/Effects%20on%20climate%20change.pdf

CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE NUESTROS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

- Restauración
- Conservación
- Recarga e infiltración de acuíferos

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 51

Recuperación y conservación de humedales naturales

Objetivo que aborda

Conservar

Sector de aplicación

Medio Ambiente

Tipo de solución

Tecnología

Infraestructura Verde

Escala

Cuenca

Descripción

La medida consiste en un proceso de renovación de humedales que se han agotado o perdido como resultado de actividades humanas o cambios en el ecosistema. Aunque lo ideal es prevenir la pérdida de humedales a través de la eliminación de las presiones que impulsan la pérdida y degradación, los humedales que han sido drenados y convertidos a otros usos a menudo conservan las características del suelo e hidráulica y, por lo tanto, pueden recuperarse.

El método más completo para la recuperación de ecosistemas es la restauración ecológica, que incluye la reclamación, la rehabilitación, la mitigación, la ingeniería ecológica y varios tipos de manejo de recursos tipo fauna silvestre, peces y hábitats. La restauración ecológica es el proceso de asistencia para la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido.

La Sociedad de Restauración Ecológica (2004) indica que un ecosistema se ha recuperado y restaurado cuando contiene suficientes recursos bióticos y abióticos como para continuar su desarrollo sin ayuda o subsidio adicional. La recuperación de estos ecosistemas puede requerir intervenciones de restauración que pueden variar mucho dependiendo del nivel de perturbación. A través de técnicas como descontaminación de aguas, recarga de napas, revegetación, agroforestería, eliminación de especies exóticas, remoción de infraestructura, reintroducción de biodiversidad y otros, la restauración ecológica busca iniciar o facilitar la reanudación de estos procesos, los cuales retornarán el ecosistema a la trayectoria deseada.

Una vez recuperados, rehabilitados o restaurados, el objetivo de esta medida es conservar los humedales para que no sean afectados nuevamente. En este caso, conservación del patrimonio ambiental se entiende como *"El uso y aprovechamiento racional o la reparación, en su caso, de los componentes del medio ambiente, especialmente aquellos propios del país que sean únicos, escasos o representativos, con el objeto de asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración."* (Ley 19.300, Art. 2).

Beneficios

La rehabilitación de humedales puede recuperar el funcionamiento de los ecosistemas y ofrecer hábitats sostenibles, un aprovechamiento económico y beneficios sociales, como actividades educativas, mejoras en la calidad del agua, provisión de hábitats para la vida silvestre y actividades recreativas.

Los humedales pueden proporcionar un apoyo o incluso reemplazar a los sistemas tradicionales de tratamiento de agua, suministro de agua, mitigación de la sequía y control de inundaciones. A menudo, los servicios de regulación proporcionados por los humedales son competitivos (y más sostenibles) a los proporcionados por soluciones de infraestructura convencionales, al tiempo que proporciona una amplia gama de beneficios económicos y sociales.

Los humedales contribuyen a la calidad del agua a través de su capacidad natural de filtrar efluentes y absorber contaminantes. Los humedales pueden disminuir la velocidad de las aguas de inundación, minimizando el daño potencial de inundación río abajo, evitando así el potencial daño a infraestructura y vidas humanas. En períodos de lluvia, pueden funcionar como sitios de almacenamiento de agua, proporcionando el recurso a través de la liberación lenta en épocas de sequía.

Recuperación y conservación de humedales naturales

Además, corresponden a ecosistemas que mantienen y conservan biodiversidad como por ejemplo, zonas de nidificación y paso de aves. La restauración de los humedales y los hábitats cercanos a la costa permiten proporcionar alimentos (peces e invertebrados), hábitat para aves, reptiles y mamíferos, retención de carbono y protección del clima. También contribuye a aumentar la resiliencia socioeconómica entre las comunidades costeras.

Condiciones técnicas de operación

La posibilidad de recuperar un humedal dependerá del estado de degradación del mismo. Igualmente, dependiendo del tipo de contaminante presente en el humedal, será necesario un análisis de tratamiento y eliminación de los lodos contaminados.

Al considerar las oportunidades de restauración de humedales, se necesita una base de pruebas adecuada y un conocimiento tal de los servicios que entrega un humedal, para demostrar y difundir el conjunto completo de beneficios y su importancia para todos los sectores, evitando priorizar un beneficio por sobre otros.

Todo proyecto de rehabilitación o restauración ecológica requiere de un estudio completo y detallado del estado de afectación del ecosistema y de las fuentes de impacto para planificar las acciones necesarias para movilizar el ecosistema del estado degradado al estado "original". Una de las mayores dificultades de la restauración es la necesidad de contar con un ecosistema de comparación que puede ser un ecosistema natural no alterado. En la mayoría de los casos, no es posible encontrar un ecosistema prístino sin intervención humana. Los tiempos de intervención que tienen algunos ecosistemas dificultan la tarea de saber cómo eran sin intervención, para lo cual se suele recurrir a lugares similares.

Además, siempre se recomienda realizar la rehabilitación de humedales plantando vegetación nativa correspondiente al sector donde se ubica el humedal ya que éstas se encuentran adaptadas a las condiciones edafoclimáticas del área y no provocarían un cambio en el equilibrio natural del ecosistema.

Es necesario también, que luego o bien, durante la rehabilitación se involucre a la comunidad aledaña a estos humedales con el fin de desarrollar un sentido de pertenencia al lugar y así, de alguna forma desarrollar un compromiso de conservación y cuidado al ecosistema.

La medida requiere de un equipo científico y técnico especializado y con experiencia.

Casos de Aplicación

- A nivel mundial existen diversas iniciativas para la restauración de humedales, por ejemplo, en nuestro territorio la Fundación Kennedy realiza este tipo de proyectos para la conservación de humedales.
- Otro caso, es la recuperación del humedal Angachilla que se encuentra ubicado en el límite sur del área urbana de Valdivia. La comunidad Villa Claro de Luna, trabajando en distintas medidas desde el 2007, lograron transformar este basural clandestino en un área verde urbana.
- A nivel internacional existen muchos ejemplos de humedales que han sido rehabilitados o restaurados. En Vietnam y Filipinas se practica la restauración de manglares desde hace más de 20 años, a través de la revegetación con especies de manglar, como la *Rhizophora stylosa*, *Kandelia candel* y *Sonneratia caseolaris*.
- En España, a través del Programa LIFE, la Unión Europea co-financió el proyecto de la Fundación Global Nature para la restauración de los humedales de Villacañas, un grupo de tres lagunas estacionales: Laguna Larga (107 ha), laguna de Tirez (98 ha) y Laguna de Peña Hueca (126 ha). La recuperación de la zona implicó un fuerte trabajo con los agricultores para realizar prácticas agrícolas menos impactantes en el ecosistema, como control del uso de agroquímicos, integración forestería y ganadería, lucha contra la erosión y otros.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto

Se recuperan procesos ecológicos, hábitat de especies y servicios ecosistémicos.

Recuperación y conservación de humedales naturales

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Evita daño al disminuir el riesgo de inundación.
Costo: costos asociados a la inversión en la conservación y rehabilitación.
Externalidades: (+) Preservación de la flora y fauna. (+) Disminuye las pérdidas de aguas lluvias al ser acumuladas.
Conflicto: Aparición de nueva fauna puede generar rechazo en la comunidad local por los eventuales daños que provoca la deposición de las aves.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación
Son iniciativas que pudieran requerir de autorización ambiental a través del SEIA o formar parte de una RCA, en especial si corresponden a áreas con algún tipo de protección ambiental. Asimismo, pueden integrar planes de abandono. Tratándose de bienes nacionales se requiere de la asignación de recursos públicos. Existen limitaciones legales y de financiamiento asociadas a la ausencia de una legislación que aborde la recuperación de pasivos ambientales históricos. En los casos en que se hubieran resuelto los problemas señalados, la solución se podría aplicar en el corto plazo.

Costos referenciales

De acuerdo a un análisis de varios proyectos, la restauración de un humedal puede estar en:
Humedal interior 232.700 USD/ha
Humedal costero 232.700 USD/ha
(Fuente: Strassburg y Latawiec, 2014)

Información de contacto

Red Chilena de Restauración Ecológica
http://www.restauremoschile.cl/
Chile

Restauración del flujo en humedal Halstead, Sequoia and Kings Canyon National Parks, California.
Fuente: National Park Service, EEUU.
(https://www.nps.gov/subjects/wetlands/restoring-wetlands.htm)

Referencias y mayor información

Sociedad de Restauración Ecológica - SER. (2004). Principios de SER sobre la restauración ecológica. Disponible en URL: https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf

Ministerio de Medio Ambiente. (2014). Nota informativa: Los beneficios de la restauración de humedales. Convención Ramsar. Disponible en URL: https://humedaleschile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/10/beneficios.pdf

Hammerl Resch, M., Gattenlôhner, U., & Jantschke, S. (2004). Restauración de Humedales – Manejo sostenible de Humedales y Lagos Someros . Disponible en URL:http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=LIVING_LAKES_manual_ES.pdf

Strassburg, B., Latawiec, A. (2014). The economics of restoration: costs, benefits, scale and spatial aspects. International Insitute for Sustainability. Presentación en Convention on Biological Diversity Meeting. Linhares, Brasil. Disponible en URL: https://www.cbd.int/doc/meetings/ecr/cbwecr-sa-01/other/cbwecr-sa-01-iis-en.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 52

Recuperación y conservación de estuarios

Objetivo que aborda

Conservar

Sector de aplicación

Medio Ambiente

Tipo de solución

Tecnología

Infraestructura Verde

Escala

Cuenca

Descripción

Los estuarios son cuerpos de agua parcialmente encerrados que se forman cuando las aguas dulces provenientes de ríos y quebradas fluyen hacia el océano y se mezclan con el agua salada, por lo que se encuentran influenciados por procesos fluviales y marinos dinámicos. Constituyen sistemas frágiles y complejos donde ocurre una interacción dinámica entre variables físicas, químicas y biológicas, siendo relevante su conservación o rehabilitación debido a que se encuentran, por ejemplo entre las aguas biológicamente más productivas del mundo.

La presión que ejercen las ciudades costeras sobre las desembocaduras es cada vez mayor, originando problemas de subsidencia, inundaciones y aumento de riesgos frente al cambio climático. Las zonas costeras sufren también el impacto del mal manejo de las cuencas hidrográficas, que arrastran sedimentos, residuos y aguas contaminadas, alterando los ecosistemas, lo que también conlleva efectos sobre las poblaciones humanas.

El método más completo para la recuperación de ecosistemas es la restauración ecológica, que incluye la reclamación, la rehabilitación, la mitigación, la ingeniería ecológica y varios tipos de manejo de recursos tipo fauna silvestre, peces y hábitats.

La restauración ecológica es el proceso de asistencia para la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido, hasta que tenga suficientes recursos bióticos y abióticos como para continuar su desarrollo sin ayuda o subsidio adicional. La recuperación de estos ecosistemas puede requerir intervenciones de diverso tipo y que dependerán del nivel de perturbación que ha sufrido el ecosistema.

A través de técnicas como: descontaminación de aguas, protección del borde costero, reintroducción de vegetación, eliminación de especies exóticas, remoción de infraestructura, reintroducción de biodiversidad y otros relacionados con la gestión de las actividades en el área, la restauración ecológica busca iniciar o facilitar la reanudación de estos procesos, los cuales retornarán el ecosistema a la trayectoria deseada.

La recuperación de estuarios implica muchas veces un ordenamiento territorial y monitoreo de las actividades humanas que se realizan en las partes más altas de la cuenca, ya que afectan los estuarios al final de la cuenca. En el caso de los estuarios, también es importante la planificación y estudio de la capacidad de carga del sitio para la actividad turística, ya que puede ser una fuente de degradación.

Finalmente, la remoción de sedimentos o dragado de las zonas es una de las estrategias utilizadas en la rehabilitación, aunque ha sido criticada en cuanto a su real impacto en los estuarios.

Una vez recuperados, rehabilitados o restaurados (según sea el objetivo), el siguiente paso es conservar los estuarios para que no sean afectados nuevamente. En este caso, conservación del patrimonio ambiental se entiende como *"El uso y aprovechamiento racional o la reparación, en su caso, de los componentes del medio ambiente, especialmente aquellos propios del país que sean únicos, escasos o representativos, con el objeto de asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración."* (Ley 19.300 Art. 2).

Beneficios

Los estuarios entregan servicios ecosistémicos de provisión y regulación de agua y mantención de servicios culturales, por lo que, la forma de aprovecharlos es manteniendo, conservando y rehabilitando aquellos que se encuentran amenazados o bien, ya están en un proceso de degradación.
Los estuarios son críticos para la supervivencia de muchas especies, como por ejemplo: aves, mamíferos, peces y otros tipos de vida silvestre que dependen de los hábitats estuarinos para vivir, alimentarse y reproducirse. Además, su importancia radica en la función ecológica de su alta productividad primaria, que permite a estos ecosistemas ser un lugar de crianza, reproducción y resguardo de muchos organismos acuáticos de valor comercial. Los estuarios constituyen áreas de pesca artesanal y medio de vida de pescadores. Los estuarios proveen hábitat para más del 75% de los peces comerciales en América y 80-90% de los de pesca recreacional.
La vegetación en este tipo de humedales también actúa como amortiguadores naturales entre la tierra y el océano absorbiendo las inundaciones y disipando las marejadas, lo que permite proteger a los organismos existentes tierra adentro, así como también, las propiedades, de tormentas y daños por inundaciones. La hierba de los estuarios también ayuda a prevenir la erosión y a estabilizar las costas.

Condiciones técnicas de operación

Ya que los estuarios dependen del aporte de agua dulce proveniente de los ríos, es necesario realizar un control "aguas arriba", en la parte alta y media de la cuenca, debido a que esta agua es indispensable para mantener el equilibrio del sistema costero y la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos asociados.

No es posible realizar un adecuado manejo de los ecosistemas costeros, sin considerar las intervenciones antrópicas que se dan a lo largo de la cuenca hidrográfica, dado que ellas repercuten en la sustentabilidad social, económica y ambiental del litoral.

Todo proyecto de rehabilitación o restauración ecológica requiere de un estudio completo y detallado del estado de afectación del ecosistema y de las fuentes de impacto, para planificar las acciones necesarias para llevar el ecosistema del estado degradado al estado "original". Una de las mayores dificultades de la restauración es la necesidad de contar con un ecosistema de comparación que puede ser un ecosistema natural no alterado. Los tiempos de intervención que tienen algunos ecosistemas también dificultan la tarea de saber cómo eran sin intervención, para lo cual se suele recurrir a lugares similares.

La medida requiere de un equipo científico y técnico especializado y con experiencia.

Casos de Aplicación

- Existen iniciativas a nacional e internacional de conservación y rehabilitación de estuarios, por ejemplo, la iniciativa "Estuario 360: Limpia, Siembra y Monitorea" en el sistema del Estuario de la Bahía de San Juan en Puerto Rico (http://relief.estuario.org/).

- El trabajo de constante rehabilitación en el estuario de Delaware en Estados Unidos es también un ejemplo de una gran coordinación de actores y voluntarios para la protección de un estuario (http://www.delawareestuary.org).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Se recuperan procesos ecológicos, hábitat de especies, productividad y servicios ecosistémicos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Evita daño al disminuir el riesgo de inundación.
Costo: costos asociados a la inversión en la conservación y rehabilitación.
Externalidades: (+) Preservación de la flora y Fauna. (+) Disminuye las pérdidas de aguas lluvias al ser acumuladas.
Conflicto: Aparición de nueva fauna puede generar rechazo en la comunidad local por los eventuales daños que provoca la deposición de las aves.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
Son iniciativas que pudieran requerir de autorización ambiental a través del SEIA o formar parte de una RCA, en especial si corresponden a áreas con algún tipo de protección ambiental. Asimismo, pueden integrar planes de abandono. Tratándose de bienes nacionales se requiere de la asignación de recursos públicos. Existen limitaciones legales y de financiamiento asociadas a la ausencia de una legislación que aborde la recuperación de pasivos ambientales históricos. En los casos en que se hubieran resuelto los problemas señalados, la solución se podría aplicar en el corto plazo.

Costos referenciales

De acuerdo a un análisis de varios proyectos, la restauración de un humedal costero es de 232.700 USD/ha
(Fuente: Strassburg y Latawiec, 2014)

Información de contacto

Red Chilena de Restauración Ecológica
http://www.restauremoschile.cl/
Chile

Trabajos de restauración en Lavaca Bay, Texas .Fuente: National Ocean Service, EEUU. (https://www.flickr.com/photos/usoceangov/3859386740)

Referencias y mayor información

Sociedad de Restauración Ecológica - SER. (2004). Principios de SER sobre la restauración ecológica. Disponible en URL: https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf

Kennish, M. (2012). Restoration of Estuaries. Disponible en URL: https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/restoration-of-estuaries-82965822

Ministerio del Medio Ambiente. (2017). Programa para la recuperación ambiental y social. Huasco, Chile. Disponible en URL: https://pras.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/02/Huasco-11-01-2018.pdf

Petracci, P. (s.f.). Impacto ambiental del megaproyecto de dragado en el Estuario de Bahía Blanca. Disponible en URL:http://coordination-maree-noire.eu/~fredix/IMG/pdf_Dragado_Cerri_Fundacion_NUESTROMAR_Pablo_Petracci.pdf

Strassburg, B., Latawiec, A. (2014). The economics of restoration: costs, benefits, scale and spatial aspects. International Insitute for Sustainability. Presentación en Convention on Biological Diversity Meeting. Linhares, Brasil. Disponible en URL: https://www.cbd.int/doc/meetings/ecr/cbwecr-sa-01/other/cbwecr-sa-01-iis-en.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 53

Recuperación de riberas de ríos para mejorar servicios ecosistémicos

Objetivo que aborda

Conservar

Regular

Sector de aplicación

Medio Ambiente

Tipo de solución

Infraestructura Verde

Tecnología

Escala

Cuenca

Descripción

La recuperación de riberas de ríos consiste en eliminar los elementos que causan impactos o alteraciones en ellas para así dejar que el sistema se auto-recupere de las perturbaciones a las cuales se ha encontrado expuesto.

La restauración ecológica, es el proceso de asistencia para la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. La rehabilitación fluvial en este caso se produciría si en los cursos de ríos se realizan acciones que favorezcan el régimen natural de caudales, plantación de especies en las riberas, siembra de semillas en taludes, estaquillados, técnicas de bioingeniería, etc.

La recuperación de la vegetación en las franjas ribereñas (áreas con vegetación a menudo boscosas adyacentes a ríos, arroyos, lagos y otras vías navegables) puede incluir reforestación arbórea, de pastizal o de macrófitas acuáticas y debe considerarse que sus especies presenten amplio desarrollo de raíces, follaje denso y balanceado, sean nativas del área y tolerantes a las inundaciones y a la depositación de sedimentos. La amplitud de las franjas puede ser variable y su eficiencia depende de diversos factores ambientales.

En el caso de riberas de ríos que se encuentren en un estado de fragilidad y por ende susceptibles a erosión física (por ejemplo, meandros de ríos con mucho caudal que van erosionando el borde externo de la curva) se podría evaluar, dependiendo las condiciones del terreno, la construcción de gaviones para reforzar y evitar la pérdida progresiva de material.

Beneficios

Las riberas desempeñan múltiples funciones, como resguardo del hábitat disponible para las especies y sus áreas de reproducción, conservación de la biodiversidad, protección de la oferta de nutrientes que ingresa naturalmente hacia estos sistemas y mantención del valor ecológico, estético y recreativo. La cubierta de vegetación ribereña impide la llegada de sedimentos y contaminantes, como nitrógeno, fósforo y otros, de ingresar al agua a través de métodos o procesos biológicos y físico-químicos. La vegetación y las raíces de los árboles también mejoran la infiltración, estabilizan el terreno y previenen la erosión. La cobertura también tiene beneficios adicionales a la biodiversidad al proveer de sombra y regular la temperatura para las especies acuáticas y otras que puedan llegar a vivir en el lugar.
Las áreas ribereñas asociadas con las planicies aluviales actúan como áreas de almacenamiento de agua, lo que puede reducir significativamente la altura de la corriente de las inundaciones y ayudar a disminuir la velocidad de las mismas.

Ríos Carretera Austral. Fuente: Fundación Chile

Recuperación de riberas de ríos para mejorar servicios ecosistémicos

Condiciones técnicas de operación

Es necesario realizar un estudio previo de las condiciones ambientales del territorio ya sea estudio de suelo, niveles de radiación, temperatura, caudal de río, entre otros, para poder discriminar cuáles son las plantas apropiadas para utilizar y que tienen buena adaptación al área.
Una de las mayores dificultades de la restauración es la necesidad de contar con un ecosistema de comparación que puede ser un ecosistema natural no alterado.
La medida requiere de un equipo científico y técnico especializado y con experiencia. En Chile la legislación reconoce a las zonas ribereñas asociadas con la función de protección, pero tiene debilidades en cuanto a la ausencia del concepto de restauración que deben ser consideradas (Romero *et al.,* 2014).

Casos de Aplicación

Existen numerosos proyectos de recuperación de ríos y riberas. Un ejemplo es el proyecto "Manejo de cuencas hidrográficas en tierras forestales en Beijing, restauración de pequeños cuerpos de agua en áreas montañosas", en la zona de captación del lago Miyun. Se restauraron o rehabilitaron unos 100 km de pequeños cuerpos de agua para mejorar el control de las inundaciones, mejorar las condiciones ecológicas y apoyar el valor recreativo en cooperación con las personas que viven allí.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
La restauración ecológica favorece la resiliencia de los ecosistemas y permite recuperar servicios ecosistémicos de vital importancia para la población humana. La recuperación de riberas de sistemas acuáticos disminuye riesgos por crecidas, reduce la carga de contaminantes o arrastre de sedimentos en las aguas, favorece los aportes de nutrientes sobre las aguas y los hábitat de especies.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Evita daño al disminuir el riesgo de inundación.
Costo: Inversión necesaria para la rehabilitación de riberas.
Externalidades: (+) Disminuye las pérdidas de aguas lluvias al ser acumuladas por los anfiteatros.
Conflicto: No se perciben.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Se trata de actividades que involucran una amplia gama de permisos y regulaciones relacionados con la administración de los bienes nacionales de uso público y el ordenamiento del territorio, con la legislación de aguas y el control de inundaciones, con la conservación y protección ambiental, y una activa coordinación entre los organismos públicos encargados. La solución se ve obstaculizada por la baja capacidad de coordinación e integración que posee la compleja estructura institucional pública existente. Aunque requiere la autorización de recursos públicos, no existen programas específicos de financiamiento y de investigación sobre la materia. Son iniciativas que se pueden implementar en el mediano o largo plazo, considerando las actividades relativas a estudio, financiamiento, planificación, permisos y coordinación requeridas.

Costos referenciales

La restauración de bosques puede requerir una inversión entre 990-3450 USD/ha (Strassburg y Latawiec, 2014)

Información de contacto

Red Chilena de Restauración Ecológica
http://www.restauremoschile.cl/
Chile

Referencias y mayor información

Binder, W., Albert, G., & Shuhuai, D. (2015). Ecological restoration of small water courses, experiences from Germany and from projects in Beijing. International Soil and Water Conservation Research, 3(2), 77-160. Disponible en URL:www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633915000009X

Society for Ecological Restoration –SER. (2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica. Disponible en URL: https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf

Romero F., Cozano M., Gangas R., Naulin P. (2014). Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. BOSQUE 35(1): 3-12. Disponible en URL: https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v35n1/art01.pdf

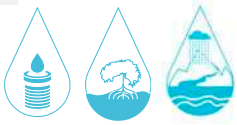
Strassburg, B., Latawiec, A. (2014). The economics of restoration: costs, benefits, scale and spatial aspects. International Insitute for Sustainability. Presentación en Convention on Biological Diversity Meeting. Linhares, Brasil. Disponible en URL: https://www.cbd.int/doc/meetings/ecr/cbwecr-sa-01/other/cbwecr-sa-01-iis-en.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 54

Recuperación y conservación de ríos

Objetivo que aborda



Recargar | Conservar | Regular

Sector de aplicación

Medio Ambiente

Tipo de solución

Infraestructura Verde | Tecnología

Escala

Cuenca

Descripción

La medida comprende eliminar las fuentes de impacto o degradación de un río y restablecer las funciones que requiere el sistema para su funcionamiento natural y sostenible.

El método más completo para la recuperación de ecosistemas es la restauración ecológica, que incluye la reclamación, la rehabilitación, la mitigación, la ingeniería ecológica y varios tipos de manejo de recursos tipo fauna silvestre, peces y hábitats. La restauración ecológica es el proceso de asistencia para la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido.

La Sociedad de Restauración Ecológica indica que un ecosistema se ha recuperado y restaurado cuando contiene suficientes recursos bióticos y abióticos como para continuar su desarrollo sin ayuda o subsidio adicional. La recuperación de estos ecosistemas puede requerir intervenciones que pueden variar mucho dependiendo del nivel de perturbación (contaminación, interrupción del flujo, especies exóticas, etc.). En el caso de un río se usan técnicas, como descontaminación de aguas, recarga de napas, revegetación, agroforestería, eliminación de especies exóticas, remoción de infraestructura, reintroducción de biodiversidad y otros.

La recuperación busca iniciar o facilitar la reanudación de los procesos ecológicos, los cuales retornarán el ecosistema a la trayectoria deseada.

Una vez recuperados, rehabilitados o restaurados, la medida contempla el conservar estos ecosistemas para que no sean afectados nuevamente. En este caso, conservación se entiende como *"El uso y aprovechamiento racional o la reparación, en su caso, de los componentes del medio ambiente, especialmente aquellos propios del país que sean únicos, escasos o representativos, con el objeto de asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración."* (Ley 19.300 Art. 2).

Beneficios

La recuperación de un río degradado permite disfrutar de los bienes y servicios ecosistémicos que éstos brindan. Los ecosistemas fluviales y los procesos naturales que en ellos se desarrollan nos proveen de diversos servicios ecosistémicos, entre los cuales se encuentran servicios de abastecimiento que obtenemos de forma directa (como agua que bebemos, regadío y biodiversidad), servicios de regulación que obtenemos de forma indirecta (como recarga de acuíferos, fertilidad del suelo, control de la erosión o la prevención de inundaciones) y servicios ecosistémicos culturales intangibles o no materiales relacionados a conocimientos científicos, paisaje, actividades recreativas, entre otras.

Condiciones técnicas de operación

Todo proyecto de rehabilitación o restauración ecológica requiere de un estudio completo y detallado del estado de afectación del ecosistema y de las fuentes de impacto para planificar las acciones necesarias que permitan llevar el ecosistema del estado degradado al estado "original". Una de las mayores dificultades de la restauración es la necesidad de contar con un ecosistema de comparación que puede ser un ecosistema natural no alterado. Los tiempos de intervención que tienen algunos ecosistemas dificultan también la tarea de saber cómo eran sin intervención, para lo cual se suele recurrir a lugares similares.

Este tipo de intervención requiere sensibilizar a la población en cuanto a lo necesario que resulta esta medida para que así participe y se involucre en los proyectos. La medida requiere de un equipo científico y técnico especializado y con experiencia.

Casos de Aplicación

Proyecto de restauración del río Alexander en el año 1998 en Israel, con el eslogan *"Devolviendo el río a la gente"*, donde el plan contempló la eliminación de contaminantes, gestión del suministro de agua, restauración de secciones específicas del río, rehabilitación ecológica general, defensa de desagües e inundaciones, desarrollo de parques fluviales, construcción de un sendero peatonal y para bicicletas a lo largo del río, educación y participación pública, plantación de árboles en la ribera del río, entre otras acciones.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Recuperación de hábitat, procesos hidrológicos, recuperación de resiliencia y beneficios sociales, disminuyen impactos por desastres naturales, mejora calidad de las aguas, recuperación de subsistemas límnicos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Evita daño al disminuir el riesgo de inundación.
Costo: Inversión necesaria para la Rehabilitación de riberas.
Externalidades: (+) Disminuye las pérdidas de aguas lluvias al ser acumuladas por los anfiteatros.
Conflicto: No se perciben.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Se trata de actividades que involucran una amplia gama de permisos y regulaciones relacionados con la administración de los bienes nacionales de uso público y el ordenamiento del territorio, con la legislación de aguas y el control de inundaciones, y con la conservación y protección ambiental, y una activa coordinación entre los organismos públicos encargados. La solución se ve obstaculizada por la baja capacidad de coordinación e integración que posee la compleja estructura institucional pública existente.

Aunque requiere la autorización de recursos públicos, no existen programas específicos de financiamiento y de investigación sobre la materia. Son iniciativas que se pueden implementar en el mediano o largo plazo, considerando las actividades relativas a estudio, financiamiento, planificación, permisos y coordinación requeridas. Pudiera considerarse una actividad de corto plazo sólo en intervenciones menores y puntuales.

Costos referenciales

La restauración de ríos requiere una inversión típico de 4000 USD/ha (Strassburg y Latawiec, 2014)

Información de contacto

Red Chilena de Restauración Ecológica
http://www.restauremoschile.cl/
Chile

Vegetación acuática río Pasig, Filipinas. Fuente: Roberto Verzo, Wikimedia Commons (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1e/Pasig_River_Algae.jpg)

Referencias y mayor información

Centro Ibérico de Restauración Fluvial -CIREF. (2015). ¿Por qué es importante conservar y restaurar los ríos? Revista Iagua. Disponible en URL: https://www.iagua.es/noticias/espana/ciref/15/06/05/que-es-importante-conservar-y-restaurar-rios

Society Ecological Restoration. (2019). Israel: Proyecto de restauración del río Alexander. Disponible en URL: https://www.ser-rrc.org/project/israel-alexander-river-restoration-project/

Strassburg, B., Latawiec, A. (2014). The economics of restoration: costs, benefits, scale and spatial aspects. International Insitute for Sustainability. Presentación en Convention on Biological Diversity Meeting. Linhares, Brasil. Disponible en URL: https://www.cbd.int/doc/meetings/ecr/cbwecr-sa-01/other/cbwecr-sa-01-iis-en.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 55

Reconexión de cauces con llanuras de inundación

Objetivo que aborda

Recargar Regular

Sector de aplicación

Medio Ambiente

Tipo de solución

Infraestructura Verde Tecnología

Escala

Cuenca

Descripción

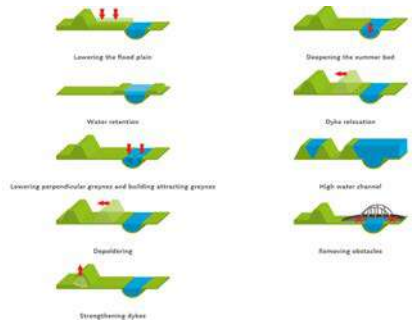
Consiste en técnicas que buscan identificar y habilitar los desvíos naturales de inundación de un cauce, los cuales son porciones históricas de la llanura de inundación que se vuelven a conectar al río durante los eventos de crecidas importantes.
Para lograr reconectar las llanuras de inundación y rehabilitar su funcionamiento natural, se debe remover gradual o completamente cualquier impedimento que el río tenga para seguir su curso, como basura acumulada, diques, barreras y otras estructuras similares que fueron emplazadas para encausar el río, disminuir la erosión y reducir los caudales aguas abajo, debido a que con el tiempo generan el efecto contrario de aumentar la velocidad y transportar sedimentos históricamente acumulados.

Beneficios

Los diques o barreras pueden evitar inundaciones en un lugar del cauce, sin embargo, aguas arriba o aguas abajo de donde están localizados pueden aumentar el riesgo de inundación y erosión. Al eliminar el dique, se puede aliviar el efecto "cuello de botella" donde las aguas tienden a aumentar velocidad y su potencial de causar inundaciones. Además al eliminar la infraestructura se reducirían los costos de mantención asociados.
Como co-beneficios, al permitir áreas inundables aguas abajo por remoción de las barreras se puede generar otro tipo de agricultura adaptado a las inundaciones estacionales, hábitats para la fauna y recarga de aguas subterráneas no muy profundas.
En cuanto a la conexión de cauces, habilitar los antiguos desvíos naturales del río se genera un área que actúa como válvula de alivio de inundación al proporcionar transporte y almacenamiento en el caso de una crecida. La vegetación presente en esos desvíos abandonados crean rugosidad reduciendo la velocidad del agua. Debido a que los desvíos solo se inundan durante las inundaciones, se pueden utilizar para una variedad de actividades económicas según la frecuencia de las inundaciones. Estas zonas también pueden generar beneficios ambientales y hábitats para la fauna local y migratoria.

Condiciones técnicas de operación

La idoneidad de este método requiere un estudio del funcionamiento hidrológico del río y el emplazamiento de comunidades aledañas. También es necesario realizar un estudio aguas abajo del dique para evitar consecuencias negativas de su implementación, como por ejemplo, aumentar la erosión.



Estrategias para dar más espacio al río, removiendo estructuras y conectando cauces. Fuente: Rijkswaterstaat, 2016 (https://www.ruimtevoorderivier.nl/english/)

Reconexión de cauces con llanuras de inundación

Casos de Aplicación

"Removal of the Kernansquillec dam over the River Léguer" (1996-2001), es un proyecto implementado para evitar riesgo de continuidad del río Léguer debido a la construcción de una presa para suministrar electricidad entre el año 1920 y 1922. La presa, de aproximadamente 15 metros de altura, creó un embalse con una longitud aproximada de 1,5 kilómetros. Además de la interrupción de la continuidad del río, hubo una importante acumulación de sedimentos en el embalse cuya eutrofización fue claramente visible debido a la proliferación de algas verdes. Debido a la falta de mantenimiento, la represa de Kernansquillec comenzó a agrietarse y se convirtió en una amenaza directa para las casas situadas río abajo. Luego de una inundación significativa en el invierno de 1995, el gobierno anunció planes para desmantelar la represa por motivos de seguridad pública.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Impacto positivo asociado a la ecología de los sistemas y renaturalización de estos. Pueden existir impactos negativos indirectos si no se consideran los períodos de crecidas, la comunidad aledaña, áreas de inundación libres de viviendas e infraestructura de servicios (red sanitaria, estaciones de monitoreo u otros).

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Evita daño al disminuir el riesgo de inundación.
Costo: Inversión necesaria para la reconexión de los cauces.
Externalidades: (+) Disminuye las pérdidas de aguas lluvias al ser acumuladas.
Conflicto: No se perciben.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Se trata de actividades que involucran una amplia gama de permisos y regulaciones relacionados con la administración de los bienes nacionales de uso público y el ordenamiento del territorio, con la legislación de aguas, el control de inundaciones, la conservación y protección ambiental y una activa coordinación entre los organismos públicos encargados. La solución se ve obstaculizada por la baja capacidad de coordinación e integración que posee la compleja estructura institucional pública existente. Aunque requiere la autorización de recursos públicos, no existen programas específicos de financiamiento y de investigación sobre la materia. Son iniciativas que se pueden implementar en el mediano o largo plazo, considerando las actividades relativas a estudio, financiamiento, planificación, permisos y coordinación requeridas.

Costos referenciales

El proyecto Removal of the Kernansquillec dam over the River Léguer" estimó un costo de 1.400.000 Euros. Derville I. *et al.,* 2001 y Artiges C. *et al.,* 2006.

Información de contacto

Red Chilena de Restauración Ecológica
http://www.restauremoschile.cl/
Chile

Referencias y mayor información

ECODES. (2015). Restauración Fluvial. Desde la práctica a la teoría. España. Disponible en URL: https://ecodes.org/notas-de-prensa/2015-04-22-11-21-15#.XGVlglxKiUl

Rijkswaterstaat. (2016). Programa Holandés "Espacio para el río". Países Bajos. Disponible en URL: https://www.ruimtevoorderivier.nl/english/

Solutions for Water. (s.f.). Removal of the Kernansquillec dam over the River Léguer. Disponible en URL: http://www.solutionsforwater.org/wp-content/uploads/2011/10/rex_r1_leguer_vbatGB.pdf

Strassburg, B., Latawiec, A. (2014). The economics of restoration: costs, benefits, scale and spatial aspects. International Insitute for Sustainability. Presentación en Convention on Biological Diversity Meeting. Linhares, Brasil. Disponible en URL: https://www.cbd.int/doc/meetings/ecr/cbwecr-sa-01/other/cbwecr-sa-01-iis-en.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 56

Reforestación y forestación de cuencas para disminución de riesgo de desastres

Objetivo que aborda

Recargar

Regular

Sector de aplicación

Medio Ambiente

Tipo de solución

Infraestructura Verde

Gestión

Escala

Cuenca

Descripción

El concepto de reforestación es usualmente utilizado en referencia a las áreas donde había reciente cubierta forestal pero se ha perdido por distintos motivos. Para áreas sin un registro histórico de la cubierta forestal, la plantación de árboles se conoce como forestación. Estas medidas buscan recuperar bosque, ojalá de especies nativas, en zonas donde se ha perdido para así restablecer los servicios ecosistémicos que éstos brindaban, como por ejemplo la protección contra fenómenos naturales como avalanchas y otros, y el equilibrio del ciclo hidrológico.

La reforestación y forestación requiere un estudio detallado de las condiciones físicas y ambientales del territorio para identificar el sitio adecuado, las especies idóneas para el objetivo que se busca y planificar las etapas de preparación del terreno, introducción de plantines y cuidado de los mismos hasta que estén establecidos.

Esta medida es una estrategia a largo plazo que requiere un mantenimiento constante incluso hasta después que el bosque se ha instalado, ya que en muchos casos es necesario la remoción de vegetación seca para evitar la propagación de incendios.

En algunos casos no se requiere la introducción de especies, sino la generación de condiciones para que las especies locales se recuperen. Esta regeneración natural es el caso de bosques en zonas lluviosas donde al eliminar la fuente de degradación y establecer algunos cuidados, la vegetación puede recuperar su estado anterior.

Beneficios

Las actividades de reforestación y forestación de cuencas, así como áreas boscosas existentes, pueden ayudar a reducir la ocurrencia e intensidad de inundaciones menores a moderadas en cuencas hidrográficas relativamente pequeñas y medianas. Las áreas forestales en las cuencas hidrográficas superiores pueden ayudar a retener agua y estabilizar pendientes, reduciendo así los riesgos y desastres causados por tormentas, como deslizamientos de tierra, flujos de lodo y avalanchas.

Además de los beneficios inmediatos que los bosques tienen en la regulación de la cantidad y calidad del agua, también pueden funcionar como sumideros de carbono, aumentar polinización para campos agrícolas cercanos, mejorar calidad del aire, regular el clima local (incluido el enfriamiento) y ayuda a preservación de la biodiversidad.

Condiciones técnicas de operación

Es necesario identificar claramente los objetivos de la reforestación. No evita los efectos de fuertes eventos de inundaciones en grandes cuencas hidrográficas o fuertes inundaciones de baja frecuencia en ríos más pequeños. El método debe ser utilizado en cuencas donde los aluviones sean un problema y donde el suelo lo permita. En el caso de cuencas con poca precipitación, la reforestación intensiva con especies no adecuadas pueden reducir la escorrentía anual total local y recarga de aguas subterráneas debido al aumento de agua perdida por evapotranspiración.

Este tipo de intervención requiere sensibilizar a la población. La medida requiere de un equipo científico y técnico especializado y con experiencia.

Reforestación y forestación de cuencas para disminución de riesgo de desastres

Reforestación en Linc Hamilton, Ontario.
Fuente: Michael Hunter, Wikimedia commons
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reforestation.JPG)

Casos de Aplicación

- Proyecto EPIC (Ecosistemas para la Protección de Infraestructura y Comunidades) en Reserva de la Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja, ubicada en la Región del Biobío.
- Proyecto de reforestación en el Parque Nacional Cordillera Azul en Perú ha involucrado a la población local en la generación de plantines y en el cuidado de los mismos.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Impacto positivo si es con especies nativas. Impacto negativo si es con especies exóticas y exóticas invasoras. La reforestación con especies nativas debe darse en una época adecuada para tener éxito en el prendimiento de plantas, de lo contrario se corre el riesgo de incrementar uso de agua para consolidar plántulas e incluso perderlas.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Evita daño al disminuir las probabilidades de inundaciones.
Costo: asociado a la forestación y reforestación.
Externalidades: (+) Disminuye la cantidad de aguas lluvias que escurren en superficie.
(+) Permite generación de áreas de sombra.
(+) Permite producción de oxígeno.
Conflicto: Intereses económicos para la explotación del suelo en otros usos.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para la utilización de estas técnicas, sin embargo, usualmente, en el caso de pequeños propietarios y comunidades indígenas usualmente se requiere el apoyo de programas estatales (CONAF, CONADI, INDAP). Con esta consideración, eventualmente son soluciones de implementación inmediata.

Costos referenciales

De acuerdo a un análisis de restauración de bosques se tienen los siguientes costos referenciales:
Bosques tropicales 3459 USD/ha
Otros bosques 2390 USD/ha
Matorrales 990 USD/ha
(Fuente: Strassburg y Latawiec, 2014)

Información de contacto

Wetlands International Latinoamérica y el Caribe
https://lac.wetlands.org/
Red Chilena de Restauración Ecológica
http://www.restauremoschile.cl/
Chile

Referencias y mayor información

Chazdon, Robin L, Bodin, B., Guariguata, M., Lamb, D., Walder, B. y Shono, K. (2017). Una Alianza con la Naturaleza: El caso de la regeneración natural en la restauración de bosques y paisajes. Forest Ecosystem Restoration Initiative, Montreal, Canada. Disponible en URL: https://www.cifor.org/library/6947/

Society Ecological Restoration. (s.f.). Estrategias escalables para la restauración ecológica del paisaje: modelos en San Martín, Perú, zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul. Perú. Disponible en URL: https://www.ser-rrc.org/project/scalable-strategies-for-landscape-ecological-restoration-models-in-san-martin-peru-buffer-zone-of-the-national-park-cordillera-azul/

Strassburg, B., Latawiec, A. (2014). The economics of restoration: costs, benefits, scale and spatial aspects. International Insitute for Sustainability. Presentación en Convention on Biological Diversity Meeting. Linhares, Brasil. Disponible en URL: https://www.cbd.int/doc/meetings/ecr/cbwecr-sa-01/other/cbwecr-sa-01-iis-en.pdf

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN. (2016). El proyecto EPIC en Chile busca una alternativa para el manejo y reducción de riesgos de desastres. Chile. Disponible en URL: https://www.iucn.org/es/content/el-proyecto-epic-en-chile-busca-una-alternativa-para-el-manejo-y-reducci%C3%B3n-de-riesgos-de

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 57

Recuperación y conservación de bofedales

Objetivo que aborda

Conservar

Sector de aplicación

Medio Ambiente

Tipo de solución

Infraestructura Verde | Gestión

Escala

Cuenca

Descripción

Los bofedales son humedales siempre verdes y húmedos que están localizados en la estepa árida de las zonas altoandinas y su nombre proviene del "bofe" o material orgánico blando que lo conforma. Generalmente, presentan niveles de agua subterránea altos y escurrimiento superficial permanente. Se caracterizan por su vegetación semejante a un cojín y por su estructura, que podría compararse con la de una esponja, puesto que son colectores de agua.
La recuperación de los bofedales consiste en implementar actividades para devolver la biota y condiciones físicas de un sitio a su condición original. El método más completo es la restauración ecológica, o el proceso de asistencia para la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. La Sociedad de Restauración Ecológica indica que un ecosistema se ha recuperado y restaurado cuando contiene suficientes recursos bióticos y abióticos para continuar su desarrollo sin ayuda o subsidio adicional. La recuperación de estos ecosistemas puede requerir intervenciones de restauración que pueden variar mucho dependiendo del nivel de perturbación. A través de técnicas como descontaminación de aguas, recarga de napas, revegetación, eliminación de especies exóticas, remoción de infraestructura, reintroducción de biodiversidad y otros, la restauración ecológica busca iniciar o facilitar la reanudación de estos procesos, los cuales retornarán el ecosistema a la trayectoria deseada. Una vez recuperados, rehabilitados o restaurados, el objetivo de esta medida es conservarlos para que no sean afectados. En este caso, conservación se entiende como *"El uso y aprovechamiento racionales o la reparación, en su caso, de los componentes del medio ambiente, especialmente aquellos propios del país que sean únicos, escasos o representativos, con el objeto de asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración."* (Ley 19.300 Art. 2).

Beneficios

La rehabilitación y conservación de bofedales conlleva la recuperación de un amplio rango de servicios ecosistémicos que ofrecen, como provisión constante de agua, prevención y regulación a los efectos de inundaciones y sequías reteniendo los excedentes de agua, prevención y control de la erosión, captura de nutrientes y tóxicos, sumideros de carbono atmosférico, provisión de recursos alimenticios y otros recursos naturales para el sustento económico y de satisfacción de necesidades. En épocas de agosto a noviembre se "champea" el bofedal en las zonas altas para así asegurar la disponibilidad de agua en las zonas más bajas.

Derrame de hidrocarburos en Pajonal altiplánico.
Fuente: Cristóbal Girardi, Fundación Chile.

Recuperación y conservación de bofedales

Condiciones técnicas de operación

Para poder realizar esta medida es necesario controlar e identificar las presiones a las cuales se encuentra vulnerable este ecosistema para así poder generar medidas de acción que perduren en el tiempo. Por lo mismo, se vuelve necesario controlar las extracciones de agua para fines productivos, el pastoreo excesivo de ganado, entre otros.

Todo proyecto de rehabilitación o restauración ecológica requiere de un estudio completo y detallado del estado de afectación del ecosistema y de las fuentes de impacto para planificar las acciones necesarias que permitan llevar el ecosistema del estado degradado al estado "original". Una de las mayores dificultades de la restauración es la necesidad de contar con un ecosistema de comparación que puede ser un ecosistema natural no alterado. La medida requiere de un equipo científico y técnico especializado y con experiencia.

Casos de Aplicación

Coca Cola en su programa de Mejoramiento de vegas altoandinas de Tarapacá en alianza con Fundación Avina y Corporación Norte Grande está realizando trabajos para la recuperación de 200 ha de bofedales.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Impacto positivo, permite la recuperación de vegetación nativa, agua subsuperficial, hábitat y especies endémicas.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Utilización de la capacidad de almacenamiento de aguas subterráneas para su uso cuando se requiera.
Costo: costos asociados a la inversión de los bofedales.
Externalidades: (+) Permite disponer de mayor cantidad de agua.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
Son iniciativas que pudieran requerir de autorización ambiental a través del SEIA o formar parte de una RCA, en especial si corresponden a áreas con algún tipo de protección ambiental. Asimismo, pueden integrar planes de abandono. Tratándose de bienes nacionales se requiere de la asignación de recursos públicos. Existen limitaciones legales y de financiamiento asociadas a la ausencia de una legislación aborde la recuperación de pasivos ambientales históricos. En los casos en que se hubieran resuelto los problemas señalados, la solución se podría aplicar en el corto plazo.

Información de contacto

Fundación Avina (http://www.avina.net/avina/)
Corporación Norte Grande (http://www.cng.cl/)

Referencias y mayor información

Carrasquel, G. (2012). Los Bofedales, humedales andinos que merecen protección. Disponible en URL: https://www.ecoticias.com/naturaleza/61002/noticia-medio-ambiente-Bofedales-humedales-andinos-merecen-proteccion

Society for Ecological Restoration – SER. (2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica. Disponible en URL: https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf

The Coca-Cola Co. (s.f.). Recuperar el agua: Alto Tarapacá y su importancia en el norte. Disponible en URL: https://www.cocacoladechile.cl/historias/medioambiente-recuperar-el-agua-tarapaca

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 58

Recuperación y conservación de turberas

Objetivo que aborda

Conservar

Sector de aplicación

Medio Ambiente

Tipo de solución

Infraestructura Verde

Gestión

Escala

Cuenca

Descripción

Una turbera es un tipo de de humedal ácido en el cual se ha acumulado materia orgánica en forma de turba, especie de "esponjas" de musgos y vegetación que se ha juntado durante miles de años sin descomponerse del todo, en un ambiente saturado de agua. Corresponden al 50% de los humedales del mundo y se pueden encontrar en zonas de bajas temperaturas y precipitación alrededor de los 2.000 mm anuales. En Chile se extienden en su mayor parte desde la región de Los Lagos a Magallanes, particularmente la zona de Tierra del Fuego, reuniendo 90.000 hectáreas de turbera.

En Chile no existe una política ambiental que regule la extracción de turba y otros materiales que entrega este ecosistema. Estos ecosistemas son muy vulnerables a la intervención humana y están en riesgo de desaparecer principalmente por la extracción de musgo (*Sphagnum*) y turba para ser utilizado, entre otras cosas, como sustrato y fertilizante en el cultivo de hortalizas y flores. Son también exportados a países como EEUU, Corea del Sur, Taiwán y Japón. El método más completo para la recuperación de ecosistemas es la restauración ecológica, el proceso de asistencia para la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. La Sociedad de Restauración Ecológica indica que un ecosistema se ha recuperado y restaurado cuando contiene suficientes recursos bióticos y abióticos como para continuar su desarrollo sin ayuda o subsidio adicional.

A través de técnicas como descontaminación de aguas, revegetación, remoción de perturbaciones, reintroducción de biodiversidad y otros relacionados con la gestión de las actividades en el territorio, se busca recuperar procesos los cuales retornarán el ecosistema a la condición deseada.

Una vez recuperados, rehabilitados o restaurados, se deben conservar o aprovechamiento racional o la reparación de los componentes del medio ambiente, para asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración (Ley 19.300 Art. 2).

Beneficios

La recuperación y conservación de turberas permitiría el aprovechamiento de los servicios ecosistémicos que ellas brindan. Las turberas regulan los ciclos hidrológicos manteniendo la calidad del agua dulce, constituyendo verdaderas reservas hídricas (el 90% de una turbera está compuesta de agua) que abastecen de agua en temporadas secas o bien, amortiguando las grandes crecidas en las zonas donde se emplazan. Además, regulan la química atmosférica al contener cerca de un tercio de todo el carbono que se encuentra en el suelo del planeta realizando mitigación del calentamiento global.

Funcionan también como hábitat para diversas especies animales como por ejemplo, anfibios, guanacos y aves como el pimpollo, blanquillo o canquén, además de singulares especies vegetales como diversos tipos de líquenes, briófitas, plantas vasculares e incluso plantas carnívoras. Cuando se drenan las turberas se afecta la cubierta vegetal y la diversidad biológica, se reduce la calidad de agua, aumenta la ocurrencia de incendios forestales, se genera hundimiento del suelo, entre otros.

Recuperación y conservación de turberas

Condiciones técnicas de operación

Todo proyecto de rehabilitación o restauración ecológica requiere de un estudio completo y detallado del estado de afectación del ecosistema y de las fuentes de impacto para planificar las acciones necesarias que permitan llevar el ecosistema del estado degradado al estado "original". Una de las mayores dificultades de la restauración es la necesidad de contar con un ecosistema de comparación que puede ser un ecosistema natural no alterado. La medida requiere de un equipo científico y técnico especializado y con experiencia.

Casos de Aplicación

- Restauración de turberas del Llano de Roñanzas, en Llanes (Asturia), para revertir la degradación sufrida tras haber sido explotada durante años para la obtención de turba.
- En Dinamarca, Estonia, Suecia y Finlandia se está llevando a cabo una restauración hidrológica y ecológica intensiva de las turberas como reacción a siglos de drenaje. Ya se han restaurado más de 20.000 ha de turberas que habían sido drenadas para uso forestal.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
La restauración permite el restablecimiento de los servicios ecosistémicos que entregan estos ecosistemas, resiliencia al cambio climático y dispone de agua en zonas que dependen de estos sistemas, como en Chiloé.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Evita daño al disminuir el riesgo de inundación.
Costo: Costos asociados a la inversión en la conservación y rehabilitación.
Externalidades: (+) Preservación de la flora y fauna.
(+) Disminuye las pérdidas de aguas lluvias al ser acumuladas.
Conflicto: Aparición de nueva fauna puede generar rechazo en la comunidad local por los eventuales daños que provoca la deposición de aves.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
Son iniciativas que pudieran requerir de autorización ambiental a través del SEIA o formar parte de una RCA, en especial si corresponden a áreas con algún tipo de protección ambiental. Asimismo, pueden integrar planes de abandono. Tratándose de bienes nacionales se requiere de la asignación de recursos públicos. Existen limitaciones legales y de financiamiento asociadas a la ausencia de una legislación aborde la recuperación de pasivos ambientales históricos. En los casos en que se hubieran resuelto los problemas señalados, la solución se podría aplicar en el corto plazo.

Información de contacto

Wetlands International Latinoamérica y el Caribe

Red Chilena de Restauración Ecológica
http://www.restauremoschile.cl/
Chile

Costos referenciales

Estudios en ecosistemas de turbas en Escocia hablan de un promedio aproximado de 1072 USD/ha. (Glenk y Martin-Ortega, 2018)

Referencias y mayor información

Bevilacqua R. (2017). Turberas: un singular ecosistema de gran valor para la humanidad. Ladera Sur. Disponible en URL: https://laderasur.com/articulo/turberas-un-singular-ecosistema-de-gran-valor-para-la-humanidad/

Convención Ramsar. (2015). Mantener las turberas húmedas Ficha Informativa 8. Disponible en URL: https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/fs_8_peatlands_es_v1.pdf

Glenk, K., and Martin-Ortega, J. (2018). The economics of peatland restoration. Journal of environmental economics and policy, 7(4):345-362. Disponible en URL: http://eprints.whiterose.ac.uk/126510/16/27_11_2018_The%20econom.pdf

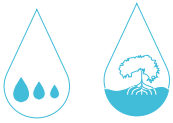
The Coca-Cola Co. (s.f.). Recuperar el agua: Alto Tarapacá y su importancia en el norte. Disponible en URL: https://www.cocacoladechile.cl/historias/medioambiente-recuperar-el-agua-tarapaca

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 59

Tecnosoles para recuperación de humedales

Objetivo que aborda



Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

Los tecnosoles son suelos nuevos elaborados a partir de residuos orgánicos e inorgánicos, procedentes de cualquier actividad, que son "formulados" para resolver problemas concretos. Estos se crean en función del tipo de superficie y de los compuestos que se quieran eliminar de ella o del objetivo que se tenga, por ejemplo, evitar el uso de herbicidas o retener agua, drenar o impedir la migración de metales pesados. En función de las necesidades, se propone un compuesto distinto, que después se fabrica y se aplica en la superficie a tratar.

En el caso de recuperación de suelos contaminados, los tecnosoles se formulan de manera que, gracias al efecto del agua de la lluvia y su filtrado a través del compuesto, se obtiene el efecto deseado de neutralizar ciertos componentes. Los humedales reactivos suponen un paso más en el tratamiento de suelos con tecnosoles. En ocasiones, por las condiciones del terreno o meteorológicas, o bien por unas necesidades específicas.

Beneficios

Contribuyen a rehabilitar ecosistemas además de mejorar la infiltración del agua al subsuelo.

Contribuyen a evitar el calentamiento global ya que se ha probado que los tecnosoles son un sumidero de CO_2. La utilización de tecnosoles es sostenible y económica, ya que se emplean residuos en su fabricación que, además, proceden del entorno de la zona a tratar. Es versátil debido a su capacidad de poder tener un suelo con las funciones que se necesiten.

A pesar de existir 200 tecnosoles hasta ahora, es posible definir nuevos tipos de tecnosoles en el laboratorio según las necesidades y requerimientos que se deseen cumplir.

Condiciones técnicas de operación

Muchos Tecnosoles tienen que ser tratados con cuidado ya que pueden contener sustancias tóxicas resultantes de procesos industriales.

Se debe adaptar el diseño a la topografía y formaciones superficiales existentes, con andenes (terrazas) que son aprovechados para el diseño del humedal reactivo.

Tecnosoles para recuperación de humedales

Casos de Aplicación

Los tecnosoles se han utilizado en distintas aplicaciones por el Laboratorio de Tecnología Ambiental de la Universidad de Santiago de Compostela en España. Entre las aplicaciones están en el Humedal reactivo de Bama y en la Mina de Touro, aplicación que ganó el I Premio Minería y Metalurgia Sostenibles del Foro de Desarrollo Minero Sostenible el 2014.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Revierte suelos degradados y ecosistemas contaminados, a los residuos líquidos de la industria minera, tratamiento de sustancias tóxicas, reduce toxicidad en suelos y cursos de agua. Requiere tecnificación, conocimiento de química de suelos y comportamiento de estos con residuos a tratar.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Mayor disponibilidad de suelo.
Costo: Adquisición de la tecnología
Externalidades: (+) Mayor oferta laboral
(+)Mayor desarrollo económico en la zona donde se **implemente**
Conflicto social: Desconfianza que pueda generar el cambio del uso habitual de la zona de intervención, ejemplo: juegos infantiles

Mina de Touro donde el laboratorio Edafotec ensayó 100 tipos de tecnosoles para la remediación. Fuente: (https://www.blacktogreen.com/remediacion-de-suelos/)

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
Iniciativas que pudieran requerir de autorización ambiental a través del SEIA o formar parte de una RCA, en especial si corresponden a áreas con algún tipo de protección ambiental. Asimismo, pueden integrar planes de abandono. Tratándose de bienes nacionales se requiere de la asignación de recursos públicos. Existen limitaciones legales y de financiamiento asociadas a la ausencia de una legislación aborde la recuperación de pasivos ambientales históricos. En los casos en que se hubieran resuelto los problemas señalados, la solución se podría aplicar en el corto plazo.

Costos referenciales

La restauración convencional = 60.000 USD/ha
Restauración con tecnosoles = 27.000 USD/ha
Fuente: https://www.blacktogreen.com/remediacion-de-suelos/

Información de contacto

Ecozone (Proveedor)
http://www.ecozone.cl/
Chile

Referencias y mayor información

Hernández, L. (8 de Enero de 2015). Tecnosoles, suelos a la carta.Disponible en URL:https://www.blacktogreen.com/2015/01/tecnosoles-suelos-la-carta/

Macias, V. F., Macias, G. F., & Iglesias, B. (2014). Tecnosoles “a la carta”, “Humedales reactivos” y “Biocarbones”. Disponible en URL:http://www.ifema.es/web/ferias/foro_minero/ponencias_2014/felipe_macias_manuel_bao_16_jun.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 60

Mallas y lonas de poliuretano para protección de glaciares

Objetivo que aborda

Conservar

Sector de aplicación

Medio Ambiente

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Cuenca

Descripción

Consiste en el recubrimiento de glaciares con lonas de poliuretano o mallas para disminuir la radiación directa a ellos, como medida de mitigación a su derretimiento acelerado debido al calentamiento global. Al poner estas mallas sobre los glaciares se evita que los rayos del sol lleguen al glaciar y que se deposite polvo, lo cual acelera el derretimiento del hielo. En Austria y Suiza, por ejemplo, los investigadores han probado varios tejidos, incluido el vellón de las ovejas, que ahora usan para cubrir los glaciares en el verano para inhibir el derretimiento.
En Groenlandia han probado sábanas para evitar el derretimiento. El tejido utilizado tiene un alto albedo y disminuye la cantidad de radiación solar que absorbe el glaciar.

Beneficios

De acuerdo a los proponentes de la medida, ésta permitiría evitar hasta el 65% del derretimiento de la masa de hielo, o al menos disminuir la velocidad de derretimiento.
Una de las funciones más importantes de los glaciares es la de regulador hidrográfico. Los glaciares son un medio de amortiguamiento esencial durante la época de altas precipitaciones y proveen de agua para la actividad humana en estaciones secas. La mayor parte de la nieve que cae sobre los grandes sistemas montañosos se acumula en un principio en los glaciares en forma de hielo, que más adelante se funde gradualmente.

Condiciones técnicas de operación

No resulta práctico para glaciares de gran tamaño. En el caso de los recubrimientos de los glaciares se debe tener especial cuidado con el viento debido a que se pueden desprender partes del geotextil lo que provocaría contaminación en el ambiente. Además, las lonas se deben retirar en cuanto empieza a remitir el calor.

Casos de Aplicación

En la estación de esquí de Gemsstock (Suiza), donde desde hace unos pocos años se han cubierto las zonas más sensibles del glaciar con lonas de poliuretano durante los meses de verano, para protegerlas de las radiaciones solares, se han logrado resultados positivos.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
No hay impactos ambientales adversos descritos en la literatura. Sin embargo, la solución debe ser evaluada respecto del glaciar, si es o no efectiva la tecnología para resguardar el glaciar, luego de su implementación es posible evaluar potenciales impactos negativos sobre el medio ambiente.

Mallas y lonas de poliuretano para protección de glaciares

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo alto.
Beneficio: Aumenta la disponibilidad del recurso hídrico en el futuro.
Costo: costos asociados a la inversión de las lonas de poliuretano.
Externalidades: (-) Posible contaminación en el glaciar.
Conflicto: Rechazo por parte de la comunidad que habita en el lugar por cambio de paisaje y por una eventual disminución de la disponibilidad de agua en el corto plazo.

Fuente: Fundación Chile

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Largo plazo de implementación.
Iniciativas que, dependiendo del caso, pudieran requerir de autorización ambiental, además de la asignación de recursos públicos. En el Estado no existe una institucionalidad definida para desarrollar este tipo de actividades. Pudiera ser materia incluida en una futura legislación de protección de glaciares. Eventuales iniciativas sobre esta materia estarían en el largo plazo.

Información de contacto

Proveedor IEC Ingeniería (diseño de mallas Acma).

Referencias y mayor información

Atkinson, C. (2012). Painting rock while glaciers melt. Pique New Magazine. Disponible en URL: https://www.piquenewsmagazine.com/whistler/painting-rock-while-glaciers-melt/Content?oid=2291754&showFullText=true

Berrocal Menarquez, A. (2018). La conservación de los glaciares alpinos. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en URL: https://blogs.upm.es/puma/2018/02/06/la-conservacion-de-los-glaciares-alpinos/

Intropol. (s.f.). Poliuretano para proteger los glaciares. Disponible en URL: http://www.intropol.es/poliuretano-para-proteger-los-glaciares/

LG Blog. (2018). La malla que evitaría el 65% del derretimiento de glaciares. Disponible en URL: https://www.lgblog.cl/lgtv/tecnologia-tendencias/la-malla-que-evitaria-el-65-del-derretimiento-de-glaciares/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 61

Cal para cubrimiento de rocas y protección de glaciares

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Conservar	Medio Ambiente	Tecnología	Cuenca

Descripción

La medida consiste en cubrir rocas y glaciares con una mezcla de agua, arena, cal y un poco de jabón, para conseguir que la mezcla se adhiera a las rocas. Las rocas blancas ejercen un efecto albedo aumentando la reflectancia de la luz solar que llega a la superficie y protegiendo así las zonas de hielo del aumento de temperatura. Experimentos realizados mostraron una diferencia de 16 ºC entre las rocas negras y las blanqueadas.

Beneficios

El proyecto Glaciares Perú, que es el único actualmente realizando esta medida, fue descrito por el Banco Mundial como digno de inversión porque *"detendrá la fusión de los glaciares y ayudará a restaurar la masa glaciar, una forma vital de almacenamiento de agua dulce en los altos Andes y el mundo"*. Sin embargo, la técnica sigue en evaluación para su aplicación en otros lugares.

Condiciones técnicas de operación

Se requiere hacer un estudio de largo plazo luego de la implementación de este método para asegurar que no genere un impacto significativo en el área de influencia.

Casos de Aplicación

Ingeniero Eduardo Gold (fundador de Glaciares Perú) y su organización no gubernamental Glaciares Perú recibieron una donación de USD 200.000 del Banco Mundial en el 2009, para recrear las condiciones que permitirían la formación de un nuevo glaciar cerca de la ciudad de Licapa. En Perú, se cubrieron rocas de un sector de unos 15.000 metros cuadrados con una lechada obtenida con agua, arena, cal y un poco de jabón. Después de cubrir las rocas, se comprobó con un termómetro infrarrojo que había una diferencia de 16 grados Celsius entre las rocas negras y las blanqueadas.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
No hay impactos ambientales adversos descritos en la literatura. Sin embargo, la solución debe ser evaluada respecto del glaciar, si es o no efectiva la tecnología para resguardar el glaciar, luego de su implementación es posible evaluar potenciales impactos negativos sobre el medio ambiente.

Cal para cubrimiento de rocas y protección de glaciares

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo alto.
Beneficio: Aumento de la disponibilidad del recurso hídrico en el futuro.
Costo: Costos asociados a la inversión de cal
Externalidades: (-) Posible contaminación en el glaciar.
Conflicto: Rechazo por parte de la comunidad que habita en el lugar por cambio de paisaje y por una eventual disminución de la disponibilidad de agua en el corto plazo.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Largo plazo de implementación.
Son iniciativas que, dependiendo del caso, pudieran requerir de autorización ambiental, además de la asignación de recursos públicos. En el Estado no existe una institucionalidad definida para desarrollar este tipo de actividades. Pudiera ser materia incluida en una futura legislación de protección de glaciares. Eventuales iniciativas sobre esta materia estarían en el largo plazo.

Referencias y mayor información

Desnivel. (2011). La solución para evitar el deshielo de los glaciares: blanquear las montañas. Disponible en URL: https://www.desnivel.com/cultura/ecologia/la-solucion-para-evitar-el-deshielo-de-los-glaciares-blanquear-las-montanas/

Romo, R. (2011). Blanquear montañas: Un proyecto para salvar la vida en los Andes de Perú. Disponible en URL: https://expansion.mx/planetacnn/2011/12/07/blanquear-montanas-un-proyecto-para-salvar-la-vida-en-los-andes-de-peru

Fuente: Fundación Chile

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 62

Barreras de contención para retardar derretimiento de glaciares

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Conservar	Medio Ambiente	Infraestructura	Cuenca

Descripción

Consiste en la instalación de barreras acumuladoras de nieve y contención para evitar y desacelerar que las capas de hielo y los glaciares se derritan y caigan al mar. Éstas barreras constituirían un muro submarino alto y largo en el borde de las plataformas de hielo. De acuerdo con los modelos, la construcción de una estructura de este tipo tendría aproximadamente un 30% de probabilidad de evitar un colapso descontrolado de la capa de hielo de la Antártida oeste.

Beneficios

Los datos obtenidos a partir de los análisis y simulaciones realizados por Wolovick (glaciólogo de la Universidad de Princeton) han mostrado que potenciales paredes gigantescas ubicadas en las desembocaduras de las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida, permitirían aislarlas del mar. Esto favorecería a que el hielo mantenga su estado sólido congelado durante más tiempo, reduciendo drásticamente las actuales y enormes cantidades de hielo que se pierden en el mar. Las barreras podrían detener el deslizamiento de los glaciares submarinos y frenar los aumentos del nivel del mar que se prevé resultarán del calentamiento global. Estas estructuras no solo apuntarían a contener los glaciares que se derriten, sino a evitar que las aguas más cálidas lleguen a las bases de los glaciares debajo del mar.

Condiciones técnicas de operación

Para los muros de contención se requiere una gran inversión y tiempo. No se ha probado la factibilidad de instalar un muro en una zona submarina.

Casos de Aplicación

Actualmente estos proyectos de geoingeniería se basan en simulaciones y publicaciones científicas como una propuesta posible para los glaciares polares. Michael Wolovick, investigador del departamento de geociencias de la Universidad de Princeton, y John Moore, profesor de cambio climático en la Universidad de Laponia en Finlandia presentaron la idea en la revista Nature en marzo del 2018.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
No hay impactos ambientales adversos descritos en la literatura. Sin embargo, la solución debe ser evaluado respecto del glaciar, si es o no efectiva la tecnología para resguardar el glaciar, luego de su implementación es posible evaluar potenciales impactos negativos sobre medio ambiente.

Barreras de contención para retardar derretimiento de glaciares

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo alto.
Beneficio: Aumenta la disponibilidad del recurso hídrico en el futuro.
Costo: Costos asociados a la inversión de las barreras.
Externalidades: (-) Posible contaminación en el glaciar.
Conflicto: Rechazo por parte de la comunidad que habita en el lugar por cambio de paisaje y por una eventual disminución de la disponibilidad de agua en el corto plazo.

Fuente: Fundación Chile

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Largo plazo de implementación.
Son iniciativas que, dependiendo del caso, pudieran requerir de autorización ambiental, además de la asignación de recursos públicos. En el Estado no existe una institucionalidad definida para desarrollar este tipo de actividades. Pudiera ser materia incluida en una futura legislación de protección de glaciares. Eventuales iniciativas sobre esta materia estarían en el largo plazo.

Referencias y mayor información

Fiona, H. (2018). Según los científicos, construyen muros en el fondo marino para evitar que los glaciares se derritan. The Guardian. Disponible en URL: https://www.theguardian.com/environment/2018/sep/20/build-walls-on-seafloor-to-stop-glaciers-melting-scientists-say

Moore, J., Gladstone, R., Zwinger, T., & Wolovick, M. (2018). Geoingeniería polariza los glaciares para frenar el aumento del nivel del mar. Revista Nature. Disponible en URL: https://www.nature.com/articles/d41586-018-03036-4

Owens, B. (2018). Can we hold back the glaciers? Inside Science. Canadá. Disponible en URL: https://www.insidescience.org/news/can-we-hold-back-glaciers

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 63

Infiltración para recarga de acuíferos por gravedad y en lecho de río

Objetivo que aborda

Recargar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Infraestructura

Escala

Proceso Industrial

Cuenca

Descripción

La recarga de acuíferos es cualquier método o conjunto de técnicas hidrogeológicas que permiten incrementar la alimentación de un acuífero mejorando y regularizando el suministro para diferentes usos. Sus objetivos fundamentales son almacenar en acuíferos agua superficial susceptible de perderse por evaporación incrementando el volumen de recurso disponible (especialmente valorado en períodos de estiaje o sequía), depurar o filtrar agua residual o de mala calidad, eliminar patógenos durante el proceso de infiltración a nivel de suelo amortiguando las diferencias cualitativas y los riesgos medioambientales y permitir el trasvase de agua de un punto a otro sin necesidad de obras de conducción (actuando el acuífero como elemento de transporte).

Existen distintos tipos de recarga artificial de acuíferos a nivel superficial entre las que se pueden mencionar:

- **Sistema de dispersión:** balsas, canales y zanjas de infiltración, técnicas de tratamiento suelo/acuífero, campos de infiltración y recarga accidental por retornos de riego. Son considerados sistemas de recarga fuerza de cauce de río por afloramientos permeables que requieren grandes superficies de terreno permitiendo la infiltración del acuífero por gravedad y logrando mejorar la calidad del agua de recarga.
- **Sistema de canales:** diques permeables, de retención y represas, perforados, superficiales y subterráneos, serpenteos, escarificación de lecho, diques subsuperficiales/subterráneos y diques perforados). Permiten aumentar el tiempo de permanencia del agua en la cuenca favoreciendo la infiltración.
- **Sistemas de Filtración:** Bancos filtrantes en lechos de rio (RBF), filtración interdunar y riego subterráneo, los que permiten aumentar la tasa de infiltración del suelo (acorde a sus capacidades particulares), concibiendo la creación de zonas húmedas en profundidad o a nivel freático, ambos considerados como sistemas de recarga en cauce de ríos.
- **Sistemas de Lluvia:** captación de agua lluvia en improductivo cuya función es controlar la erosión e inundaciones y reducir la cantidad de sólidos que llegan a la red principal.
- **Sistemas SUDS:** recarga accidental por conducciones y alcantarillado y sistemas urbanos de drenaje sostenible.

El método específico se selecciona acorde a las necesidades e instalaciones auxiliares requeridas (como decantadores, filtros, balsas de sedimentación y sistemas de conducción, entre otros), los métodos o equipos de control y seguimiento necesarios (caudalímetros, piezómetros y toma de muestras, entre otros) y las instalaciones de transporte del agua de recarga requeridas (como canales y tuberías).

Beneficios

Permite almacenar el agua superficial excedente en acuíferos, evitando pérdidas por evaporación e incrementando el volumen de agua disponible. Además, permite depurar, filtrar o diluir agua residual o de calidad mediocre.

Elimina agentes patógenos durante el proceso de infiltración a través del suelo y su posterior residencia en el acuífero, reduciendo los riesgos ambientales y mejorando la calidad y salubridad del agua.

Permite trasvasar agua de un punto a otro de una cuenca hidrográfica sin necesidad de obras de conducción, actuando el acuífero no solo como almacén sino también como elemento de transporte.

Infiltración para recarga de acuíferos por gravedad y en lecho de río

Garantiza la presencia de agua en enclaves ecológicos o medioambientales. Revierte procesos de reducción de disponibilidad de agua. En el caso de las balsas de infiltración, sus ventajas son el bajo costo de construcción y mantención, mejorar la calidad de agua durante la infiltración y presentar una elevada vida útil.

En otras palabras, mejora la gestión del agua a través del almacenamiento y recuperación de acuíferos sobreexplotados, incrementando su calidad y aminorando el impacto por déficit a nivel medioambiental.

Condiciones técnicas de operación

Las obras de recarga superficial suelen requerir mayor espacio superficial que las de recarga profunda (a presión).

Para realizar la recarga se deben considerar factores hidrogeológicos como el material del que se conforman los acuíferos, niveles piezométricos y profundidad de roca, transmisividad, permeabilidad, coeficiente de almacenamiento y porosidad efectiva, entre otros.

Se requiere controlar la colmatación del suelo debido a la presencia de sedimentos en el agua filtrada y al crecimiento de biomasa la cual puede provocar un descenso importante en las tasas de infiltración.

El tiempo necesario para hacer la mantención a los sistemas de recarga puede durar días o meses dependiendo de la calidad de agua que se esté empleado y del tipo de suelo donde se esté realizando.

En el caso de las balsas de infiltración, su principal desventaja es la necesidad de una gran superficie, llegando a ocupar incluso las 10 ha de terreno.

Casos de aplicación

La recarga de acuíferos es una técnica antigua de la que actualmente se tienen muchas experiencias, sobretodo en Estados Unidos, Alemania, Dinamarca, Holanda, Austria, Hungría y España.
Se destacan:

- Balsa de infiltración: Carrecillo (Gomezserrazín) y Atlantis (Estados Unidos), Santiuste (Segovia).
- Zanjas de infiltración: Hidango desarrollada por INIA Rayentué, Región de O'Higgins Chile.
- Técnica de tratamiento suelo/acuífero: caballones en fondos de bolsas de infiltración en California, Estados Unidos.
- Campo de Infiltración Río Omdel (Namibia).
- Recarga accidental por retornos de riego en campo de Arroz en la Vega del Guadiana (60% consumen las plantas y 40% se recarga como agua subterránea).
- Diques permeables: Barranco de las Ovejas (Alicante, España) o Barranco Pajcha (Bolivia).
- Escarificado del lecho del río Llobregat (Barcelona, España).
- Serprenteos Río Santa Ana (California, Estados Unidos).
- Qanat del Carbonero El Mayor (Segovia, España).
- Infiltración en el margen del rio Budapest.
- Pozo de infiltración en el cauce del río Eritrea (Noreste de África).
- Filtración Interdunar en Amsterdam (Holanda).
- Dentro de los Sistemas SUDS están los pavimentos permeables aplicados en parques o aparcamientos en distintos países.

Embalse de infiltración Hatzeva, Israel.
Fuente: Eilon Adar, 2015

Infiltración para recarga de acuíferos por gravedad y en lecho de río

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Permite recuperar sistemas acuíferos agotados, sin embargo, puede variar calidad de agua y características ecológicas de sistemas de acuíferos.

Impacto social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Aumento del recurso hídrico.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+)Disminución de la posibilidad de inundaciones.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Largo plazo de implementación.
Estas soluciones deben cumplir las regulaciones específicas sobre recarga artificial y diversas otras relativas a derechos de aprovechamiento y obras, contenidas en la legislación de agua. La complejidad técnica de la normativa vigente para la obtención de los permisos requeridos por la legislación de aguas y la limitación del conocimiento hidrogeológico disponible constituyen obstáculos prácticos para la implementación de la solución, por lo que debiera considerarse como solución de largo plazo.

Costos referenciales

Estudios de recarga para la cuenca de Aconcagua en un área de 10.000 m^2 mediante un decantador y dos balsas de infiltración, estimaron los costos en 19.740 millones de pesos chilenos para 400 millones de m^3 con una velocidad de 500 L/s.
(Fuente: Rengifo, 2013)

Información de contacto

Dirección General de Aguas- Oficinas Regionales
Centro de Información de Recursos Hídricos
http://www.dga.cl/dgaregiones/Paginas/default.aspx
Chile

Referencias y mayor información

Amphos 21 Consulting Chile Ltda. (2014). Diagnóstico de metodología para la presentación y análisis de proyectos de recarga de acuíferos. Disponible en URL: http://documentos.dga.cl/Resumen_Ejecutivo%20RA_v0.pdf

Cabrera Fajardo, G. (2014). Análisis desde Arica hasta el Maule: ¿Dónde hay condiciones para la recarga artificial de acuíferos en Chile? Disponible en URL: https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/DataFiles/14850.pdf

Fac. de Ingeniería, U. Nacional Autónoma de México. (s.f.). Obras de Captación para Agua Subterránea. Disponible en URL: http://www.ingenieria.unam.mx/~enriquecv/AAPYA/apuntes_aapya/AAPYA2_6.pdf

Tragsatec. (s.f.). Tipologías de dispositivos de recarga artificial a nivel internacional. Grupo Tragsa. Disponible en URL: http://www.dina-mar.es/file.axd?file=2011%2F6%2F04-MJMO-TIPOLOGIAS.pdf

Rengifo, P. (2013). Recarga artificial de acuíferos en Chile. Proyecto piloto en el valle del Río Aconcagua y perspectivas para la región de Tarapacá. Seminario Regional ALHSUD-CIDERH. (2013).Disponible en URL:http://www.unap.cl/prontus_ciderh/site/artic/20140807/asocfile/20140807180625/presentacion_pablo_rengifo.pdf

Nº FICHA 64

Infiltración para recarga de acuíferos por presión

Objetivo que aborda

Recargar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Infraestructura

Escala

Proceso Industrial

Cuenca

Descripción

La infiltración de acuíferos es una técnica de gestión de recurso hídrico extendida a nivel mundial, también llamada infiltración de napas subterráneas, la cual consiste en la introducción artificial de agua en el acuífero para, entre otras cosas, aumentar la disponibilidad y/o mejorar la calidad de las aguas subterráneas, buscando responder a los efectos negativos de la sobreexplotación de acuíferos, en base a la propuesta del Programa 21 de la ONU referida a la protección del suministro de agua dulce. Además, esta técnica se utiliza para conservar o atenuar los impactos de las crecidas, almacenar y distribuir el agua y tratar las aguas residuales con proceso de tratamiento terciario.

La recarga por presión se puede realizar mediante una gran variedad de sistemas como galerías subterráneas, pozos abiertos de infiltración, pozos profundos, sondeos, sistemas ASR (Aquifer Storage Recovery) y ASTR (Aquifer Storage Transfer and Recovery) estos últimos diferenciados por utilizar el mismo sondeo de inyección para la recuperación del agua o un sondeo distinto al sondeo de inyección para la recuperación, respectivamente. Todos estos indistintamente emplean tuberías que penetran bajo el nivel piezométrico.
Para llevar a cabo su operación se debe considerar el tipo de agua a inyectar y las características del terreno donde serán sometidas (mediante análisis de presión se pueden recopilar los datos necesarios). En cuanto al tipo de agua se debe velar por su calidad haciendo uso de tratamientos que permitan eliminar sólidos suspendidos, oxígeno disuelto y microorganismos, ya sea por desbaste, desarenado, clarificación, filtración o tratamiento bacteriológico, entre otros.

Beneficios

Las principales ventajas que presentan estos métodos son la posibilidad de utilizarlos en áreas muy pequeñas donde se alcanzan grandes tasas de infiltración, en zonas en donde la superficie es de carácter impermeable y en áreas donde, en profundidad, existe alternancia de estratos permeables.
La infiltración de agua para recargar acuíferos también actúa como filtros de arena para tratar el agua almacenada, proporcionando por ende un tratamiento gratuito. Además, proporcionan un beneficio ambiental al evitar la descarga directa al medio. Socialmente genera gran aceptación y en materia de costos son económicos y poco agresivos en términos ambientales. Mejora la calidad de los recursos subterráneos (a través de los procesos suelo-acuífero, al incluir procesos físicos como la decantación y filtración de sólidos en suspensión, procesos químicos como la precipitación y procesos biológicos como la biodegradación. Funcionan como un almacén de agua y son vitales en el aumento de la sostenibilidad, debido a la reducción de riesgos económicos y sanitarios y en la reducción de la vulnerabilidad ante eventos climáticos adversos (sequía). Requieren menor superficie que la infiltración por gravedad y en lecho de río. Pueden ser utilizados en áreas muy pequeñas donde se alcanzan grandes tasas de infiltración, en zonas donde la superficie es de carácter impermeable y en áreas donde, en profundidad, existe alternancia de estratos permeables.

Infiltración para recarga de acuíferos por presión

Condiciones técnicas de operación

Es preciso realizar varios estudios para la aplicación de esta tecnología, además, se necesita un control durante el diseño y construcción, así como también planificar y llevar a cabo un programa de vigilancia y control ambiental para minimizar los riesgos e impactos previos a la construcción.

Existe el peligro de colmatar los acuíferos en las proximidades de los puntos de recarga si el agua utilizada en la recarga no es previamente tratada adecuadamente, por ejemplo, mediante decantación.

Se requiere periódicamente de labores de limpieza y mantención, lo cual supone considerar costos de operación.

En el caso de los pozos de inyección, estos sistemas requieren de mantención periódica y mediciones realizadas por personal especializado.

Existen estudios que indican que las aguas residuales provocan un incremento de presión subterránea capaz de generar derrumbes de formaciones rocosas a lo largo de las fallas.

Los pozos se pueden tapar debido a la mezcla de dos o más aguas incompatibles, lo cual se manifiesta en reacciones de iones que generan insolubilidad, hinchamiento de arcillas y aumento de presión.

Puede existir incompatibilidad entre el agua de inyección y el agua de formación o agua connata.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Permiten la recuperación de acuíferos agotados, sin embargo, el bajo conocimiento sobre sistemas subterráneos plantea alta incertidumbre en el manejo.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Permite aumentar el recurso hídrico.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Disminución de la posibilidad de inundaciones.
Conflicto: No se aprecian

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Largo plazo de implementación.
Estas soluciones deben cumplir las regulaciones específicas sobre recarga artificial y diversas otras relativas a derechos de aprovechamiento y obras, contenidas en la legislación de agua. La complejidad técnica de la normativa vigente para la obtención de los permisos requeridos por la legislación de aguas, y la limitación del conocimiento hidrogeológico disponible constituyen obstáculos prácticos para la implementación de la solución.

Casos de aplicación

Estas técnicas no sólo se practican en países con escasez hídrica para aumentar el recurso disponible (como Portugal, España o Grecia), sino que también está extendida en zonas donde la calidad del agua se puede mejorar a través de su paso por el subsuelo (como por ejemplo: Alemania y Finlandia).

En el caso de los pozos profundos existe amplia experiencia en los Países Bajos, mientras que los pozos abiertos de infiltración se han desarrollado en Arizona, Estados Unidos.

Se tiene experiencia de sistema ASR en Adelaida (Australia) y en Arizona (Estados Unidos), así como también en Sant Joan Despí de Aguas Barcelona quienes desde 1969 disponen de este sistema para inyectar agua potable a través de 13 pozos reversibles con capacidad de 75.000 m^3/día.

En Chile existe el “Concurso nacional de obras de acumulación e infiltración” basado en la Ley N° 18.450 de Fomento a la inversión privada en obras menores de riego y drenaje en Chile de la Comisión Nacional de Riego.

Costos referenciales

Los costos dependerán de la profundidad del acuífero, diámetro del la perforación del pozo y del número de pozos que se utilicen para la extracción y recarga del acuífero, entre otros factores.

En el caso de la Recarga del acuífero del Delta del Río Llobregat - ETAP Joan Despí (Aguas Barcelona) se utilizan 12 pozos.

Se considera 12 pozos de 100 metros de profundidad con bombas con capacidad para bombear en promedio 72,33 L/s.

Para una recarga de 75.000 m^3/día

CAPEX USD 6.000.000

OPEX 0,11 USD/m^3

Sitio de prueba de almacenamiento y recuperación de acuíferos de agua reciclada en Adelaide Plains, Australia. Fuente: CSIRO Science Image (https://www.scienceimage.csiro.au/pages/about/)

Información de contacto

Dirección General de Aguas- Oficinas Regionales
Centro de Información de Recursos Hídricos
http://www.dga.cl/dgaregiones/Paginas/default.aspx
Chile

Referencias y mayor información

Dirección General de Aguas. (2016). Guía metodológica para presentación de proyectos de recarga artificial. Disponible en URL: http://www.dga.cl/orientacionalpublico/guias/Guias%20para%20presentacion%20de%20solicitudes/Guia_Metodologica_para_presentacion_Proyectos_de_Recarga_Artificial_2016.pdf

Tragsatec. (s.f.). Tipologías de dispositivos de recarga artificial a nivel internacional. Grupo Tragsa. Disponible en URL: http://www.dina-mar.es/file.axd?file=2011%2F6%2F04-MJMO-TIPOLOGIAS.pdf

Dirección General de Aguas. (2014). Diagnóstico de metodología para la presentación y análisis de proyectos de recarga de acuíferos. Disponible en URL: http://documentos.dga.cl/Resumen_Ejecutivo%20RA_v0.pdf

Cortéz Salvo, F. (2012). Recarga artificial de acuíferos mediante pozos de infiltración . Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas . Disponible en URL: http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112265

Fernández Rubio, R. (2011). Introducción a la recarga artificial de acuíferos. Sembragua. Disponible en URL: http://sembraragua.blogspot.com/2011/06/introduccion-la-recarga-artificial-de.html

Izquierdo L., J., Vélez, R., Game C., C., & Gallegos O., R. (s.f.). Manual para el procesamiento de agua de inyección en un campo petrolero. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. Disponible en URL: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24526/1/Manual%20para%20el%20procesamiento%20de%20agua%20de%20inyecci%C3%B3n%20en%20un%20campo%20petrolero.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 65

Pavimentos permeables

Objetivo que aborda

Recargar Regular

Sector de aplicación

Medio Ambiente

Tipo de solución

Infraestructura

Escala

Residencial Procesos

Descripción

El pavimento permeable consiste en una mezcla de agregados gruesos con arena (presente en bajo contenido) y un cementante (que puede ser una mezcla bituminosa o cemento Portland), el cual permite lograr entre un 15 y 25% de vacío, consiguiendo la absorción de aproximadamente 120 a 300 L/m3 de agua, siendo una medida útil para su gestión.

Su construcción puede ser de manera continua o en bloques, ambas permitiendo la infiltración o retención de agua por parte de las capas subsuperficiales. Tanto la reutilización como la evacuación (infiltración) se evalúan según la capacidad de absorción del terreno.

Esta evaluación permite seleccionar el tipo de pavimento a emplear existiendo 2 posibilidades: pavimento drenante de infiltración o pavimento drenante de retención.

En el caso de la infiltración (ya sea directa o por transporte) cada una de las capas permeables de la tierra actúan como filtro reteniendo partículas de distintos tamaños, aceites y grasas. Su participación es especialmente relevante como medio directo de infiltración en aquellas zonas donde existe alto riesgo de colapso del alcantarillado.

Sus usos fundamentalmente se encuentran en accesos vehiculares, campos deportivos, veredas, estacionamientos de bajo tránsito y senderos de bicicletas, entre otros, y su vida útil se encuentra entre 20 y 30 años.

Beneficios

Sus capas actúan como filtro, reteniendo partículas de distintos tamaños, así como aceites y grasas, lo cual permite alcanzar una infiltración de agua más limpia.

Sólo requiere una leve compactación manual o con rodillo liviano de la tierra base.

Reduce los costos asociados a sistemas de drenaje y obras anexas (sistema de captación, recolección y conducción). Permite evitar inundaciones y recoge agua dulce para recanalizarla.

El agua captada puede ser utilizada, almacenada, conducida o infiltrada facilitando el drenaje urbano e impidiendo el colapso de las alcantarillas.

Evita la acumulación de contaminantes del agua a nivel de superficie. Permite la recarga de mantos acuíferos.

Permite reducir las áreas impermeables a nivel urbano, por lo cual se reduce la acumulación de calor y por ende el aumento de temperatura ambiental.

Condiciones técnicas de operación

No se permite la instalación del pavimento durante eventos de lluvia, ni con temperaturas ambientales inferiores a 5 °C o superiores a 30 °C. Su uso en el sistema de transporte está determinado según la cantidad de automóviles que lo transiten, ya que posee limitantes en cuanto al peso y la carga de vehículos livianos dada la menor compactación de la base dado por la alta porosidad del material la cual afecta la resistencia frente a la flexión por parte de este. La aplicación del producto requiere mano de obra especializada, se recomienda la colocación por un aplicador autorizado, una preparación del terreno previo a la aplicación del pavimento y estanques de almacenamiento para agua recolectada (en caso de no ser infiltrada).

Pavimentos permeables

Casos de aplicación

- Desde hace 40 años se emplea en Estados Unidos, Australia y Europa para evitar los escurrimientos fluviales en calles. El producto también ha funcionado bien en México aún con la limitante de que elevados niveles de tránsito requieren de altas resistencias al esfuerzo cortante, lo cual implica sacrificio de material por parte del pavimento.
- En Chile se ha utilizado para pavimentar calles en Villarrica.

Pavimento permeable en Villarrica, Chile. Fuente: Polpaico (https://www.polpaico.cl/wp-content/uploads/Ficha_3_HormiDREN.pdf)

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Favorece el manejo de las aguas lluvia bajo cualquier escenario, aun con pocas precipitaciones. Disminuye riesgo de inundaciones creando una ciudad esponja y volviendo a tener permeabilidad de los suelos en corto tiempo.

Impactos Sociales

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Aumenta la disponibilidad del recurso hídrico.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: No se aprecia.
Conflicto: No se aprecia.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se identifican condiciones que limiten o incentiven el uso de esta técnica, ya que su uso está en el ámbito de atribuciones de los propios municipios, servicios públicos responsables o de los propietarios, según el caso. Son soluciones de implementación inmediata.

Costos referenciales

El costo del producto HormiDREN de Polpaico está en torno a 7,9 UF el metro cúbico, el cual varía según lugar de envío y volumen de compra.

Información de contacto

Polpaico (Proveedor en Chile)
http://www.polpaico.cl/
Servicio de atención al cliente
600 620 6200
contacto@polpaico.cl

Referencias y mayor información

ChileCubica. (s.f.). Pavimentos Permeables. Disponible en URL: https://www.chilecubica.com/materiales/pavimentos-permeables/

Hiriart, E. (s.f.). Pavimentos Permeables. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Disponible en URL: http://imcyc.com/50/ponencia/IngHiriart.ppt

SOCODREN. (s.f.). ¡Nuevo Sistema de atenuación e infiltración de aguas ACO STORMBRIXX! Disponible en URL: http://www.socodren.com/nuevo-sistema-de-atenuacion-e-infiltracion-de-aguas-aco-stormbrixx/

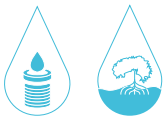
Polpaico. (2018). Hormigones HormiDREN. Disponible en URL:https://www.polpaico.cl/wp-content/uploads/Ficha_3_HormiDREN.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 66

Plazas de agua para recolección de agua lluvia

Objetivo que aborda



Recargar Conservar

Sector de aplicación

Medio Ambiente

Tipo de solución

Infraestructura

Escala

Residencial Proceso Industrial

Descripción

Las plazas de agua (en inglés Urban Water Squares) consisten en la construcción de plazas para contener el exceso de agua en situaciones de lluvias muy abundantes, las cuales se encuentran acondicionadas para que, en época seca, sean utilizadas para actividades de recreación. En otras palabras, es un estanque de concreto diseñado como un anfiteatro "hundido" donde se acumula el agua, quedando ahí por un tiempo para luego ser bombeada al sistema de captación de agua o cauces naturales.

Beneficios

En condiciones secas, cada una de estas "cuencas artificiales" de almacenamiento pueden ser utilizadas para una función diferente, debido a su estructura y llenado gradual, por ejemplo, se pueden construir canchas de basketball, fútbol, anfiteatros, juegos de niños, etc. por lo que genera no sólo una medida de contención a estas aguas sino que también contribuye a la comunidad un espacio cultural. Además, mejora la calidad de las aguas abiertas en entornos urbanos.

Condiciones técnicas de operación

Se necesita acondicionar la ciudad o el sector donde será utilizada para generar las pendientes necesarias para drenar el agua hacia este lugar.

Casos de Aplicación

- Plaza Bloemhofplein en Rotterdam, Rotonda Normal en Illinois, EEUU, y muchos otros proyectos en Europa y Estados Unidos.
- En Chile se está construyendo el Parque Víctor Jara en San Joaquín para evitar riesgo de inundación cuando el Zanjón de la Aguada no tenga capacidad para conducir aguas lluvias y para recreación en época seca. También están la Hondonada Río Viejo, el Área de Regulación del Barón de Juras en Reales en Santiago, el Parque Ramón Rada en Punta Arenas, parques implementados por la Dirección de Obras Hidráulicas.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio. Impactos positivos en zonas urbanas cuyas áreas de recarga natural han sido modificadas, sin embargo, pueden generarse condiciones de riesgo a la población por crecidas.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Evita daño al disminuir el riesgo de inundación.
Costo: Costo por adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminuye las pérdidas de aguas lluvias.
Conflicto: No se perciben.

Plazas de agua para recolección de agua lluvia

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se identifican condiciones que limiten o incentiven el uso de está técnicas, ya que su uso está en el ámbito de atribuciones de los propios municipios, servicios públicos responsables o de los propietarios, según el caso. Así, son soluciones de implementación inmediata.

Costos referenciales

La reconstrucción del Parque Inundable Víctor Jara de 4,7 kilómetros y 41 hectáreas de extensión desarrollado por el Ministerio de Obras Públicas requerirá una inversión de 53 millones de pesos chilenos (alrededor de 78.000 USD).

Información de contacto

Jaime Retamal Casanovas.
Proyectos de Aguas Lluvias
Dirección de Obras Hidráulicas
Chile

Rotonda de agua en Normal, Illinois, Estados Unidos. Fuente: Urban green-blue grids (https://www.urbangreenbluegrids.com/projects/normals-uptown-water-circle-waterrotonde-in-normal-illinois-us/)

Referencias y mayor información

Bokern, A. (2015). Water Squares in Rotterdam. Urbanisten. Disponible en URL:http://www.urbanisten.nl/wp/wp-content/uploads/publication_UB_Topos_2015.pdf

Martínez Gaete, C. (2018). Parque Inundable Víctor Jara: la nueva vida del maltraído Zanjón de la Aguada. El Definido. Disponible en URL: https://www.eldefinido.cl/actualidad/pais/9606/Parque-Inundable-Victor-Jara-la-nueva-vida-del-maltraido-Zanjon-de-la-Aguada/

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2005). Guia diseño especificaciones de elementos infraestructura de aguas lluvias. Disponible en URL: http://pavimentacion.metropolitana.minvu.cl/doc/mpall/Guia%20dis%20especif%20elementos%20inf%20aguas%20lluvias.pdf

Rotterdam Climate Initiative RCI. (2012). Water plaza Benthemplein Rotterdam. Disponible en URL: https://www.youtube.com/watch?v=kujf4BTL3pE&t=126s&ab_channel=RotterdamClimateInitiativeRCI

Groenblaw. 2011. Urban green blue grids. Disponible en URL: https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/water-squares/

Servicio de Vivienda y Urbanización-SERVIU Metropolitano. (2013). Capítulo 5.Diseño de aguas lluvias urbanos. Disponible en URL: http://pavimentacion.metropolitana.minvu.cl/doc/MPALl/mpall3docs/Cap%205%20Diseno%20elementos%20Urbanos%20de%20Infraestructura%20de%20Aguas%20Lluvias.pdf

Urbanisten. (s.f.). Water squares. Disponible en URL: http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=waterpleinen

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 67

Sistema tradicional de captación y almacenamiento de aguas lluvias (Cochas/Q'ochas/Tipishcas/Jagüeyes)

Objetivo que aborda

Recargar | Almacenar

Sector de aplicación

Agricultura | Agua Potable y saneamiento | Medio Ambiente

Tipo de solución

Ancestral | Infraestructura Verde

Escala

Cuenca | Proceso Industrial

Descripción

Sistemas ancestrales que consisten en depresiones sobre el terreno que permiten recolectar agua proveniente de escurrimientos superficiales para distintos fines durante épocas de sequía prolongada. Estas lagunas pueden ser utilizadas para recarga de acuíferos mediante la infiltración del agua en el terreno, aunque también pueden usarse para el almacenamiento, después de una compactación del suelo con materiales que impiden el escurrimiento subterráneo.
El ahorro de agua fue un aspecto central en las civilizaciones prehispánicas lo que hizo que ellos adquirieran conocimientos en la experiencia e implementación de medidas para cuidar el recurso hídrico. En Perú ancestralmente a este tipo de almacenamiento natural se le conoce como el nombre de Cochas o Tipishcas. Mientras que en Colombia, los Jagüeyes hacen referencia a este tipo de almacenamiento utilizado en la antigüedad y que perduran hasta el día de hoy.

Beneficios

Evita la pérdida inmediata del agua ya sea por infiltración, escorrentía o evaporación; ayuda además a la conservación del ecosistema para el desarrollo de biodiversidad.
Si se implementa de buena manera, permite tener agua disponible durante todo el año sopesando tiempos de sequía.
Al favorecer la captación, almacenamiento e infiltración del agua de lluvia, mejora con ello la oferta hídrica y los servicios ecosistémicos.

Condiciones técnicas de operación

Se requiere plantar árboles y vegetación a su alrededor para evitar la evaporación acelerada del recurso.
En el caso de almacenamiento de agua sin infiltración, se requiere oxigenar el agua para evitar riesgos de eutrofización.

Casos de Aplicación

- Este tipo de tecnología varía de nombre en cada cultura. Las más conocidas son las Q'ochas que se realizaban en microcuencas en Huacrahuacho (Cusco, Perú) y en Mollebamba (Apurímac) donde esta práctica ancestral fue potenciada con la mejora y elevación de diques en los vasos colectores para ampliar la capacidad de almacenamiento; con un adecuado manejo de las áreas tributarias con zanjas de infiltración, regeneración de pasturas naturales y forestación con especies nativas; y con la construcción de zanjas de recarga y aliviaderos, en sus partes bajas.
- También están los conocidos Jagüeyes en Malinalco, México, que les brindaba a los toltecas zonas de jardines y de cultivo de verduras para surtir de esos productos a Tenochtitlan.

Sistema tradicional de captación y almacenamiento de aguas lluvias (Cochas/Q'ochas/Tipishcas/Jagüeyes)

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Impacto positivo sobre ecosistemas superficiales y subterráneos. Se evita construcción de infraestructura gris para el desarrollo de sistemas de riego agrícola comunitaria. Es pertinente considerar una evaluación del área, para dar seguimiento a la evolución de la solución.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Mayor disponibilidad de agua.
Costo: Costos asociados a la adquisición de la nueva tecnología.
Externalidades: (+) Potencial aumento de la productividad agrícola.
Conflicto: Desconfianza en el sistema de riego por parte de los agricultores.

Jagüey. Fuente: Esteban Pérez, Wikimedia commons (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3c/EL_JAGUEY_EN_TIEMPO_DE_LLUVIA_-_panoramio.jpg)

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para la utilización de estas técnicas, sin embargo, usualmente, en el caso de pequeños propietarios y comunidades indígenas se requiere el apoyo de programas estatales (CONAF, CONADI, INDAP). Con esta consideración, eventualmente son soluciones de implementación inmediata.

Referencias y mayor información

PACC-Perú. (2014). Las Qochas Rústicas, una alternativa en los Andes para la siembra y cosecha de agua en un contexto de cambio climático. Ficha técnica I. Disponible en URL: http://www.paccperu.org.pe/publicaciones/pdf/134.pdf

López Servín, E. (2015). Los jagüeyes, alternativa para almacenar agua desde la época prehispánica. Obtenido de Cambio de Michoacán. Disponible en URL: http://www.cambiodemichoacan.com.mx/nota-254581

Machorro, J. (2015). Jagüeyes, la mejor opción para dotar de agua a comunidades. Obtenido de Mi Ambiente. Disponible en URL: http://www.miambiente.com.mx/general/jagueyes-la-mejor-opcion-para-dotar-de-agua-a-comunidades/

Ministerio del Ambiente de Perú. (s.f.). Las Qochas: sistemas de recargas de agua en microcuencas altoandinas. Disponible en URL: http://www.minam.gob.pe/glaciares/historia-inspiradoras/las-qochas-sistemas-de-recargas-de-agua-en-microcuencas-altoandinas/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 68

Sistema tradicional para recarga superficial de acuíferos (Amunas)

Objetivo que aborda

Almacenar Recargar

Sector de aplicación

Agricultura Medio Ambiente

Tipo de solución

Ancestral Infraestructura Verde

Escala

Cuenca Proceso Industrial

Descripción

Los incas practicaban técnicas de recarga superficial de acuíferos a través de canales que forman parte de un complejo sistema de irrigación que recorría lugares específicos de la cordillera de los Andes recogiendo agua de lluvia. Las amunas consisten en zanjas abiertas que siguen las curvas de nivel (canales amunadores) para conducir el agua de lluvia y deshielos desde las partes altas de la cuenca hacia reservorios, donde se recibe el agua y luego se filtra en la montaña a través de superficies fracturadas, porosas y rocosas, para surgir, aguas abajo, como afloramientos meses después, en épocas donde no hay lluvias y el estiaje es más marcado en la cuenca. Otra manera también, es captando aguas de ríos o arroyos conduciendo esa agua a suelos permeables.

Beneficios

Este sistema permite alimentar, gradual e ininterrumpidamente, los manantiales existentes aguas abajo y disponer de este recurso durante meses de sequía (época de estiaje), justo al comenzar la siembra. El agua almacenada en los reservorios se puede destinar a crianza de animales, al consumo doméstico y otros servicios.

Condiciones técnicas de operación

Es necesario identificar previamente aquellas zonas donde hay rocas fisuradas o fracturadas de la montaña para conducir el agua hasta allí infiltrándola para aflorar en cotas más bajas.

Es indispensable la existencia de la comunidad para esta infraestructura, pues constituye un factor fundamental para el trabajo, tanto en el aspecto físico como de organización de este proceso de siembra, cosecha, conducción e infiltración del agua lluvia en la montaña, para recargar “humanamente” los acuíferos.

Casos de Aplicación

En San Andrés de Tupicocha, en la provincia de Huarochirí, Perú, existe una extensa red de acequias o amunas que han sido estudiadas como métodos para recargar acuíferos en los Andes. Las poblaciones actuales en áreas rurales continúan utilizando esta práctica.

Sistema tradicional para recarga superficial de acuíferos (Amunas)

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio. Modificación de cauces o lagunas andinas. Si la aplicación de la práctica se mantiene de forma ancestral y se restringe a aquellas zonas con características aptas el impacto es bajo. Debe ser evaluado respecto de la pertinencia local y cultural.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Disponibilidad de agua en tiempos de sequía.
Costo: Implementación de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminuye la cantidad de aguas lluvias que escurren en superficie.
Conflicto: Comunidades pueden verse afectada por el encausamiento de las aguas hacia otros sectores geográficos.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación. No existen limitaciones para la utilización de estas técnicas, sin embargo, usualmente, en el caso de pequeños propietarios y comunidades indígenas se requiere el apoyo de programas estatales (CONAF, CONADI, INDAP). Con esta consideración, eventualmente son soluciones de implementación inmediata.

Amuna en Perú.
Fuente: Blog hidráulica Inca (https://hidraulicainca.com)

Referencias y mayor información

Morán, L., Hilborn, P., Villanueva, P. (s.f.) Inventario de tecnologías en manejo de agua para la agricultura familiar. Las “Amunas” para siembra y cosecha de agua. Huarochirí, Perú. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura -IICA. Disponible en URL: http://giaaf.pe.iica.int/getattachment/a43f2d7a-a683-4079-92b5-c9087e6c3699/las-amunas-siembra-cosecha-agua-Huarochiri.aspx

Alencastre Calderón, A. (s.f.). Las amunas. Siembra y cosecha del agua. Leisa. Revista de Agroecología, 28(1). Disponible en URL: http://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-28-numero-1/893-las-amunas-siembra-y-cosecha-del-agua

Aquafondo. (2016). Recuperación de Amunas en San Pedro de Casta. Disponible en URL: https://aquafondo.org.pe/amunas_san_pedro_casta/

Hidráulica Inca. (s.f.). Sistema hidráulico Amunas. Disponible en URL: https://hidraulicainca.com/lima/sistema-hidraulico-amunas/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 69

Bordos superficiales para disminuir la escorrentía (Jollas)

Objetivo que aborda

Almacenar Recargar

Sector de aplicación

Agricultura Medio Ambiente

Tipo de solución

Ancestral Infraestructura Verde

Escala

Cuenca Proceso Industrial

Descripción

Son barreras relativamente bajas que se construyen con piedras siguiendo curvas a nivel, que permiten reducir la velocidad de escorrentía y evitar la erosión de los suelos, especialmente en laderas. Se utilizan fundamentalmente cuando las laderas tienen pendiente fuerte y hay un nivel de erosión que no permite excavaciones para zanjas. La distancia entre una barrera y otra depende del porcentaje de pendiente y del tipo de suelo.

Beneficios

El mantenimiento es básico y consiste principalmente en que una vez que el suelo se acumula a la altura del muro, se hace necesario aumentar su tamaño.
Permiten contener el escurrimiento del agua lluvia, evitando la erosión del suelo y promoviendo su infiltración, logrando que la humedad se mantenga en el suelo.
El sistema de producción de bordos cumple funciones medioambientales. Permite la regeneración de acuíferos, flora y fauna local y regional.

Condiciones técnicas de operación

En sectores muy húmedos no son recomendables ya que se corre el riesgo de "encharcamiento" sobre todo en suelos de baja infiltración. Se requiere un estudio topográfico del terreno. En algunos casos para su construcción se necesitan profesionales. En especial en los bordos, que tienen que ser protegidos por una cubierta vegetal perenne o porque pierde altura o anchura.

En las jollas la falta o disminución de lluvia hace que el suelo se seque al no haber renovación de humedad. Requieren mantenimiento.

Casos de Aplicación

Los bordos son una técnica muy utilizada en la agricultura para retener la humedad en el suelo y conducir el riego por el cultivo. La versión ancestral se implementa con piedras siguiendo la pendiente y se utiliza comúnmente en países como México.

Bordos superficiales para disminuir la escorrentía (Jollas)

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Impacto positivo en lo ambiental, dado que ofrece solución a la infiltración de suelos, y minimiza erosión por arrastre de sedimentos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminuye la erosión de los suelos.
Costo: costos asociados a la inversión de la implementación de la tecnología.
Externalidades: (+) Posibilidad de canalizar agua a sectores agrícolas aumentando la potencialidad de producción de suelos.
Conflicto: No se perciben.

Condiciones Legales e Institucionales

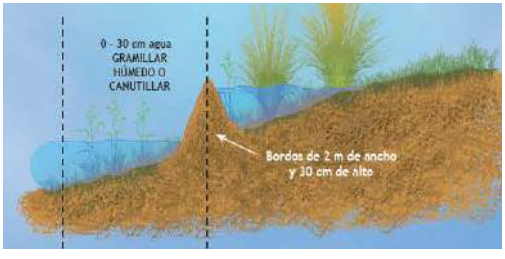
Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para la utilización de estas técnicas, sin embargo, usualmente, en el caso de pequeños propietarios y comunidades indígenas se requiere el apoyo de programas estatales (CONAF, CONADI, INDAP). Con esta consideración, eventualmente son soluciones de implementación inmediata.

Referencias y mayor información

Naciones Unidas México. Fondo para el logro de los ODM (s.f.). Cultura y manejo adecuado del agua. Disponible en URL:
http://www.cinu.mx/minisitio/Programa_Conjunto_Agua/ManualCulturaAguaAprove_AguaLluvia.pdf

Aiello, F. (2012) Manejo del agua superficial: una práctica eficiente para la retención y empleo del agua con fines productivos y conservacionistas en pastizales Buenos Aires: Aves Argentinas Aop; Fund. Vida Silvestre Argentina. Disponible en URL:
https://ced.agro.uba.ar/ubatic/sites/default/files/files/cartillas/3.manejo_del_agua_superficial.pdf

Sist. de Integración Centroamericano de Tec. .(s.f.). Obras de conservación de suelo y agua en ladera. Disponible en URL: de http://repiica.iica.int/docs/b3470e/b3470e.pdf



Dibujo esquemático de un bordo de 30 cm de altura y un ancho de 2 m. Fuente: Fundación Vida Silvestre - Argentina, 2012.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 70

Zanjas de infiltración para recolección y almacenamiento de agua lluvia

Objetivo que aborda

Almacenar Recargar

Sector de aplicación

Medio Ambiente

Tipo de solución

Ancestral

Escala

Proceso Industrial Cuenca

Descripción

Obra de recuperación de suelos, manual o mecanizada, diseñada y construida para capturar la escorrentía superficial, favorecer la infiltración del agua en el suelo y proporcionar humedad a las plantas establecidas en los bordes de ellas. Se construye transversalmente a la pendiente, en la curva de nivel y su uso fundamentalmente es en zonas de baja precipitación.
Para un adecuado aprovechamiento de las aguas en la parte superior e inferior, de ellas, se deben plantar especies vegetales herbáceas, idealmente perennes, o plantas arbustivas, que sirvan como barreras vivas. Los materiales para su construcción son simples (Nivel tipo A para el trazado de la línea de ubicación, palas y picotas, lienza y estacas para trazar la zanja).

Beneficios

Evitan el efecto de arrastre mecánico del agua lluvia que puede afectar cultivos en crecimiento.
Ayuda a detener el agua, tierra y materia orgánica, establecer la vegetación, controlar la pérdida de suelos y sobretodo infiltrar agua a la tierra.
Permite recuperar la fertilidad de los suelos.

Condiciones técnicas de operación

Requiere de mantenimiento permanente, especialmente cuando la zanja se haya llenado de agua en un evento de lluvias. Se debe evitar el paso de ganado (para no derrumbar los bordes de la zanja o que entren en ella). No es posible realizar cuando los terrenos están totalmente erosionados hasta la capa de la roca madre.
Se debe considerar que con mayor inclinación de la ladera, más rápido y mayor cantidad de agua escurrirá, por lo tanto se deben instalar más próximas unas de otras para que sean lo suficientemente eficientes en su objetivo final.
Se debe valorar también el tipo de terreno el cual también influye en la distancia entre las zanjas.

Casos de Aplicación

En Bolivia, el proyecto JALDA en la ciudad de Sucre, promocionó las zanjas de infiltración como una técnica de conservación de aguas y suelos para laderas descubiertas de vegetación.

Zanjas de infiltración para recolección y almacenamiento de agua lluvia

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Produce modificación de suelos y pendientes, y eventualmente el curso natural de las aguas. Sin embargo, ofrece solución a la infiltración de agua de forma natural. Favorece la presencia de tipos vegetales, deberían priorizarse nativos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Mayor infiltración de agua en el suelo.
Costo: Costos asociados a la inversión de las zanjas de infiltración.
Externalidades: (+) Aumenta la humedad de las plantas en los alrededores de la intervención.
Conflicto: No se perciben.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para la utilización de estas técnicas, sin embargo, usualmente, en el caso de pequeños propietarios y comunidades indígenas se requiere de apoyo de programas estatales (CONAF, CONADI, INDAP). Con esta consideración, eventualmente son soluciones de implementación inmediata.

Referencias y mayor información

Jorge, C., & David, M. (s.f.). Ficha Técnica 05. Técnicas de conservación de suelos y aguas. Zanjas de infiltración. Disponible en URL: http://www.inia.cl/fichas-tecnicas-y-videos/aguas-lluvia/

Pizarro Tapia, R., Flores Villanelo, J., Sangüesa Pool, C., & Martínez Araya, E. (2004). Monografías Zanjas de Infiltración. Talca. Disponible en URL: http://ctha.utalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/libros/Zanjas.pdf

Proyecto JALDA (s.f.). Manual de técnicas participativas. Guías y manuales, documento 10. Disponible en URL: http://www.iirsa.org/admin_iirsa_web/uploads/documents/ease_taller08_m6_anexo2.pdf

Funcionamiento de las zanjas de infiltración después de la caída de lluvias. Fuente U. de Talca, 2004

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 71

Jardines de lluvia para recolección de agua de escorrentía

Objetivo que aborda

Captar Recargar

Sector de aplicación

Áreas Verdes Medio Ambiente

Tipo de solución

Infraestructura Verde Ancestral

Escala

Residencial

Descripción

Los Jardines de Lluvia son áreas depresionales con flores perennes y vegetación nativa que permiten la bioretención e infiltración de agua de lluvia. Están estratégicamente ubicados para capturar la escorrentía proveniente de superficies impermeables (como techos y carreteras) permitiendo la infiltración de la misma en lugar de su escurrimiento hacia drenajes pluviales.
Están diseñados específicamente para soportar altas cantidades de lluvia (y la escorrentía de la misma), así como también altas concentraciones de nutrientes. La selección de las plantas está basada en la necesidad de luz, humedad y suelo, factores que pueden influir en la estructura, altura y el color de inflorescencia de las mismas; sin embargo, se recomienda mayoritariamente el uso de plantas nativas.
Para su instalación, se considera que la profundidad idónea está entre los 15 - 23 centímetros, superficie capaz de proporcionar suficiente área para asegurar la infiltración rápida y evitar la acumulación, con una mezcla de materiales entorno a 50% de arena, 30% de compost y 20% de subsuelo. En cuanto al tamaño del jardín, éste debiese estar entre el 7 y 20% del tamaño de las superficies impermeables que generan la escorrentía.
Esta agua recolectada puede ser aprovechada de manera instantánea (en plantas) o bien almacenada.

Beneficios

Permiten disminuir la escorrentía de aguas pluviales en el sistema y reducir la carga contaminante. Facilitan la infiltración de agua, mejorando la recarga de agua subterránea.
Ayudan a nivel urbano a mitigar las inundaciones y desbordamientos de alcantarillas, además de proteger la calidad del agua y a su vez proporcionan un atractivo paisaje visual dada la vegetación vinculada. Permite ahorrar y almacenar agua para fines de riego.

Condiciones técnicas de operación

Requiere un riego inicial en la primera temporada para permitir que las plantas afirmen su raíz. Una vez establecidas éstas prosperarán sin riego adicional.

Se debe considerar el retiro de malas hierbas con regularidad durante los primeros dos o tres años, así como la necesidad de contar con tierra de hojas o compost de vez en cuando dependiendo de la calidad del suelo, lo cual sumado a un proceso de aireación evitará la compactación del mismo.

Casos de aplicación

El programa Jardines de Aguas Lluvias en Tucson, Estados Unidos permitió convertir un barrio desértico en un oasis verde. La zona está ubicada en el desierto donde las precipitaciones alcanzan los 30 cm al año, pero que durante periodos de lluvia provoca inundaciones frecuentes. Estas últimas se mitigaron mediante la instalación de plantas con alta capacidad

absorbente y revitalizantes de la tierra. Igual objetivo se ha logrado en distintos países del mundo, destacando por sobre todo Estados Unidos, Puerto Rico y Uruguay.

Fuente: Jardín de lluvia en Tucson, Arizona (https://watershedmg.org/services/home/rain-garden)

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Impacto positivo en áreas desprovistas de sistemas de infiltración, creando amortiguadores de crecidas en áreas urbanas. Debe ser considerado complementario a la recarga natural de acuíferos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Disminución de las escorrentías de aguas fluviales. Aumenta la disponibilidad del recurso hídrico al liberar agua para riego.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Facilita la infiltración de agua.
(+) Disminuye la probabilidad de inundación.
Conflicto: No se aprecia.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se identifican condiciones que limiten o incentiven el uso de estas técnicas, ya que su uso está en el ámbito de atribuciones de los propios municipios, servicios públicos responsables o de los propietarios, según el caso. Así, son soluciones de implementación inmediata.

Costos referenciales

Los costos de implementación de un jardín de lluvia a nivel residencial son los mismos que de un jardín tradicional, los cuales pueden estar entre 20.000-50.000 Pesos chilenos el metro cuadrado (3-5 USD/pie cuadrado).
Fuente: Raingarden Alliance.

Información de contacto

Tetra tech (Proveedor en Chile)
contacto-chile@tetratech.com
www.tetratech.cl

Joaquín Murrieta (Información)
Watershed Management Group Arizona, EEUU
jmurrieta@watershedmg.org

Referencias y mayor información

EcoInventos. (2019). Los jardines de lluvia convierten un barrio desértico de Tucson en un oasis verde. Disponible en URL: https://ecoinventos.com/jardines-de-lluvia-dunbar-spring/

Natural Resources Conservation Service. (2011). Los Jardines de Lluvia absorben agua de lluvias, capturan las escorrentías. Disponible en URL: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_011368.pdf

Lancaster, B. (2014). Revised Multi-Use Rain-Garden Lists for Tucson, Arizona (and a template for anywhere else). Disponible en URL: https://www.harvestingrainwater.com/2014/07/12/revised-multi-use-rain-garden-lists-for-tucson-arizona-and-a-template-for-anywhere-else/

TetraTech. (s.f.). Jardines artificiales de lluvia para avenida. Disponible en URL: http://www.tetratech.com/es/projects/jardines-artificiales-de-lluvia-para-avenida-de-michigan

EFICIENCIA Y USO ESTRATÉGICO DEL RECURSO HÍDRICO

- Optimización de la conducción, almacenamiento y distribución
- Optimización del uso de agua
- Cambio de proceso
- Tecnificación y automatización

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 72

Red de alcantarillado al vacío

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Agua Potable y saneamiento

Servicios

Tipo de solución

Tecnología

Infraestructura

Escala

Cuenca

Proceso Industrial

Descripción

El sistema está compuesto por cámaras domiciliarias que pueden recibir a una o más viviendas, conectadas a una cañería en presión negativa mediante una válvula normalmente cerrada.

Al llenarse el volumen (relativamente reducido) en esa cámara, se abre la válvula permitiendo que el agua sea extraída por diferencia de presiones y transportada hasta la estación central de vacío la que, a su vez, entrega periódicamente al colector de descarga.

Generalmente, la red de vacío se diseña radialmente a la estación de vacío (estación donde se genera el vacío y se recogen las aguas residuales), pudiendo alcanzar en total grandes distancias, hasta 5 km en terreno plano, y velocidades entre 4 y 6 m/s.

Beneficios

Entre las ventajas que tiene esta tecnología es su aplicabilidad en lugares donde es prácticamente imposible la instalación de otro sistema, como los siguientes casos.

- Saneamiento de zonas en base a palafitos como Caleta Tortel (XI Región).
- Localidades que se desarrollan en acantilados como Isla Toto (XI Región).
- Localidades que se desarrollan sobre suelos sin capacidad de soporte como en Puerto Gaviota (XI Región).

Por su propia estructura el sistema no recibe aporte de aguas lluvia, de alta importancia en localidades de la zona Sur del país.

En condición de instalación en suelos colapsables, lo que otorga su viabilidad es la estanqueidad de la cañería, por lo que el sistema de vacío es tan aplicable como un sistema tradicional. Por otro lado, en suelos rocosos o con napa alta, la ventaja consiste en la poca profundidad de la instalación.

A lograr grandes velocidades de flujo, el sistema se considera auto-limpiante y, en comparación al tradicional, mucho más eficaz

Condiciones técnicas de operación

En el alcance y campo de aplicación, la norma limita su uso a:

- Terrenos que tengan limitada la descarga gravitacional a puntos con factibilidad técnica de servicio de alcantarillado.
- Suelos colapsables (suelos salinos de estructura colapsable; suelos arenosos y otros similares).
- Terrenos con nivel freático a poca profundidad.
- Suelos rocosos
- Otra situación debidamente justificada ante la Autoridad Estatal Competente y aprobada por ésta.

A estas condiciones se debe agregar que el sistema no colecta aguas lluvias ni puede por limitación de la norma recibir otro alcantarillado si no es del mismo tipo. No se puede usar cañerías con unión elastomérica ni con adhesivo. El diámetro mínimo es de 90 mm.

Red de alcantarillado al vacío

Casos de Aplicación

Construcción Red de Alcantarillado Sector Las Vegas Llay Llay, Chile.

Costos aproximados

Costos extraídos del presupuesto de la Construcción Red de Alcantarillado Sector Las Vegas Llay Llay por Montec S.A.

Valores UF y Dólar del 30/11/2018

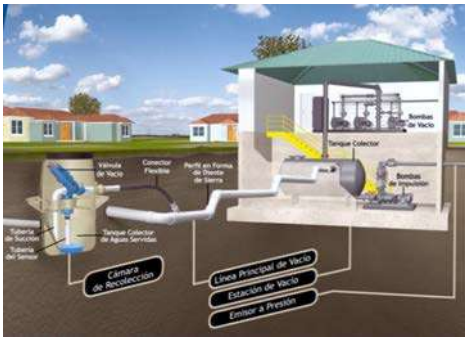
Uniones Domiciliarias: 306
Caudal medio de diseño estación de vacío: 2,13 L/s

Costos Alcantarillado Vacío
CAPEX: USD 1.913.968
OPEX: 0,17 USD/ m^3 (excluyendo Operador y Administración)

Fuente: Valorización KRISOL, 2019.

Información de contacto

MONTAJES INDUSTRIALES MONTEC L - Casa Matriz
http://www.montec.cl/
Chile



Fuente: Diagrama ilustrativo del sistema de alcantarillado al vacío (http://www.manantial.cl/detalle/productos/alcantarillados-y-bombeo/sistemas-de-alcantarillado-en-vacio/20/alcantarillado-por-vacio-airvac)

Referencias y mayor información

Airvac. (2001). About us. Disponible en URL: http://www.airvac.net/homepage.htm

Galindo, B. (2016). Las ventajas del alcantarillado por vacío frente al alcantarillado por gravedad. Página web AguasResiduales.info. Disponible en URL: https://www.aguasresiduales.info/expertos/tribuna-opinion/las-ventajas-del-alcantarillado-por-vacio-qNus5

Jara, C.(2018).Alcantarillado al vacío: Innovación sanitaria para Tortel. Revista En Concreto. Disponible en URL: http://www.revistaenconcreto.cl/grandes-proyectos-cchc/alcantarillado-al-vacio-sanitaria-tortel/

Montec. (2004). Esval saneamiento San Antonio. Disponible en URL: http://www.montec.cl/?page_id=892&lang=en

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 73

Conducción cerrada de agua

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Industria | Minería | Agricultura | Agua Potable y saneamiento

Tipo de solución

Infraestructura

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Para conducir de forma cerrada grandes caudales de agua se pueden utilizar tuberías o cañerías, en cuyo caso hacen el mismo papel que los canales abiertos y los acueductos. Una tubería es un conducto cilíndrico, generalmente hueco, sin costuras y sirve para conectar, distribuir, unir partes iguales, ya sea del mismo o de otro material. Su geometría permite un movimiento simétrico de los flujos.

Las tuberías generalmente se conectan a una red de distribución, recolección o red interior mediante accesorios, conexiones o componentes. Existen de múltiples tamaños, los cuales varían desde 6 mm (1/8 de pulgada) a 6 m de diámetro.

Los materiales más usados son: hormigón armado, fundición de hierro, acero, fibrocemento y plástico. Para decidir cual tipo de tubería o cañería se debe usar en una conducción larga por gravedad, debe considerarse la capacidad hidráulica, la duración, el costo de mantenimiento y el costo inicial. Además, de debe tener en cuenta la clase de agua que se conducirá y sus posibles efectos corrosivos sobre el material del tubo, que quizás, podrá producir una serie reducción en su vida útil.

Beneficios

La conducción cerrada evita la contaminación del agua con residuos orgánicos o basura. Adicionalmente, no hay pérdidas de agua por evaporación, por infiltraciones y por vegetación circundante.

Existe una gran variedad de tuberías en el mercado, además, se pueden unir con facilidad y con esto construir kilómetros de redes. Se encuentran numerosas técnicas para la mantención, reparación y revestimiento de ellas.

En el caso de las tuberías de polietileno, poseen cierto grado de elasticidad (permite pequeñas curvaturas) y resistencia química, su densidad es baja (0,9 a 1,0 g/cm^3), y se pueden utilizar para conducciones de grandes caudales ya que se fabrica en diámetros de hasta 3 metros. Las tuberías de PVC tienen una densidad aproximada entre 1,3 a 1,4 g/cm^3 siendo una ventaja importante su facilidad de instalación. Las tuberías de concreto tienen alta resistencia para soportar la fuerza exterior, en comparación a las tuberías de polietileno y PVC.

Conducción cerrada de agua

Condiciones técnicas de operación

La vida útil varía según el material de la tubería y el fluido que pasa por ella.
En el mercado se pueden encontrar tuberías de 6 mm (1/8 de pulgada) hasta 6 m de diámetro. En el caso de las tuberías de polietileno su costo de instalación es elevado ya que requiere de un proceso especial para unir los tubos (termosellado). Las tuberías de PVC se utilizan preferentemente bajo tierra, ya que tienen menor resistencia a la radiación solar y a los golpes a diferencia del polietileno. Por otra parte, las tuberías de concreto son de difícil instalación, requiriendo maquinaria especializada ya que son elementos bastante pesados, por lo mismo su costo es elevado. Unir tuberías de concreto es muy complicado por lo que se requiere personal especializado, siendo una desventaja su utilización si se quiere ocupar para conducciones de grandes caudales.

Casos de Aplicación

Las tuberías cerradas son una tecnología ampliamente usada en las redes subterráneas de agua potable y alcantarillado.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
La medida está centrada en el perfeccionamiento de tecnología para vida útil de equipos. Desde el punto de vista de la instalación no se evalúa impactos negativos. Impacto positivo de la medida para el mejor desempeño del uso de agua.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Optimización de los costos de agua.
Costo: Asociado a la inversión y mantención de las tuberías.
Externalidades: (-) Eventuales desechos que contaminan el medio ambiente.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Según el caso, existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el corto plazo.

Información de contacto

Vinilit (Proveedor)
www.vinilit.cl
Chile

Referencias y mayor información

Arconi. (s.f.). Tubería y accesorios para la conducción de fluidos corrosivos en la industria química. Disponible en URL: http://arconicompany.com/es/tuberia-y-accesorios-para-la-conduccion-de-fluidos-corrosivos-en-la-industria-quimica/

Associated Tube Group. (s.f.). Tubos de diámetro pequeño. Disponible en URL: http://www.associatedtube.com/es/productos/Pages/tubos-pequeno.aspx

Ferrosplanes. (09 de septiembre de 2017). El tubo y la tubería: ¿cuáles son sus diferencias? Disponible en URL: https://ferrosplanes.com/tubo-tuberia-diferencias/

Formisano, B. (29 de julio de 2017). Tipos de materiales de tuberías domésticas. Disponible en URL: https://www.aboutespanol.com/tipos-de-materiales-de-tuberias-domesticas-2886412

Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (2000). Estudio económico de distintos tipos de conducción de agua. Minsiterio de Agricultura, Boletín Técnico INIA. Disponible en URL: http://www.inia.cl/wp-content/uploads/Boletines/NR26110.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 74

Sistema de conducción de agua con energías renovables

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

Una línea de conducción está constituida por una tubería y/o canales que conducen agua desde la obra de captación, hasta el tanque de almacenamiento o red de distribución y válvulas integradas a ella. Existen sistemas de conducción por gravedad o sistemas de conducción por bombeo. El primero, no requiere el aporte de energías externas para su funcionamiento, sin embargo, este tipo de conducción necesita que la fuente de agua o captación se encuentre a mayor altura respecto a los sitios de uso y así aprovechar los desniveles naturales del terreno para conducir el agua.

En cambio, en los sistemas de conducción por bombeo es necesario adicionar energía para obtener la carga dinámica. Este tipo de conducción se usa generalmente cuando la elevación del agua en fuentes de abastecimiento es menor a la altura piezométrica que requiere en el punto de entrega. El equipo de bombeo proporciona la energía necesaria para lograr el trasporte de agua.

El sistema de bombeo puede ser tradicional o con energías renovables no convencionales, el primero se puede llevar a cabo con un sistema eléctrico o un sistema de combustión interna mientras que el segundo de ellos se desarrolla mayoritariamente con energía solar, pero también se puede llevar a cabo con energía eólica en lugares cercanos a la costa. El bombeo con energía solar se puede proyectar en grandes distancias como también en bombeo de predios o cisternas.

Beneficios

La cantidad de agua distribuida se puede establecer según la demanda existente de esta forma no se sobreexplota la fuente de almacenamiento. Favorece una mejor disponibilidad de agua en lugares de escasez hídrica. Además, el sistema de bombeo con energías renovables no convencionales es más económico que el con energías tradicionales, sin embargo, los sistemas de distribución pueden utilizar métodos de bombeo combinados.

Condiciones técnicas de operación

Se requieren estudios de caudal, de pendientes y desniveles del terreno. Además, se deben realizar análisis de distancias o longitudes entre los distintos puntos del sistema y una evaluación de la oferta y de la demanda para dimensionar el sistema y los equipos de bombeo. La energía renovable no convencional es variable según condiciones climáticas.

Casos de Aplicación

Esta tecnología se utiliza en el Proyecto Espejo de Tarapacá (empresa Valhalla), en la región de Tarapacá, el cual consiste en una central hidráulica de bombeo de 300 MW que opera con agua de mar, ubicada aproximadamente a 100 km al sur de Iquique. Durante el día llevará agua de mar a la parte superior de un farellón costero utilizando energía solar. Durante la noche dejará caer esa agua para generar energía limpia.

Sistema de conducción de agua con energías renovables

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto. Solución referida al uso de ERNC. No a eficiencia del agua, ni monitoreo. Impacto positivo en relación al uso de energías renovables

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución del uso de energía convencionales.
Costos: Adquisición de la tecnología.
Externalidades: No se aprecia.
Conflicto: No se aprecia.

Parque solar. Fuente: (https://www.flickr.com/photos/jumanjisolar/5410199428)

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación. Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el corto plazo.

Información de contacto

Heliplast (Proveedor)
www.heliplast.cl
Chile

Referencias y mayor información

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2013). Sistemas de conducción de agua para la gestión altoandina. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Disponible en URL: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ipafnoa_manual_sist__conduc__agua_regin_altoandi.pdf

Organización Panamericana de la Salud. (2005). Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable. Lima. Disponible en URL: http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/161esp-diseno-estbombeo.pdf

Valhalla. (s.f.). Proyecto Espejo de Tarapacá. Disponible en URL: http://valhalla.cl/es/espejo-de-tarapaca/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 75

Mejoramiento y reconstrucción de canales de regadío para evitar pérdidas por infiltración

Objetivo que aborda: Optimizar

Sector de aplicación: Agricultura

Tipo de solución: Tecnología, Gestión

Escala: Cuenca, Proceso Industrial

Descripción

Consiste en la reparación y rehabilitación de canales de regadío con el fin de evitar la infiltración en el terreno y así, mejorar la eficiencia y recuperar capacidad de riego que se perdía por el escaso o mal mantenimiento del sistema. El mejoramiento puede realizarse en distintos materiales con distintas eficiencias y distintos costos: geotextiles, geomantas, mampostería, concreto, mortero, mantos permanentes (tipo Terratrac TRM), gaviones y otros. Además del revestimiento, esta medida puede estar acompañada de la instalación de compuertas automatizadas y un sistema de monitoreo con telemetría (ver ficha Nº 96). En algunos casos una inversión inicial menor puede significar un mayor mantenimiento o necesidad de recambio en menor tiempo.

Beneficios

Al realizar esta mejora y reconstrucción se disminuirían las pérdidas por infiltración, generaría un aumento en el caudal para la producción agrícola, logrando recuperar la productividad y el aumento de la calidad de la fruta. Además, el revestimiento reduce y homogeneiza la rugosidad, con ello las dimensiones de la sección transversal y los volúmenes de excavación.

Condiciones técnicas de operación

Es necesario, para que este método sea efectivo, realizar un levantamiento topográfico del terreno a intervenir. Se requiere capacitación técnica para el dimensionamiento y diseño del sistema, además de la construcción.

Casos de Aplicación

El Ministerio de Agricultura a través de la Comisión Nacional de Riego y el INDAP cuenta con la Ley Nº18.450 de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje además de un programa de apoyo al mejoramiento de la red de regadío en la agricultura familiar y campesina, que considera el mejoramiento de la red de canales y regadío. Estos fondos son otorgados en base a un concurso público. Algunos proyectos son el Proyecto Collahuasi en canales de regadío de Pica, canal Laja-Diguillín en la comuna Tucapel en región del Biobío, canal de riego el Rosal en Cauquenes, región del Maule.

Mejoramiento y reconstrucción de canales de regadío para evitar pérdidas por infiltración

Inauguración revestimiento canal de riego en Cauquenes, Fuente: Ministerio de Agricultura de Chile (https://www.flickr.com/photos/minagri/34024115082)

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo alto.
Esta es una solución que obedece exclusivamente a la productividad agrícola. Impacto ambiental negativo, por pérdida de infiltración, alteración de cauces naturales, modificación de cuenca hidrográfica y paisaje aguas abajo, pérdida de características edafológicas, efectos acumulativos y sinérgicos a nivel de sitio.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Daño evitado al disminuir el riesgo de inundación.
Costo: Inversión necesaria para reconstrucción de canales de regadío.
Externalidades: (+) El disminuir las pérdidas de aguas lluvias al ser acumuladas.
Conflicto: No se perciben.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Según el caso, existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el corto plazo. Cuando se trata de iniciativas financiadas con fondos públicos pudieran requerir un plazo mediano.

Información de contacto

Luis Gurovich
G&A consultores, AGRYD
lgurovic@gmail.com

Referencias y mayor información

CNR. Bases del concurso: Ley de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje. Disponible en URL: https://www.cnr.gob.cl/agricultores/concursos-de-riego-y-drenaje/bases-de-concurso/

López-Olivari, R. 2016. Manejo y uso eficiente del agua de riego intrapredial para el sur de chile. Concepto y consideraciones básicas en métodos y programación de riego para optimizar el recurso hídrico. Eds. Ministerio de Agricultura, INIA. Disponible en URL: http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40569.pdf

Collahuasi. 2010. Impactos. Disponible en URL: http://www.collahuasi.cl/wp-content/uploads/2016/05/info_sustentable10.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2002. Agua y cultivos. Logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. Disponible en URL: http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/docs/cropsdrops_s.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 76

Manta de hormigón impermeable para la pérdida por infiltración en el terreno

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Industria | Minería | Agricultura | Agua Potable y saneamiento

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Es un tipo de geomembrana que consiste en un tejido flexible impregnado de hormigón que se endurece al hidratarse, formando una delgada capa de hormigón impermeable, que está compuesta de una matriz de fibras tridimensionales que contiene una mezcla de hormigón en seco de formulación y una capa de PVC en una de sus caras. Para su instalación basta con colocarla y mojarla con agua.

Beneficios

La manta de hormigón permite impermeabilizar sin necesidad de utilizar maquinaria de mezcla o de instalación. Además, es resistente a los productos químicos, sales, condiciones ácidas y alcalinas e hidrocarburos entre otros, soporta bien los efectos de la intemperie y no se deteriora por exposición a la luz ultravioleta.
Esta manta puede colocarse a una velocidad de 200 m^2/h, es decir, hasta 10 veces más rápido que las soluciones de hormigonado convencional.
El refuerzo de fibras previene las grietas y absorbe la energía de los impactos proveyendo un modo de falla estable.

Condiciones técnicas de operación

Requiere de diseño e instalación con mano de obra especializada, además de una gran cantidad de agua para su instalación. Opera y es efectiva en un rango de pH entre 4 a 12,5.
Tiene una vida útil de 50 años.

Casos de Aplicación

Este tipo de mantas se han utilizado en empresas mineras como Anglo American y BHP Billiton para mejorar la protección de los sistemas de tranque y canales de relave, por ejemplo en El soldador, El torito o El Soldado. Son también utilizados en proyectos agrícolas para la reparación de estanques y canales de riego.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
Uso de agua para su instalación es alto. Si se refiere a transporte de riles el impacto es positivo, ya que reduciría pérdida y eventual toxicidad sobre suelos y aguas. Sin embargo, si su uso es para riego, esta solución tiene impacto negativo alto, ya que afecta la escorrentía natural, reduce resiliencia de ecosistemas al impedir infiltración de agua a las napas subterráneas. Reduce el comportamiento natural de los ecosistemas acuáticos. Su amplia instalación puede generar altos costos e impactos sobre acuíferos. Sin embargo, debe ser evaluado en función de su extensión y localización.

Manta de hormigón impermeable para la pérdida por infiltración en el terreno

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: En el transporte de RILes disminución de pérdidas de agua.
Costo: implementación de la medida.
Externalidades: (-) Para el eventual uso de riego reduce impide infiltración de agua a la napas subterráneas.
Conflictos: No se aprecia.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación
Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Según el caso, existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el corto plazo.

Manta hormigón en canal de riego.
Fuente: Pacifictek (www.pacifictek.cl)

Información de contacto

Pacifictek (Proveedor)
afarina@pacifictek.cl
www.pacifictek.cl
Chile

Referencias y mayor información

INDAP. (18 de noviembre de 2014). Noticias: Moderna manta de hormigón revolucionaría el revestimiento de canales en el desierto de Atacama. Disponible en URL: http://www.indap.gob.cl/noticias/detalle/2014/11/18/moderna-manta-de-hormig%C3%B3n-revolucionar%C3%ADa-el-revestimiento-de-canales-en-el-desierto-de-atacama

Especificaciones técnicas: Manta de hormigón. (s.f.) Disponible en URL: http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=514&tip=7&xit=manta-de-hormigon

Pacificteck. Concrete canvas Ficha de seguridad. (s.f.). Disponible en URL: http://www.pacifictek.cl/wp-content/uploads/2016/04/1.2-1308-CC-MSDS-Spanish.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 77

Embalse para acumulación de aguas

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

El embalse es un lugar de almacenamiento de aguas superficiales provenientes de ríos y esteros, esta acumulación se realiza de forma artificial por la construcción de una presa o un dique que interrumpen el flujo del agua y controlan el caudal de salida por medio de compuertas. El afluente se controla según la demanda, que proviene del caudal ecológico, necesidades de riego e industria energética (si existen hidroeléctricas dependientes de este caudal). Los embalses tienen sistemas de emergencia, el cual si se encuentra en su capacidad máxima el flujo es evacuado por compuertas alternativas.

Una presa de embalse debe cumplir tres funciones básicas: impermeabilidad, estabilidad y capacidad vertedora. Estos requisitos han motivado que la mayoría de las presas estén compuestas por más de un material, existiendo una diversidad de diseños:

- Presas de tierra.
- Presas de enrocado o de otros materiales permeables con pantalla impermeable (hormigón) como, por ejemplo, las CFRD (Concrete Face Rockfill Dam) con cuerpo de material fluvial.
- Presas de concreto: de gravedad, hormigón rodillado o arco.

Los “tranques” son aquellas presas de agua superficial intraprediales, que generalmente son más pequeños, tienen un volumen entre los 3.500 m^3 y los 50.000 m^3, son de regulación corta y se utilizan principalmente para la regulación nocturna o de fin de semana. Benefician a pocos usuarios y riegan pocas hectáreas. Los "embalses" se destinan principalmente a la regulación estacional o incluso interanual de grandes volúmenes de agua. Consisten en un muro que interviene un cauce mayor (río o estero) y acumula el agua durante la temporada. Superan los 50.000 m^3 y pueden llegar a embalsar varios millones de metros cúbicos. Requiere la construcción de una presa o barrera fabricada con distintos elementos (rocas, hormigón o materiales granulares) que se construye generalmente en un estrechamiento del valle o desfiladero sobre un río o quebrada con la finalidad de detener el agua y acumularla. Sus usos van más allá del riego e incluyen agua potable y generación hidroeléctrica.

Beneficios

En cuanto a los beneficios para la agricultura, la construcción de un embalse entrega seguridad de riego durante todo el año, disminuyendo así la escasez en época estival, por lo que es posible realizar una programación de los cultivos.

Controla las crecidas, lo que es indispensable para el desarrollo sostenido de las áreas pobladas evitando así inundaciones. Además, fomenta el turismo, esparcimiento y recreación ya que son espacios utilizados para realizar deportes náuticos, la pesca deportiva, entre otras actividades.

Cuando los canales deben trabajar con sistemas de turnos permite estabilizar la entrega ante caudales muy grandes y en donde, además, hay tiempos en que se recibe pocao agua.

Sirve para acumular los recursos hídricos provenientes de varios pozos para luego bombear el agua a los sistemas de riego.

En el caso del riego localizado la cantidad de agua disponible es vital para regular su adecuada aplicación por el sistema.

Los tranques se pueden utilizar como acumuladores nocturnos y disponer de mayor caudal durante el día, acumulador de fin de semana o de temporada (invierno).

Embalse para acumulación de aguas

Condiciones técnicas de operación

Generan una interrupción en la dinámica fluvial, por lo que se alteran los ecosistemas fluviales desde la cabecera de los ríos hasta su desembocadura.
Además, modifican el proceso natural de erosión y transporte de sedimentos, el régimen de caudales y la calidad del agua. Provocan una disminución de velocidad del agua, favoreciendo la decantación de sólidos.
Limita el desplazamiento de la vida acuática. y además, se pierde agua a través de la evaporación.

Casos de Aplicación

Chile cuenta con muchos embalses de gran tamaño como El Yeso (Región Metropolitana), La Paloma (Coquimbo), Embalse Lautaro (Copiapó). También existen numerosos embalses de menor tamaño, tranques de regulación e incluso de embalses de respaldo para el abastecimiento de la población rural. Los proyectos de mejoramiento, ampliación y nuevos embalses son incluidos en los planes de infraestructura hídrica del Instituto Nacional de Hidráulica, como son el mantenimiento del embalse Lautaro, el nuevo embalse Juncal en Aconcagua y nuevo embalse Codegua en O'Higgins, entre muchos otros.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo medio.
Impactos negativos sobre ecosistemas aguas abajo del embalse. Con bajos caudales cambia la calidad de las aguas, disminuye aporte de nutrientes desde sedimentos, alteración de hábitat, modificación de servicios ecosistémicos que provee la cuenca (pesca, navegación, turismo, educación, entre otros). El impacto puede aumentar dependiendo del tamaño y magnitud de obras temporales y permanentes. Así como la mitigación de impactos sobre caudales y flujos continuos.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Largo plazo de implementación.
Iniciativas que, en general, están reguladas en el código de aguas y en la normativa ambiental, requiriendo de autorización de la DGA y de una RCA. Existe una institucionalidad pública para el desarrollo de este tipo de infraestructura, que considera apoyo estatal para su financiamiento. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el largo plazo.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Aumentar la capacidad de almacenamiento superficial permite disponer del recurso hídrico escaso en los períodos de tiempo en los que se requiere.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) El disminuir la cantidad de agua que es captada por los colectores de aguas lluvia, aumenta la vida útil de los mismos, postergando el momento en que deben ser reemplazados.
Conflicto: Oposición ciudadana por la inviabilidad de seguir habitando áreas que serán inundadas.

Costos referenciales

Costo de embalses de riego: 0,75 a 1,50 USD/m^3 embalsado (*).

Costo de embalse para generación hidroeléctrica sobre 2,0 USD/m^3 embalsado (**).

(*) Caso embalses del Sistema La Ligua – Petorca.
(**) Caso Central Ralco.

OPEX: Se debe considerar un costo de mantención anual equivalente al 0,15% al 0,30% de la inversión, dependiendo de la naturaleza del proyecto.

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Grupoparra (Proveedor)
www.grupoparra.es
España

Referencias y mayor información

Bertin, X., Miranda, M., Palomera, F., & Roldán, S. (04 de junio de 2015). Agricultores del sur solicitan construcción de embalses para contener aguas lluvias. La Tercera. Disponible en URL: https://www.latercera.com/noticia/agricultores-del-sur-solicitan-construccion-de-embalses-para-contener-aguas-lluvias/

Redagrícola. (febrero de 2017). Construcción de tranques: Herramienta clave para asegurar el riego localizado. Disponible en URL: http://www.redagricola.com/cl/construccion-tranques-herramienta-clave-asegurar-riego-localizado/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 78

Estanque flexible para acumulación multiuso

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

Es una estanque flexible auto soportable diseñado para el almacenamiento de líquidos, ya sea para agua lluvia, purines, efluentes industriales, agua potable, agua de riego, entre otros.
Los depósitos flexibles nacen del ensamblaje por soldadura de tiras de tejido técnicos. Estos tejidos se componen de una trama de poliéster (estructura que da la resistencia) cubierta de PVC o PU, con tratamiento anti-UV de cada lado.

Beneficios

Posee un bajo impacto ambiental y visual. Además, el precio de almacenamiento por volumen es menor que en estanques rígidos, plásticos o de hormigón. Es de fácil desplazamiento, sustentable y reciclable, controla la evaporación, la aparición de algas e insectos. Para su instalación requiere mano de obra mínima.

Condiciones técnicas de operación

Requiere de un suelo plano y horizontal. Necesita mantenimiento constante. Tiene una capacidad limitada de almacenamiento que puede llegar hasta 1.000 m³ por estanque.

Casos de Aplicación

Estos estanques son utilizados en zonas residencial para el almacenamiento de aguas lluvia hasta el transporte de aguas a zonas con escasez o crisis de agua. Un sistema de este tipo se ha utilizado para la cosecha de agua lluvia en la Universidad de Talca.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Es un sistema de acumulación de agua menos invasivo sobre el territorio y ecosistemas, que resuelve requerimientos locales. Sólo depende de la extensión del estanque. Resuelve uso doméstico. El tejido es 100% reciclable por lo que no genera residuos tóxicos. Y puede acumular líquidos tóxicos, lo que permite confinar elementos tóxicos para los ecosistemas y personas.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Aumentar la capacidad de almacenamiento permite disponer del recurso hídrico escaso en los períodos de tiempo en los que se requiere.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (-) El almacenamiento de agua puede constituirse en un facilitador de la reproducción de mosquitos.
Conflicto: Percepción negativa en cuanto que el estanque pueda constituir a la contaminación del medio ambiente.

Estanque flexible para acumulación multiuso

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el corto plazo.

Información de contacto

Impluvia (Proveedor)
www.impluvia.cl
Chile

Referencias y mayor información

Impluvia. (2019). Nuestros productos. Disponible en URL: http://impluvia.cl/estanques/

Cidelsa deltatank. (2018). Nuestros tanques. Disponible en URL: https://tanquesflexibles.pe/?lang=es#

Tanque flexible en aplicación industrial.
Fuente: https://www.emilianaserbatoi.com/es-ww/tanques-flexibles.aspx#!

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 79

Estanques modulares de fibra de vidrio para almacenamiento de agua

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

Los estanques modulares de fibra de vidrio reforzado con plástico GRP, están compuestos de paneles de poliéster isoftálico, reforzados con fibra de vidrio y fabricados con un proceso por moldeo en caliente a alta presión. Su diseño modular permite montar estanques individuales o series de estanques de gran volumen para el almacenamiento de aguas, sin necesidad de personal calificado, empleo de herramientas especiales o desarrollo de obras civiles para su instalación.

Los hay de tres tipos, tanques con reforzado externo, tanques internos con barra de acoplamiento y aquellos que poseen ambas tecnologías incorporadas.

Beneficios

Este tipo de estanques posee superficies lisas en ambos lados del panel para evitar el crecimiento de algas y bacterias en él. Posee resistencia a la corrosión, muy buena resistencia mecánica y rigidez, además de tener fuerte resistencia a condiciones de clima adversas y radiación UV. Al ser modular, es de fácil manejo, transporte e instalación, adaptándose a diferentes necesidades de tamaño y forma en espacios limitados con tecnología antisísmica. Su vida útil es de 25 años.

Condiciones técnicas de operación

Requieren equipos de excavación y cimientos. Se requiere personal entrenado en el ensamble de los paneles que conforman las paredes de los estanques. Se requiere una superficie lisa en las instalaciones tanto superficiales como subterráneas. Si la instalación es subterránea, se necesita un sistema de bombeo para extraer el agua. En el caso de la instalación superficial, existe limitación de espacio.

Casos de Aplicación

Este tipo de estanques modulares se utilizan en países como Dubai, Qatar, Arabia Saudita y Bahrain. Actualmente existe un sistema instalado en el Palace for H.H the Chairman of Dubai Municipality.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Solución para resolver problemas de disponibilidad de agua, la intervención puede tener impactos negativos dependiendo de la localización y nivel intervención. Requiere de intervención en el área de instalación, nivelación del suelo y construcción de un zócalo de concreto. La extensión del zócalo depende del tamaño del estanque.

Estanques modulares de fibra de vidrio para almacenamiento de agua

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Aumentar la capacidad de almacenamiento permite disponer del recurso hídrico escaso en los períodos de tiempo en los que se requiere.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (-) El almacenamiento de agua puede constituirse en un facilitador de la reproducción de mosquitos.
Conflicto: Percepción negativa en cuanto que el estanque pueda constituir a la contaminación del medio ambiente.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el corto plazo.

Estanque modular en los Emiratos Árabes.
Fuente: Pipeco Group
(http://www.pipecogroup.com/projects-gallery/)

Información de contacto

Pipeco group. (Proveedor)
http://www.pipecogroup.com/
Malasia

Referencias y mayor información

NYF Synergy. (s.f.). Tanques modulares armados en sitio para agua. Disponible en URL: https://www.nyfdecolombia.com/tanques/tanques-modulares-para-Disponible en URL: http://www.servimanperu.com/tanques-modulares.html

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 80

Represa inflable de membrana para acumulación de agua

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

Es una represa de goma inflable la cual es llenada con agua, aire o ambas, la cual puede ser instalada en cualquier corriente, río o vía navegable. Una vez inflada queda una superficie lisa que impide el paso del agua, lo que favorece la acumulación de agua y la disposición de ella por tiempos más prolongados, además favorece la infiltración y disminuye la velocidad del cauce lo que previene la erosión de la ribera.

Existen distintos y variados métodos de instalación que van a depender principalmente de la aplicación, la ubicación y el flujo, pero en general se fija en una base con los elementos estructurales, y los pernos de anclaje.

Beneficios

La instalación de ella aumenta la potencia de una planta hidroeléctrica instalada aguas abajo, además, atrapa arena fina y otros depósitos que podrían dañar la turbina. Puede ser inflada y desinflada las veces que sea necesario. Puede ser utilizada para el control de inundaciones.

Requiere poco tiempo de instalación. En el mercado se pueden encontrar represas inflables de hasta 200 m de ancho y una altura máxima 5 m, pero también existen diseños especiales podría ser de hasta 10 m de altura.

Condiciones técnicas de operación

Se requiere de una persona especializada para determinar la ubicación más óptima de la represa. Al momento de ser instalada se requiere un sistema de bombeo, además, si se opta por llenarla con aire se requiere electricidad para su funcionamiento. Son más vulnerables a la acción de vandalismo y a escombros transportados por las inundaciones, especialmente objetos afilado.

Casos de Aplicación

El dique de goma inflable más grande de Europa de 60 m de longitud, 10 m de altura total, está situado entre los lagos Ketelmeer y Zwartewater en los Países Bajos. Esta presa inflable fue construida para proteger a los pueblos contra las crecientes aguas del Ketelmeer o lago Ketel.

Existen también barreras móviles en el lecho del río Mapocho que, al elevar el nivel de agua en el río, permite conducir gravitacionalmente el agua hacia el brazo de río que generan la laguna habilitada para deportes náuticos sin motor en el Parque "Parque Fluvia Renato Poblete".

En Chile con el sistema Rubber Dams también están:

- Bocatoma Central Hidroeléctrica de pasada Mulchén
- Barrera móvil constituida por una Rubber Dams de 3,2 m de alto y 57 m de longitud en la bocatoma Coirón ubicada en río Choapa que alimenta embalse Corrales (IV Región).

Represa inflable de membrana para acumulación de agua

- Peralte del vertedero mediante el emplazamiento de una rubber dam de 2,8 m de alto y cuatro tramos de 130 m de longitud total en embalse Cogoti (IV Región).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
Se genera una barrera de flujos naturales de las aguas y especies hidrobiológicas. Es necesario evaluar impactos en función de la dimensión del artefacto y sitio de localización.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Aumentar la capacidad de almacenamiento superficial permite disponer del recurso hídrico escaso en los períodos de tiempo en los que se requiere.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) El disminuir la cantidad de agua que es captada por los colectores de aguas lluvia, aumenta la vida útil de los mismos, postergando el momento en que deben ser reemplazados
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Largo plazo de implementación
Iniciativas que, en general, están reguladas en el código de aguas y en la normativa ambiental, requiriendo de autorización de la DGA y de una RCA. Existe una institucionalidad pública para el desarrollo de este tipo de infraestructura, que considera apoyo estatal para su financiamiento.

Costos referenciales

Rubber Dams instalada en Bocatoma de la planta San Enrique de Aguas Andina.
Esta unidad es de sólo un vano de aproximadamente 15 m de ancho y un diámetro interno de 1,6 m.
CAPEX aproximado de USD 475.000 por el suministro de 15 m.
Promedio unitario de 32.000 USD/metro lineal.
El CAPEX depende del ancho de la captación y el OPEX es inherente a cada proyecto.
(Fuente: KRISOL)

Información de contacto

SavaTECH (Proveedor)
http://www.savatech.eu

Dique de goma en el puerto de Qingdao, China.
Fuente: (https://es.made-in-china.com/)

Referencias y mayor información

Zaoqiang Dacheng Rubber Co., Ltd.(2014). Product list. Disponible en URL: http://www.rubberdam.org/

Made in China. (s.f.). Ecológico de dique de goma inflable de agua. Disponible en URL: https://es.made-in-china.com/co_huachenkeji/product_Environmental-Friendly-Water-Inflatable-Rubber-Dam_heeyryhuy.html

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 81

Celdas de polipropileno para la gestión de agua lluvia en forma de drenes

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

Consiste en tanques modulares compuestos por unidades individuales de infiltración para la gestión de agua de lluvia lo cual, entre otras cosas, reduce el riesgo de inundaciones y daños al medio ambiente. Se compone de una serie de módulos fabricados en polipropileno siendo ligeros, resistentes y versátiles. Permiten una acumulación de 185 litros netos por unidad que ayuda en un rápido drenaje. Estas unidades están firmemente unidas entre sí mediante unas grapas especiales y conectores verticales. Pueden ser montados rápidamente con una configuración variable dependiendo de las necesidades de cada lugar. El sistema de cajones puede formar una estructura subterránea (depósito) que permiten almacenar de forma correcta el exceso de agua proveniente de la lluvia o bien, puede almacenar las aguas residuales provenientes de duchas y lavamanos (luego de un tratamiento previo) para luego de almacenarla redistribuirla para ser reusada en sanitarios y sistemas de riego.

Beneficios

Reduce el riesgo de inundación, ya que permite controlar los excesos de agua superficial, además, controla y reduce el volumen de descarga en los sistemas de alcantarillados principales. Permite la infiltración de agua de lluvia al suelo, por lo que favorece la recarga subterránea de acuíferos sin desarrollar algas ni hongos en sus paredes.
Produce ahorro del recurso hídrico ya que el agua retenida puede ser utilizada con diferentes fines.
Fácil de instalar y se adapta a diferentes formas y espacios. Además, incluye trampas de sedimentos, separadores y adaptadores. Posee alta resistencia y rigidez lo que permite que el sistema sea colocado debajo del tráfico vehicular y estacionamientos.

Condiciones técnicas de operación

En el caso de utilizarlo en zonas de tráfico vehicular o estacionamientos su capacidad de carga vehicular es de 2.500 kg, su capacidad de carga vertical es de 56 t/m^2 y su capacidad de carga lateral es de 7,75 t/m^2.
En el caso de almacenamiento subterráneo se requiere realizar excavaciones para su instalación.
Si se quisiera realizar una redistribución del recurso se requiere de bombas.

Casos de Aplicación

De este tipo de sistemas existe la marca AquaCell® que tiene aplicaciones a nivel mundial como por ejemplo Williamsburg Shopping Mall en Virginia.

Nº FICHA 81

Celdas de polipropileno para la gestión de agua lluvia en forma de drenes

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo si el manejo de aguas lluvia mejora la gestión del agua y permite la recarga de acuíferos. Impacto negativo si la captura de aguas impide la recarga de acuíferos o lagunas naturales. Impacto negativo alto si el objetivo es reconvertir zonas inundables en productivas.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Aumentar la capacidad de almacenamiento superficial, permite disponer del recurso hídrico escaso en los períodos de tiempo en los que se requiere.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) El disminuir la cantidad de agua que es captada por los colectores de aguas lluvia, aumenta la vida útil de los mismos, postergando el momento en que deben ser reemplazados.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se identifican condiciones habilitadoras que limiten o incentiven el uso de estas técnicas, ya que su uso está en el ámbito de atribuciones de los propios municipios, servicios públicos responsables o de los propietarios, según el caso. Así, desde la perspectiva de las CH son soluciones de implementación inmediata.

Costos referenciales

Unidad de 200 L a USD 250 sin considerar: excavación, geo membrana, geo textil e interconexiones hidráulicas.

Información de contacto

Pavco (Proveedor)
pavco.com.co
Colombia

Referencias y mayor información

Atlantis. (s.f.). Sistemas permeables para la eco-gestión de pluviales. Disponible en URL: https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/5E29E2A8-36C1-40D5-8533-3911EC4D6C78/72343/SistemaATLANTIS.pdf
Pavco (s.f.). Pavco. Disponible en URL: https://pavco.com.co/

Celdas de polipropileno en sede del BBVA en Madrid. Fuente: (http://drenajesostenible.com/productos-atlantis/)

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 82

Cámaras ADS StormTech® para el control del agua pluvial

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

El sistema ADS (Advanced Drainage Systems) StormTech® consiste en cámaras de infiltración fabricadas de polipropileno para manejo y gestión de aguas pluviales, las cuales se instalan en el subsuelo, bajo los estacionamientos, avenidas o áreas verdes y están diseñadas para soportar cargas dinámicas HS-20. Puede tener dos aplicaciones, la primera de ellas, consiste en utilizar las cámaras como sistema de infiltración donde la base está constituida por un geotextil no tejido permitiendo que el agua infiltre.

La segunda aplicación consiste en un sistema de almacenaje donde se coloca una geomembrana impermeable en la base para así evitar pérdidas.

Este sistema incorpora procesos de tratamiento a las aguas de escorrentía previamente a su infiltración mediante una línea de aislamiento. Su funcionamiento parte con la captación de agua a través de una estructura de entrada (rejilla), la cual contiene un vertedor de desvío que envía el agua lluvia a la "hilera aisladora" (conjunto de cámaras y geotextiles tejidos y no tejidos que tienen como función retener los sedimentos y contaminantes), llevando consigo la primera carga de sedimentos. A medida que el agua se eleva dentro de esta "hilera" se filtra a través de un geotextil no tejido. Las cámaras abiertas por su parte inferior permiten que el agua de lluvia en el interior de la cámara fluya tanto de manera vertical y horizontal hacia afuera. Los sedimentos son capturados en la hilera aisladora evitando su acumulación en las áreas adyacentes al material de relleno y en las demás hileras de cámaras, por lo tanto se conserva el vacío entre los huecos del material de relleno y se optimiza el desempeño de almacenaje e infiltración. A medida que la lluvia se intensifica, el agua sube sobre el vertedor ubicado en la estructura de entrada al inicio de la hilera aisladora, el agua se desborda y llega al tubo distribuidor, posteriormente fluye hacia el resto de las hileras de cámaras.

Si el sistema está diseñado como un sistema de retención, el agua se filtra al subsuelo. Si el sistema está diseñado como un sistema de detención, el agua almacenada es descargada a través de la estructura de control de salida la cual incluye un vertedor.

Beneficios

Puede ser utilizado bajo estacionamientos, carreteras y cargas de tierra pesadas, por lo que no requiere espacio superficial. Su ensamblaje es manual por lo que su instalación es fácil y rápida, además, debido a su tamaño y forma (de arco) resulta fácil realizar trabajos de limpieza y mantención.

Existen diferentes tamaños de cámaras, lo que permite flexibilidad de acuerdo al proyecto constructivo. Entre más grande sea la cámara, menor el espacio de terreno requerido, disminuyendo costos y dejando más terreno disponible, además, su vida útil es de 50 años.

Controla el riego de erosión y contaminación, contribuyendo también a la recarga de acuíferos.

Cámaras ADS StormTech® para el control del agua pluvial

Producto sc-740 siendo instalado. Fuente:Stormtech (https://www.stormtech.com/product/sc740)

Condiciones técnicas de operación

El mantenimiento y limpieza del sistema se realiza por un proceso de lavado con agua a presión, por lo que se requiere de un camión hidrojet para ello.

Casos de Aplicación

StormTech cuenta con miles de sistemas de cámaras en servicio en todo el mundo. Por mencionar algunas, Seattle (USA), Orlando (USA), Dubai (UAE), entre otras.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Aumentar la capacidad de almacenamiento permite disponer del recurso hídrico escaso en los períodos de tiempo en los que se requiere.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología
Externalidades: (-) Generación de desechos contaminantes para el medio ambiente.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se identifican CH que limiten o incentiven el uso de estas técnicas, ya que su uso está en el ámbito de atribuciones de los propios municipios, servicios públicos responsables o de los propietarios, según el caso. Así, desde la perspectiva de las CH son soluciones de implementación inmediata.

Información de contacto

Tigreads (Proveedor)
Jose Carrasco P. (Sucursal Chile)
http://www.tigreads.com
Estados Unidos

Referencias y mayor información

ADS MEXICANA. (s.f.). StormTech. Disponible en URL: http://www.adsmexicana.com/project/stormtech/

Calle Maestre, Y. (2014). Análisis de la tecnología apropiada para la disposición de aguas lluvias. Caso de estudio Parque Industrial Santo Domingo del municipio de Mosquera - Cundinamarca. Universidad Católica de Colombia. Disponible en URL: https://biblioteca.ucatolica.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=29980

DRENADURA. (s.f.). DRENATURA STORMTECH®. Disponible en URL: http://www.drenatura.com/aguas-pluviales-infiltracion-stormtech.html#/?playlistId=0&videoId=0

TIGRE ADS CHILE. (s.f.). Stormtech. Disponible en URL: http://www.tigreads.com/chile/es/producto/stormtech

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 83

Esferas para evitar evaporación de estanques expuestos

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Industria | Minería | Agricultura | Agua Potable y saneamiento

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Residencial

Proceso Industrial

Descripción

Consiste en un sistema de esferas flotantes (TopUp Ball®) que permiten reducir la evaporación hasta en un 90% de aguas contenidas en estanques expuestos. Estas esferas están hechas de dos medias conchas idénticas, con un flotador en el medio. Al ser calentadas por el sol se genera un proceso interno de condensación ya que las conchas tienen orificios en sus extremidades y aberturas en los costados que se llenan hasta la mitad con agua cuando las bolas se colocan en el agua. El agua que se evapora de la mitad inferior se eleva a la mitad superior y se condensa perpetuamente, volviendo a bajar. Este proceso de evaporación-condensación crea una destilación térmica, que mata los parásitos y mejora la calidad del agua.

Beneficios

El diseño del sistema TopUp ball® permite una reducción significativa de la evaporación al enfriar el agua, mantener una alta calidad del agua, reducir el crecimiento de algas y preservar un ecosistema saludable. El sistema también sirve como un eficaz elemento de disuasión de aves. Al ser de color blanco, las bolas reflejan el sol y no se convierten en hábitat de algas y bacterias como otras soluciones, mantiene además, los niveles de oxígeno disuelto óptimo. La inversión de se recupera en menos de dos años, garantía producto 15 años.

Es fácil de instalar, resiste lluvia, vientos de 200 km/h, granizo y nieve.

Permite ser aplicado en agua potable, soluciones ácidas y alcalinas.

Condiciones técnicas de operación

Disposición final de las esferas después de su vida útil.

Casos de Aplicación

Este sistema está en uso en Mekorot, la compañía de agua potable de Israel. El año 2016 se instaló en un depósito en Monterey, California.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Mejora vida útil de tranques o embalses de pequeño tamaño, reduce desarrollo algal y posibilita desarrollo de peces. No tendría efectos ambientales negativos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminuye las pérdidas de agua por evaporación.
Costo: Adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Mejora la vida útil de tranques y embalses.
Conflicto: No se aprecia.

Esferas para evitar evaporación de estanques expuestos

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se identifican condiciones habilitadoras que limiten o incentiven el uso de está técnicas, ya que su uso está en el ámbito de atribuciones de los propietarios. Así, desde la perspectiva de las CH son soluciones de implementación inmediata.

Información de contacto

NEOTOP WATER SYSTEM (Proveedor)
www.neotopwater.com
Israel

Referencias y mayor información

NeoTop water Systems. (2019). TopUp ball system solutions. Disponible en URL: https://www.neotopwater.com/solutions

TopUp Ball® en un embalse.
Fuente: Neotop water (https://www.neotopwater.com)

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 84

Camión hidrojet para limpieza de cañerías

Objetivo que aborda: Optimizar

Sector de aplicación: Industria, Minería, Agricultura, Agua Potable y saneamiento

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial

Descripción

El camión Hidrojet es un sistema de limpieza de alcantarillado (tuberías) a presión. Posee dos motores, el primero es un motor que acciona el motor del camión y el sistema de vacío, el que permite una amplia reserva de poder, un control variable de vacío mediante las revoluciones por minuto (rpm) del motor del camión; el segundo de ellos es un motor auxiliar diesel, independiente, que acciona el sistema de agua de alta presión, es de operación silenciosa, bajo mantenimiento y tiene un recirculante para climas fríos. A través de una bomba de alta presión y mangueras de 150 m, expulsa un caudal de 140 a 300 L/min, con una presión entre los 110 bar a 170 bar, accionada por motor diesel, la cual puede operar por 30 min sin sufrir daños.

Beneficios

Este tipo de tecnología puede ser utilizada en tuberías y fosas. Además, debido a la presión que expulsa agua, hace más eficiente el proceso, ya que se puede llevar a cabo en menos tiempo comparado con una limpieza normal y el gasto de agua es menor. Posee una pasarela superior para mangotes, la que permite llegar a lugares de difícil acceso.

Este tipo de limpieza evita la incrustación y acumulación de sedimento e inclusive este sistema (en comparación a otros sistemas en el mercado) entrega un mayor caudal de operación, por lo que es ideal para limpieza de redes de alcantarillado o aguas lluvia en grandes extensiones.

Condiciones técnicas de operación

Se requiere de personal capacitado para operar esta máquina. Además, se necesita, mantenciones regulares de equipo y equipamiento. Se requiere accesibilidad para llegar al lugar donde se debe realizar la limpieza, siendo apropiada esta tecnología para tuberías desde 110 mm hasta 250 mm de diámetro.

Casos de Aplicación

Empresas que han ocupado el sistema es Volcán, SMAPA, ESVAL, entre otras.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
Descargas de residuos, uso ineficiente del agua. No existe claridad si esta tecnología se utiliza actualmente para limpiar cañerías en la zona urbana. La información disponible no permite hacer una comparación entre sistemas actuales y esta tecnología. Por lo tanto, la afirmación "consumo menor de agua" no se puede verificar por ahora.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Postergación de la renovación o reparación de tuberías de conducción de agua.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Libera agua al requerir menor cantidad para la limpieza.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para el uso de estas metodologías en la operación y mantención de las redes sanitarias. Sin embargo, los incentivos para utilizarlas no siempre se aprecian efectivos. Solución que se podría utilizar en el corto plazo.

Costos referenciales

Un equipo para tuberías de hasta 450 mm tiene un valor aproximado de $49.000.000 pesos chilenos.

Sistema hidrojet.
Fuente: Empresa Saniservice Ltda., Chile (http://www.destapeahora.cl/)

Información de contacto

Equipos para alcantarillados (Proveedor)
www.equiposparaalcantarillados.cl
Chile

Sani service
http://www.destapeahora.cl/

Referencias y mayor información

Aguamarket. (s.f.). Equipo Hidrojet limpieza tubería de alcantarillado. Disponible en URL: https://www.aguamarket.com/sql/cotizacionesAM/detalle_cotizacion.asp?idOferta=13484

HVT. (s.f.). Galería de Proyectos. Disponible en URL: https://hvt.cl/galeria-de-proyectos/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 85

Tecnología Line Stop - Hot Tap para la mantención de tuberías

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Industria | Minería | Agricultura | Agua Potable y saneamiento

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Sistemas para la reparación o mantenimiento de tuberías interrumpiendo el servicio como cuando no se cuenta con válvula de corte o estas están fuera de servicio (Line Stop) o sin interrumpir el servicio (Hot Tap).
La operación de Line Stop consiste en un instalar un dispositivo especial (denominado flanged fitting), una válvula temporal y un actuador que bloquea el conducto. El flanged fitting se instala y se prueba, la válvula temporal se instala y se complementa con el Hot tap, que consiste en adherir una conexión derivada y una válvula a la parte externa de una tubería en funcionamiento (denominada “líneas vivas”), y después se corta la pared de la tubería dentro de la derivación y se quita la sección de pared a través de la válvula. Después de realizado el "hot tap", se instala el actuador de parada de línea y se inserta el cabezal de detención en la línea. La tubería se desagua y la intervención puede comenzar. Una vez realizadas las modificaciones, el sello es desinflado, retirado y sellada la cavidad con donde se realizó la perforación con el sistema Hot Tap.
Si se requiere hacer un cambio o restauración en un conducto ya existente se necesita complementar el Hot Tap con un sistema Line Stop.

Beneficios

El uso de los sistemas Line Stop y Hot Tap permite reparar tuberías evitando la pérdida de producto, las emisiones de metano y la interrupción del servicio a los consumidores (en el caso de distribución de agua o gases). Puede ser utilizado en muchos tipos de materiales de tuberías. Ambos sistemas se pueden utilizar por separado o ser complementarios dependiendo de las necesidades. El sistema Hot Tap permite poder realizar el mantenimiento sin cortar el servicio de distribución de agua. El sistema Line Stop también permite interrumpir el fluido en tuberías con caudal, cuando no se cuenta con válvula de corte tipo on/off o estas están fuera de servicio.

Condiciones técnicas de operación

Se requiere de personal calificado para su instalación. Las distintas marcas tienen condiciones de uso limitadas por diámetro de tubería y presión. Generalmente trabajan entre 75 y 1500 mm de diámetro interior y a una presión de 900 psi a 60 °C
El sistema Hot Tap involucra soldar un accesorio (weldolet, Split tee) en tuberías, cisternas o tanques bajo presión, con el fin de instalar las conexiones o anexos.

Tecnología Line Stop-Hot tap para la mantención de tuberías

Casos de Aplicación

Es una tecnología que se utiliza en el mercado hace unos años, por ejemplo, se utiliza en Aguas Nueva Sur y en Essbio.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Se refiere a mantención de sistemas de conducción de agua, hay mejor manejo para evitar pérdidas de agua por reposición. Lo positivo viene dado por cuanto no se requiere un vaciado de línea completa para realizar reparación. Tecnología aplica sobre sistemas ya construidos. Si se considera que para reparar la tubería se debe excavar, podría haber un impacto negativo bajo.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Suministro constante de agua potable.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminución de los costos de producción.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para el uso de estas metodologías en la operación y mantención de las redes sanitarias. Sin embargo, los incentivos para utilizarlas no siempre se aprecian efectivos. Solución que se podría utilizar en el corto plazo.

Reparación tuberías. Fuente: 624th Civil Engineering Squadron (www.624rsg.afrc.af.mil)

Costos referenciales

Hot Tapping de 8" para una cañería de HDPE 450 mm de diámetro 8.400 USD por evento.
Line Stop en una cañería de HDPE 450 mm de diámetro 20.200 USD por evento.

Fuente: Valorización KRISOL, 2019.

Información de contacto

Sandiman Ingeniería
http://www.sandiman.cl/index.php
Santiago, Chile

Congelatube Madrid (Proveedor)
www.congelatubemadrid.es
España

Referencias y mayor información

The Rangeline Group. (s.f.). Line Stopping. Disponible en URL: http://www.rangeline.com/line-stopping/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 86

Sistema robótico para el mantenimiento y reparación en tuberías

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Optimizar, Monitorear	Agua Potable y saneamiento	Tecnología	Proceso Industrial

Descripción

Consiste en un mecanismo de revestimiento plástico que se acopla a un robot de relleno, el cual se posiciona dentro de la tubería y cercano al punto a rehabilitar. Un "globo" de material resistente, se inserta e infla a través de una pequeña perforación que tiene el revestimiento plástico, lo que genera un molde guía para las partes de la tubería que tienen rotura. La resina es inyectada y comprimida en la cavidad alrededor del globo, por una herramienta para inyección a través de dos agujeros pequeños dentro de la manga de expulsión de material. Una vez que la resina ha endurecido, el revestimiento de plástico debe ser retirado.
Se puede utilizar en rehabilitación de alcantarillado, mantenciones, reparaciones puntuales, inserción lateral, limpieza de tuberías e inspección de tuberías. Este sistema puede estar integrado por un soporte de anclaje, 2 cámara, brazos laterales los cuales se adaptan al tamaño de la tubería para el desplazamiento y un cabezal principal. Además, se puede complementar con herramientas de mantención como cabezales de corte, cabezal grinding, sander, hoja de corte, destornillador y realizar limpiezas, tiene además la posibilidad de añadir *Smart cutter, The Twister Liner Remover, The Smart Sweepe, Power Plus Spider, Grinding Chains*, cable híbrido y manguera de alta presión.

Beneficios

Permite la reparación de conexiones domiciliarias y también permite la reparación de daños extremos en tuberías DN800 (perfil circular) y DN600/900 (perfiles ovalados). Esta tecnología además, hace posible la reparación de roturas complejas, grandes agujeros e incluso ciertos desprendimientos de pared de tubería gracias a la resina que posee. Las reparaciones realizadas con esta tecnología se caracterizan por ser altamente durables en el tiempo, inclusive en limpiezas de alta presión.

El sistema puede ser guiado por control remoto, trabajando en lugares de difícil acceso, incluso puede trabajar en periodos nocturnos. Las limpiezas pueden eliminar grasa endurecida, grasa, cemento, incrustaciones, calcio, acumulación de minerales y vertido de concreto.

Condiciones técnicas de operación

Se necesita realizar el corte del suministro. Permite hacer tramos continuos de 200 hasta 1.000 m. Su diámetro de trabajo está entre 4 y 24 pulgadas.

Sistema robótico para el mantenimiento y reparación en tuberías

Casos de Aplicación

Una de las empresas proveedoras indica que el sistema ha sido aplicado en más de 500.000 instalaciones para la rehabilitación económica y rápida de conexiones residenciales y de aguas residuales (https://www.vortexcompanies.com/solutions/cured-in-place-pipe-cipp/).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Reduce intervención en zonas urbanas para mantención.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de las pérdidas de aguas en sistema de agua potable y alcantarillado.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología
Externalidades: (+) Poco invasivo al no requerir rompimientos de pavimento.
Conflicto: No se aprecia.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación
No existen limitaciones para el uso de estas metodologías en la operación y mantención de las redes sanitarias. Sin embargo, los incentivos para utilizarlas no siempre se aprecian efectivos.
Solución que se podría utilizar en el corto plazo.

Sistema robot para revestimiento de tuberías. Fuente: DNK Water (https://www.dnkwater.com/rehabilitacion-de-tuberias/robots-para-lining/robot-para-reparacion-de-tuberias.html)

Información de contacto

DNK Water
www.dnkwater.com/rehabilitacion-de-tuberias
Chile

QUADEX/VORTEX (Proveedor)
www.vortexcompanies.com
USA

Referencias y mayor información

DNK Water. (s.f.). Robot para reparación de tuberías. Disponible en URL: https://www.dnkwater.com/rehabilitacion-de-tuberias/robots-para-lining/robot-para-reparacion-de-tuberias.html

Vortex Companies. (s.f.). Sewer Rehab Robots. Disponible en URL: https://www.vortexcompanies.com/products/sewer-rehab-robots/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 87

Reparación para redes de agua con elastómeros

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Agua Potable y saneamiento

Industria

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Consiste en un sistema de sellado interno de tuberías, el cual puede ser utilizado en los puntos de unión o a lo largo del conducto. El revestimiento se lleva a cabo mediante la instalación de una cinta de elastómeros (nitrito butadieno o EPDM), la que se rellena con un material adaptado al de la tubería (por ejemplo, se utiliza morteros de concreto para tuberías de concreto), para luego instalar dos anillos de acero inoxidable en los extremos. La eficacia en cuanto a impermeabilidad se verifica mediante un ensayo de presión con una carga de 1,5 bares en la zona entre la cinta de elastómero y la tubería.

Beneficios

Este tipo de reparación no requiere excavaciones ni movimiento de tierra, utilizando la tubería original como soporte estructural. Además, puede ser utilizada en curvas de hasta de 90º.
Puede ser utilizado en tuberías comunes como tubos de fundición, hierro dúctil, acero, PVC y cemento de amianto.

Condiciones técnicas de operación

Se puede utilizar en tuberías de 9 cm a 610 cm y sólo en condiciones de agua dulce.
Se debe cortar el suministro entre 2 y 3 días para una reparación que va de 50m a 500m. Además, su vida útil es de 50 años.

Casos de Aplicación

Este tipo de reparación se utilizó en una tubería de suministro en el aeropuerto de Dubai por la empresa Amex Sanivar.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Reduce intervención en zonas urbana para mantención.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Postergación de la renovación o reparación de tuberías de conducción de agua.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminución de los costos de producción.
Conflicto: No se aprecian.

Reparación no destructiva para redes de agua con elastómeros

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para el uso de estas metodologías en la operación y mantención de las redes sanitarias. Sin embargo, los incentivos para utilizarlas no siempre se aprecian efectivos. Solución que se podría utilizar en el corto plazo.

Información de contacto

AMEX/SANIVAR (Proveedor)
www.amex-sanivar.com
Alemania

Conducción de agua en reparación.
Fuente: ©Bidegee (Wikimedia Commons)

Referencias y mayor información

AMEX SANIVAR. (s.f.). Amex Mono DN700 seals for Airport in Dubai. Disponible en URL: https://amex-sanivar.com/blogs/projects/amex-mono-dn700-seals-for-airport-in-dubai

M Tucker & Sons. (s.f.). AMEX-10 MONO. Disponible en URL: http://www.mtuckerandsons.com/our-services/trenchless-repairs/amex-10/

Mandin, B., Féliers, C., & Gaudichet-Maurin, E. (s.f.). Evaluation of the stage of ageing of used joints in the field of rehabilitation making use of the amex process. Veolia. Disponible en URL: https://cdn.shopify.com/s/files/1/2396/1181/files/en-as-amex-test-anjou-ageing.pdf?15424254709974073211

Nº FICHA 88

Bomba presurizadora para mantener la presión en redes de agua

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Industria | Agricultura | Agua Potable y saneamiento | Minería

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Una bomba presurizadora de agua es un sistema compuesto por un motor que mantiene o aumenta la presión en los sistemas de distribución de agua en redes hidráulica, esto se puede dar en redes de agua potable, como en las tecnologías de riego presurizado.
Básicamente el funcionamiento radica en que el motor mueve un impulsor, el cual genera un movimiento en el agua que se encuentra en una cámara de contorneado, que también colabora en el aumento de la presión del agua; cuando el impulsor gira hace que se succione el agua en el ingreso y la empuja hacia la salida con una mayor presión, siendo necesario que sea un circuito cerrado.
Existen diferentes tipos de bombas presurizadoras entre los que se pueden mencionar:

- Bomba presurizadora de agua bajo tanque: son bombas de baja presión, la cual se activa automáticamente y sólo cuando está en presencia de un flujo.
- Bomba presurizadora de agua de cisterna: este tipo de bombas son utilizadas cuando es necesario elevar considerablemente la presión de agua, por lo mismo, se encuentran en constante funcionamiento necesitando en todo momento agua en su interior.

Beneficios

La instalación de estos sistemas presurizados en el riego permiten la aplicación de cantidades exactas de agua sin desperdicios, además, con el riego, al ser uniforme, es posible distribuir fertilizantes incluidos en el agua.
Comparado con sistemas de riego por gravedad los ahorros de agua en sistemas de riego por goteo presurizado rondan por el 50-70%.
Con este tipo de bombas se evita el instalar un tanque de agua para lograr la presión suficiente y necesaria en la red de distribución de agua. Permite la entrega de presión de agua necesaria al sistema de edificación en altura. Se puede generar un sistema concatenado de más de un presurizador para sistemas de distribución más amplias.

Condiciones técnicas de operación

La distancia entre el lugar de captación de agua hasta la salida del agua debe ser a lo menos 10 m. Para su correcto funcionamiento se recomienda que por cada 50 min de uso, la bomba descanse 20 min. Existen sistemas que trabajan con temperatura ambiente menor a 0 °C y temperaturas del flujo hasta 110 °C.

Bomba presurizadora de agua para mantener la presión en redes de agua

Casos de Aplicación

Las bombas presurizadoras son un implemento común en los sistemas de riego presurizado y en los de distribución de agua por tubería cerrada (ver casos en fichas 94, 95 y 96).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Reducción uso recurso hídrico, disminuye la presión sobre sistemas acuíferos al reducir extracción de agua.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Optimización del uso del recurso hídrico tanto de consumo humano como para riego.
Costo: Adquisición de la tecnología.
Externalidades: No se aprecia.
Conflicto: No se aprecia.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Según el caso, existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el corto plazo.

Información de contacto

Hidroamb (Proveedor)
www.hidroamb.cl
Chile

Ejemplo de bomba presurizador.
Fuente: (https://www.pexels.com/es-es/foto/35683/)

Referencias y mayor información

Clarín. (28 de octubre de 2014). Tips para arquitectos. Cómo diseñar un sistema de presurización de agua. Disponible en URL: https://www.clarin.com/arq/construccion/disenar-sistema-presurizacion-agua_0_SJJ738_cDXx.html

COMOFUNCIONA. (30 de diciembre de 2017). Cómo funciona una bomba presurizadora de agua. Disponible en URL: http://como-funciona.co/una-bomba-presurizadora-de-agua/

Hidropack. (s.f.). Presurización. Disponible en URL: https://www.hidropack.cl/quienes-somos1

IMI Hydronic Engineering. (s.f.). Aquapresso. Disponible en URL: http://www2.imi-hydronic.com/es/productos-y-soluciones/mantenimiento-de-presion-y-calidad-de-agua/Mantenimiento-de-la-presion/Presurizacion-en-sistemas-de-agua-potable/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 89

Detección de fugas de aguas por sistema electroacústico (Geófono)

Objetivo que aborda

Optimizar | Monitorear

Sector de aplicación

Agua Potable y saneamiento | Industria | Agricultura | Minería

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Un geófono es una herramienta que permite el registro del movimiento generado por una fuente energética, traduce el desplazamiento, la velocidad o la aceleración en señales acústicas. Está compuesto de un módulo amplificador, un cargador de baterías integrado, un set de audífonos con calidad de aviación y un micrófono en "campana" para escuchar el suelo. Este sistema consiste en un sistema electroacústico computarizado que detecta los puntos de fuga sin excavación o rotura del pavimento, calle o acera. Su funcionamiento es gracias a una herramienta (geófono) que permite el registro del movimiento generado por una fuente energética que provoca vibraciones en el material de la tubería y a la vez éstas producen impulsos eléctricos que son captados como ondas de sonido, generando un sonido más agudo en el punto de fuga.

Beneficios

El geófono amplifica el sonido de la fuga y facilita la detección de la fuga, en comparación a otros métodos. Se puede ocupar en lugares regulares (pavimentados) o no regulares (no pavimentados). Contiene una memoria SD para grabar los ficheros de audio correspondientes a cada fuga y un soporte para micrófono con conexión flexible.
Permite un uso más eficiente de las fuentes de agua existentes.

Condiciones técnicas de operación

Es requerido el mapa de la red existente para su funcionamiento. La carga del equipo permite trabajo independiente hasta por 60 horas continuas, las cuales pueden variar según modelo. No es posible detectar fugas de tamaño muy pequeño y su precisión de detección +/- 5 cm.

Nº FICHA 89

Detección de fugas de aguas por sistema electroacústico (Geófono)

Casos de Aplicación

La utilización de geófonos para detección de fugas es ampliamente utilizada a nivel mundial.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto ambiental positivo, al hacer más eficiente el seguimiento de fugas en instalaciones industriales.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Disminución de pérdidas del recurso hídrico durante su distribución.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología
Externalidades: (+) Disminución de los costos de producción.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para el uso de estas metodologías en la operación y mantención de las redes sanitarias. Sin embargo, los incentivos para utilizarlas no siempre se aprecian efectivos. Solución que se podría utilizar en el corto plazo.

Información de contacto

Aguamarket (Proveedor)
www.aguamarket.com
Chile

Referencias y mayor información

Aguamarket. (s.f.). Geófono para fugas de Agua. Disponible en URL: https://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=16562

FugaTec. (s.f.). Cómo localizar una fuga de agua con geófono. Disponible en URL: https://fugatec.com/blog/como-localizar-fuga-de-agua-con-geofono/

PANATEC. (s.f.). Geófono localizador Hykron. Disponible en URL: http://www.panatec-agua.com/Geofono-Hykron.php

Sewerin. (s.f.). AQUAPHON A 200. Disponible en URL: https://www.sewerin.com/cms/es/nuestros-productos/detailview/aquaphon-a-200.html

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 90

Uso de imágenes satelitales para la detección de fugas de agua

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

Consiste en un sistema de análisis de infraestructura para la detección de fugas de agua potable en las redes de distribución, estudio que se lleva a cabo por medio de imágenes satelitales las cuales también se utilizan para la detección de agua en otros planetas.
Esta tecnología utiliza imágenes con áreas multiespectrales, tomadas de sensores radar en la banda L. Las imágenes en bruto se procesan mediante algoritmos que busca la firma espectral típica del agua potable. Esta evaluación puede entregar la ubicación y la cantidad de agua presente en la fuga.

Beneficios

Permite la detección no destructiva de fugas de agua potable siendo una tecnología no invasiva. Además, posibilita el análisis de grandes extensiones de terreno mostrando esta información en GIS.
El algoritmo que posee, diferencia el agua potable del agua de las piscinas y aguas lluvias.
Su utilización es independiente del clima, inclusive las imágenes se pueden tomar en periodo diurno o nocturno.

Condiciones técnicas de operación

Posee una precisión de radio de 20 a 100 m, por lo que no se puede dar con el lugar exacto de la fuga. Limita además el tamaño de píxel de la imagen 6x3 metros.

Casos de Aplicación

Este tipo de tecnología la utiliza Grupo Hera (Italia). HERA (Holding Energy Resources Environment) es una empresa de servicios múltiples con sede en Bolonia, dedicada a la prestación de servicios públicos nacionales, que opera principalmente en los sectores ambiental (gestión de residuos), agua (acueducto, alcantarillado y depuración) y energía (distribución y venta de electricidad, gas y servicios energéticos). http://www.gruppohera.it/

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Impacto positivo en relación a eficiencia del recurso hídrico. Es una tecnología eficiente para detección de fugas y ahorro del recurso. No se describen impactos negativos sobre medio ambiente.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de las pérdidas en la distribución de agua.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminución de los costos de producción. (+) Eventual disminución de la tarifa de agua potable.
Conflicto: No se aprecian.

Uso de imágenes satelitales para la detección de fugas de agua

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para el uso de estas metodologías en la operación y mantención de las redes sanitarias. Sin embargo, los incentivos para utilizarlas no siempre se aprecian efectivos. Solución que se podría utilizar en el corto plazo.

Satélite Orión proporciona imágenes para diversas aplicaciones ambientales.
Fuente: (https://pixabay.com/es/illustrations/orion-por-sat%C3%A9lite-nave-espacial-568635/)

Información de contacto

UTILIS (Proveedor)
www.utiliscorp.com
Israel

Referencias y mayor información

Aganova. (s.f.). Detección y localización de fugas de agua. Disponible en URL: http://www.aganova.es/es/deteccion-de-fugas/

UTILIS. (s.f.). Detecting leaks from space. Disponible en URL: https://utiliscorp.com/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 91

Cámara termográfica para la detección de fugas de agua

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

Las cámaras termográficas, también llamadas cámaras térmicas o cámaras infrarrojas, son dispositivos que a partir de emisiones infrarrojas del espectro electromagnético forma imágenes luminosas visibles en una pantalla. Este tipo de cámaras permiten observar la irradiación del agua al pasar por la tubería e indica si existen fugas de agua, localizando el punto exacto por donde se produce la fuga o la pérdida de agua.
Las inspecciones termográficas de tuberías se aplican a tuberías de larga o cortas distancia que pueden transportar diferentes productos. La inspección muestra imágenes del espectro infrarrojo en tiempo real, una filtración en agua fría muestra una zona alrededor de la tubería con una temperatura menor y una fuga en agua caliente nos mostrará una zona con mayor temperatura.

Beneficios

Las cámaras termográficas permiten localizar humedades y filtraciones en terrazas planas, circuitos de calefacción y suelos radiantes, así como en tuberías de agua situadas en tabiques sin perforar ni romper material. Este sistema de localización de fugas de agua resulta bastante eficaz para la inspección y localización de fugas en tuberías ocultas en paredes y suelos.
Disminuye el tiempo en la búsqueda de fugas en comparación con las que se debe excavar.

Condiciones técnicas de operación

Tiene que existir una diferencia de temperatura entre el agua y su entorno. Se requiere de personal especializado para la interpretación de la imagen.

Casos de Aplicación

Se utiliza en la provincia de Málaga, específicamente en Alhaurín de la Torre, Alhaurín el Grande, Benahavis, Benalmadena, Campillos, Carratraca, Cártama, Casares, Coín, Estepona, Fuengirola, Manilva, Marbella, Mijas, Nerja, Ronda, Tolox, Torremolinos y Velez-Málaga.

Nº FICHA 91

Cámara termográfica para la detección de fugas de agua

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Disminuye la intervención de infraestructura urbana, evita impactos negativos por ruido, polvo y otros.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución en la pérdida de conducción otorgando una mayor disponibilidad del recurso hídrico.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminución en los costos de producción.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para el uso de estas metodologías en la operación y mantención de las redes sanitarias. Sin embargo, los incentivos para utilizarlas no siempre se aprecian efectivos. Solución que se podría utilizar en el corto plazo.

Equipo detector de fugas por temperatura.
Fuente: Multifugas.cl

Información de contacto

Multifugas
contacto@multifugas.cl
www.multifugas.cl/camara-termografica.html
Chile

Fugas agua
contacto@fugas-agua.cl
http://www.fugas-agua.cl/
Chile

Apliter (Proveedor)
http://apliter.com/es
España

Referencias y mayor información

Apliter Tech Partners. (s.f.). Inspección termográfica de tuberías. Disponible en URL: http://apliter.com/es/inspeccion-termografica-de-tuberias

Flir. (s.f.). La cámara termográfica de FLIR ayuda a encontrar fugas de agua en una piscina de Italia. Disponible en URL: https://www.flir.com/es/discover/instruments/moisture-restoration/flir-thermal-imaging-camera-helps-find-water-leakage-at-italian-swimming-pool/

Inspecciones Técnicas. (s.f.). Detección de fugas con cámara termográfica. Disponible en URL: https://www.inspeccionestecnicas.es/tecnologia/camaras-termograficas.html

Multifugas. (s.f.). Detección de Fugas / Cámara Termográfica. Disponible en URL: http://www.multifugas.cl/camara-termografica.html

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 92

Gas trazador para búsqueda de fugas de agua

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Optimizar	Agua Potable y saneamiento; Industria; Agricultura; Minería	Tecnología	Proceso Industrial

Descripción

Este método consiste en la inyección de un gas trazador en el tramo a analizar. Posteriormente se procede a buscar el gas con una máquina olfateadora. Si esta muestra presencia de gas es porque existe fuga. El gas utilizado es una mezcla denominada FORMIGAS que contiene H_2 (5%) y N_2(95%). Por las características que tiene el gas puede salir por cualquier orificio.

Beneficios

Permite detectar fugas bajo materiales como asfalto y hormigón. El gas que se inyecta es inerte. Se puede utilizar para fugas que no generen ruido.

La mezcla de gas utilizada, contienen hidrógeno, la cual es la molécula más pequeña de todos los gases conocidos, lo que provoca que salga al exterior a través del más mínimo orificio de la red. Permite tener una eficiencia en la detección de fugas de un 98%.

Condiciones técnicas de operación

No se puede utilizar en tuberías de revestimiento, en aislamiento cerrado del tubo con fluido y en caminos pantanosos o inaccesible.

Casos de Aplicación

Es vendido en todo el mundo, incluido chile y es ocupado mayoritariamente para detectar fugas en tuberías de agua potable o fugas y piscinas.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Su uso podría reducir pérdidas de agua en la red sanitaria de agua. Emisión de gas para control de las fugas, en bajas concentraciones controladas, no causa efectos adversos sobre el medio.

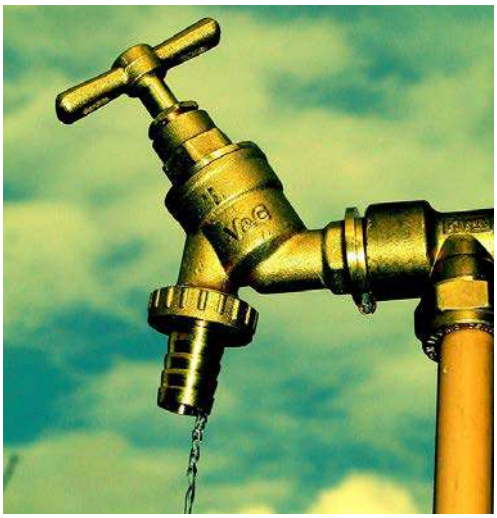
Gas trazador para búsqueda de fugas de agua

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Disminución de pérdidas del recurso hídrico durante su distribución.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología
Externalidades: (+) Disminución de los costos de producción.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para el uso de estas metodologías en la operación y mantención de las redes sanitarias. Sin embargo, los incentivos para utilizarlas no siempre se aprecian efectivos. Solución que se podría utilizar en el corto plazo.



Fuga de agua.
Fuente: (https://pixabay.com/es/photos/fontaner%C3%ADa-el-agua-tuber%C3%ADa-1002110/)

Información de contacto

Amestica (Proveedor)
http://www.amestica.cl
Chile

Referencias y mayor información

Amestica. (s.f.). Detección de fugas con gas trazador. Disponible en URL: http://www.amestica.cl/deteccion-fugas-gas-trazador.html

Multifugas. (s.f.). Detección de Fugas / Gas Trazador. Disponible en URL: http://www.multifugas.cl/gas-trazador.html

Sewerin. (s.f.). Método para la localización de fugas muy pequeñas. Disponible en URL: https://www.sewerin.com/cms/es/servicios/control-de-redes-de-tuberias/gas-trazador.html

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 93

Videoscopio y endoscopio para la detección de fugas de agua

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Industria | Minería | Agricultura | Agua Potable y saneamiento

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Descripción

El sistema de vídeo o endoscopio es un sistema de inspección multiuso y de fácil utilización, especialmente diseñada para permitir llevar a cabo inspecciones endoscópicas de vídeo de forma rápida y fácil en colectores y/o acueductos. Al introducir el videoscopio o endoscopio en el interior de las tuberías de alcantarillado o acueducto se pueden detectar roturas en la red u otra situación que genere un mal funcionamiento del sistema.

El inspector de vídeo generalmente incluye una cámara a color y a prueba de agua o impermeable, una sonda flexible en cuello de cisne y un dimmer o reductor de luz infinitamente variable que puede ser finamente ajustado para adaptarse a la situación de trabajo que se piensa realizar. Las cámaras de vídeos también generalmente tienen LEDs de alta potencia con el fin de proporcionar la cantidad de luz necesaria no sólo para inspeccionar los conductos que se examina, sino también para poder llevar a cabo evaluaciones de las imágenes obtenidas.

Los equipos generalmente cuenta con una capacidad de desplazamiento de 30 m, lo que permite su operación en tramos largos. Los resultados de la inspección pueden ser observados desde un monitor externo a través de una salida de video, incluso en un celular.

Similar son las cámaras robóticas de inspección para la medición de grietas en acueductos en tramos largos, como las LA2, LAL-3D, Pipe Cruiser y otras. Estas cámaras autopropulsables cuentan con un sistema de cabezal rotativo 360º y zoom, por lo cual es posible inspeccionar el estado de las junturas, fallas, roturas, etc. Además se puede agregar diodos para medición de grietas y otros para deformación de tuberías.

Beneficios

Son sistemas que están en condiciones operativas inmediatamente al ser sencillas de conectar y operar. Además, las sondas videoscópicas son robustas con objetivo de foco fijo y cabezal de cámara resistente al agua (tipo de protección IP67).

Permiten iluminación clara mediante el uso de LED con regulador de intensidad. Posee función de giro de imagen 180º y empleo móvil independiente de red, con posibilidades de autopropulsión.

Condiciones técnicas de operación

La durabilidad de la carga es de 4 horas y la longitud de la sonda es de hasta 30 m.

Opera dentro de un rango de temperatura de 0 a 40 ºC y su resolución es de 0,04 m.

Trabajo en conducciones en condición hidráulica de acueducto, permitiendo la inspección para detectar fugas o filtraciones.

Casos de Aplicación

Es vendido en todo el mundo incluido Chile, se usa para la detección de grietas en tuberías, canalizaciones, pozos entre otros.

Videoscopio y endoscopios para la detección de fugas de agua

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Disminuye la intervención de infraestructura urbana, evita impactos negativos por ruido, polvo y otros.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Disminución de pérdidas del recurso hídrico durante su distribución.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología
Externalidades: (+) Disminución de los costos de producción.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para el uso de estas metodologías en la operación y mantención de las redes sanitarias. Sin embargo, los incentivos para utilizarlas no siempre se aprecian efectivos. Solución que se podría utilizar en el corto plazo.

Información de contacto

Fugas InfoAgro (Proveedor)
http://www.fugas.cl/
Chile

Cámara de inspección tipo videoscopio.
Fuente: mercadolibre.com

Referencias y mayor información

Apliter Tech Partners. (s.f.). Inspección termográfica de tuberías. Disponible en URL: http://apliter.com/es/inspeccion-termografica-de-tuberias

Flir. (s.f.). La cámara termográfica de FLIR ayuda a encontrar fugas de agua en una piscina de Italia. Disponible en URL: https://www.flir.com/es/discover/instruments/moisture-restoration/flir-thermal-imaging-camera-helps-find-water-leakage-at-italian-swimming-pool/

Inspecciones Técnicas. (s.f.). Detección de fugas con cámara termográfica. Disponible en URL: https://www.inspeccionestecnicas.es/tecnologia/camaras-termograficas.html

Multifugas. (s.f.). Detección de Fugas / Cámara Termográfica. Disponible en URL: http://www.multifugas.cl/camara-termografica.html

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 94

Sistemas de riego para la optimización del consumo de agua en la agricultura

Objetivo que aborda	Sector de aplicación		Tipo de solución	Escala	
Optimizar	Agricultura	Áreas Verdes	Tecnología	Residencial	Proceso Industrial

Descripción

Consiste en la combinación de infraestructura y técnicas de conducción y suministro de agua con menos pérdidas y mejor aprovechamiento por las plantas. Las principales estrategias o sistemas de riego con mayor eficiencia hídrica comprende el riego presurizado, donde el agua es conducida por presión por tuberías hasta la planta para luego ser aplicada por emisores de aspersión, goteo o subsuperficial ajustado. Estas tecnologías permiten automatizar el riego para programar, medir y controlar los horarios y flujos de agua para distintas secciones del predio.

- **Riego por aspersión:** sistema de riego que conduce el agua a través de tuberías y expulsa las gotas de agua a través de difusores simulando una lluvia fina. Existen sistemas al ras del suelo o de microaspersión, y sistemas en altas estructuras piramidales para cultivos de mayor altura, denominados pivotes.
- **Riego por goteo:** consta de una red de distribución que aplica gotas de aguas en el suelo muy cerca a la planta de forma lenta y frecuente de agua mediante emisores o goteros de distinto tipo.
- **Riego subsuperficial:** Igual que el riego por goteo, pero el suministro es debajo del suelo más cerca de la planta y protegido de la evaporación.

Para mayor eficiencia, este tipo de tecnología debe ser combinado con canales de conducción recubiertos o impermeabilizados (ver ficha Nº75), automatización del regadío (ver ficha Nº96), prácticas agrícolas de conservación (ver fichas Nº112, 113 y 114) y un análisis más específico de las necesidades de riego de cada cultivo (ver ficha Nº95).

Beneficios

La adopción de nuevas prácticas de riego junto con nuevas prácticas agrícolas disminuye los volúmenes de agua utilizados para un cultivo al disminuir las pérdidas en la conducción y las pérdidas al suministrar el agua a la planta. El riego por aspersión tiene una eficiencia del 75%, mientras que el goteo es de 90% (comparado con el riego superficial que es de 60%). Al mismo tiempo, mejora la calidad del agua disponible para otros usos, por ejemplo, al utilizar fertilizantes y plaguicidas inorgánicos y orgánicos se en la cantidad adecuada o al reducir la escorrentía. Los sistemas de riego presurizado no requieren supervisión continua y se pueden ajustar a los requerimientos de la planta. Además, un riego localizado por goteo, a diferencia de un riego por inundación o aspersión, logra una uniformidad de aplicación del agua, menor crecimiento de malezas, ahorre en la labores de campo al permitir la aplicación de fertilizantes junto con el agua, y mejora la calidad y producción del cultivo.

Condiciones técnicas de operación

El canal de conducción dentro del predio debe idealmente ser impermeabilizado y revestido. La red de tuberías puede ser de diferentes materiales (PVC, polietileno baja densidad, HDPE).

El agua debe ser de buena calidad para evitar taponamientos de los emisores o dispersores de lo contrario requiere mucho mantenimiento.

Sistemas de riego para la optimización del consumo de agua en la agricultura

Dependiendo de la superficie de cultivos y el estado de la red de irrigación, puede requerir un almacenamiento temporal del agua. El suelo a trabajar debe tener baja capacidad de retención y alta velocidad de infiltración.
Idealmente debe ser acompañado de tecnología de monitoreo (sondas, imagen satelital, drones, etc.) y capacitación para una mejor implementación y seguimiento de los requerimientos hídricos del cultivo. Es importante mantener, reparar y reemplazar los sistemas de riego defectuosos (canales, tuberías, aspersores y otros) para lograr la mayor eficiencia en el uso del agua para el nivel establecido en su diseño e instalación.
Es recomendable una combinación de infraestructura y técnicas de cultivo y riego en la agricultura. Sin embargo la combinación adecuada dependerá de un análisis del cultivo y las características edafoclimáticas de la zona.

Casos de Aplicación

El Ministerio de Agricultura a través de la Comisión Nacional de Riego y el INDAP cuenta con una Ley Nº18.450 de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje y un programa de apoyo al mejoramiento de la red de regadío en la agricultura familiar y campesina que incluye el mejoramiento de la red de riego y la eficiencia hídrica. Recientemente se otorgaron 33 fondos a proyectos de mejoramiento del regadío en la región del Biobío que incluían el cambio a riego por aspersión y pivote (Noticias INDAP 14/01/2019).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo por reducción consumo de agua.
Potencial Impacto negativo sobre ecosistemas naturales, por los siguientes efectos: disminución de flujos superficiales hacia esteros, quebradas temporales, sistemas de vegas.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Mayor disponibilidad de agua.
Costo: costos asociados a la adquisición de la nueva tecnología.
Externalidades: (+) Potencial aumento de la productividad agrícola.
Conflicto: Desconfianza en el sistema de riego por parte de los agricultores.

Riego por aspersión.
Fuente: (https://pixabay.com/es/photos/aspersores-de-agua-chorro-de-agua-880970/)

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación
Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el corto plazo.

Costos referenciales

- Riego por goteo de 1 ha de arándanos u otro frutal del tipo arbustivo (Maule, principal zona productiva):
  CAPEX: $1,8 a $2,5 millones de pesos chilenos.
  OPEX: $250.000 a $350.000 por año (pesos chilenos)
- Riego por Pivote de 1 ha para cultivos anuales (trigos, maíz grano y para semilla,
  CAPEX: $1,5 millones de pesos chilenos.

Los Valores no incluyen IVA (+19%)
Fuente: Mauricio Toro, Fundación Chile.

Información de contacto

Hidroamb (redes presurizadas de riego) (Proveedor)
https://www.hidroamb.com/
Chile

Referencias y mayor información

CNR. (2018). Riego localizado. Yo cuido el agua. Cartilla divulgativa Nº4.
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2002). Mejora de la agricultura de regadío. En Agua y Cultivos, logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. Disponible en URL: http://www.fao.org/docrep/005/Y3918S/y3918s10.htm
INDAP (2019).Noticias. Uso eficiente del agua: fondos para 33 proyectos en Biobío llegan a la pequeña agricultura. Disponible en URL: http://www.indap.gob.cl/noticias/detalle/2019/01/16/uso-eficiente-del-agua-fondos-para-33-proyectos-en-biob%C3%ADo-llegan-a-la-peque%C3%B1a-agricultura

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 95

Agricultura de precisión con técnicas de riego deficitario controlado

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Optimizar	Agricultura	Tecnología	Proceso Industrial

Descripción

Para saber cuando regar es necesario saber cual es la disponibilidad de agua en el suelo para los cultivos (humedad aprovechable), para lo cual se observan algunos indicadores del suelo, de la planta o se realizan mediciones específicas del balance de agua en ambos. Para esto existe tecnología de medición mediante sondas y seguimiento del estado del cultivo para realizar un riego ajustado a la demanda real y en el tiempo fenológico justo cuando la planta lo requiere. Datos de turgencia (presión del agua en la planta) y humedad del suelo son algunos de los parámetros que definen el momento y volumen del agua necesaria para la planta.
En el riego deficitario, se suele aportar un volumen de agua menor a los requerimientos evapotranspirativos de la planta pero sin dañar su productividad ni estresar demasiado a la planta. De esta manera el agua que se aporta es justo la que necesita pero nunca más, de manera de mantener a la planta sin estrés.
Para este nivel de precisión, el sistema de gestión del riego deficitario requiere combinación de tecnología de monitoreo in situ y remota (imagen satelital, drones), capacitación e infraestructura de conducción.

Beneficios

Ensayos realizados en olivos en España con la sonda ZIM Water Sensor Probe, han mostrado una reducción del 20 al 30% del consumo de agua. En el caso de algunas variedades de uva, el riego deficitario controlado aporta propiedades especiales al vino.
Además, un riego localizado en la planta, a diferencia de un riego por inundación, logra una uniformidad de aplicación del agua, menor crecimiento de malezas, ahorre en la labores de campo al permitir la aplicación de fertilizantes junto con el agua, y mejora la calidad y producción del cultivo.

Condiciones técnicas de operación

Es una técnica que requiere un alto conocimiento previo de la planta y las condiciones de la zona. Si no está bien calibrado se puede afectar el crecimiento de la planta o los estados de floración futuros. Dado el alto costo de la instalación de este tipo de tecnología, se suele utilizar en cultivos de alto valor como olivos, uva de vino y cerezos. Se requiere un sistema de seguimiento y análisis de los datos que son recogidos de manera continua. Además del costo, no puede ser utilizado en todo tipo de cultivos, ya que algunos requieren un riego continuo para no sufrir daños. Se requiere también capacitación especial para el uso y análisis de los datos que se obtienen.

Agricultura de precisión con técnicas de riego deficitario controlado

Casos de Aplicación

A nivel nacional y en el extranjero existen experiencias del método de riego deficitario controlado (RDC) con excelentes resultados en el olivo. En chile se utiliza en cultivos de alto rendimiento como arándanos en Chillán y olivos en el valle de Azapa.

Medición humedad en el suelo. Fuente: ©USDA NRCS Montana (https://www.flickr.com/photos/160831427@N06/23995172897/)

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo en relación a la eficiencia en el uso del agua. La tecnología no presenta impactos negativos. Los impactos negativos pueden estar dados por su aplicación, de manera indirecta, al proyectar cultivos extensivos dada la eficiencia lograda en el riego.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Mayor disponibilidad de agua.
Costo: costos asociados a la adquisición de la nueva tecnología.
Externalidades: (+) Potencial aumento de la productividad agrícola.
Conflicto: Agricultores se pueden sentir perjudicados al no disponer de esta tecnología.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación
Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el corto plazo.

Información de contacto

Mauricio Toro, Alimentos y Acuicultura, Fundación Chile (mauricio.toro@fch.cl)

Luis Gurovich, G&A consultores, AGRYD (lgurovic@gmail.com)

Referencias y mayor información

Antúnez, A., Cajías, E.A., Román, L.f., Villablanca, A.F., Ardiles, S.R. 2015. En el valle de Azapa riego deficitarios controlado en olivos. En Revista Tierra Adentro. Pp 2015. 39-46. Disponible en URL: http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR38496.pdf

CNR. (2018). Cómo determinar cuándo y cuánto regar. Yo cuido el agua. cartilla divulgativa Nº2.

CNR. (2018). Riego localizado. Yo cuido el agua. cartilla divulgativa Nº4.

Olave, F. (2007). Agronomía presenta innovador trabajo en riego de arándanos en Congreso. Noticias Universidad de Concepción. Disponible en URL: http://chillan.udec.cl/index.php/2017/12/13/agronomia-presenta-innovador-trabajo-en-riego-de-arandanos/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 96

Automatización del riego en agricultura

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

El método consiste en aplicar la cantidad de agua justa y oportuna a los suelos para optimizar el rendimientos de los cultivos. Esta estrategia se logra a partir de tener en consideración los requerimientos reales de agua de los cultivos, demanda evaporativa de la atmósfera, características físico - hídricas del suelo y un diseño moderno y tecnificado del sistema de riego. Además, para que el riego se implemente en forma oportuna, suficiente, uniforme y eficiente es necesario un seguimiento en tiempo real de todos estos parámetros para poder tomar decisiones en el momento. Este seguimiento continuo y en tiempo real se logra a través de la telemetría o riego inteligente, el cual se conforma con una serie de equipos de medición, análisis de datos y envío de información al usuario, para que de forma remota el agricultor (o usuario) pueda conocer cómo está el cultivo y decidir sobre los parámetros del riego. En algunos casos los sistemas de telemetría permiten controlar los parámetros de manera remota, o incluso realizan la decisión sin intervención del usuario.

Los sistemas de telemetría están compuestos de sensores que miden distintos parámetros (temperatura del aire, precipitación, caudal en canales, humedad del suelo, etc.), un sistema de transmisión en forma de líneas de cable o ondas de radio, dispositivos de procesamiento de señales, dispositivos de grabación o visualización de datos, dispositivos de generación de energía autónoma (no conectada a la red) y aplicaciones móviles o plataformas de computación donde se puedan visualizar los datos. El sistema puede estar integrado por múltiples sensores en el terreno que miden caudal, pH, conductividad, humedad del suelo, etc.

De este modo se puede, en una misma pantalla de computadora, manejar información sobre la ejecución automática de los programas de riego y fertilización (bombas, inyectores, etc.). La información recopilada se puede complementar con estaciones meteorológicas las cuales pueden medir temperatura, radiación UV, vientos, humedad atmosférica, pluviosidad y con estos datos los sensores calculan la evapotranspiración.

Beneficios

Este tipo de tecnología provocaría una disminución de hasta un 30% en consumo de agua por ha. Puede ser utilizado en riego de cultivos, jardines y construcción de paisajes, agricultura, horticultura, viveros y viveros forestales.

El monitoreo se realiza en tiempo real, inclusive la Información está en la web, puede ser enviado vía telefónica o visualizada en App.

Los sistemas de control inalámbricos, en tanto, permiten reagrupar las válvulas, redefiniendo los sectores de riego de forma dinámica, de acuerdo con los requerimientos del huerto, incluso permiten hacer un manejo diferenciado por válvula.

Al conocer las variables y poder generar estadísticas se toman mejores decisiones de administración del agua, permitiendo así el mejoramiento de los parámetros productivos. Acceso y seguimiento a lugares de difícil monitoreo, como pozos, humedales, etc. Aumentos esperados en rendimientos y calidad de la producción, obtenidos cuando la disponibilidad de agua deja de ser un factor limitante de la productividad.

Automatización del riego en agricultura

Condiciones técnicas de operación

Se necesita un especialista que interprete correctamente los parámetros. El sistema de información está asociado a plataformas externas. El rango y la precisión de cada parámetro va a depender de los sensores o del sistema que sea elegido.
Requiere una adaptación de la gestión del agua al interior de los predios agrícolas, consistente en:

- Instalación de sistemas de riego presurizado.
- Integración de sistemas de información agro-climáticos.
- Adopción de plataformas de programación del riego.
- Integración de instrumentos para medir la humedad del suelo.
- Disposición del agricultor a modificar sus mecanismos actuales de determinación de frecuencia, lámina de agua aplicada, y forma de aplicación del agua en el campo.

Casos de Aplicación

Numerosos ejemplos en diferentes regiones aplicados por agencias públicas y privadas en California, Australia, España, Israel, Perú y México.
El Ministerio de Agricultura a través de la Comisión Nacional de Riego y el INDAP cuenta con una Ley Nº18.450 de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje y un programa de apoyo al mejoramiento de la red de regadío en la agricultura familiar y campesina que incluye el mejoramiento de la red de riego y la eficiencia hídrica.
En Chile, muchos de las asociaciones de canalistas han ido implementando sistemas de telemetría en la operación de compuertas y canales, como los instalados por la Sociedad de Canalistas del Maipo (https://www.scmaipo.cl/canalistas/telemetria-de-caudales) o la Junta de Vigilancia del río Copiapó (http://jvrc.cl/), entre otros.
En el fundo El Triángulo en Cholqui se instalaron este tipo de sistemas de control y automatización de riego, mejorando así los parámetros productivos de todos los frutales. También en un huerto de paltos en Petorca la automatización permitió reestructurar y modernizar completamente el sistema de riego.
Al mismo tiempo existen muchas empresas chilenas que ofrecen distintos tipos de sensores y plataformas de programación acorde a las distintas necesidades de los usuarios.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio
Impacto ambiental positivo si el uso de agua en predios se reduce respecto del uso actual. Por el contrario, si se extiende la superficie cultivable, y la demanda de agua aumenta, el impacto es negativo. La solución debe estar acompañada de una mejor regulación en la administración del agua.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Optimización del uso de agua para riego.
Costo: implementar la tecnología.
Externalidades: (+) Aumento del rendimiento y calidad de la producción.
Conflicto: No se aprecia

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación
Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el corto plazo.

Información de contacto

Luis Gurovich (Información)
G&A consultores, AGRYD
lgurovic@gmail.com

Lem System SpA (Proveedor)
Chile
https://lemsystem.com

Riegel DOS20
www.dos20.cl
felipe.rojas@flux.cl
Concon, Chile

Capta Hydro
www.captahydro.com
info@captahydro.com
Santiago, Chile

Peregrine Telemetry ARABLE
www.peregrinetelemetry.com
Santiago, Chile

ARABLE (proveedor)
https://www.arable.com/
hola@arable.cl
Chile

Sistema inteligente de riego que considera la precipitación para calcular el riego de manera automática.
Fuente: US Air Force Base Colorado. (https://www.af.mil/News/Article-Display/Article/116165/every-drop-counts-new-technology-saves-base-dollars/)

Referencias y mayor información

Lopes-Olivari, R. (2016). Manejo y uso eficiente del agua de riego intrapredial para el sur de chile. Concepto y consideraciones básicas en métodos y programación de riego para optimizar el recurso hídrico. Eds. Ministerio de Agricultura, INIA. Disponible en URL: http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40569.pdf

Redagrícola. (febrero de 2017). Monitoreo de variables de huerto y control total del riego. Disponible en URL: http://www.redagricola.com/cl/monitoreo-variables-huerto-control-total-del-riego/

Redagrícola. (agosto de 2017). Sistemas de monitoreo de humedad y control remoto del riego de LemSystem. Disponible en URL: http://www.redagricola.com/cl/sistemas-monitoreo-humedad-control-remoto-del-riego-lemsystem/

Soil moisture sense. (2019). Irrigation scheduling services. Disponible en URL: https://www.soilmoisturesense.com/index.php?pid=261

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2002). Mejora de la agricultura de regadío. En Agua y Cultivos, logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. Disponible en URL: http://www.fao.org/docrep/005/Y3918S/y3918s10.htm

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 97

Tecnologías de control inteligente para infraestructura hídrica

Objetivo que aborda

Optimizar Monitorear

Sector de aplicación

Agua Potable y saneamiento | Industrial | Minería | Servicios

Tipo de solución

Tecnología | Gestión

Escala

Residencial | Proceso Industrial

Descripción

Conjunto de tecnología y programas de gestión de pérdidas y presión en base a un sistema de medición por sensores y control inteligente autónomo para conservación de la presión requerida del sistema, conocido en inglés por las siglas SWIT (Smart Water Infraestructure Technologies). Se estima que en una red de agua potable el 30% del agua que se genera se pierde por fugas. Se puede definir la gestión de la presión como la práctica de manejar presiones del sistema a niveles óptimos de servicio a la vez que se asegura un suministro suficiente y eficiente.
Un sistema SWIT suele incluir una serie de productos o dispositivos gestionados de manera automática e interactiva para que el usuario puede recibir la información en tiempo real. Esta información va de la mano de aplicaciones móviles (ver ficha Nº 120). El sistema SWIT suele incluir las siguientes estrategias:

- Medición inteligente (AMR / AMI)
- Distritos Hidrométricos (DMAs)
- Gestión de Presión (PMA)
- Detección Activa de Fugas
- Sistemas de Información de Gestión (MIS)
- Sistemas de Gestión de Relaciones con los Clientes (CRM)
- Sistemas de Información Geográfica (SIG)
- Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA)
- Modelado Hidráulico

Beneficios

Los efectos positivos de la gestión de la presión son el reducir las pérdidas reales de agua, disminuyendo las presiones innecesarias o excesivas así como eliminando la fluctuación de presiones fuertes o transitorias. Estos factores frecuentemente causan nuevas roturas y estallidos de tuberías dentro de las redes de distribución del agua. La relación directa entre el caudal de las fugas y la presión significa que la gestión de la presión es el único método de intervención que permite tener un impacto positivo en los tres componentes de las pérdidas reales de agua: las fugas de fondo, las fugas reportadas y las no reportadas. Además, mejora el uso de agua y promueve un consumo responsable del recurso.

Condiciones técnicas de operación

Los sistemas de control y regularización de presión específicos deben ser instalados y puestos en marcha por personal calificado.
En la actualidad, la División de aguas y Saneamiento (WSA) del BID está trabajando para explorar las limitaciones en su implementación y definir estrategias para abordar y superar esas dificultades.
Es necesario que la implementación de SWITs sea gradual. Por ejemplo, AMR/AMI no deberían ser iniciadas antes de DMAs y PMAs. Adicionalmente, DMAs y PMAs deberían ser implementados en paralelo con un MIS integrado a fin de sacar plena ventaja de los beneficios e inversión.

Casos de Aplicación

Un estudio de compañías de servicios públicos con respecto al uso de SWITs fue hecho entre las empresas de agua en el Caribe, por ejemplo, la empresa Bahamas Water and Sewerage Corporation (WSC) ha implementado los Sistemas de Información de Gestión (MIS) alcanzando un nivel de desarrollo del 100% siendo utilizado en sus procesos actuales, además, esta empresa reconoce que la aplicación de las SWIT ha hecho que la Compañía sea más eficiente.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Reduce intervención física, e impactos indirectos que afectan a las personas, ruido, emisión de polvo, entre otras. Desde el punto de vista ambiental favorece el mejor uso de agua potable y cuidado de las fuentes.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Mayor disponibilidad del recurso hídrico "Agua Potable".
Costo: Costo asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Menor desgaste de los pavimentos producto del escurrimiento permanente de agua por fugas en la red.
Conflicto: No se perciben.

Aplicación Smartwatch, una de las muchas existentes.
Fuente: (https://vimeo.com/112568008)

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación
No existen limitaciones para el uso de estas metodologías en la operación y mantención de las redes sanitarias. Sin embargo, los incentivos para utilizarlas no siempre se aprecian efectivos. Solución que se podría utilizar en el corto plazo.

Referencias y mayor información

Banco Interamericano de Desarrollo. (11 de Enero de 2018). Tecnologías Inteligentes de Infraestructura de Agua (SWIT): servicios hídricos del siglo 21. Disponible en URL: https://blogs.iadb.org/agua/2018/01/11/tecnologias-inteligentes-de-infraestructura-de-agua-swit-servicios-hidricos-del-siglo-21/

Vasquez, Y., Arniella, E.F. (2017). Evaluation of Smart Water Infrastructure Technologies (SWIT). Disponible en URL: https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8329/Evaluation-of-Smart-Water-Infrastructure-Technologies-SWIT_ES.PDF?sequence=5&isAllowed=y

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 98

Riego subterráneo

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Agricultura

Áreas Verdes

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Residencial

Proceso Industrial

Descripción

Es un sistema de aplicación del agua de riego, caracterizado por el suministro del agua bajo la superficie del suelo, a bajo caudal, generalmente similar al sistema de riego por goteo. También es conocido como subirrigación o sistema de riego por goteo subsuperficial.
Consiste en mangueras enterradas en el suelo que a cada 50 cm aproximadamente tienen un gotero el cual se utiliza para cultivos extensivos, además permite no solo el suministro de agua sino también de nutrientes y fertilizantes para las plantas.

Beneficios

El agua, al estar bajo la superficie, se evapora en menor grado haciendo más eficiente el uso del agua. Se puede realizar el riego en espacios públicos con aguas tratadas ya que existe una alimentación directa de riego a las raíces de las plantas. Evita enfermedades de las plantas causada por la humedad, así como malezas, hongos e insectos.
Además, las líneas de goteo producen un flujo eficiente y uniforme que suministra una cantidad igual de agua a cada planta. Al estar bajo el suelo facilita labores de labranza del suelo. Se adapta a huertos pequeños o grandes
Los costos de operación, en comparación a otros sistemas de riego son más simples y más bajos. El riego por goteo es el método más eficaz para el suministro de nutrientes a la planta.

Condiciones técnicas de operación

Se deben tener gotarios especiales que no se tapen. Además, se necesita conocer los requerimientos hídricos de las plantas a ser regadas, en conjunto con la profundidad de sus raíces para realizar la instalación de estos "gotarios" de manera eficiente.

Se requiere instalar un sistema de válvulas para evitar la penetración de suelo por las aberturas de los tubos que conducen el agua. Asimismo se debe tener cuidado con la intrusión de raíces, ya que éstas siempre buscan zonas con mayor disponibilidad de agua.

Casos de Aplicación

En Til Til se realizó un riego subsuperficial con aguas de tratamiento del proyecto Biotreat®, financiado por POLPAICO y apoyado por el Comité de Agua Potable Rural (APR), Fundación Chile y la Municipalidad de Til Til.

- Limoneros y plantaciones de Jojoba en Israel en año 2000.
- Viñedos en California, USA 1996.

Riego subterráneo

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio
Impacto positivo en reducción del uso de agua. Impacto ambiental negativo respecto de calidad de suelo y sistemas biológicos que lo constituyen y enriquecen como: malezas, insectos, hongos, microorganismos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Optimización del uso del agua para la agricultura.
Costo: Costos asociados a la implementación de la tecnología.
Externalidades: (+) Eventual aumento de la producción agrícola.
Conflicto: No se aprecian.

Sistema de riego subterráneo en la reserva Cheyenne River. Fuente: USDA, EEUU, (https://www.flickr.com/photos/usdagov/22700606138)

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación
Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el corto plazo.

Información de contacto

Guttis (Proveedor)
https://www.guttis-agro.com/
Israel

Referencias y mayor información

Fundación Chile. Tecnologías emergentes no convencionales.Disponible en URL: https://fch.cl/wp-content/uploads/2013/09/Tecnolog_as_emergentes_-_casos_de_estudio_y_recomendaciones.pdf

Fundación Chile. (2015). Humedal artificial: una innovadora solución para la sequía de la V región. Disponible en URL: https://fch.cl/humedal-artificial-una-innovadora-solucion-para-la-sequia-de-la-v-region

Revista InduAmbiente. (2015). Gracias a BioTreat. Nº 137. 96-97 pp. Disponible en URL: https://www.induambiente.com/informe-tecnico/aguas/gracias-a-biotreat

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2002. Agua y cultivos. Logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. Disponible en URL: http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/docs/cropsdrops_s.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 99

Cobertura de techos para retener humedad en cultivos

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Optimizar	Agricultura	Tecnología	Proceso Industrial

Descripción

Consiste en cubiertas de polietileno de baja densidad (LDPE) que evita la pérdida de agua reteniendo la humedad en los cultivos, además de proteger de lluvia y granizo, heladas en primavera, viento y radiación excesiva. Su implementación se debe principalmente a la necesidad de proteger las frutas frente a los climas extremos y asegurar el flujo productivo en el largo plazo.
El espesor de la lámina varía desde las 70 µm hasta espesores mayores a 150 µm, siempre permitiendo el paso de la luz, sobre el 85%. A diferencia de un invernadero convencional, el film se instala de forma piramidal, hilera por hilera de manera independiente, con una altura que varía desde 1 a 1,5 m sobre el follaje en la cumbre. Adicionalmente, el sistema tiene ventilaciones centrales en las hileras, las que varían de 30-60 cm dependiendo del grado de ventilación necesario. El plástico se sujeta a la estructura con un sistema de tubos de PVC elásticos que permiten darle resistencia al sistema.

Beneficios

Como práctica común en la agricultura para evitar las heladas, se administra mediante agua de forma permanente lo que se podría evitarse con este tipo de cubiertas las cuales reducirían de forma considerable el consumo de agua. En relación con la humedad relativa, si el diseño es correcto, se mantiene en niveles similares a la humedad al aire libre.

La temperatura ambiental al interior de la cubierta tiende a aumentar al inicio de la temporada, con poco follaje presente. Sin embargo, al final de la temporada tiende a ser más baja si el vigor es alto y se produce sombra.

Condiciones técnicas de operación

Estas estructuras requieren del uso de estaciones meteorológicas, o de sensores de temperatura y humedad por lo menos, para manejar el aumento de humedad relativa que se podría producir y controlar así la ventilación. Además, se deben evitar las condensaciones, que es la que aumenta la incidencia de enfermedades fungosas en las plantas.
Todas las estructuras deben considerar la resistencia contra la fuerza del viento. Los perfiles metálicos deben ser galvanizados para evitar la corrosión. En zonas lluviosas, agrega, es recomendable la implementación de canaletas. Pueden tener un impacto en la cantidad de luz positiva, jugando en contra de la fotosíntesis, de la inducción y diferenciación de yemas (en el caso de los arándanos). El rango normalmente aceptable es de un 15-20%, siendo riesgoso pasar del 30% de reducción de la radiación total.

Casos de Aplicación

El uso de cubiertas de polietilenos es una tecnología de uso masivo en Italia y España y está creciendo con fuerza en los diferentes países productores de uva de mesa, entre ellos, Chile en los últimos 8 años.

Cobertura de techos para retener humedad en cultivos

En la zona de producción temprana de arándanos, que va desde la Región del Maule al norte, los macrotúneles tienen el objetivo central de anticipar la cosecha de fruta y proteger contra el riesgo de heladas de baja intensidad. Otros objetivos secundarios corresponden a la protección contra lluvia y contra el viento.
Un proyecto del INIA en Valparaíso buscaba reducir el consumo de agua en paltos con similares técnicas (INIA 2017).

Cobertores de techo en cerezos.
Fuente: http://www.agrocobertores.cl/

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo
Impactos positivos sobre salud de las personas y capacidad de adaptación, moderando temperaturas de zonas urbanas. Aumenta superficie verde, se recupera cobertura vegetal que cumple funciones fundamentales, mejora calidad de zonas urbanas.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Optimización del uso de agua para la agricultura Costo: adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminuye los riesgos de pérdida de producción provocados por lluvias, granizos, heladas, etc. (-) Al final de la vida útil genera desecho plástico.
Conflicto: No se aprecia.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación
No se presentan condiciones habilitadoras legales/ normativas e institucionales que limiten la implementación de la MAS. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de MAS que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación de condiciones habilitadoras.

Información de contacto

Agrocobertores (Proveedor)
http://www.agrocobertores.cl/
Chile

Referencias y mayor información

Salazar-Parra, c., Selles, G., Defilippi, B., Montano, C., Vergara, A., García, v., Marfan, G. (2018) Cubiertas plásticas en uva de mesa. Experiencias en la zona central de Chile. RedAgrícola Agosto 2018. Disponible en URL: http://www.redagricola.com/cl/cubiertas-plasticas-en-uva-de-mesa-experiencias-en-la-zona-central-de-chile/?utm_source=Newsletter+76+%2812+noviembre%29&utm_campaign=Newsletter+76+%2812+de+noviembre%29&utm_medium=email

INIA. 2017. Noticia: Sistema podría disminuir significativamente el consumo de agua en paltos. Disponible en URL: http://www.inia.cl/blog/2017/07/12/sistema-podria-disminuir-significativamente-el-consumo-de-agua-en-paltos/

Red Agrícola. (Agosto 2017). Cobertores plásticos, una nueva herramienta para la sustentabilida del kiwi amarillo chileno. Disponible en URL: http://www.redagricola.com/cl/cobertores-plasticos-una-nueva-herramienta-la-sustentabilidad-del-kiwi-amarillo-chileno/?utm_source=Newsletter+76+%2812+noviembre%29&utm_campaign=Newsletter+76+%2812+de+noviembre%29&utm_medium=email

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 100

Invernaderos convencionales

Objetivo que aborda: Optimizar

Sector de aplicación: Agricultura

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Residencial, Proceso Industrial

Descripción

Un invernadero (o invernáculo) es una construcción que se destina a la producción de cultivos bajo una cubierta exterior translúcida de vidrio o plástico que permite el control de la temperatura, la humedad y otros factores ambientales para favorecer el desarrollo de las plantas. Este sistema aprovecha el efecto producido por la radiación solar, la cual al atravesar un vidrio u otro material translúcido, calienta los objetos que hay adentro; estos, a su vez, emiten radiación infrarroja, con una longitud de onda mayor que la solar, por lo cual no pueden atravesar la cubierta a su regreso quedando atrapados y produciendo el calentamiento.
Existen diferentes tipos de invernaderos según el tipo de clima y otros factores, dentro de los que podemos mencionar los macrotúneles, los de tipo "casa-sombra", etc.

Beneficios

Reduce las necesidades de riego por la menor evapotranspiración. Sin embargo, permite la posibilidad de obtener dos ciclos productivos en vez de uno. Al producir un cultivo fuera de la época normal de estación, se reducen costos de importación de productos. Además, se reduce la exposición a las fuertes heladas y es posible adaptar y criar plantas muy delicadas a las variaciones climáticas.
Permiten obtener una producción limpia, trabajar en su interior durante los días lluviosos, desarrollar cultivos que necesitan condiciones climáticas especiales y evitar los daños de roedores, pájaros, lluvia o viento.

Condiciones técnicas de operación

Las estructuras que han dado mejores resultados son aquellas que permiten alcanzar 3 m^3 por cada m^2 de superficie. En estas condiciones se logra un mejor desarrollo de los cultivos altos (tomates y pimientos, por ejemplo). Sin embargo, es necesario determinar las características de los invernaderos según la localidad en que se encuentren y lo que se desee plantar. Se deben tener algunas consideraciones al escoger el lugar donde se ubicará el invernadero en función a protección del viento, nivelación, y cercanía a fuentes de agua para el riego.

Casos de Aplicación

Los invernaderos convencionales se utilizan desde ya hace bastante tiempo en nuestro país y en el extranjero. En Chile, los sistemas tradicionales han sido promocionados por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (ver cartilla 9, INIA 2004).

La nueva generación de invernaderos de estructura metálica, herméticamente cerrados y con sistemas automatizados, han sido implementados en algunos cultivos en Chile (ver revista RedAgrícola, enero 2015).

Invernaderos convencionales

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo
No hay impactos negativos si se preservan las condiciones del terreno, calidad del suelo y se manejan buenas prácticas agrícolas (sin pesticidas y fertilizantes y evitar despeje de vegetación nativa en alrededores, si corresponde).

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Optimización del uso de agua para la agricultura.
Costo: Adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminuye los riesgos de pérdida de producción provocados por lluvias, granizos, heladas, etc. (-) Al final de la vida útil genera desecho plástico.
Conflicto: No se aprecia.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación
Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el corto plazo.

Costos referenciales

Invernadero de 200 m² $ 2.142.000 pesos chilenos.
Fuente: Agromarket (https://www.agromarket.cl/)

Información de contacto

Invernaderos Chile (Proveedor)
http://www.invernaderoschile.cl/
Chile

Invernadero para cultivos hortícolas.
Fuente: https://www.flickr.com/photos/ininsa/5418529537

Referencias y mayor información

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2002. El cultivo protegido en clima mediterráneo. Disponible en URL: http://www.fao.org/docrep/005/S8630S/S8630S00.HTM

INIA. (2004). Producción de hortalizas en invernadero. Cartilla 9. Disponible en URL: http://www.inia.cl/proyectocadepa/documentos/CARTILLA9-p.pdf

Sistema Nacional de Emergencias de Uruguay; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2017. Manual para la construcción de invernáculos. Disponible en URL: http://www.fao.org/3/a-i7293s.pdf

Ponce, P. 2011. Estructuras convencionales. Disponible en URL: https://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/estructuras-convencionales/

RedAgrícola. (enero, 2015).Disponible en URL: http://www.redagricola.com/cl/agricultura-protegida-alta-tecnologia-chile/.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 101

Recambio varietal a cultivos de menor requerimiento hídrico

Objetivo que aborda: Optimizar

Sector de aplicación: Agricultura

Tipo de solución: Gestión

Escala: Proceso Industrial

Descripción

Consiste en el reemplazo de cultivos por variedades más adecuadas o resistentes a condiciones que permitan reducir el requerimiento hídrico. Por ejemplo, se podría lograr mediante la selección de variedades del mismo cultivo pero que han sido modificadas genéticamente para una mejor productividad como un primer objetivo, pero también con mayor resistencia al clima como atributo secundario. Según los atributos de resistencia al clima se puede lograr un menor requerimiento hídrico de algunas variedades. Una alternativa es trabajar con cultivos que tengan buen desempeño en condiciones de temperaturas invernales y/o soporten las heladas. De este modo, el aspecto de riesgo a la sequía se minimiza y aumentan las alternativas productivas.

Beneficios

Las variedades mejoradas suelen tener mejores productividades y un requerimiento hídrico menor, lo que permite reducir los usos de agua por superficie de predio. El cambio de variedad implica también necesidades distintas de fertilizante, pesticidas y mantenimiento lo que incide en la calidad del agua de escorrentía que es luego reconducida a los canales río abajo.

Condiciones técnicas de operación

El recambio varietal requiere un estudio de las ventajas y desventajas en cada realidad y territorio. Las limitaciones pueden ser edafoclimáticas, como también exigencias de productividad y calidad del mercado. En muchos casos, el recambio no es posible por restricciones del suelo y del mercado. Es también limitante si la producción es para venta fresca o congelada, ya que hay variedades más recomendables que otras, o que no cumple con requisitos de producción industrial o de exigencias de exportación.
Para poder realizar esta solución se requiere de una gran inversión inicial, considerando, incluso la contratación de mano de obra.

Casos de Aplicación

En Chile existe un trabajo llevado a cabo por varias instituciones para identificar variedades frutícolas (frambuesa, uvas, arándanos, etc.) con mejores características genéticas. Por ejemplo, en el caso de la frambuesa la variedad más usada en Chile es la Heritage, cubriendo cerca del 85% de la superficie plantada en la actualidad. Otras variedades disponibles Autumn Bliss, Amity, Ruby, Meeker, Chilliwak, Tulameen, Coho, Glen Lyon y Glen Ample. La elección de la variedad depende de características de productividad y exigencias del mercado. Entre otros atributos están la resistencia al clima (heladas, sequías).

Recambio varietal a cultivos de menor requerimiento hídrico

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Bajo impacto positivo sobre reducción de uso de agua. Los cultivos extensivos e intensivos pueden tener impactos negativos sobre vegetación y suelo por despeje para cultivos, incorporación de fertilizantes y presión sobre acuíferos o cursos de agua, especialmente en zonas donde se hacen extensivos los cultivos. Los impactos deben ser evaluados en función del territorio.

Vista viñedo en Los Andes. Fuente: ©Mariano Mantel (https://www.flickr.com/photos/mariano-mantel/8130847707/in/photostream/)

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Reducción del requerimiento hídrico para cultivo.
Costo: asociado a la adquisición de los nuevos cultivos.
Externalidades: (+) La producción agrícola se adapta a las necesidades del mercado.
Conflicto: Eventual oposición de agricultores a un cambio en los cultivos tradicionales.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el corto plazo.

Información de contacto

Mauricio Toro
Alimentos y Acuicultura, Fundación Chile
(mauricio.toro@fch.cl)

Luis Gurovich
G&A consultores, AGRYD
(lgurovic@gmail.com)

Referencias y mayor información

CNR. (2018). Alternativas de cultivos de bajo requerimiento hídrico. Yo cuido el agua. cartilla divulgativa Nº 3.

Instituto de Desarrollo Agropecuario. 2017. Manual de manejo agronómico del frambueso. Boletín INIA 07. Disponible en URL: http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/07%20Manual%20Frambuesa.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 102

Reconversión agrícola a cultivos de menor requerimiento hídrico

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Optimizar	Agricultura	Gestión	Proceso Industrial

Descripción

Consiste en la reconversión de un sistema de agricultura tradicional, basado en el modelo y paquete fitosanitario de exportación, hacia un sistema de agricultura más sustentable o más amigable con el ecosistema. El motivo de la reconversión puede el cambio de un cultivo a otro por requerimiento del mercado (demanda de los consumidores) y segundo por condiciones edafoclimáticas. En este segundo grupo hay una reconversión a cultivos con menor requerimiento hídrico y a prácticas con mayor eficiencia hídrica en el caso de que haya menos disponibilidad de agua, por ejemplo, agricultura de secano, agricultura orgánica y variedades más resistentes a la sequía o que su crecimiento se da en la época de lluvias.

En Chile, una alternativa es trabajar con cultivos que tengan buen desempeño en condiciones de temperaturas invernales o soporten heladas, de manera que se minimiza el riesgo de la época de sequía y aumentan las alternativas productivas. Para esto se pueden escoger variedades de cereales de mejor adaptación a sequía, además de realizar cierto manejo diferenciado, como calibrar la dosis de semillas según la preparación de la cama de semillas, disminuir la utilización de fertilizantes en especial el nitrógeno y potenciar las siembras tempranas, entre otros.

Otros cultivos recomendados para inviernos suaves están la alcachofa, arveja, perejil, ajo, puerro, rábano, remolacha, rúcula, zanahoria. También hay algunos frutales de bajo requerimiento hídrico y mercado propio como granado, higuera, pistacho, guindo ácido y tuna.

El objetivo final de la reconversión es el de aprovechar la aptitud potencial del territorio para producir un cultivo económicamente rentable con potencial de llegar a diversidad de mercados. Luego de identificar las variedades rentables, la reconversión requiere un análisis cuidadoso de la aptitud del territorio, los requerimientos de infraestructura y las nuevas capacidades requeridas por los agricultores en términos de conocimientos y mano de obra (en el caso de cultivos que requieren más trabajo pre y post cosecha).

Beneficios

Con un adecuado diagnóstico del potencial del territorio y los requerimientos del mercado, es posible pasar de un cultivo con altos costos y requerimientos hídricos, a uno que pueda mantener rentabilidades con menos cantidad de agua. Además, existiría una disminución de enfermedades y menores costos en agrotóxicos. Estimular la adopción de especies y variedades que se adapten mejor al uso de menores cantidades e agua, considerado la rentabilidad de sus productos. La reconversión puede también abrir mercados a un consumidor más consciente y preocupado del medio ambiente (por ejemplo productos orgánicos, productos con denominación de origen, etc.).

Reconversión agrícola a cultivos de menor requerimiento hídrico

Condiciones técnicas de operación

El suelo debe cumplir con las condiciones físicas para el cultivo identificado (pendiente, estructura, textura). En el caso que el suelo esté en condición de fragilidad, una reconversión puede generar la degradación y pérdida del suelo por erosión. El análisis de las necesidades edafoclimáticas para cada cultivo consideran también la superficie mínima para que el nuevo cultivo sea rentable, ya que por ejemplo 1 ha de una berry puede ser económicamente igual a 10 de cereales. Además, es necesario considerar las condiciones de conectividad y transporte a los principales mercados con los que se debe tener en el momento de la cosecha, ya que algunos cultivos requieren rápidos tiempos de transporte.
Además, es necesario en materia legislativa, nuevas leyes o bien, una reconversión de leyes y organismos regulatorios que impulsen este tipo de iniciativas.

Casos de Aplicación

La mayoría de los casos de reconversión de cultivos se dan por la búsqueda de cultivos más rentables dadas las condiciones del suelo y de mercado. Sin embargo, existen también experiencias de reconversión en la búsqueda de sistemas más adecuados a las condiciones agroclimatológicas o más sustentables con el medio ambiente. Por ejemplo agricultura biodinámica en vitivinicultura, producción de semillas agroecológicas, agricultura regenerativa o de conservación, agroforestería, agricultura sintrópica, etc.
Las siembras realizadas en suelos del secano interior de las regiones de O'Higgins, Maule y Biobío se caracterizan por excesos de humedad durante los meses de junio y julio, pero cuando la espiga está en proceso de floración y llenado de grano, el cultivo puede soportar la falta de agua (CNR 2018).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
La solución propuesta no tiene foco en mejoras ambientales ni ecosistémicas, sólo rentabilidad del negocio agrícola y eventualmente reducción uso de agua.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Reducción del requerimiento hídrico para cultivo.
Costo: Asociado a la adquisición de los nuevos cultivos.
Externalidades: (+) La producción agrícola se adapta a las necesidades del mercado.
Conflicto: Eventual oposición de agricultores a un cambio en los cultivos tradicionales.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el corto plazo.

Información de contacto

Roque Sáenz
Director Creativo TAMBO ROCA
ecoequilibrios@gmail.com

Mauricio Toro
Alimentos y Acuicultura, Fundación Chile
mauricio.toro@fch.cl

Referencias y mayor información

CNR. (2018). Alternativas de cultivos de bajo requerimiento hídrico. Yo cuido el agua. cartilla divulgativa Nº3.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2002. Agua y cultivos. Logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. Disponible en URL: <http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/docs/cropsdrops_s.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 103

Cultivos hidropónicos y aeropónicos

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Agricultura

Tipo de solución

Tecnología

Infraestructura

Escala

Residencial

Proceso Industrial

Descripción

Este tipo de cultivo es aquel en donde la raíz de la planta crece directamente en una mezcla de agua y fertilizante, o bien, la raíz de la planta crece en un sustrato sin valor nutritivo, pero se riega con una mezcla de agua y fertilizante.
Entre los sistemas con raíz directamente en el agua están:

- Los de tipo "balsas" o raíz flotante: Es el método más conocido, en el cual se construyen estanques que son cubiertos por una plancha o "balsa" de poliestireno expandido (plumavit), la cual tiene perforaciones en las que se colocan las plantas, de forma que las raíces queden bajo esta, ejemplo lechugas.
- Los cultivos en agua profunda: orientado a plantas más grandes que el método anterior, en donde, generalmente se ocupa un estanque por planta, con una capacidad entre 10 y 50 L, ejemplo tomates.
- Película de nutrientes: las raíces de las plantas se colocan dentro de tubos cerrados y la solución se hace circular por el fondo de dichas canaletas, lentamente y poca cantidad, ejemplo: plantas de hoja.
- Aeroponía: Las raíces crecen colgando al aire dentro de un recipiente cerrado y son constantemente rociadas con un spray o una niebla de solución nutritiva.

Entre los sistemas con raíz en sustrato están:

- Sistemas de goteo: en el cual mediante una bomba, se saca solución nutritiva desde un estanque de reserva y se reparte mediante mangueras hacia los goteros que riegan los maceteros.
- Inundación y vaciado: es un método relativamente nuevo donde cada cierto tiempo, se inunda el sustrato sacando todo el aire alrededor de las raíces, entrando aire fresco cuando el nivel de agua baja.
- Riego por Aquavalve: Este método hidropónico es propietario de la marca Autopot y se basa en su válvula patentada Aquavalve. A diferencia de los otros, la mezcla de agua y fertilizantes no recircula entre las plantas y el estanque, sino que se entrega a la planta a medida que la consume. El sustrato debe ser capaz de absorber agua por capilaridad (como lo hace una esponja) pues el riego es por abajo y debe distribuirse por todo el macetero.

Beneficios

Existe una reducción de costos de producción considerable, debido, entre otras cosas, al ahorro de agua hasta en un 90% (que se recicla) y ahorro de fertilizantes e insecticidas.
El cultivo no depende de fenómenos meteorológicos y por lo mismo, permite producir cosechas fuera de su temporada. En comparación a las formas de cultivo convencional, se requiere mucho menos espacio pudiendo incluso utilizarlo dentro del hogar y se requiere menor capital para una mayor producción.
Debido a que en el cultivo hidropónico se utiliza agua con sales disueltas se puede ajustar la cantidad óptima de cada sal mineral para que la planta tenga el alimento justo que necesita a cada momento. Con este tipo de cultivo existe menor probabilidad de encontrar bacterias, parásitos y hongos en los cultivos.

Condiciones técnicas de operación

Su principal desventaja es que los aspersores que producen el spray se pueden tapar fácilmente incluso con partículas de tamaño ínfimo, por lo que requiere mantenimiento regular.

Se requiere un control estricto del riego ya que se debe ajustar a las necesidades de la planta, además, debe ser constante en el tiempo. Para controlar el riego, se podría utilizar un sistema de automatización, el cual requiere uso de energía.

El rociado debe ser continuo, porque si el sistema no moja las raíces por más de una hora, es muy posible que la planta muera.

Casos de Aplicación

En el valle de Lluta en Arica y Parinacota la empresa familiar puro Chile Hidroponías del Norte está produciendo 28 mil lechugas al año con este sistema.

La Red Hidroponía de la Universidad nacional Agraria La Molina (Perú), realiza trimestralmente una publicación y un congreso anual del sector productivo e industrias con los últimos avances en tecnología y manejo.

La aeroponía ya se encuentra masificado en el mundo y en nuestro país. Por ejemplo, en Valdivia se desarrolló un sistema de cultivo aeropónico de papas, específicamente tubérculos semilla, diseñado e implementado con el fin de lograr mejores resultados para las variedades de papas más utilizadas en Chile.

Impacto Ambiental

Cultivos hidropónicos

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.

Impacto positivo al mejorar la calidad del cultivo, impacto sobre la salud y esfuerzo de riego.

Cultivos aeropónicos

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.

Impacto positivo al eliminar el uso de suelos para los cultivos y todas aquellas externalidades asociadas a los cultivos intensivos y extensivos, como canalización, uso de fertilización y arrastre de cargas con altos contenidos de fósforo y nitrógeno sobre las aguas. Requiere de alta mantención y energía para mantener el sistema de riego.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.

Beneficio: Optimización del uso agrícola del agua.

Costo: Adquisición de la tecnología.

Externalidades: (+) Disminuye los riesgos de consumo de vegetales contaminados .

Conflicto: No se aprecia.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación

Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el corto plazo.

Información de contacto

Hidroponia Chile Celular: +569 52191093 (Proveedor)
E-mail: j.arenas@hidroponiachile.cl
http://www.hidroponiachile.cl/
Aeroponía Chile (Proveedor)
http://aeroponiachile.com/index.php
Chile

Referencias y mayor información

Chile riego. 2008. Hidroponía: máxima eficiencia en el uso del agua. Pag 32-40. Disponible en URL: https://www.cnr.gob.cl/Home/Revista%20Chile%20Riego/35CR200810.pdf

INDAP. (20 de noviembre de 2018). Noticias y eventos: Juan Carlos Flores innovó con la hidroponía en le valle de Lluta y produce 28 mil lechugas al año. Disponible en URL: http://www.indap.gob.cl/noticias/detalle/2018/11/20/juan-carlos-flores-innov%C3%B3-con-hidropon%C3%ADa-en-el-valle-de-lluta-y-hoy-produce-28-mil-lechugas-al-a%C3%B1o

Agriculturers. (27 de febrero de 2015). ¿Qué es la Aeroponía? Disponible en URL: http://agriculturers.com/que-es-la-aeroponia/

Brajovic, G. (1 de marzo de 2012). La aeroponía. Disponible en URL: http://www.hidroponic.cl/la-aeroponia/

Papachile. (16 de enero de 2015). Presentan avances de innovador sistema de cultivo aeropónico de papas desarrollado en Valdivia. Disponible en URL: https://www.papachile.cl/presentan-avances-de-innovador-sistema-de-cultivo-aeroponico-de-papas-desarrollado-en-valdivia/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 104

Agricultura vertical en invernaderos

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Agricultura

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Residencial

Proceso Industrial

Descripción

Consiste en un modelo de agricultura en un ambiente controlado utilizando sistemas de hidroponía o aeroponía y control automatizado de variables ambientales y nutricionales. Los cultivos se enraízan en módulos verticales que son dispuestos en entornos cerrados tipo invernaderos, con iluminación mediante lámparas LED y riego mediante hidroponía o aeroponía.
Estos sistemas de cultivo vertical no deben confundirse con las paredes verdes, fachadas verdes (living walls) y otros sistemas similares, ya que su propósito es producción de alimento.

Beneficios

Debido a la estructura vertical y a pesar de los costos iniciales necesarios para financiar este tipo de cultivo, este nuevo método permite ahorrar en energía, espacio y conservar mayor cantidad de agua, que puede ser utilizada varias veces en lugar de una sola vez para una sola cosecha. Se puede llegar a ahorrar un 95% menos de agua de la que se emplearía en un cultivo tradicional, y con un 40% menos que en el caso de un sistema hidropónico, gracias al sistema de aeroponía.
Permite además, cultivos continuos todo el año, de mejor calidad y en regiones en donde solo se cosecha por temporadas o las condiciones no son óptimas. Se incrementa la productividad por pie cuadrado hasta en 390 veces respecto a las granjas de tierra y reduce el gasto en transporte.

Condiciones técnicas de operación

Al ser necesaria tanta cantidad de energía y el costo que esto conlleva, hay determinados productos que no resultan rentables para cultivar con este tipo de sistemas. Por ejemplo, lechugas y espinacas dejan un alto porcentaje de beneficio, sin embargo, productos como papas, tomates o frutillas, requieren nutrientes adicionales, más tiempo y mayor consumo energético. Esto se traduce en altos costos, con la consiguiente reducción de beneficios.
De ahí que la agricultura vertical se quiera centrar solamente en el cultivo de plantas de hoja, que son las que dejan más margen, y limite la producción de otro tipo de vegetales.
La aparición masiva de cultivos verticales, unido a la tecnificación de los cultivos, generaría una reducción considerable de trabajadores, especialmente en aquellos países que se encuentran en vías de desarrollo.

Casos de Aplicación

AeroFarms construyó en Nueva Jersey la mayor granja vertical del mundo, con 6.500 m^2 y una producción de más de 900 t de vegetales de hoja al año.
En Suecia, la empresa Plantagon junto con la constructora Sweco, construirán un "centro de excelencia para la agricultura urbana que consiste en un invernadero vertical de 17 pisos. El inicio de este proyecto fue en Febrero del año 2012 y se pretende que concluya el 2020, utilizando 430 m^2 de superficie del suelo, para 4.335 m^2 dedicados al cultivo vertical y 8.513 m^2 para oficinas.

El edificio tendrá una relación de cultivo vertical 10:1, lo que significa que producirán 10 veces más alimentos que una granja horizontal tradicional utilizada en la misma superficie.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Reduce presión sobre suelos, permite reducir uso de agua, energía puede ser suplida por sistemas de energías no convencionales.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Optimización del uso agrícola del agua.
Costo: Adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminuye la superficie de suelo usada para cultivo.
Conflicto: No se aprecia.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación
Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito. Con estas limitaciones, son iniciativas que se pueden implementar en el corto plazo.

Información de contacto

PROAMCO (http://www.proamco.cl/) (Proveedor)
CANAMERICA (https://canamerica.cl/)
Asociación Viveros de Chile
(http://www.viverosdechile.cl/)

Referencias y mayor información

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (12 de junio de 2016). Noticias: Garden wall heps fayze support her family. Disponible en URL: http://www.fao.org/resilience/noticias-eventos/historia-detalle/es/c/424166/

Compromiso Empresarial. (14 de agosto de 2018). el futuro de la alimentación se llama agricultura vertical. Disponible en URL: https://www.compromisoempresarial.com/rsc/2018/08/el-futuro-de-la-alimentacion-se-llama-agricultura-vertical/

Xataca. (20 de noviembre de 2017).Noticias. Suecia ya prepara su primer invernadero vertical: 4.335 m² de cultivo en una superficie de sólo 430 m². Disponible en URL: https://www.xataka.com/ecologia-y-naturaleza/suecia-ya-prepara-su-primer-invernadero-vertical-4-335-m2-de-cultivo-en-una-superficie-de-solo-430-m2

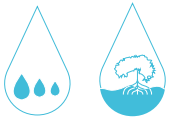
Lechuga en granja vertical.
Fuente: Bright Agrotech
(https://www.publicdomainpictures.net/es/view-image.php?image=203508&picture=lechuga-en-torres-verticales)

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Permacultura para la producción agrícola

Nº FICHA 105

Objetivo que aborda



Optimizar Conservar

Sector de aplicación

Agricultura

Tipo de solución

Gestión

Escala

Residencial Proceso Industrial

Descripción

Concepto desarrollado por Bill Mollison y David Holmgren de Australia. La permacultura es un sistema de principios de diseño agrícola y social, político y económico para la creación de medioambientes humanos sostenibles, que toma la agricultura en base a una ética del uso de la tierra.

Los principios buscan conservar la energía en el predio o generar más energía que la que consume, además de la gestión de las relaciones que podemos crear entre las plantas, animales, construcciones e infraestructuras (agua, energía y comunicaciones) y cómo podemos ubicarlas en el paisaje, creando sistemas que son ecológicamente correspondientes y económicamente viables, que provean para sus propias necesidades, no exploten o contaminen y que sean sostenibles a largo plazo.

Esta forma de diseño se basa en la observación de los sistemas naturales, la sabiduría contenida en los sistemas tradicionales de los predios y el conocimiento científico moderno y la tecnología. Este sistema busca cuidadosamente integrar la cosecha y la ganadería con el manejo del agua. Las casas y estructuras son construidas para maximizar la eficiencia energética. Todo es diseñado para crear un espacio armónico y sostenible donde se puede cosechar sana y orgánicamente.

Beneficios

La aplicación de la permacultura tiene múltiples beneficios como por ejemplo, promover la reforestación, uso ecológico del agua, uso de energías renovables, reduce gastos energéticos, recuperación de suelos degradados, disminuye la creación de residuos, baja o nula emisión de gases de efecto invernadero y obtención de alimentos más naturales y sin químicos ni tóxicos, por mencionar algunos. Además, no es necesario usar grandes máquinas ni trabajo intensivo para aumentar la productividad del terreno, la tierra que se trabaja con permacultura es muy fértil, ya que se trata y cuida de forma natural, tanto con procesos como con producto totalmente naturales, lo que permite que a la larga se autorregule sola e incluso se proteja de enfermedades.

Condiciones técnicas de operación

La permacultura pretende aportar una solución holística para los problemas de la sobreexplotación de los recursos, siendo necesario un cambio en la mentalidad de la sociedad y ciertas modificaciones en el estilo de vida. Sin embargo, no puede competir con la productividad de otros sistemas de producción.

Las energías renovables que se usan al principio pueden necesitar una inversión elevada, como por ejemplo, los paneles solares, pero a la larga se amortizan y resultan una gran ventaja, reduciendo el coste en electricidad y la contaminación.

Requiere de mucho más tiempo, dedicación y volumen de trabajo que otras formas de cultivo de alimentos y de producción de energías.
Es difícil poder asegurar al 100% que un cultivo sea totalmente natural y ecológico, ya que hoy en día los cultivos transgénicos están muy extendidos y las semillas se desplazan por el medio a través de viento y agua, por lo que puede haber cultivos naturales "contaminados" con cruces de transgénicos.

Casos de Aplicación

Proyectos agroecológicos como por ejemplo, La Ecoescuela Vivencial de la comuna de Quillota, en la Región de Valparaíso o la Casa El Manzano que se encuentra ubicada en Cabrero, Región del Biobío como centro de enseñanza desde el año 2007, que con el tiempo fue transformando poco a poco la lógica de producción rural.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Impacto positivo indirecto sobre la reducción de os recursos hídricos. Menor consumo mediante procesos naturales, reutilización y cultivos de temporada.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Optimización de uso del recurso hídrico en la agricultura.
Costo: implementación del sistema. Externalidades: No se aprecia.
Conflicto: No se aprecia.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para la utilización de estas técnicas, sin embargo, usualmente, en el caso de pequeños propietarios y comunidades indígenas se requiere el apoyo de programas estatales (CONAF, CONADI, INDAP). Con esta consideración, eventualmente son soluciones de implementación inmediata.

Información de contacto

Roque Sáenz (Contacto)
Director Creativo TAMBO ROCA
ecoequilibrios@gmail.com

Vista aérea de un jardín de permacultura, Asociación Alôsnys, Francia. Fuente: Wikimedia commons (https://commos.wikimedia.org/wiki/File:Jardin_permaculture_p%C3%A9dagogique_.jpg)

Referencias y mayor información

El-Hage Scialabba, N., Hattam, C. 2003. Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria. Colección FAO: Ambiente y recursos naturales Nº4. 289pp. Disponible en URL: http://www.fao.org/docrep/005/y4137s/y4137s00.htm#Contents

Endemico. (26 de diciembre de 2016). El arte de la permacultura en Chile. Disponible en URL: https://www.endemico.org/actualidad/el-arte-de-la-permacultura-en-chile/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 106

Paisajismo xérico o de bajo requerimiento hídrico

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución		Escala
Optimizar	Áreas Verdes	Infraestructura Verde	Gestión	Residencial

Descripción

Paisajismo xérico, xerófito o xeripaisajismo es una modalidad de jardinería que trabaja con especies con baja necesidad hídrica o adaptadas a climas con poca precipitación pluvial por lo que ayuda a la eficiencia del recurso hídrico. Las principales familias de plantas utilizadas son las *cactaceae, agavaceae, euphorbiaceae, mimosaceae, caesalpiniaceae, papilionaceae, sterculiaceae*, entre otras. En la selección de plantas debe priorizarse especies nativas, además de conocer los patrones de crecimiento apropiados para el clima, requisitos de mantenimiento y su interacción con el clima local y las condiciones del suelo. Otra característica de los jardines xérofilos es la predominancia de ornamentación con gravas y piedras de distinto tamaño.
Los tres componentes principales para diseñar un paisaje con bajo requerimiento hídrico son reducir la cantidad de césped y otras áreas irrigadas, garantizar el diseño eficiente del agua de los sistemas de riego e identificar aquellas plantas nativas o de clima xérico más adecuados.

Beneficios

Dependiendo del tipo de jardines y técnicas de riego, el uso de agua en paisajismo puede representar desde un 20% o más del consumo de agua de las instalaciones, o bien, mantenido adecuadamente, este tipo de jardines puede usar fácilmente menos de la mitad del agua de un paisaje tradicional. Realizar cambios en las áreas verdes de casas, edificios y áreas públicas pueden reducir las necesidades de agua en las ciudades. Considerando que en Chile el agua de riego es primordialmente agua potable, se reducen también los costos del tratamiento de esta agua.

Condiciones técnicas de operación

El paisajismo xérico es adecuado para climas con poca precipitación (>400 mm al año) y áreas no muy extensas donde el uso de agua en riego/jardinería sea una fuente de gastos.
Se recomienda, para este tipo de paisajes, utilizar riego por goteo para no exceder las necesidades hídricas de la planta.

Casos de Aplicación

Existen numerosos sitios sobre paisajismo y diseño exterior con ejemplos e ideas de cómo desarrollar e implementar un jardín tolerante a la sequía en el hogar o ciudad. Por ejemplo, en zonas desérticas como Arizona y Texas existen concursos anuales de paisajismo xérico, además que es promovido por los gobiernos regionales y municipios locales:

- Departamento de Recursos Hídricos de Arizona: *https://new.azwater.gov/conservation/landscaping*
- Coconino county, Arizona: *http://www.coconino.az.gov/DocumentCenter/View/5480/Xeriscape?bidId=*

- Meza county, Arizona: https://www.mesaaz.gov/residents/water-conservation/residential-grass-to-xeriscape-rebate/top-10-reasons-to-convert-to-xeriscape
- Contra Costa county, California: https://www.ccwater.com/437/Xeriscape

Jardín xérico en comuna Providencia, Región Metropolitana. Fuente: Anahí Ocampo

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Impacto positivo por reducción consumo de agua y a nivel ecosistémico. Promover este tipo de paisajismo en regiones áridas y semiáridas aporta a recuperar especies degradas o en condición de amenaza. Promueve, la valoración de la vegetación nativa por parte de la comunidad.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo alto.
Beneficio: Liberación de recurso hídrico implicando una mayor disponibilidad de agua potable.
Costo: asociado a la Inversión del paisajismo xérico.
Externalidades: (-)Eventual disminución de las áreas de generación de sombra y áreas verdes en general.
Conflicto: Rechazo al cambio en el paisaje y en la eventual utilización de los espacios públicos.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación
No se presentan condiciones habilitadoras legales/ normativas e institucionales que limiten la implementación de la MAS. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de MAS que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación de condiciones habilitadoras.

Costos referenciales

Los costos dependerán de la complejidad del diseño paisajístico, tipo de plantas, área a trabajar y mano de obra. Un jardín de 10 m^2 puede costar USD 120 incluyendo piedras, plantas y mano de obra (costos de instalación domiciliaria).

Información de contacto

Hidroamb (Proveedor)
Chile
https://www.hidroamb.com/

Joaquín Murrieta (Información)
Watershed Management Group
Arizona, EEUU
jmurrieta@watershedmg.org

Referencias y mayor información

Water utility Authority. Bernalillo county, Albuquerque. (s.f) Xerixcaping the complete how-to guide. Disponible en URL: http://www.abcwua.org/uploads/files/Xeric_Guide_08292017.pdf

Landscaping Network. 2019. Xerixcape landscaping. Disponible en URL: https://www.landscapingnetwork.com/Xeriscape-landscaping/

Better Homes & gardens. 2019. How to xeriscape. Disponible en URL: https://www.bhg.com/gardening/landscaping-projects/landscape-basics/xeriscaping/?slideId=slide_85d44dd1-1bb8-4eb7-a37e-8689b1a59d99#slide_85d44dd1-1bb8-4eb7-a37e-8689b1a59d99

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 107

Cambio a vegetación nativa de menor requerimiento hídrico en áreas verdes urbanas

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Áreas Verdes

Tipo de solución

Infraestructura Verde

Gestión

Escala

Residencial

Descripción

La medida consiste en priorizar la forestación con vegetación nativa en áreas verdes comunes, así como el recambio de las especies exóticas de alto consumo hídrico en áreas ya forestadas. La vegetación nativa, de talla arbustiva y arbórea, está adaptada a las condiciones climatológicas de la zona ya que forman parte del ecosistema no intervenido antrópicamente. Por ejemplo, el bosque esclerófilo (en la zona central de nuestro país) se caracteriza por hojas perennes y duras, las cuales permiten resistir sequías veraniegas características del clima Mediterráneo.

En las grandes ciudades se ha priorizado plantar árboles exóticos por ser más vistosos que las plantas nativas, proveen de mayor sombra y su crecimiento es más rápido y menos costosas de obtener. En Santiago de Chile un 86% de las especies en áreas verdes públicas son exóticas. La plantación de estas especies foráneas, cumple con los objetivos previstos, pero tienen consecuencias como el que pueden ser alergénicas en época primaveral las cuales provocan malestares estacionales e incluso un aumento en las consultas de los centros de salud, disminuye la integridad ecológica del lugar y su entorno y además debido a que son especies introducidas de otros ecosistemas, tienen requerimientos distintos, entre otras cosas, mayor requerimiento de riego.

Beneficios

Esta medida favorece la disminución de agua para regadío, además, la vegetación nativa al estar adaptada al clima local requiere menor mantención y cuidado, por lo que disminuyen los costos de mantención.

Condiciones técnicas de operación

Es importante encontrar especies endémicas de la zona para no influir en el ecosistema. Dado que su objetivo son áreas urbanas, es necesario evaluar que no provoquen riesgos hacia la comunidad, por ejemplo, se debe evitar vegetación que posea espinas o produzcan alergias al tacto.

Casos de Aplicación

Fundación Mi parque prioriza plantación de especies nativas. La Municipalidad de Providencia en la Región Metropolitana, prioriza vegetación nativa en su arbolado urbano.

Cambio a vegetación nativa de menor requerimiento hídrico en áreas verdes urbanas

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Impacto positivo, recuperación de vegetación nativa, aumenta superficie de absorción de contaminantes y mejora condiciones de calidad de aire en ciudades. Existe suficiente información y dominio por parte de jardines botánicos, para apoyar esta iniciativa. Así como de jardines especializados que conocen los requerimientos y tipos de plantas para cada zona del territorio.

Parque con arbustos y árboles esclerófilos de menor requerimiento hídrico. Fuente: (https://pixabay.com/es/photos/parque-%C3%A1rboles-la-naturaleza-3754823/)

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo alto.
Beneficio: Menor requerimiento del recurso hídrico.
Costo: Asociado a la inversión de re-plantación.
Externalidades: (-)Eventual disminución de las áreas de sombra.
Conflicto: Rechazo al cambio en el paisaje y en la eventual utilización de los espacios públicos.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se identifican CH que limiten o incentiven el uso de estas técnicas, ya que su uso está en el ámbito de atribuciones de los municipios o de los propietarios, según corresponda. Así, desde la perspectiva de las CH son soluciones de implementación inmediata.

Información de contacto

Fundación Mi parque (contacto)
https://www.mziparque.cl/
Chile

Referencias y mayor información

Reyes-Paecke, S., Gironás, J., Melo J., Vicuña, S., Herrera J. 2018. Irrigation of green spaces and residential gardens in a Mediterranean metropolis: Gaps and opportunities for climate change adaptation. Landscape and Urban Planning 182 (2019) 34–43.

Hilaire, R., Arnold, M.C., Wilkerson, D., Devitt, D.A., Lesikar, B.J., Lohr, V.I., Martin, C.A., McDonald, G.V., Morris, R.L., Pittenger, D.R., Shaw, D.A., Zoldoske, D.F. 2008. Efficient Water Use in Residential Urban Landscapes. HORTSCIENCE 43(7):2081–2092. 2008.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 108

Sistema de recirculación acuícola (RAS)

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

El sistema de cultivo de peces se puede realizar en tierra mediante el Sistema de Recirculación Acuícola (RAS) y de una manera que reduce el consumo del agua al filtrarla y recircularla en el mismo sistema. El RAS requiere un sistema mecánico y biológico para purificar el agua y eliminar o desintoxicar los productos de desecho y alimentos no consumidos presentes en el agua. Los filtros empleados pueden ser mecánicos (para eliminar partículas en suspensión) los cuales se diferencian según el tamaño de la partícula en solución (pudiendo ser cribas fijas, rotativas, tipo cadena, vibradoras, de arena, de tierra de diatomeas), filtros químicos o filtros biológicos (centrados especialmente en la remoción de nitrógeno, residuos de amoníaco y amortiguamiento de los niveles de pH del agua). La filtración biológica es realizada por biofiltros de los cuales existen distintos diseños del tipo lecho fijo, móvil e incluso humedal artificial. Sólo se agrega agua nueva a los estanques para compensar las pérdidas asociadas a las salpicaduras de los peces, la evaporación y el reemplazo del agua requerida para eliminar el material de desecho.

En algunos casos el sistema va de la mano de la producción agrícola del tipo acuaponía. En estos sistemas el sistema de acuaponía hace también de filtro, al mismo tiempo que se produce peces y productos del tipo hortalizas.

El sistema en general garantiza un continuo suministro de agua limpia a una temperatura apropiada y con un contenido de oxígeno disuelto óptimo para un buen crecimiento del cultivo.

Beneficios

Debido a que las granjas RAS reciclan la mayor parte de su agua, consumen mucho menos agua que otros tipos de sistemas de cultivo. Son especialmente adecuados para áreas con reservas de agua limitadas. Se puede ubicar en áreas donde no hay disponibilidad de grandes cantidades de tierras horizontales (para construir tanques de agua).

Este sistema se realiza en tanques de agua en un ambiente controlable por el operador de la instalación, permitiendo la cría de peces en altas densidades. El RAS permite generar las condiciones adecuadas y necesarias para que la crías de peces se mantengan saludables y crezcan con una buena Tasa de Conversión Alimenticia. Los peces se encuentran aislados de posibles contaminantes ambientales (el mal sabor causado por la proliferación de algas, cualquier contaminación potencial debido a los residuos de pesticidas que escurren en la aguas abiertas). Esto trae como resultado un producto de alta calidad. El crecimiento también puede ocurrir durante todo el año, lo que maximiza la producción y permite la rápida rotación del producto. La comercialización del producto también mejora, ya que los peces alcanzan su tamaño de venta semanalmente. Al tener peces en instalaciones cerradas, es posible la cosecha en tiempos de fuertes lluvias, nieve o heladas, condiciones que podrían detener las cosechas en aguas abiertas (jaulas o estanques).

Sistema de recirculación acuícola (RAS)

Condiciones técnicas de operación

Tienen mayor costo que los sistemas de cultivo en estanques y jaulas y son más complejas de manejar. La inversión inicial es de alto costo. Además, la tecnología y equipamiento es de origen extranjero. Se necesita un sistema mecánico y biológico para purificar el agua y eliminar o desintoxicar los productos de desecho y alimentos no consumidos, además para eliminar los residuos de amoniaco y nitrito. Se requieren operadores con conocimiento técnico, administrando y cuidando tanto las poblaciones de peces como los sistemas.
Los peces se deben alimentar diariamente con un alimento nutricionalmente completo para estimular el rápido crecimiento y una alta supervivencia.

Casos de Aplicación

- Krüger and Veolia han implementado el sistema RAS 2020 en Suiza (Trucha Arcoiris), Dinamarca (Seriola) y Noruega (Salmón).
- Billund Aquaculture ha desarrollado en Chile sistema RAS para: Salmones Camanchaca; Aquagen. En Noruega: Laksefjord AS y Finnmark Rensefisk AS. En China: Zehui Aquaculture.
- En Mozambique la ONG Italiana ICEI, con el apoyo financiero de la Agencia Italiana de Cooperacion al Desarrollo AICS, se implementó desde el 2016 una experimentación de Sistemas Agroforestales Sintrópicos (SAFs) en el Distrito de Pebane y desde 2017 en el Distrito de Mocubela de la Provincia de Zambesia.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Impacto ambiental positivo por reutilización de agua en el circuito industrial. Impacto negativo por potencial descarte de aguas contaminadas con materia orgánica en sistemas lacustres o fluviales. Compuestos nitrogenados derivados de la industria salmonera tiene impactos negativos sobre flora y fauna acuática y calidad de las aguas.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Optimización de uso de agua en los sistemas acuícolas.
Costo: Adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Mejora el crecimiento de los cultivos.
Conflictos: No se aprecia

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se identifican CH que limiten o incentiven el uso de está técnicas, ya que su uso está en el ámbito de atribuciones de los propietarios. Sin perjuicio de que pueden ser parte de proyectos que requieran someterse a una aprobación ambiental. Así, pudieran ser soluciones de implementación inmediata.

Información de contacto

Kruger and Veolia (Proveedor)
https://www.veolia.cl/
Chile
Manantial
http://www.manantial.cl/
Chile

Referencias y mayor información

Appel, L. (s.f.). RAS 2020: La acuicultura terrestre para el futuro. Disponible en URL: https://www.salmonexpert.cl/article/ras-2020-la-acuicultura-terrestre-para-el-futuro/

Aquafeed. (1 de diciembre de 2014). RAS – Sistemas de Recirculación Acuícola. Disponible en URL: http://www.aquafeed.co/ras-sistemas-de-recirculacion-acuicola/

Galli Merino, Ó., & Miguel Sal, F. (2007). Sistemas de Recirculación y Tratamiento de agua. CENADAC, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Disponible en URL: http://www.minagri.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/otros/_archivos//000003-Sistemas%20de%20recirculaci%C3%B3n%20y%20tratamiento%20de%20agua.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 109

Agroforestería

Objetivo que aborda: Optimizar

Sector de aplicación: Agricultura

Tipo de solución: Gestión

Escala: Cuenca, Proceso Industrial

Descripción

La agroforestería es la interdisciplina y modalidad de uso productivo de la tierra donde se presenta interacción espacial y/o temporal de especies vegetales leñosas y no leñosas, o leñosas, no leñosas y animales. Cuando todas son especies leñosas, al menos una se maneja para producción agrícola y/o pecuaria permanente. Incluye una combinación de prácticas agropecuarias que se realizan en el mismo lugar y al mismo tiempo (prácticas simultáneas),o aquellas desarrolladas en el mismo sitio pero en épocas diferentes (prácticas secuenciales). El "sitio" puede ser tan pequeño como un simple jardín o una parcela cultivada, o tan extenso como un área de pastizal.
En otras palabras, la agroforestería es una forma de cultivo múltiple en la que se cumplen cinco condiciones fundamentales, cultivo múltiple, con al menos dos especies, al menos una especie leñosa perenne, las especies interactúan biológicamente y al menos dos especies manejadas.

Beneficios

Entre algunos de los beneficios que se pueden obtener con la agroforestería son que se aprovecha mejor el terreno con diferentes productos a corto plazo (cultivos anuales), a mediano plazo (palmitos, cítricos, etc.), y a largo plazo (madera). Se conserva más la fertilidad del suelo y existe un menor riesgo de ataque de plagas y enfermedades en la producción. Además, la agroforestería es una buena forma para controlar la escorrentía, evitar la erosión y mantener el nivel de nutrientes en las tierras, por lo que también es un buen método para la recuperación de zonas degradadas.
Utilizar una cobertura de árboles densa puede proporcionar al ganado refugio durante temporadas cálidas, permitiéndoles conservar su energía y ahorrar agua, asimismo, los árboles actúan generando microclimas, que optimizan las condiciones de los cultivos.

Condiciones técnicas de operación

Para conservar los suelos se recomiendan técnicas como reposición de materia orgánica, establecer coberturas, plantar leguminosas para fijar nitrógeno del aire, rotación de cultivo y cultivos asociados (siembra de diferentes especies vegetales en un mismo año).
Los sistemas agroforestales pueden disminuir la producción de los cultivos cuando se utilizan muchos árboles y se siembran especies que no son compatibles.

Casos de Aplicación

Entre los sistemas agro silvícolas aplicados en Chile se pueden mencionar:

- Agroforestería con Nogal (*Juglans regia*) o Castaño (*Castanea sativa*): en nuestro país las asociaciones con nogal y castaño se han realizado principalmente con maíz, poroto, y otras hortalizas como zanahoria y lechugas.

- Agroforestería con Álamo (*Populus spp.*): entre los cultivos asociados a plantaciones con álamo se encuentran hortalizas, cereales o especies forrajeras.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto. Impactos positivos al restaurar calidad del suelo, recuperación de hábitat de especies, reducción de erosión, la combinación de tipos vegetales y forestales pueden viabilizar mejores resultados de restauración. La combinación de tipos de cultivos y especies nativas es un medio favorable para la economía de las comunidades rurales, con mejores oportunidades en calidad de alimentación y calidad de vida.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Ahorro del recurso agua.
Costo: Asociado a la adquisición del sistema.
Externalidades: (+) Control de escorrentía. Evitar erosión del suelo.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación. Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito.

Información de contacto

Roque Sáenz (Contacto)
Director Creativo TAMBO ROCA
ecoequilibrios@gmail.com

Agroforesteria en Burkina Faso. Fuente: ©Schmidt M. (https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Faidherbia_albida.JPG)

Referencias y mayor información

Ecoticias. (2 de enero de 2018). ¿Qué es la agroforestería y cuáles son sus beneficios? Disponible en URL: https://www.ecoticias.com/medio-ambiente/178744/agroforesteria-cuales-beneficios

Fundesyram. (s.f.). ¿Qué es agroforestería? Disponible en URL: http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3370

Instituto Forestal (INFOR). (s.f.). Modelos Agroforestales. Sistema Productivo Integrado para una Agricultura Sustentable. Disponible en URL: http://biblioteca.infor.cl/DataFiles/24905.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 110

Agricultura Sintrópica

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Optimizar	Agricultura	Gestión	Proceso Industrial, Cuenca

Descripción

Concepto creado por Ernst Gotsch, investigador y agricultor Suizo. Consiste en un modelo de agricultura en el cual los procesos naturales se traducen a las prácticas agrícolas tanto en su forma, como en su función y dinámica. En la Agricultura Sintrópica la restauración de ecosistemas altamente productivos e independientes de insumos externos tiene como consecuencia la preservación de sus servicios ecosistémicos, especialmente para la regeneración de suelo, la regulación del microclima y el favorecimiento del ciclo del agua. En otras palabras se crean ecosistemas agrícolas inspirados en los bosques, con el objetivo de producir alimentos y recuperar la naturaleza.
A diferencia de la agricultura orgánica e incluso la permacultura, en la agricultura sintrópica no se agregan componentes al suelo y no se eliminan los elementos indeseados como las pestes, sino que se trabaja con el sistema natural para que la vegetación aporte los nutrientes y consideran a las plagas y enfermedades como aliados indirectos, miembros del sistema inmunológico de la vida del planeta Tierra.

Beneficios

Permite la recuperación de áreas degradadas y viabilidad económica. El gasto es menor en comparación con el sistema de cultivo tradicional. Este tipo de cultivo ayuda en el control de plagas y enfermedades favoreciendo el equilibrio ecológico. Además, utiliza un 75% menos de espacio y agua en comparación al modelo tradicional; ayuda a devolver la fertilidad a la tierra gracias a la recuperación de la biodiversidad; reduce la pérdida de energía, ya que hay menos exposición directa del suelo al sol.

Condiciones técnicas de operación

No se implementan técnicas de reposición de nutrientes naturales como reposición de materia orgánica, sino que se trabaja con los mismos sistemas naturales. Por ejemplo, se plantan árboles, pastos y hierbas en alta densidad y se los maneja con podas periódicas para que indirectamente fertilicen el suelo. Esto requiere mayor mano de obra y tiempo de cuidado. Tienen menor producción que un cultivo tradicional de mono especie.

Casos de Aplicación

En Mozambique la ONG Italiana ICEI, con el apoyo financiero de la Agencia Italiana de Cooperación al Desarrollo AICS, se implementó desde el 2016 una experimentación de Sistemas Agroforestales Sintrópicos (SAFs) en el Distrito de Pebane y desde 2017 en el Distrito de Mocubela de la Provincia de Zambesia.

Agricultura Sintrópica.
Fuente: www.cienciarte.com.br/noticia-1463390040-

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
La actividad agrícola bajo esta propuesta (es un método que es impulsado en sistemas tropicales), utiliza los procesos naturales para beneficiar los cultivos, eliminar insumos externos como herbicidas, recuperando (según la información relatada en página web de Agenda Götsch) los servicios ecosistémicos, calidad de los suelos y del agua.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Recuperación de suelos degradados aumentando la producción agrícola. Aumento de la productividad agrícola.
Costo: implementación del sistema.
Externalidades: (+) Desarrollo agrícola que permite recuperar las características propias del suelo y su entorno.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
Actividades que se pueden desarrollar por los propietarios sin limitaciones. Existe la posibilidad de utilizar subsidios y apoyo técnico del Estado. Sería conveniente integrar estas iniciativas en el marco de planes de gestión de los recursos de la cuenca, sin embargo, no existen instrumentos legales ni marcos institucionales previstos para ese propósito.

Información de contacto

Roque Sáenz (Contacto)
Director Creativo TAMBO ROCA
ecoequilibrios@gmail.com

Referencias y mayor información

Life in sintropy. Disponible en ULR:https://lifeinsyntropy.org/en/

Gontijo, J. (18 de septiembre de 2016). Agricultura sintrópica utiliza 75% a menos de espaço e água. Disponible en URL: https://www.otempo.com.br/capa/economia/agricultura-sintr%C3%B3pica-utiliza-75-a-menos-de-espa%C3%A7o-e-%C3%A1gua-1.1373527

Ideassonline. (s.f.). La agricultura sintrópica promovida por la agenda Gotsch. Disponible en URL: http://www.ideassonline.org/public/pdf/SyntropicFarming-ESP.pdf

Trevobahía. (s.f.). 5 vantagens da agricultura sintrópica de Ernst Gotsch. Disponible en URL: http://www.trevobahia.com.br/2018/02/02/5-vantagens-da-agricultura-sintropica-de-ernst-gotsch/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 111

Relaves espesados, filtrados y en pasta para reducción de consumo de agua en minería

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

La explotación y procesamiento de los recursos minerales no sólo generan una gran cantidad de minerales procesados sino que también conlleva la generación de un gran volumen de residuos mineros, constituyendo una fuente potencial de generación de drenajes mineros (efluente generado producto de la interacción entre las fuentes potenciales generadoras y factores ambientales).

Los relaves espesados, filtrados y en pasta son aquellos que se disponen en un estado deshidratado, a diferencia de los depósitos convencionales. En los relaves espesados, antes de ser depositados, son sometidos a un proceso de sedimentación, mediante espesadores, en donde se elimina una parte importante del agua que contienen. Los relaves filtrados, son aquellos, que antes de ser depositados son sometidos a un proceso de filtración, mediante equipos especiales, donde se asegure que la humedad sea menor a un 20%.

Y por último, los relaves en pasta presentan una situación intermedia entre el relave espesado y filtrado, siento una mezcla de relaves sólidos y agua, entre un 10 y 25% de agua, y su deposición se efectúa de forma similar al relave filtrado, sin necesidad de compactación, con una consistencia coloidal.

Beneficios

Los relaves deshidratados cada vez están siendo más utilizados debido a las mejoras en la tecnología necesaria, al mayor número de especialistas y conocimientos sobre su funcionamiento, a que los costos asociados cada vez son menores y debido a la escasez de agua en los lugares en donde se desarrolla la actividad minera.

El agua recuperada puede ser recirculada al proceso productivo. Con el proceso también se pueden recuperar reactantes del proceso, con ellos, se minimiza la huella del depósito, además, sus características permiten que sean aptos para el relleno de minas, o la co-disposición con el material estéril de los botaderos. Los riesgos de derrames son menores debido a esta mezcla viscosa.

Aunque el costo de inversión inicial es más elevado que para un depósito convencional, a largo plazo este tipo de depósito es rentable, ya que disminuye el número de depósitos necesarios debido a la disminución del volumen final y la cantidad de agua utilizada es significativamente menor. En el caso de los relaves filtrados, existe una recuperación más eficiente del agua, además, éstos se pueden almacenar apilados, constituyendo un menor riesgo ya que no requiere de presas de contención.

Relaves espesados, filtrados y en pasta para reducción de consumo de agua en minería

Condiciones técnicas de operación

El depósito de relaves espesados deberá ser construido de tal forma que se impida que el relave fluya a otras áreas distintas a las del emplazamiento determinado y contar con un sistema de piscinas de recuperación del agua remanente. Además, es requerido el uso de maquinaria específica.
La filtración de relaves se realiza por presión o por vacío; la configuración más común en este tipo de plantas se compone de tambores/cilindros, platos apilados horizontal o verticalmente, y correas horizontales de transporte, que implica requerimientos de mantenimiento de la infraestructura.

Casos de Aplicación

En la Mina Sunrise Dam (Australia), se cambió la gestión de relaves de un depósito convencional a un depósito de relaves espesados. La forma de depósito de este tipo de relaves es un cono de bajo perfil, con una altura de 15 m en el año 2005.
En Greens Creek, se construyó el primer depósito de relaves filtrados en el mundo, el cual, no necesita laguna de aguas claras, reduciendo la huella ambiental en más de 50%. Diseñado junto con la desviación de aguas superficiales y subterráneas, y cuenta con drenes para promover bajos niveles de agua.
En la mina de Oro Bulyanhulu en Tanzania, se implementó el sistema de relaves en pasta. De los relaves, un 25% se usa para rellenar la mina y un 75% se deposita en la superficie, El objetivo más importante en este caso fue la recuperación del agua, ya que la faena minera está ubicada en una zona árida.
En Chile, la compañía minera Las Cenizas cuenta con relaves en pasta desde el 2008.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
El impacto es positivo en el reúso de agua, sin embargo, no hay disminución del residuo. Ambientalmente no tienen impacto positivo, la tecnología es usada desde hace décadas.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Liberación del recurso agua, disminución de la superficie de terreno utilizada para relaves debido a que se requiere un menor número.
Costos: Adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminuye el riesgo de derrames.
Conflictos: No se aprecia.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativas al desarrollo de las faenas mineras, y, eventualmente, requieren el ingreso al SEIA. Desde la perspectiva de las CH se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

Servicio Nacional de Geología y Minería
https://www.sernageomin.cl/mineria/
Chile

Arcadis Design and Consultancy (Proveedor)
https://www.arcadis.com/es-cl/chile/
Chile

Golder Associates S.A. (Proveedor)
https://www.golder.com
Chile

Referencias y mayor información

SERNAGEOMIN. (2015). Guía metodológica para la estabilidad química de faenas e instalaciones mineras. Disponible en URL: http://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/01/GuiaMetodologicaQuimica.pdf

Fundación Chile (2015). Catastro de medidas y tecnologías para la prevención, control y tratamiento del drenaje minero. Disponible en URL: https://fch.cl/wp-content/uploads/2016/06/Catastro-medidias-tecnologias-prevencion-control-tratamiento-drenaje-minero.pdf

Las Cenizas S.A. (2006) Los relaves. Presentación Gerencia de Operaciones Cabildo. Disponible en URL: http://www.sonami.cl/site/wp-content/uploads/2016/03/03.-Depositacion-de-relaves-en-interior-mina.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Mulch para retener humedad en el suelo

Nº FICHA 112

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Agricultura

Áreas Verdes

Tipo de solución

Gestión

Ancestral

Escala

Residencial

Proceso Industrial

Descripción

Consiste en la colocación manual o con ayuda mecánica de una cubierta formada por materiales inertes tales como astillas de madera, hojas o paja, o cualquier otro material, sintético o no, como papel de periódicos o plásticos que sirvan para evitar el crecimiento de malezas, moderar la temperatura del suelo o conservar su humedad. Esta cubierta también se puede colocar mezclada con las primeras capas del suelo o acolchado del suelo. Dependiendo de la composición física y química del suelo, el tipo de material más adecuado que se puede usar.

Beneficios

Las coberturas de este tipo se utilizan para proteger el suelo de la lluvia, viento y sol, lo que reduce la erosión y aumenta la humedad del suelo. Controla malezas que podrían estar presentes en el terreno, además favorece la regulación térmica del suelo, controlando la humedad, sobre todo en periodos de escasez hídrica, disminuyendo la evaporación y reteniendo la humedad del suelo. Estos beneficios coadyuvan a disminuir la degradación de los suelos y mejora su calidad.
Como consecuencia de esta práctica, hay escasa o ninguna obstrucción de los poros de la superficie del suelo y poca deposición de partículas de suelo que puedan formar una costra sobre la superficie, lo cual dificulta la actividad agrícola.

Condiciones técnicas de operación

Los aserrines y virutas deben provenir de maderas no tratadas químicamente. Además, las coberturas de plástico no biodegradables o semi-biodegradables se deben retirar antes de iniciarse su degradación o desintegración física, de manera de que no queden restos en el predio.
Cuando se aplica una cobertura de residuos a un suelo con una superficie muy degradada y de baja porosidad, el efecto benéfico de la cobertura sobre la infiltración, en un primer momento, puede ser limitado. En tales situaciones es aconsejable acelerar la recuperación de la porosidad superficial antes de aplicar la cobertura de residuos labrando el suelo para romper la costra y cualquier capa dura subsuperficial, seguido por un período de barbecho (descanso del suelo) bajo un cultivo de cobertura para favorecer la formación y estabilización de la porosidad del suelo.
Se debe utilizar riego tecnificado para esta técnica, para así evitar la pérdida de la cubierta mediante arrastre. Se debe tener un estudio de los requerimientos hídricos que posee cada especie para poder mantener la temperatura a nivel de raíz.

Casos de Aplicación

Se utiliza a nivel internacional y es promocionado como alternativa de conservación por organizaciones internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Mulch para retener humedad en el suelo

Cobertura inerte en cultivos. Fuente: ©Doug Beckers (https://www.flickr.com/photos/dougbeckers/6379111547)

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Desde el punto de vista de la eficiencia en el uso del agua es una solución que puede aportar. La técnica podría presentar impactos negativos al modificar el suelo y alterar su composición en la etapa de preparación del suelo. El impacto debe ser evaluado en función de la extensión de la solución.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo alto.
Beneficio: Disminución de la demanda por agua para riego.
Costo: Costos asociados a la adquisición de la nueva tecnología.
Externalidades: (-) Eventual contaminación del suelo. (-) Cambio en el paisaje.
Conflicto: Rechazo al cambio en el paisaje y en la eventual utilización de los espacios públicos.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para la utilización de estas técnicas, sin embargo, usualmente, en el caso de y de pequeños propietarios y comunidades indígenas se requiere el apoyo de programas estatales (CONAF, CONADI, INDAP). Con esta consideración, eventualmente son soluciones de implementación inmediata.

Costos referenciales

Saco 30 L de Mulch $ 5.890 pesos chilenos. Fuente: Homecenter Sodimac. (https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/category/cat4850359/Mulch)

Información de contacto

Roque Sáenz (Contacto)
Director Creativo TAMBO ROCA
ecoequilibrios@gmail.com

Referencias y mayor información

Ministerio de Agricultura. 2006. Ley Nº20089, Sistema nacional de certificación de productos orgánicos agrícolas. Disponible en URL: https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/publicacion_libro_2017.pdf

Ormeño, J. 2008. control de malezas perenne. INIA Tierra Adentro. Marzo-abril 2018. Pag 20-23. Disponible en URL: https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/05/15/consiste-la-tecnica-del-mulch-factores-cuenta-buen-uso/

Portal Frutícola. (15 de mayo de 2017). En que consite la técnica del mulch y que factores tener en cuenta para su buen uso. Disponible en https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/05/15/consiste-la-tecnica-del-mulch-factores-cuenta-buen-uso/a

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 113

Labranza de conservación mínima o cero

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Agricultura

Áreas Verdes

Tipo de solución

Gestión

Ancestral

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Técnica de siembra directa con una labranza mínima o nula del suelo antes de colocar la semilla, sin uso de arado, que disminuye la degradación y compactación del suelo por uso de maquinarias en el predio o terreno agrícola. El arado es una de las principales fuentes de pérdida del suelo ya que acelera la pérdida de materia orgánica llevando a un progresivo deterioro de la arquitectura del suelo y a una reducción del número y de la estabilidad de los poros que permiten el crecimiento de las raíces y el movimiento del agua de lluvia. La técnica requiere perforar un hoyo profundo para la semilla. Los agricultores que utilizan la técnica de conservación también siembran cultivos de "cubierta" para proteger el suelo. La labranza mínima reduce notablemente la utilización de arado y rastra en las labores agrícolas. Existen maquinarias tipo todo en uno, que hacen el trabajo en una pasada del tractor.

Beneficios

Promueve la vida y estructura del suelo, favoreciendo la infiltración y reduciendo la escorrentía. Además, mejora la absorción del agua en el suelo y existe un menor uso de combustibles fósiles, fertilizantes y agrotóxicos.
Si comparamos la cero labranza con la tradicional podremos reducir los costos de establecimiento en 60%, especialmente en combustible, pues no se emplean equipos de preparación de suelo.
Ayuda a la prevención de la erosión del suelo y por ende reduce la degradación de éste.

Condiciones técnicas de operación

Se requiere capacitación especializada, y además, el uso del tractor es casi una necesidad o seguridad de una buena cosecha.
Los suelos francos (textura media o liviana) son ideales para utilizar esta técnica, ya que poseen la porosidad suficiente para que las raíces puedan airearse y oxigenarse de forma adecuada, sin la necesidad de arar el suelo, no así, los suelos más arcillosos, donde si no se realiza labranza, tienden a compactarse, haciendo cada vez más difícil crecer en profundidad y que la velocidad de infiltración del agua sea cada vez menor.
En nuestro país se aconseja utilizar esta técnica entre la I y la IX región (se recomienda desarrollar este sistema en zonas que reciban precipitaciones anuales mayores a 250 mm), ya que en las zonas en donde la pluviometría es elevada esta técnica se encuentra limitada.
Es fundamental, para que esta técnica funcione, que al cosechar el cultivo anterior, el rastrojo resultante sea picado e incorporado de inmediato a la nueva siembra para evitar la presencia de hongos que fomentan la proliferación de enfermedades.
Para que el sistema tenga éxito es fundamental realizar un control de malezas efectivo una semana antes de la siembra.

Casos de Aplicación

En Chile la cero labranza se aplica con éxito en trigo, maíz, lupino y algunos frutales como guindo o castaño, según indica la 'Ficha técnica cero labranza' elaborada por la CONAF. A nivel mundial, los países que más la usan son Estados Unidos, los del sur de Europa, Argentina y Brasil.
Existe una modalidad de cultivos a través de "pelotillas", las que se preparan mezclando primero las semillas de árboles de abono verde que crecen en áreas con pluviometría anual de menos de dos pulgadas y semillas de trébol, alfalfa, lampazo y otros tipos de abono verde o mantillo, con granos y semillas vegetales. La mezcla de semillas se cubre primero con una capa de abono y luego con una de arcilla, para formar bolitas que contengan gérmenes microbianos. Estas bolitas, así terminadas, podrían entonces esparcirse a mano por los desiertos y las sabanas, esta técnica es utilizada por el japonés Masanobu Fukuoka.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo
Esta práctica no está orientada a la reducción en el uso de agua. La técnica reduce alteración del suelo.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Disminución de la demanda por agua para riego.
Costo: costos asociados a la adquisición de la nueva tecnología.
Externalidades: (+) Costo de aprender la nueva tecnología por parte de los agricultores.
Conflicto: Rechazo de los agricultores al cambio por la técnica de siembra.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación
No existen limitaciones para la utilización de estas técnicas, sin embargo, usualmente, en el caso de y de pequeños propietarios y comunidades indígenas se requiere el apoyo de programas estatales (CONAF, CONADI, INDAP). Con esta consideración, eventualmente son soluciones de implementación inmediata.

Fuente: Cultivo de maíz bajo agricultura de conservación, Malawi, CIMMYT (https://www.flickr.com/photos/cimmyt/7290578188)

Información de contacto

Roque Sáenz (Contacto)
Director Creativo TAMBO ROCA
ecoequilibrios@gmail.com

Referencias y mayor información

Ministerio de agricultura,UNEA, FAO. 2011. Prácticas de conservación de suelos y agua para la adaptación productiva a la variabilidad climática. Secano de la región de O´higgins. Disponible en URL: http://www.fao.org/3/a-as431s.pdf

Shaxson, F., Barber, R. (2005). Agricultura de conservación. Capítulo 5. En Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. El significado de la porosidad del suelo. Boletín de suelos de la FAO 79. Disponible en URL: http://www.fao.org/docrep/008/y4690s/y4690s0a.htm

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2002). Agricultura de conservación. estudios de casos en América latina y África. Boletín de suelos de la FAO 78. Disponible en URL: http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/ESPIM/CD-ROM/documents/6E_s.pdf

Rusu, T., Pacurar, I, Dirja, M., Pacurar, H.MI., Orioian, I., Cosma, S.A., Gheres, M. (2013). Effect of tillage systems on soil properties, humus and water conservation. Agricultural Sciences 4(5B):35-40.

Nº FICHA 114

Cultivo de contorno para reducir evaporación de humedad del suelo

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Agricultura

Áreas Verdes

Tipo de solución

Gestión

Ancestral

Escala

Cuenca

Descripción

Esta técnica consiste en un diseño de plantío mediante el uso del territorio aprovechando las pendientes o curvas de nivel naturales del terreno, quebrando las tendencias tradicionales de cultivar norte-sur. Esto evita tener que hacer labranza y remover el suelo, además que aprovecha las pendientes naturales para el movimiento del agua durante el riego. La técnica se basa, principalmente, en que cada surco o hilera del cultivo se opone al paso del agua de lluvia, disminuyendo la velocidad de la corriente de agua y el arrastre del suelo.

Beneficios

Esta técnica favorece una mayor infiltración del agua en el suelo, además, existe una menor erosión de suelo, contribuye a disminuir la escorrentía, y debido a su diseño existe un menor uso y gasto de agua en la producción.

Condiciones técnicas de operación

Este tipo de cultivo tiene sus limitaciones en superficies con pendientes pronunciadas, son recomendados para terrenos con una pendiente de hasta el 12%, además, tiene sus limitaciones en terrenos con presencia de rocas. Para el desarrollo de esta técnica se requieren grandes superficies y el uso de maquinaria. Para que el sistema tenga éxito es fundamental realizar un control de malezas efectivo una semana antes de la siembra.

Casos de Aplicación

Esta técnica se ha utilizado en la reforestación de cerros isla RM, producción de paltos en IV y V Región y producción de uva en el secano costero.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
No hay impactos negativos si se preservan las condiciones del terreno, calidad del suelo y se manejan buenas prácticas agrícolas (sin pesticidas y fertilizantes y evitar despeje de vegetación nativa en alrededores, si corresponde).

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: El cambio por cultivos con menos requerimientos hídricos, permite disponer del agua. **suficiente para el desarrollo agrícola.**
Costo: asociado a la adquisición de los nuevos cultivos.
Externalidades: No se perciben.
Conflicto: Eventual desabastecimiento de productos agrícolas.

Cultivo de contorno para reducir evaporación de humedad del suelo

Cultivo en contorno, Georgia, US. Fuente: ©NRCS (http://www.publicdomainfiles.com/show_file.php?id=13393640415565)

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para la utilización de estas técnicas, sin embargo, usualmente, en el caso de y de pequeños propietarios y comunidades indígenas se requiere el apoyo de programas estatales (CONAF, CONADI, INDAP). Con esta consideración, eventualmente son soluciones de implementación inmediata.

Información de contacto

Roque Sáenz (Contacto)
Director Creativo TAMBO ROCA
ecoequilibrios@gmail.com

Referencias y mayor información

Michelana, R. (2001). Cultivos en contorno. Artículo de divulgación Insituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponible en URL: https://inta.gob.ar/documentos/cultivos-en-contorno

Shaxson, F., Barber, R. (2005). Agricultura de conservación. Capítulo 5. En Optimización de la humedad del suelo para la producción vegestal. El significado de la porosidad del suelo. Boletín de suelos de la FAO 79. Disponible en URL: http://www.fao.org/docrep/008/y4690s/y4690s0a.htm

USDA-NRCS. (2000). Manual de conservación de recursos naturales.

Silici, L., Ndabe, P., Friedrich, T. y Kassam, A. (2011). Harnessing sustainability, resilience and productivity through conservation agriculture: the case of likoti in Lesotho. International Journal of Agricultural Sustainability 9(1): 1-8

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 115

Sistema tradicional de camellones para cultivo en zonas anegadas

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Agricultura | Áreas Verdes

Tipo de solución

Gestión | Ancestral

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Los camellones, *suka collos* o *waru waru* son sistemas de gestión de la tierra y de las aguas que fue utilizado ampliamente por las civilizaciones precolombinas de la zona andina y amazónica de Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia para cultivar en zonas de inundación temporal. Aunque muchos de estos fueron abandonados después de la conquista Española, muchos han vuelto ser el sistema de producción de amplias zonas. Los agroecosistemas de camellones más avanzados estaban compuestos por lomas artificiales (donde se establecían las familias), terraplenes o andenes (caminos uniendo lomas y zonas de cultivo), canales (zonas inundadas de tamaño suficiente para la navegación en canoa/bote) y camellones (zona cuadriculada en altura donde se realizaba la agricultura y la piscicultura). Los camellones son montículos entre 12 y 15 cm de altura que forman hileras de siembra, los cuales se encuentran rodeados de agua ("camas de cultivo elevadas"). De esta manera, durante la época de inundación, el agua sube de los canales a las camas por capilaridad, provocando que las raíces de las plantas se orienten hacia abajo, lo que permite colocar las plantas muy próximas unas a otras y aprovechar el agua.
En las zonas Andinas o Altiplánicas, la menor área de inundación no requería infraestructura de gran tamaño. El pueblo Moxos en la Amazonía boliviana en cambio, reconoció y aprovechó la fuerza y desbordes de los ríos, creando así una civilización altamente avanzada que desarrolló una tecnología hidroagrícola basada en "camellones" que habilitaban superficies extensas de cultivo donde el desborde de los ríos no permite la agricultura seis meses al año. Con esta técnica permitieron conducir el agua hasta sus plantaciones, capturarla en lagunas artificiales para la época de sequía y complementar con desarrollo de biodiversidad comestible (peces y caracoles).

Beneficios

Permite realizar agricultura en zonas temporalmente anegadas. Contribuye a la mitigación de heladas nocturnas durante la campaña agrícola. La altura utilizada en los camellones disminuye el riesgo de exposición a hongos y malezas. Se optimiza el uso de fertilizantes, se minimiza el problema de costra y el riego es más fácil. En los canales se pueden cultivar peces para su consumo.

Condiciones técnicas de operación

La presencia de estos sistemas en altitudes tan diferentes y en ambientes anegados enfatiza su dependencia de las condiciones climáticas en lo relativo a su mantenimiento y naturaleza sustentable. Es necesario preparar el suelo antes de su implementación y evaluar los cultivos adecuados a este sistema.

Sistema tradicional de camellones para cultivo en zonas anegadas

Casos de Aplicación

Este sistema es ampliamente utilizado en las zonas campesinas de Bolivia, Perú, Colombia y Ecuador. Las universidades han empezado a estudiar la productividad y beneficios de estos sistemas para distintos cultivos y en distintos ecosistemas, por ejemplo, quinua en Puno (Canahua *et al.*,1992) parcelas demostrativas del Instituto de Investigaciones Agropecuarias en Chiloé (INIA 2018), o la Fundación Kenneth Lee en el Beni, Bolivia (Oxfam 2009).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Es un impacto positivo para la producción y es necesario verificar ahorro de agua por retención en los camellones. Sin embargo, dado que requiere preparación del suelo, significa despejar de especies vegetales y malezas que contribuyen en la red trófica. Es posible además que los camellones aumentan la erosión si están a favor de la pendiente, se hace necesario un plan de manejo de esta actividad para no generar impacto no deseados.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Mayor disponibilidad del recurso hídrico
Costo: Costos asociados a la adquisición de la nueva tecnología.
Externalidades: (-) Modificación en las características propias del suelo. (+) Aumento de la densidad de áreas verdes.
Conflicto: No se evidencia.

Camellones. Fuente: Revista Bolivia Agraria (https://boliviaagra.files.wordpress.com/2015/11/dsc00810.jpg)

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para la utilización de estas técnicas, sin embargo, usualmente, en el caso de pequeños propietarios y comunidades indígenas usualmente se requiere de apoyo de programas estatales (CONAF, CONADI, INDAP). Con esta consideración, eventualmente son soluciones de implementación inmediata.

Información de contacto

Maquinaria Agrícola Quejada (Proveedor)
jaime@maquinasquijada.cl
http://www.maquinasquijada.cl/
Chile

Referencias y mayor información

Valdez, F. 2006. Agricultura ancestral camellones y albarradas. Contexto social, usos y retos del pasado y del presente. Tomo 3. "Actas y memorias". Ediciones Abya-Yala, Quito, Ecuador. 361 pp.

Erickson, C. (2010). The Transformation of Environment Into Landscape: The Historical Ecology of Monumental Earthwork Construction in the Bolivian Amazon. Diversity, 2:618-652.

Canahua A., C. Díaz y P.C. Aguilar. (1992). Investigación y Validación de la Tecnología de Camellones en Puno, Perú. En: Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. Edit. IBTA, ORSTOM y CIID. La Paz, Bolivia.

Red Agrícola. Los beneficios de cultivar en camellones. Disponible en URL: http://www.redagricola.com/cl/los-beneficios-cultivar-camellones/

Oxfam International. (2009). Climate change adaptation in practice. Disponible en URL: https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/bolivia.pdf

INIA. (2018). Manejo invernal de frutales menores en Chiloé.Disponible en URL: http://www.inia.cl/blog/2018/06/19/manejo-invernal-de-frutales-menores-en-chiloe

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 116

Humesuelo® para menor uso de agua de riego

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Agricultura

Áreas Verdes

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Residencial

Proceso Industrial

Descripción

Es una fórmula que se aplica en seco al suelo, para mejorar su calidad física y biológica, estimulando el desarrollo de raíces para que la planta pueda aprovechar mejor el agua y por otro lado, aumentando la capacidad del suelo de retener el agua.

El Humesuelo®, combina microbios nativos del suelo, partículas súper-absorbentes y algas, lo que aporta mejor absorción de agua, mejor retención de nutrientes, materia orgánica y estimula el desarrollo de las plantas gracias al efecto de las micorrizas (asociaciones simbióticas mutualistas entre las raíces de las plantas terrestres y ciertos hongos del suelo).

El efecto del producto se mantiene durante 3 a 5 años.

Existen dos variedades, Humesuelo Tradicional y Humesuelo Mycoplus+. El primero de ellos se compone de microesponjas superabsorbentes y algas chilenas que mejoran la calidad del suelo y permiten reducir los riegos entre 30% a 70% dependiente del tipo de tierra o sustrato; mientras que Humesuelo Mycoplus+ es la fórmula de Humesuelo Tradicional potenciada con micorrizas; que son partículas biológicas vivas que bioestimulan a la planta para desarrollar más raíces, al mismo tiempo que generan raíces “auxiliares” que ayudan a la planta a conseguir más nutrientes de suelo y ser más tolerante a sequías.

Beneficios

Aumenta el rendimiento de las cosechas hasta en un 26%, como biofertilizante natural además de proteger a la raíz de la planta de algunos patógenos. Se puede reducir el riego entre un 30% y 70%, ya que el agua queda retenida quedando disponible para la planta. Mejora la calidad y salud del suelo, según estudios, por cada 1% de materia orgánica en el sustrato, la cosecha potencial mejora en un 12%. Contiene micronutrientes como cobre, fierro, boro, cobalto, manganeso, zinc, entre otros que ayudan al desarrollo de la planta. Mejora captación de fosfato, evita erosión y disminuye compactación del suelo. Aumenta la tolerancia al estrés en las plantas. En el caso de aplicación del producto en suelos arcillosos, éste ayuda a mejorar la porosidad, disminuyendo la compactación.

Condiciones técnicas de operación

No posee limitaciones técnicas según lo informado por el proveedor, aunque es recomendable utilizar el producto lo antes posible en el crecimiento de la planta ya que mientras más tarde se aplique, las raíces se demorarán más en encontrar estas "fuentes de agua". Se puede utilizar en frutales, hortalizas y flores. Se recomienda que en huertos ya establecidos, se aplique el producto en la temporada invernal, para que así, el Humesuelo® tenga tiempo de activar la biología del suelo. El efecto del producto permanece en el suelo por un mínimo de dos años, dependiendo de la actividad microbiológica del suelo.

Humesuelo para menor uso de agua de riego

Casos de Aplicación

Humesuelo® se desarrolló el 2015, durante el 2016 comenzaron las pruebas de campo en la Región de Valparaíso; principalmente se utilizó en hortalizas, donde que obtuvieron muy buenos resultados. En el año 2016, en Quillota se utilizó este producto en pasto hidropónico que se encontraba en exposición de sol constante, en cuatro meses se aumento en un 75% la resistencia del pasto sin regar y se disminuyó el riego en un 50%.

En el año 2017, en Quillota, se utilizó Humesuelo Mycoplus en una plantación de tomates, el que se incorporó en el hoyo de plantación de cada mata, los resultados en siete meses fue aumentar el calibre de la fruta en un 143%, y aumentar la cosecha en un 11,8%, el riego se mantuvo igual, además, generó protección contra nemátodos.

En este año, en Valparaíso, se utilizó este producto en una plantación de Crisantemo en un invernadero, en cuatro meses se logró aumentar el largo (+6,2%) y el diámetro (+5,7%) de la flor, y disminuir el riego en un 28%.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Disminución de la demanda de agua por uso agrícola.
Costo: Costos asociados a la implementación de la tecnología.
Externalidades: (-) Cambio en las características del suelo impidiendo eventualmente el cultivo de algún producto.
Conflicto: Oposición al cambio por parte de agricultores.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación
No se presentan condiciones habilitadoras legales/ normativas e institucionales que limiten la implementación de la MAS. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de MAS que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación de condiciones habilitadoras.

Información de contacto

Eficagua (Proveedor)
www.eficagua.cl
Chile

Referencias y mayor información

Eficagua. Humesuelo. (s.f.) Disponible en URL: https://eficagua.cl/hsm/

Piccolo, A. (1996). Humus and soil conservation. Chapter 5 in Humic Substances in terrestrial ecosystems. 225-264 pp. Disponible en URL: https://doi.org/10.1016/B978-044481516-3/50006-2

Diario Sustentable. (11 junio de 2018). Eficagua: el emprendimiento que promete bajarle el precio a las paltas. Disponible en URL: https://www.diariosustentable.com/2018/eficagua-el-emprendimiento-que-promete-bajarle-el-precio-a-las-paltas/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 117

Hidrogel en raíces para reducir el uso de agua en el riego

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Agricultura

Áreas Verdes

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Residencial

Proceso Industrial

Descripción

Los hidrogeles son polímeros hidrófilos o absorbentes de agua. Al colocarse en el suelo tienen la capacidad de absorber y ceder grandes cantidades de agua sin disolverse, en distintas velocidades de acuerdo a su constitución química. Existe una variedad de presentación del producto, desde polvo de diferentes granulaciones, pastillas efervescentes y granulado. Las aplicaciones pueden ser en material seco e hidratado. La hidratación de los polímeros varía según su composición química, desde los polímeros de almidón con período más rápido de hidratación de dos horas, mientras los de poliacrilamida requieren de cuatro a ocho horas para estar hidratados. Los usos son variados: forestal (viveros, transportes y protección de trasplantes); jardinería (árboles y arbustos, césped y flores); viveros e invernaderos (suplemento para sustrato, plantas de interior de la casa, raíces desnudas); agricultura (hortalizas, cítricos, frutícola, cultivos de surcos); otros usos no agrícolas (control de derrames, combate de incendios, envolturas de hielo), geles para el cuerpo y decoraciones (bolas de gel).

Las aplicaciones del polímero son en el subsuelo (kg/m^3); con sembrador hidráulicos (kg/ha); al voleo (g/m^2) y por inmersión.

La degradación del polímero comienza desde el primer año, la cual pareciera ser debida a microorganismos, modificación de la estructura física con el tiempo y descomposición química. El tipo de gel para plantas que se vende en Chile corresponde a poliacrilato de potasio. La vida útil del polímero de poliacrilato de potasio importado es entre de 5 a 7 años.

Beneficios

El hidrogel es una herramienta que ayuda a mejorar la capacidad de absorción de agua, reduciendo la cantidad y frecuencia de riego. Dentro de los beneficios generales del hidrogel está aumentar la capacidad de retención de agua durante un largo tiempo, reducir la necesidad de riego hasta de un 50%, proporcionar un suministro de humedad de la planta, permite un rápido y mejor desarrollo de las raíces, disminuye el lixiviado de los nutrientes hasta el agua subterránea.

También optimiza los fertilizantes, reduce la tensión de las plantas por falta de agua, mejora la supervivencia de la planta y la germinación de las semillas, mejora la aireación y porosidad del suelo, mantiene la humedad uniforme, ayuda obtener un mayor drenaje y aireación de la raíz. No son tóxicos.

Condiciones técnicas de operación

Requieren requisitos previos a la implementación del hidrogel como el estudio de los tipos agua, suelo y las composiciones químicas de fertilizantes que pueden afectar el proceso de absorción. También se debe ponderar las necesidades de agua de las plantas a intervenir, además para su aplicación escoger la estación del año prefiriendo aquellas alejadas de la temporada alta de lluvia. Con toda esta información necesaria, permite realizar ajustes a la dosis de hidrogel. Existen otros elementos que deben considerarse para evitar daños por exceso de agua a

Hidrogel en raíces para reducir el uso de agua en el riego

las plantas intervenidas o provocar la reducción en de absorción de agua del hidrogel como temperaturas extremas de 60 ºC o de 15 ºC, variaciones en pH, presencia de sales. En caso de querer realizar la inyección del producto en prados ya existentes, se requiere la máquina especial de inyección, utilizada por el proveedor.

Casos de Aplicación

Se ha utilizado, desde ya hace varios años a nivel nacional e internacional. AQUAVIVA, uno de los productos en el mercado Chile ha sido utilizado por Anasac, Club de Golf Marvella, Golf Sport Francés, Club de Planeadores de Vitacura, Cooperativa Agrícola Pisquera Ltda. Ovalle, Forestal Los Lagos, Fundación Mi Parque, Parque del Recuerdo, Vivero Proplantas Chillán, Forestal Mininco; Polytrade, BioNativa, Municipalidad de Puente Alto, Municipalidades de Combarbalá, San Bernardo, Osorno y Talca, CONAF, Besalco, y otros.

Actualmente en Chile el INIA está analizando su utilidad en filtraciones de canales de regadíos (El Mercurio, Revista El Campo).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Positivo en la reducción de uso de agua. Retención de fertilizantes por este material puede ayudar a disminuir toxicidad de estos en suelo y biodiversidad. Aunque no se describen efectos tóxicos del compuesto absorbente, poliacrilato de potasio, en la literatura, considerar /evaluar potenciales cambios de características químicas del suelo y microorganismos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficios: Mayor disponibilidad del recurso hídrico para utilizar en requerimientos para riego, pudiendo eventualmente aumentar la productividad agrícola.
Costo: Costo asociado a la adquisición de la tecnología expresado en precios sociales (corregidas distorsiones como impuestos, subsidios y otros).
Externalidades: (-) La acumulación del gel, luego de varias aplicaciones, podría tener efectos negativos en la calidad del suelo.
Conflicto: Cuestionamiento al cambio tecnológico debido a los eventuales daño en la calidad del suelo.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se presentan condiciones habilitadoras legales/normativas e institucionales que limiten la implementación de la MAS. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de MAS que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación de condiciones habilitadoras.

Hidrogel AquaViva®. Fuente: Empresa Vélez Blanco (http://www.velezblanco.cl/aquaviva.html)

Costos referenciales

El kilo de Hidrogel (proveedor Vélez Blanco) tiene un valor de $8.500 pesos chilenos.
AquaCents estima un valor aproximado de $2.000 pesos por metro cuadrado para césped pre-existente.

Información de contacto

contacto@velezblanco.cl
http://www.velezblanco.cl/
Aquacents (Proveedor) EEUU con licencia en Chile
www.aquacents.cl

Referencias y mayor información

Alcaíno, E., Martínez, L. Rojas, L., Pereira, P. (2000). Estrategias del uso del agua de riego en comunidades agrícolas de la región de Coquimbo. Gobierno regional de Coquimbo e Instituto de Investigaciones Agropecuaria (Chile). Boletín Técnico 46, 32 pp. Disponible en URL: http://www.inia.cl/wp-content/uploads/Boletines/NR26920.pdf

Vélez Blanco. (s.f.). Retenedor de agua Aqua Viva biodegradable. Disponible en URL: http://www.velezblanco.cl/aquaviva.html

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 118

Aluminosilicato hidratado de calcio y sodio (Flobond®) para retardar percolación del agua en el suelo

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Agricultura

Áreas Verdes

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Residencial

Proceso Industrial

Descripción

Es un polímero de poliacrilamida soluble retardador de riego, que se utiliza para flocular el terreno irrigado y mejorar la penetración del agua, la aireación del suelo y, a la vez, disminuir la erosión. A diferencia de otros productos tipo gel, el Flobond® al ser incorporado al sistema de riego, torna viscosa el agua, lo que forma agregados de finas partículas en los niveles superiores del perfil del suelo donde se forman las raíces. Estos agregados cambian la porosidad del suelo y mejoran la retención del agua. Naturalmente se descompone en suelos bajo la acción de las radiaciones UV y ataques microbiológicos para formar agua, CO_2 y nitrato de amonio. Las bacterias del suelo consumen el grupo de nitrógeno de la molécula rápidamente. El grupo de carbono se descompone en aproximadamente un 10 - 15% por año, dependiendo de la intensidad de los rayos UV.
El producto está aprobado en los Estados Unidos (US FDA. Food & Drugs Administration) y en Francia por Le Ministère de la Santé (Ministerio Francés de Salud).

Beneficios

De fácil aplicación ya que se incorpora al sistema de riego mediante pastillas solubles. Se puede aplicar a cualquier cultivo en cualquier estado de crecimiento. Produce hasta un 30% de ahorro en agua. Retarda la percolación y clarifica el agua. Genera una reducción de pérdida de nutrientes ligados al fenómeno de lixiviación, como abonos, fertilizantes y otros insumos. Reduce el estrés hídrico de las plantas.

Condiciones técnicas de operación

No posee limitaciones técnicas ya que se utiliza disuelto en el agua de riego.

Casos de Aplicación

Proveedores en Chile llevan comercializando el producto Flobond® desde hace 7 años, especialmente en el sector agrícola.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo en reducción de uso de agua. Los impactos ambientales negativos potenciales deben ser estudiados a nivel de sitio, y pudieran estar relacionados con pérdida de calidad del suelo, pérdida de insectos y otros microorganismos que no son patógenos ni plagas.

Aluminosilicato hidratado de calcio y sodio (Flobond®) para retardar percolación del agua en el suelo

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Aumento de la disponibilidad del recurso escaso "agua potable", al tener un menor uso para riego.
Costos: Incremento en el costo del detergente expresado en precios sociales (elimina distorsiones del precio de mercado).
Externalidades: No existen.
Conflictos: No se perciben.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se presentan condiciones habilitadoras legales/ normativas e institucionales que limiten la implementación de la MAS. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de MAS que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación de condiciones habilitadoras.

Costos referenciales

El kilogramo de Flobond® (proveedor Vélez Blanco) tiene un valor de $25.000 pesos chilenos.

Diferencia en la infiltración con producto Flobond®. Fuente: Empresa Vélez Blanco (http://www.velezblanco.cl/flobond.html)

Información de contacto

Aquacents (Proveedor)
www.aquacents.cl

Velez Blanco (Proveedor)
www.velezblanco.cl/flobond.html

Referencias y mayor información

Velez Blanco. (s.f.). Flobond. Disponible en URL: http://www.velezblanco.cl/flobond.html

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 119

Dispositivos de control de temperatura para eficiencia en el consumo de agua caliente

Objetivo que aborda	Sector de aplicación		Tipo de solución	Escala
Optimizar	Agua Potable y saneamiento	Servicios	Tecnología	Residencial

Descripción

Son una gama de dispositivos diseñados para el ahorro de agua y energía, para su aplicación en construcción y en otros usos domésticos e industriales.

Un ejemplo de ellos es el sistema Aquareturn®, el cual recircula el agua doméstica a través de un circuito cerrado en la tubería de agua caliente, permitiendo tener agua a mínimo 35 °C desde el primer momento de apertura de la llave. El agua que posee una temperatura inferior a 35 °C, es desviada a través de una electroválvula hacia una bomba que la inyecta en la tubería de agua fría, para volver a ingresar a la caldera.

Cuando el usuario quiere agua caliente, debe accionar un pulsador instalado junto al grifo y automáticamente este se ilumina de color azul, momento en el que el agua que antes se iría por el desagüe, se canaliza a un depósito donde queda guardada. Cuando la luz cambia a color rojo, el agua está lista para sus utilización. De esta manera, cuando se abre el grifo, el líquido sale ya a la temperatura idónea mientras que el agua fría queda almacenada para, por ejemplo, usar el lavavajillas o la lavadora y vaciar el inodoro.

Existen otros dispositivos similares que trabajan con el mismo principio pero se instalan en otros lugares de la infraestructura sanitaria.

Beneficios

Estos sistemas permiten ahorrar agua en el hogar, y en algunos casos también energía.

El sistema Aquareturn® permite un 23% de ahorro en agua en el hogar, dado que elimina el tiempo de escurrimiento requerido para calentar el agua en un sistema convencional. El ahorro medio estimado de una vivienda es de 22 litros de agua por persona cada día. De acuerdo al proveedor, el consumo del dispositivo es de 0,6 Wh en reposo y de 0,11 kWh mientras el agua está recirculando.

Su instalación es muy sencilla ya que no modifica el sistema de agua caliente doméstico y es compatible con calefont, caldera o termo, tanto a gas como eléctrico. Además, no requiere de obras ni de técnicos especializados para su instalación.

Condiciones técnicas de operación

Requiere de conexión eléctrica de 220-240 V y una presión de entrada de agua entre 0,05 MPa y 0,8 MPa. Se requiere de un depósito complementario en el que se almacena todo el agua no utilizada. Además, si los flexibles de aguas del grifo no van a unas llaves de corte, sino que van directos a la pared se deben comprar flexibles de agua de 50 cm.

Dispositivos de control de temperatura, para eficiencia en el consumo de agua caliente

Casos de Aplicación

El producto Aquareturn® es de origen español, patentado en España y USA. Ha sido premiado en varias ocasiones por cuidar el medio ambiente y el ahorro que genera (Premio Ecofin 2014, Premio Innova Aquae 2014, Everis 2011). El dispositivo, ya ha sido probado en ochenta instalaciones con resultados satisfactorios, y ha obtenido el certificado C en España y el BCC en Estados Unidos.

En Chile, un emprendimiento escolar diseñó el producto Hidrosot, un proyecto de innovación tecnológica para reducir la pérdida de agua fría al momento de abrir la grifería de agua caliente.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
El impacto positivo está dado por la disminución de uso de agua previo al flujo caliente.

Dispositivo Aquareturn®.
Fuente: (https://www.aquareturn.com)

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Mayor disponibilidad de agua para su uso en viviendas y ahorro de Energía.
Costo: Adquisición de la tecnología expresada en precios sociales.
Externalidades: (+) Optimización en el uso de agua y energía a la vez.
Conflicto: No se perciben.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se presentan condiciones habilitadoras legales/ normativas e institucionales que limiten la implementación de la MAS. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de MAS que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación de condiciones habilitadoras

Costos referenciales

El costo en Chile al año 2018 es de $289.000+IVA. No requiere mantenimiento y tiene garantía por 2 años. El costo asociado a electricidad por su uso es de 3 USD/año. *Fuente: Efficient store (Proveedor)*

Información de contacto

Efficient store (Proveedor)
www.efficientstore.cl

Referencias y mayor información

Agencia EFE. (2 de Abril de 2018). Sociedad. Dos fontaneros inventan un dispositivo que ahorra 500 euros en agua al año. Disponible en URL: https://www.efe.com/efe/espana/sociedad/dos-fontaneros-inventan-un-dispositivo-que-ahorra-500-euros-en-agua-al-ano/10004-3570435

Efficient Store. (s.f). AquaReturn. Disponible en URL: https://efficientstore.cl/

Agencia EFE. (22 de mayo de 2017). SmartWater, el invento 100 % valenciano que permite ahorrar más de 4.500 euros al año a los hoteles. Disponible en URL: https://www.efe.com/efe/espana/comunicados/smartwater-el-invento-100-valenciano-que-permite-ahorrar-mas-de-4-500-euros-al-ano-a-los-hoteles/10004010-MULTIMEDIAE_3273238

Ibarra O., A. (27 de junio de 2018). Estudiantes crean dispositivo que ahorra 20 litros de agua en cada ducha. Economía y Negocios online. Disponible en URL: http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=482064

Innovacion.cl. (19 de noviembre de 2018). Escolares ganan concurso de innovación y viajarán a Silicon Valley. Disponible en URL: http://www.innovacion.cl/etiqueta/hidrosot/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 120

Aplicaciones móviles para la gestión eficiente de consumo de agua domiciliario

Objetivo que aborda

Optimizar Monitorear

Sector de aplicación

Agua Potable y saneamiento Servicios

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Residencial Proceso Industrial

Descripción

Consiste en aplicaciones (App) móviles de uso doméstico o industrial para la gestión eficiente del agua. Por ejemplo, para controlar el tiempo de ducha, monitorear la cantidad de agua utilizada en el hogar, entre otros usos industriales. Al monitorear el uso del agua con ayuda de éstas aplicaciones, el usuario puede identificar problemas y mejoras en la gestión de procesos. Estas aplicaciones pueden estar insertas en una estrategia de reducción de agua (ver ficha Nº 124).

Beneficios

Estas aplicaciones pueden ayudar a concientizar acerca de la conservación del agua, realizar un seguimiento de su consumo de agua, y tomar medidas para frenar el consumo excesivo del recurso. Estas aplicaciones sirven para monitorear la eficiencia en agua y seguridad alimentaria.

Condiciones técnicas de operación

Se requieren teléfonos inteligentes o tablet, además de un incentivo a los usuarios para que estas App sean efectivas.

Casos de Aplicación

Algunas aplicaciones son H2O Tracker, Dropcountr, Water1der, ShowerWatch, Aplicación Rain Harvest, Water Optimizer. En Chile se estaba diseñando la aplicación JustWe para configurar la limpieza de paneles solares y evitar el derroche de agua (https://apkpure.co/justwe-solarclean-v4/).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio. Mejora el manejo del recurso hídrico en un sector, el doméstico.

Aplicaciones móviles para la gestión eficiente de consumo de agua domiciliario

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Mayor disponibilidad del recurso hídrico "Agua Potable".
Costo: Costo asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminución de la cuenta familiar de consumo de agua potable.
Conflicto: No se perciben.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se presentan condiciones habilitadoras legales/ normativas e institucionales que limiten la implementación de la MAS. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de MAS que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación de condiciones habilitadoras.

Aplicaciones móviles. Fuente: Intel Free Press (https://www.flickr.com/photos/intelfreepress/7897619082 /sizes/o/in/photostream/)

Referencias y mayor información

Purewal S. (30 de junio de 2015). 5 apps to help you save water. Disponible en URL: https://www.cnet.com/how-to/5-apps-to-help-you-save-water/

Seametrics. 10 useful water conservation apps. Disponible en URL: https://www.seametrics.com/blog/water-conservation-apps/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 121

Monitoreo de presión al interior de las redes para controlar pérdidas y consumo (WES®)

Objetivo que aborda

Optimizar | Monitorear

Sector de aplicación

Agua Potable y saneamiento | Industria | Agricultura | Servicios | Minería

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial | Residencial

Descripción

WES es una tecnología, desarrollada por TECPA, que permite controlar el agua potable que ingresa a un colectivo, o cliente residencial, industrial o comercial. Permite monitorear 24/7 el consumo de agua, generando alertas ante variaciones anormales como fugas, inundaciones o robos de agua y cuenta con un dispositivo que permite generar hasta cuatro niveles de presión (alta-media-baja-corte total). Este sistema permite analizar el consumo de agua a través de una tarjeta electrónica programada de forma remota a través de 3G / 4G, que controla un sistema formado por válvulas instaladas ubicadas justo después del medidor de agua de un arranque domiciliario. Además, se instala un sensor inductivo que entrega información en tiempo real en el sistema electrónico y se transfiere a través de 3G / 4G a la computadora que tiene el software de control. Esta es la herramienta de tecnología permite monitorear y programar los diferentes ajustes de presión para optimizar el uso del agua.

Beneficios

Genera una reducción de consumo de agua potable y agua caliente. Además, dependiendo de las condiciones materiales de las instalaciones domiciliarias (ej. material y estado de conservación) y operacionales (ej. nivel de presión, perfil de uso, longitud de la red intradomiciliaria) los sistemas pueden generar reducciones en el consumo de agua potable que varían entre un 10 y un 60% en comparación a la situación previa a su instalación. El ahorro de costos estimado en los aplicaciones efectuadas es de alrededor de 1,25 USD/m^3.

Condiciones técnicas de operación

Está limitado por la disponibilidad de la conexión remota (internet) y su velocidad de transmisión de datos (3G/4G). Los sensores y transmisores de variables medidas son tecnología de punta que requieren mantenciones por personal especializado.

Monitoreo de presión al interior de las redes para controlar pérdidas y consumo (WES®)

Casos de Aplicación

Este sistema en la actualidad lo utiliza Gendarmería de Chile, Ejército de Chile, CORMUP, Corporación Municipal de Puente Alto, CORESAM, Supermercado Jumbo Bilbao y Protectora de la Infancia.

Baja presión del agua en las tubería. Fuente: (https://pixabay.com/es/photos/fontaner%C3%ADa-el-agua-tuber%C3%ADa-1002110/)

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo sobre la gestión del agua. No se describen impactos negativos sobre medio ambiente.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución en la pérdida de conducción otorgando una mayor disponibilidad del recurso hídrico.
Costo: asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminución en los costos de producción.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No existen limitaciones para el uso de estas metodologías en la operación y mantención de las redes sanitarias. Sin embargo, los incentivos para utilizarlas no siempre se aprecian efectivos. Solución que se podría utilizar en el corto plazo.

Costos referenciales

Dependiendo del tamaño y el diámetro de la red a intervenir el costo de instalación de los sistemas varía entre 2.000 USD y 10.000 USD. Los costos de monitoreo también van a depender del tipo de cliente y tamaño de la red intervenida y que pueden variar en un rango de 10-40 USD/mes.
Fuente: Valorización KRISOL,2019.

Información de contacto

Wes (Proveedor)
www.wes.cl
Chile

Referencias y mayor información

WES. (s.f.). Uso eficiente de agua. Disponible en URL: http://www.wes.cl/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 122

Estanque y lavamanos unificado para disminuir el consumo de agua

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Servicios

Agua Potable y saneamiento

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Residencial

Descripción

Es un sistema sencillo que consiste en el abastecimiento del estanque del inodoro a través del agua gris obtenida desde el lavamanos. Existe un sistema completo incorporado, o bien, para aquellos que se encuentren en forma independiente (lavamanos e inodoro) se realiza una conexión mediante una bomba, en este último se trata de un pequeño depósito conectado con el desagüe del lavabo que filtra el agua para desinfectarla, recogiendo residuos y posibles objetos que puedan caer al lavabo; cuando se tira la cadena, se activa la bomba que recircula el agua hasta llenar la cisterna, por lo que necesita conexión a la red eléctrica.

Beneficios

Reutiliza el agua que antes era desperdiciada, además, reduce costos de agua potable que antes eran utilizadas para el abastecimiento del inodoro y sus descargas. La disminución de utilización de agua ronda el orden de los 22 L por cada vaciado de estanque. Además, provoca una reducción en generación de aguas servidas para tratamiento.

Condiciones técnicas de operación

Se limita a baños que posean el suficiente espacio para su instalación. Además, en el caso del dispositivo a instalar de manera independiente se requiere conexión a electricidad para el funcionamiento de la bomba. Requiere una revisión anual de los filtros que no necesita personal especializado.
En el caso que no venga incorporado como sistema completo, es decir, como una estructura única y se requiera hacer la conexión entre el lavamanos y el estanque se requiere una bomba para hacer llegar el agua a él. Además, esta bomba requiere conexión a la electricidad.

Casos de Aplicación

Existen ya en el mercado distintas alternativas para esta tecnología, como por ejemplo la marca Aqus®.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Bajo, sólo depende de la extensión del estanque. El tejido es 100% reciclable.

Estanque y lavamanos unificado para disminuir el consumo de agua

AQUS® System. Sistema para reciclaje de agua doméstica
Fuente: Ecoinventos (https://ecoinventos.com/aqus-system-sistema-para-reciclaje-de-agua/)

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Optimización del uso de agua potable en el consumo del baño.
Costo: asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminución de la cuenta familiar de consumo de agua.
(+) Menor cantidad de agua aportada al sistema de alcantarillado.
Conflicto: No se perciben.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación
No se presentan condiciones habilitadoras legales/ normativas e institucionales que limiten la implementación de la MAS. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de MAS que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación de condiciones habilitadoras.

Costos referenciales

Modelo llamado Aqus®, de la empresa Ecohoe se encuentra en España por unos por unos 325 USD.
Fuente: **Ecohoe** (Proveedor)

Información de contacto

Ecohoe (Proveedor)
http://ecohoe.com/
España

Referencias y mayor información

ECOHOE. (2018). Ecohoe® AQUS®. Disponible en URL: http://www.ecohoe.com/archivos_des/Ficha_tecnica_de_producto_AQUS_Espanol.pdf

Autoconstrucción. (14 de Noviembre de 2013). Agua reciclada para inodoros y jardínes. Disponible en URL: http://autoconstruccionmadera.blogspot.com/2013/11/agua-reciclada-inodoro-lavabo.html

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 123

Sistemas sanitarios de menor requerimiento hídrico

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Optimizar	Agua Potable y saneamiento; Servicios	Tecnología	Residencial

Descripción

El recambio de inodoros en las casas disminuye las pérdidas y hace un uso más eficiente del agua debido a los cambios que se han dado en la tecnología los últimos años. Además de los inodoros de doble descarga que son comunes en los hogares (descarga media y completa), existen otros sistemas de inodoro de descarga muy baja (low flush) que se pueden encontrar en tres clasificaciones: 1) válvula de descarga; 2) inodoros de gravedad asistida y 3) por presión.
En los productos de urinarios se ofrecen generalmente en cuatro categorías: 1) chorro sifónico; 2) lavado washout y washdown; 3) reventón y 4) sin agua (mingitorios secos).

Beneficios

El uso de inodoros y urinarios generalmente representan casi un tercio del consumo total de agua de un edificio, y este uso final es una de las áreas más sencillas y de menor costo para lograr ahorros considerables de agua y alcantarillado.
Un inodoro tradicional utiliza entre 6 a 16 L de agua por descarga. Un inodoro eficiente utiliza 4,8 L de agua y hasta hay los de 3 L por descarga. Los urinales pueden usar 10 L hasta los que no usan nada de agua.
En el caso de los mingitorios secos, ahorran de 250.000 a 300.000 L/año por equipo instalado.
No utiliza fluxómetro (mecanismo de descarga de agua para inodoros, urinarios y grifos de los lavabos), no requiere mantenimiento, no requiere reparación de válvulas ni cambios de trampa. No emite malos olores ya que posee una "trampa de olor", a pesar de no necesitar ni geles, ni líquidos especiales, ni pastillas. No tiene fugas y al no utilizar agua no tiene desbordes de agua.
Se ahorra energía ya que existe menos bombeo.
Reduce Huella hídrica en el tratamiento de efluentes.

Condiciones técnicas de operación

El recambio de dispositivos en el hogar no tiene limitaciones técnicas importantes, aunque representa un costo directo en el corto plazo. El recambio debe ser realizado por un profesional gásfiter y contar con las garantías del producto.

Casos de Aplicación

Como tecnologías ya se utilizan ampliamente en el mercado. Actualmente las empresas constructoras en Chile aplican todos estos sistemas de ahorro de agua y energía para lograr certificaciones internacionales como LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental, siglas en inglés), o la Certificación Edificio Sustentable (http://www.certificacionsustentable.cl/) que premian la sustentabilidad de las edificaciones en base a criterios que incluyen el ahorro de agua. En Chile la Clínica Alemana, Hotel Corralco, INACAP varias sedes, Museo Gabriela Mistral y otros, cuentan con la certificación LEED.
(http://www.eechile.cl/proyectos/).
En la actualidad, en países como Alemania o Estados

Unidos, los mingitorios secos son una alternativa implementada en áreas públicas como hoteles, estaciones de servicio, estaciones de tren o shopping center.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Impacto positivo, reducción uso de agua, sistemas más eficientes.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Disminución de la demanda del agua potable en los baños de las viviendas.
Costo: Costos asociados a la adquisición de la nueva tecnología.
Externalidades: (-) Costo para las familias en hacer el cambio de sistema sanitario.
Conflicto: No se perciben.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación
No se presentan condiciones habilitadoras legales/ normativas e institucionales que limiten la implementación de la MAS. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de MAS que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación de condiciones habilitadoras.

Fuente: Urinario seco, Wikimedia commons, ®Anna Smith (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:McDonald%27s_waterless_urinal.JPG)

Costos referenciales

Inodoros modernos de flujo bajo pueden costar desde los 200 USD. Los inodoros secos o waterless pueden costar desde 400 USD, sin embargo hay un ahorro en el poco mantenimiento que requieren y la reducción de gastos en agua.

Información de contacto

(Proveedores)
Easy
Sodimac

Referencias y mayor información

North Carolina Department of Environment and Natural Resources Division of Pollution Prevention and Environmental Assistance (s.f.). Water management options. Sanitary and domestic uses. Water efficiency Factsheet. Disponible en URL: https://ocw.un-ihe.org/pluginfile.php/745/mod_folder/content/0/6_Water_Management_Options_Fact_sheet.pdf?forcedownload=1

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2018). Estándares de construcción sustentable para viviendas de Chile, Tomo III Agua. Disponible en URL: http://csustentable.minvu.gob.cl/estandares-cs/

Environmental Protection Agency. (2012). WaterSense at work. Best management practices for commercial and institutional facilities. Disponible en URL: https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-02/documents/watersense-at-work_final_508c3.pdf

El Diario de Madryn. (17 de abril de 2017). Mingitorios secos, un sistema innovador y ecológico para ahorrar agua. Disponible en URL: https://www.eldiariodemadryn.com/2017/04/mingitorios-secos-un-sistema-innovador-y-ecologico-para-ahorrar-agua/
Menos por menos. (s.f.). Catálogo de productos.Disponible en URL: http://docplayer.es/48670659-Que-ofrecemos-sistema-enviro-septic-mingitorios-secos-calentador-solar-silo-pinturas-ozonadores-sistema-de-tratamiento-de-agua-trunz.html

Whole Boulding design guide. (s.f.) Water conservation. Disponible en URL: <https://www.wbdg.org/resources/water-conservation

Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (s.f.). 16 Best management practice #6: toilets and urinals. Disponible en URL: https://www.energy.gov/eere/femp/best-management-practice-6-toilets-and-urinals

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 124

Sistemas de ahorro en griferías y mangueras

Objetivo que aborda: Optimizar

Sector de aplicación: Agua Potable y saneamiento, Pecuario, Industria, Servicios, Áreas Verdes

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Residencial, Proceso Industrial

Descripción

Dispositivos de fácil instalación en grifería y mangueras para aumentar la presión de salida del flujo de agua y por lo tanto disminuir el caudal utilizado por superficie de uso. En el mercado existen distintas tecnologías para reducir el consumo de agua en mangueras y griferías (lavabos, lavamanos, platos de duchas). Existen dispositivos del tipo aireadores, difusores o perlizadores que pueden ser instalados en grifos y duchas para aumentar la presión con la que cae el agua por efecto del aire o por el paso por un conducto más fino generado por una serie de mallas o rejillas (efecto Venturi). Por otro lado, los pistones para mangueras aumentan la presión con la que sale el agua y el diámetro del chorro de agua generando el mismo efecto.

Beneficios

Los aireadores reducen la pérdida de agua que salpica generada cuando el flujo pasa por un conducto más pequeño. Las rejillas también se utilizan para retener sedimentos del agua. Algunos de estos productos mencionan un ahorro de hasta 50% del agua utilizada.
Los pistones aumentan el área de impacto del agua logrando rociar más área con la misma cantidad de agua.
Los nuevos cabezales de ducha que están diseñados bajo los mismos estándares de ahorro de agua, al incorporar un área de pulverización más estrecha y una mayor mezcla de aire y agua que los cabezales de ducha más antiguos se habla de un ahorro de hasta 70% de agua comparado a sistemas convencionales.

Condiciones técnicas de operación

Los aireadores deben ser limpiados al menos una vez al mes o pueden taparse y reducir la presión del agua afectando la temperatura. Existen versiones baratas que no funcionan igual.

Casos de Aplicación

Ampliamente utilizado hace varios años.
Actualmente las empresas constructoras en Chile aplican todos estos sistemas de ahorro de agua y energía para lograr certificaciones internacionales como LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental, siglas en inglés), o la Certificación Edificio Sustentable (www.certificacionsustentable.cl) que premian la sustentabilidad de las edificaciones en base a criterios que incluyen el ahorro de agua.

Impacto Ambiental

Impacto ambiental positivo alto.
La tecnología no presenta impactos negativos. Su uso es positivo al disminuir pérdida.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Disminución de la demanda del agua potable.
Costo: Costos asociados a la adquisición de la nueva tecnología.
Externalidades: No se perciben.
Conflicto: No se perciben.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se presentan condiciones habilitadoras legales/ normativas e institucionales que limiten la implementación de la MAS. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de MAS que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación de condiciones habilitadoras

Costos referenciales

Aireadores para el lavaplatos o lavamanos pueden costar desde 7,5 USD (5000 pesos chilenos). Sistemas para la manguera cuestan 0,50 USD.
Fuente: Sodimac (Proveedores)

Información de contacto

Easy
Sodimac (Proveedores)

Sistema de ahorro de agua en grifos. Fuente ©Anvicara (https://www.flickr.com/photos/anvica/3870904321/)

Referencias y mayor información

Environmental Protection Agency. (2012). WaterSense at work. Best management practices for commercial and institutional facilities. Disponible en URL: https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-02/documents/watersense-at-work_final_508c3.pdf

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2018). Estándares de construcción sustentable para viviendas de Chile, Tomo III Agua. Disponible en URL: http://csustentable.minvu.gob.cl/estandares-cs/

Whole Building design guide. (s.f.) Water conservation. Disponible en URL: https://www.wbdg.org/resources/water-conservation

Nº FICHA 125

Plasma de Peróxido de Hidrógeno para esterilización en hospitales

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Optimizar	Servicios	Tecnología	Proceso Industrial

Descripción

El sistema de esterilización por plasma de peróxido de hidrógeno es un proceso en seco que utiliza una sinergia descubierta entre el peróxido de hidrógeno y gas plasma a baja temperatura para inactivar microorganismos en forma rápida (elimina los microorganismos por oxidación) y remover residuos peligrosos. Al término del proceso de esterilización con esta tecnología, no permanecen residuos tóxicos en los artículos esterilizados.
Generalmente se utiliza en dispositivos o materiales que no soportan las elevadas temperaturas asociadas a otras técnicas de esterilización.
Comúnmente, el plasma de peróxido de hidrógeno se usa para esterilizar dispositivos médicos como catéteres e instrumental quirúrgico.

Beneficios

Resulta económico, pues evita la existencia de equipamiento costoso (autoclaves de vapor de agua, estufas de calor seco, selladoras de pouches, etc). Además, el tiempo total del proceso es menor a una hora (45 a 55 min) y no genera subproductos peligrosos.

Se propone como solución de esterilización para clínicas y hospitales. Utiliza menos agua que sistemas convencionales de esterilización siendo una tecnología particularmente útil para la esterilización de instrumentos termolábiles y sensibles a la humedad dado que la temperatura de esterilización no excede los 50 °C.

Condiciones técnicas de operación

No es apto para procesamiento de materiales con celulosa como el papel, género, lino, ni tampoco líquidos y polvos.
Se debe tener especial cuidado en que se cumplan los parámetros de funcionamiento ya que si ellos exceden los límites aceptables que fueron establecidos por análisis estadísticos de la eficiencia microbiológica del sistema, el ciclo de esterilización será cancelado por lo que se perdería tiempo de ejecución.

Casos de Aplicación

Actualmente este método se utiliza en el Hospital El Carmen Dr. Luis Valentín Ferrada y en el Sanatorio alemán de Concepción. El método fue aprobado por la FDA en 1993.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
El proceso no requiere aireación y no hay emisión de residuos tóxicos.

Plasma de Peróxido de Hidrógeno para esterilización en hospitales

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Liberación del recurso de agua potable.
Costos: Costo por adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminución de costos de esterilización. (+) Disminución en la contaminación de residuos
Conflictos: Posible desconfianza por parte de los equipos médicos de las bondades del sistema.

Equipo de esterilización por plasma de peróxido.
Fuente: (http://spanish.steamsterilizerautoclave.com)

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se presentan condiciones habilitadoras legales/ normativas e institucionales que limiten la implementación de la MAS. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de MAS que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación de condiciones habilitadoras.

Referencias y mayor información

Sociedad de Enfermeras en Pabellones Quirúrgicos y Esterilización, Zona Sur. (s.f.). Sistema de esterilización por Plasma de Peróxido de Hidrógeno,. Disponible en URL: http://www.enfermeraspabellonyesterilizacion.cl/trabajos/plasma.pdf

Organización Panamericana de la Salud, (2008). Manual de esterilización para centros de salud. Disponible en URL: http://www1.paho.org/PAHO-USAID/dmdocuments/AMR-Manual_Esterilizacion_Centros_Salud_2008.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 126

Detergente de ropa sin enjuague

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Servicios

Áreas Verdes

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Residencial

Descripción

Consiste en un detergente biodegradable que no requiere enjuague, eliminando todo tipo de residuo desde la primera descarga de agua, lo que permite a los usuarios ahorrar agua y energía eléctrica. El producto no hace espuma, no contiene colorantes, ni fijadores ni ablandadores de agua, además, se degrada en 21 días.

Beneficios

Su utilización permite un ahorro por lavado entre 25 y 80 L de agua, según capacidad de carga de lavadora. Además, se utiliza entre 10 a 30 mL de detergente por lavado (más una cantidad similar de suavizante) debido a su pH neutro.
El agua con los residuos del jabón ecológico se puede reutilizar en el aseo del hogar e incluso para regar plantas.

Condiciones técnicas de operación

La ropa con manchas difíciles debe tener un tratamiento previo. Efectividad baja en aguas duras debido a que el producto no cuenta con ablandador de agua por su impacto en el agua residual del lavado. Este problema se disipa con establecimientos que cuentan con filtro ablandador de agua, o incluso al agregar agua tibia o caliente durante el lavado

Casos de Aplicación

En México, existe el producto Newen® que se distribuye desde el 2014, a distribuidores independientes, con o sin canal comercial desarrollado.
En Chile se encuentra SavbiaMatic®, un producto desarrollado en chile y que se comercializa a través de páginas en línea.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Reduce uso de agua potable y descarga de sustancias tóxicas con impacto sobre cursos de agua. Cuida el agua desde las fuentes. Es necesario de igual forma conocer su composición para evaluar volatilidad de compuestos o acumulación en suelo.

Detergente de ropa sin enjuague

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Liberación del recurso escaso "agua potable" y ahorro de energía al usar por menor tiempo la lavadora.
Costos: Incremento en el costo del detergente.
Externalidades: (+) Disminuye la contaminación por agua residual del lavado.
Conflictos: No se perciben.

Producto SavbiaMatic® comercializado en Chile Fuente: (Savbia Matic, innovacionchilena.cl)

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se presentan condiciones habilitadoras legales/ normativas e institucionales que limiten la implementación de la MAS. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de MAS que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación de condiciones habilitadoras.

Costos referenciales

En Chile, proveedor Savbia Matic vende su producto de 1.1 L a $6.590.
Rinde 55 lavados por 1.100 L.

Información de contacto

Savbia Matic (Proveedor)
Chile

Referencias y mayor información

Agencia EFE. (29 de Junio de 2018). Mexicanos crean detergente que no se enjuaga para ahorrar agua y energía. Disponible en URL: https://www.efe.com/efe/america/mexico/mexicanos-crean-detergente-que-no-se-enjuaga-para-ahorrar-agua-y-energia/50000545-3666763

Innovacion. (8 de Junio de 2016). Así es Savbia Matic, detergente ecológico creado por jóvenes chilenos. Disponible en URL: http://www.innovacion.cl/2016/06/asi-es-savbia-matic-detergente-ecologico-creado-por-jovenes-chilenos/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 127

Detergente para lavado de automóviles en seco

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Optimizar	Servicios	Tecnología	Residencial

Descripción

Consiste en un detergente para lavado de automóviles con tecnología que actúa encapsulando y desprendiendo las partículas de polvo y suciedad en base a una solución con nanopartículas, moviéndolas fácilmente para ser absorbidas y retenidas por un paño de microfibra. Sus ingredientes dejan una película brillante sobre la pintura del vehículo, la cual la protege de los rayos UV, la contaminación ambiental y la oxidación.

Beneficios

Genera un ahorro considerable en utilización de agua. Como referencia el lavado con manguera durante 20 min utiliza 400 L de agua aproximadamente, lavado con hidrolavadora utiliza 80 L de agua aproximadamente y lavado con detergente en seco usa 100 mL de producto aproximadamente.

Además, su utilización provoca un ahorro de tiempo en procesos de limpieza, no daña la piel y el producto no es inflamable (puede ser transportado en el vehículo).

Condiciones técnicas de operación

La única limitación que tiene el producto es que para efectos de limpiar vehículos con barro adherido se hace difícil el proceso de limpieza con un detergente en seco debido a la cantidad de producto que tendrá que ser utilizado y el tiempo. Se requiere un rociador y paños de microfibra.

Casos de Aplicación

Esta tecnología se utiliza hace varios años en Europa y Brasil. Existen marcas comerciales como MasterWash®, Ecocarwash®, Idrywash®, y en Chile SecoWash® y PowerfulChile®, entre otros.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.

Reducción en el uso de agua, ahorro de recurso hídrico. Sin embargo, la forma en la cuál se usen los productos permitirá influir sobre el impacto. Adicionalmente, las sustancias utilizadas podrían emitir químicos nocivos para los ecosistemas acuáticos, tanto en su fase de desecho y producción de materias primas (todos los detergentes presentan en su ciclo de vida algún nivel de toxicidad).

Detergente para lavado de automóviles en seco

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Aumento en la disponibilidad de agua potable sin necesidad de aumentar su producción.
Costos: Incremento en el costo del detergente para el lavado de autos.
Externalidades: (+) Disminuye la contaminación por agua residual del lavado.
Conflictos: No se perciben.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se presentan condiciones habilitadoras legales/ normativas e institucionales que limiten la implementación de la MAS. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de MAS que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación de condiciones habilitadoras.

Costos referenciales

$3.500 pesos chilenos por litro de detergente que rinde para 4 lavados completos de un automóvil. Servicio de Lavado de Carrocería para Sedán a domicilio: $11.990 pesos chilenos.

Información de contacto

Powerful
http://www.powerfulchile.cl/
Chile

SecoWash
info@secowash.cl
Chile

MasterWash
www.masterwash.com
EEUU

Lavado de autos.
Fuente:
https://www.flickr.com/photos/writingprogramptw/4173488690/

Referencias y mayor información

ABC (2018).El frotar se va a acabar: nanotecnología para el lavado de coches. (23/06/2018). Disponible en URL: https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-frotar-acabar-nanotecnologia-para-lavado-coches-201806200215_noticia.html

Porocar. (s.f.). Limpieza Automotriz PoroCar. Disponible en URL: https://www.porocar.cl/venta-de-productos.html
SecoChile. (s.f.). Eco-lavado de vehículos. Disponible en URL: https://www.proyectoseco.cl/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 128

Jabón espuma para lavado de manos

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Optimizar	Servicios	Tecnología	Residencial

Descripción

Consiste en la utilización de un dispensador de jabón que incluye una bomba integrada en el cartucho, la cual mezcla una fórmula especial de jabón líquido con aire para incrementar diez veces su volumen, y de este modo, proporcionar espuma instantánea para el aseo de manos. Su textura, dada por las burbujas de aire facilitan que se extienda más fácil en las manos en comparación con los otros tipos de jabón.

Beneficios

El consumo de agua durante el lavado de manos se puede reducir entre un 16 y 45% usando jabón en espuma en vez del tradicional jabón líquido o gel. Cada 100 personas que utilicen jabón-espuma para lavarse las manos equivale a una reducción anual hasta 56.000 L de agua.
Además, se necesita menos producto ya que el volumen del jabón espuma aumenta con el aire y debido a su composición y textura de la espuma no necesita los componentes poliméricos, usados para espesar el jabón en loción, por lo que de degrada más fácilmente.

Condiciones técnicas de operación

No posee requerimientos especiales de funcionamiento ni limitaciones en comparación a un jabón tradicional.

Casos de Aplicación

- Existe una amplia utilización a nivel país con proveedores de distintas marcas.
- Casos piloto en Hospital del Tórax.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Reduce uso de agua. No se evalúan impactos sobre medio ambiente, comparativamente con actuales jabones de mano.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Ahorro del recurso escaso (agua potable).
Costos: Incremento en el costo del jabón para el presupuesto familiar.
Externalidades: No se perciben.
Conflictos: No se perciben.

Jabón espuma para lavado de manos

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se presentan condiciones habilitadoras legales/ normativas e institucionales que limiten la implementación de la MAS. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de MAS que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación de condiciones habilitadoras.

Costos referenciales

Jabón Espuma AvalFoam 5 Kg, $6.469 valor neto, pesos chilenos.

Información de contacto

Kimberly Clark (Proveedor)
http://www.kimberly-clark.cl/
Chile

Fuente: ©Arlington County. https://www.flickr.com/photos/arlingtonva/4314530838

Referencias y mayor información

Durrant, A., & Mckay, A. (29 de Noviembre de 2011). Cómo un simple cambio en el aseo puede reducir el consumo de agua. Disponible en URL: http://www.interempresas.net/Limpieza_Industrial/Articulos/59638-Como-un-simple-cambio-en-el-aseo-puede-reducir-el-consumo-de-agua.html

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 129

Baño compostero para reducción en consumo de agua

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Optimizar	Agua Potable y saneamiento	Tecnología	Residencial

Descripción

Consiste en la implementación de un baño seco aunado a la producción de compostaje para jardines. No requieren de agua para la evacuación de residuos. Ahorra en consumo y no contamina. Su correcto funcionamiento se basa en la fermentación aeróbica, compostaje, y la desecación, para degradar la materia fecal. El sistema corresponde a tres cámaras independientes acondicionadas con aireadores, trampa de insectos, desviación para orina y una cámara recolectora del desecho sólido. Según el diseño del baño pueden emplearse dos métodos para degradar la materia orgánica, el primero sería la fermentación y el segundo la desecación. En el primero es posible mezclar orina y heces en un mismo recipiente, el segundo consta de un sistema que permite almacenar por separado la orina y las heces. Luego de una prueba en laboratorio, se verifica que los sólidos estén totalmente descompuestos para ser utilizado como compostaje.

Beneficios

Genera un ahorro de agua de un 30% a nivel residencial. El compost obtenido resulta un muy buen abono natural para la tierra, aunque no es aconsejable emplearlo para productos de consumo humano.
Este tipo de baños son especialmente recomendados para zonas aisladas que carecen de infraestructuras, ya que no requieren de conexión a la red de saneamiento y no necesitan agua para funcionar, esto los convierte en altamente ecológicos.

Condiciones técnicas de operación

El suelo donde se construya debe ser sólido y firme, evitando los suelos blandos o húmedos por lo que no se puede implementar en terrenos inundables. Requiere mantenimiento constante.

Casos de Aplicación

Se utilizan en distintas partes del mundo, como México, Colombia, Chile, entre otros. Existen distintos sistemas y empresas que los instalan. La empresa Composting Toilet Systems de Australia ha instalado sus sistemas en distintos festivales y eventos masivos. Sistemas modernos han sido instalados en hoteles y residencias, por ejemplo el sistema SUN-MAR desarrollado en EEUU. En Chile existen varias empresas y modelos de producción nacional, como Emuh, Eco-baño y Compostera.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Manejo de residuos orgánicos y reduce agua utilizada, materia orgánica puede ser reutilizada en cultivos y jardines. Sin embargo, debe ser evaluado sanitariamente.

Baño compostero para reducción en consumo de agua

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo alto.
Beneficio: Disminución del agua potable para el consumo familiar.
Costo: Costos asociados a la adquisición de la nueva tecnología.
Externalidades: (-) Malos olores. (-) Atracción de diferentes tipos de insectos. (-) Eventual peligros para los niños que juegan en el jardín.
Conflicto: Oposición de las familias y desconfianza que puede generar un sistema de esta naturaleza.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
MAS que tiene en sus CH la necesidad de autorización de MINSAL y eventualmente municipal, según la LGUC. Además, pudiera requerir la existencia de un comité de APR. En este caso, además supone la asignación de fondos públicos y, eventualmente la capacitación de recursos humanos para su utilización. En general, son soluciones para implementar en un plazo mediano, considerando los distintos permisos que se deben obtener para su implementación.

Baño compostero. Fuente: Wikimedia commons, ©Rene Cortin (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/51/Composting_toilet.jpg/4096px-Composting_toilet.jpg)

Costos referenciales

Para una vivienda con dos adultos y dos niños que se use todo el año, el costo de un sistema de inodoros de compostaje podría estar dentro del rango de USD 1.200 a USD 6.000 dependiendo del sistema. Los sistemas de viviendas campestres diseñados para uso estacional estarían en el rango de USD 700 a USD 1.500. Los sistemas de gran capacidad para uso publico pueden costar hasta USD 20.000, o más. Fuente: EPA 1999.

Información de contacto

Emuh (proveedor)
https://www.emuh.cl/product/452124/bano-ecologico-seco
Compostera (proveedor)
https://compostera.cl/products/n
Ecovit
http://ecovit.cl/
Joaquín Murrieta (Información)
Watershed Management Group
jmurrieta@watershedmg.org
Arizona, EEUU

Referencias y mayor información

CNR. Bases del concurso: Ley de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje. Disponible en URL: https://www.cnr.gob.cl/agricultores/concursos-de-riego-y-drenaje/bases-de-concurso/

Lopes-Olivari, R. (2016). Manejo y uso eficiente del agua de riego intrapredial para el sur de chile. Concepto y consideraciones básicas en métodos y programación de riego para optimizar el recurso hídrico. Eds. Ministerio de Agricultura, INIA. Disponible en URL: http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40569.pdf

Collahuasi. (2010). Impactos. Disponible en URL:
http://www.collahuasi.cl/wp-content/uploads/2016/05/info_sustentable10.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2002). Agua y cultivos. Logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. Disponible en http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/docs/cropsdrops_s.pdf

EPA (1999), Folleto de tecnología del uso eficiente del agua, Inodoros de compostaje.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 130

Tippy Tap® para reutilización de aguas grises en vegetación

Objetivo que aborda

Optimizar

Sector de aplicación

Agua Potable y saneamiento

Áreas Verdes

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Residencial

Descripción

Mecanismo de lavado de manos e higiene artesanal en el cual el agua ya utilizada puede reutilizarse en el riego de plantas o bien retornar al nivel freático mediante infiltración en el terreno. El simple sistema es operado por una palanca de pie y por lo tanto reduce la posibilidad de transmisión de bacterias cuando el usuario solo toca el jabón. Utiliza solo 40 mililitros de agua para lavarse las manos en lugar de 500 mililitros con una taza.

Beneficios

Además de ser más eficiente con el uso del agua, en zonas de escasez es una zona potencial para el riego de jardines.

Condiciones técnicas de operación

No requiere de condiciones técnicas especiales.

Casos de Aplicación

En casi todo el mundo, especialmente en África. La organización Tippytap.org recopila historias de aplicaciones del sistema en distintos países.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Reduce uso de agua y no genera impactos negativos sobre el componentes naturales, dada su condición biodegradable.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Optimización del uso de agua potable en el consumo.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Menor cantidad de agua aportada al sistema de alcantarillado.
Conflicto: No se perciben.

Tippy Tap® para reutilización de aguas grises en vegetación

Condiciones Legales Habilitadoras

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se presentan condiciones habilitadoras legales/ normativas e institucionales que limiten la implementación de la MAS. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de MAS que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación de condiciones habilitadoras.

Información de contacto

Joaquín Murrieta (Información)
Watershed Management Group
jmurrieta@watershedmg.org
Arizona, EEUU

Referencias y mayor información

Tippytap org. The tippy tap! (s.f.) Disponible en URL: http://www.tippytap.org/the-tippy-tap

Center for Disease control and Prevention. Tippy tap. (s.f.). Disponible en URL: https://www.cdc.gov/safewater/publications_pages/tippy-tap.pdf

Mujer usando tippy tap en Uganda.
Fuente: Banco Mundial
(https://www.flickr.com/photos/worldbank/14505403362)

MIGRACIÓN E INCORPORACION DE NUEVAS FUENTES DE AGUA

- Trasvase
- Captación o cosecha atmosférica
- Desalación
- Tratamiento y uso

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 131

Matriz unificada de distribución de agua

Objetivo que aborda

Captar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Infraestructura

Escala

Cuenca

Nacional

Descripción

Sistema único de distribución de agua que conecta una zona geográfica como una cuenca, una subcuenca o una región. Consiste en conectar todas las fuentes de agua a una sola matriz, donde desde diferentes puntos se puede inyectar agua a la matriz y en distintos puntos se puede extraer agua. Las fuentes de agua pueden ser naturales y artificiales, en estas últimas también se pueden incluir aguas desaladas. Una vez conectadas estas fuentes a la red se distribuye de forma homogénea en todo el territorio.

El proyecto se complementa con una plataforma de información y un sistema de compuertas, esto permite controlar el sistema y el cierre de compuertas frente a episodios como por ejemplo contaminación para evitar la propagación de contaminantes.

El programa es autosustentable por lo que debe ser cubierto por los precios del agua, el cual está relacionado con los costos de producción, de su aplicación y abastecimiento para las ciudades.

Estos sistemas de distribución de agua potable pueden ir de la mano con redes paralelas equivalentes de otras calidades de agua como por ejemplo red de riego con aguas de reúso, aprovechando la infraestructura de la matriz de agua potable, se puede canalizar paralelamente tuberías de agua de reúso para riego u otros usos.

Beneficios

Provee seguridad hídrica para toda la región y todos los usuarios. Permite obtener relevantes economías de escala tanto de inversión como operación por conducción y transporte de aguas dentro de un territorio. Permite reducir la implementación de múltiples sistemas de conducción paralelas optando por un sistema único con consecuente reducción de externalidades negativas sociales, ambientales y económicas.
Reduce la vulnerabilidad y fragilidad de las fuentes de agua que abastecen a los sistemas de agua potable rural (APR). Permite la protección de fuentes y reservas estratégicas de agua. Presenta pérdidas de agua inferior al 10%. Permite precios equitativo para sector industrial y domiciliario.

Condiciones técnicas de operación

Requiere sistemas de bombeo en lugares estratégicos, estudios de demanda de agua por zonas o regiones, estudios de oferta de aguas naturales y coordinación estatal.

Matriz unificada de distribución de agua

Casos de Aplicación

Acueducto nacional de Israel, de 130 km transporta agua desde la región norte de Israel a la semidesértica región meridional del país. La fuente principal es el lago Tiberíades, pero a diferencia de un trasvase o acueducto convencional éste combina, en conducciones paralelas, fuentes de aguas tratadas a través de tuberías subterráneas, canales abiertos y túneles que transportan unos 1700 millones de metros cúbicos de agua al año, de los cuales alrededor del 65% se usa para el riego y el resto para usos urbanos e industriales.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
Impacto negativo bajo sobre flujos y caudales, externalidades negativas en el desarrollo y operación del proyecto podrían generar modificaciones irreversibles sobre ecosistemas y flujos hidrológicos. Esta es una solución de alta complejidad, considerada a partir de la experiencia Israelí, por lo que requiere análisis de detalles con antecedentes a nivel de sitio y detalles de operación.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Optimización del uso del agua potable.
Costo: Costos asociados a la adquisición de la nueva tecnología.
Externalidades: Riesgo de modificación irreversible sobre ecosistemas y flujos hidrológicos.
Conflicto: No se perciben.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Largo plazo de implementación.
Iniciativa que resulta contradictoria con gran parte del marco normativo que rige las aguas en el país. En particular no resulta compatible con el sistema de derechos de aprovechamiento de aguas, el que radica en los titulares las decisiones acerca de su manejo y aprovechamiento, y no en un sistema centralizado de gestión. Asimismo, resulta contradictorio con el marco regulatorio de los servicios asociados, en particular las empresas sanitarias. En efecto, ellas están obligadas a dar el servicio de agua, potable y saneamiento, para lo cual disponen de derechos de aprovechamiento y un sistema regulado de establecimiento de tarifas, independiente de un sistema de gestión centralizado de los recursos hídricos a nivel de una cuenca u otra área.

Información de contacto

Mekorot
http://www.mekorot.co.il/Eng/newsite/Pages/default.aspx
Israel

Carretera nacional de agua Israel
Fuente: Ariel Palmon Wikimedia commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:National_Water_Carrier_of_Israel_near_kibbutz_Hukok_ap_001.jpg)

Referencias y mayor información

Mekorot. The national water carrier. Disponible en URL: http://www.mekorot.co.il/Eng/newsite/Projects/NWC/Pages/TheNationalWaterCarrier.aspx

Israel Ministry of Foreign Affairs. (1998). El crónico problema del agua en Israel. Disponible en URL: https://mfa.gov.il/mfa/mfaes/facts%20about%20israel/pages/el%20crnico%20problema%20del%20agua%20en%20israel.aspx

Pallares Gómez, M. (2017). Israel sin sed. Nace el nuevo milagro del agua. Obtenido de El Universal. Disponible en URL:
http://www.eluniversal.com.mx/articulo/cartera/negocios/2017/06/13/israel-sin-sed-nace-el-nuevo-milagro-del-agua

Red Madrileña de Tratamientos Avanzados para Aguas Residuales con Contaminantes no Biodegradables. (2008). Israel, un país con problemas y soluciones para el agua. Obtenido de Madrimasd. Disponible en URL:
http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008/04/30/90452

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 132

Trasvase de largas distancias tipo "carretera hídrica"

Objetivo que aborda

Captar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Infraestructura

Escala

Cuenca Nacional

Descripción

Además de los trasvases entre subcuencas contiguas o cercanas, está en evaluación el proyecto *"Carretera Hídrica"*, la cual es una Iniciativa público-privada que involucra infraestructura para captar, almacenar y transportar agua desde zonas de *"alta disponibilidad hasta zonas de déficit"*. El recorrido considera un trasvase desde la región del Biobío hasta la región de Atacama conteniendo 5 tramos de corredor, los que serían: entre las regiones del Biobío (VIII) y O'Higgins (VI), del Maule (VII) a la Metropolitana, de la parte alta de O'Higgins al embalse Corrales en la región de Coquimbo (IV); desde Corrales al embalse Puclaro (también en Coquimbo) y de este último a Huasco en la región de Atacama. En total el largo de los tramos abarca 1.058 kilómetros, lo que no indica el largo geográfico. El proyecto estima impulsar 80% del agua por gravedad (utilizando las pendientes naturales que posee la geografía de Chile), mientras que el 20% restante lo haría a través de estaciones de bombeo o estaciones de elevación, cuya energía se extraería gracias a la acción de energías limpias.

Beneficios

Los proponentes del proyecto, aún en evaluación, estiman varios beneficios dentro de los cuales se mencionan: fomento al desarrollo de la agricultura (alza en exportaciones agroalimentarias, pasando de USD16.000 millones a USD64.000 millones para 2036), mejora la calidad de vida en las zonas beneficiarias del trasvase, evitar la emigración, dinamizar el comercio local de la zona beneficiada, fomentar la generación de trabajo agrícola, diversificación de la matriz productiva dejando de depender del cobre, aumento del valor de los suelos en zonas desérticas, generación de energía hidroeléctrica, recarga de napas y acuíferos y abastecimiento de agua para las ciudades. Utilizará el mínimo de energía posible, mediante la implementación de *"avance por tramo"* aprovechando al máximo la gravedad y minimizando el uso de bombeo. Disminuirá la necesidad de construcción de nuevos embalses dado que se usará embalses existentes sub-utilizados en su capacidad de almacenamiento. Además, permitirá la creación de nuevos ecosistemas con mayor disponibilidad de recursos para la fauna local.

Condiciones técnicas de operación

Se requieren expropiaciones, trabajo de alta montaña, obras civiles especializadas y monitoreo en tiempo real del estado de la carretera, las cuales involucran a su vez altos costos de diseño.

A nivel medioambiental la extracción excesiva de agua del caudal de un río podría provocar que el agua de mar penetre en su curso, lo cual podría provocar la salinización del curso fluvial, además de probablemente requerir destrucción de cursos fluviales y alteración de ecosistemas para su implementación.

Casos de aplicación

Similar al proyecto Carretera Hídrica está actualmente en construcción en China y transportará anualmente agua del río Yangtse a Beijing a 1.300 kilómetros de distancia para aliviar la sequía de 400 ciudades. Las siguientes fases sumarían una longitud de 5600 km. Esta obra se inició el 2002 y se estima que estará concluida en 40 años.

Trasvase de largas distancias tipo "carretera hídrica"

Algunos ejemplos de trasvases entre cuencas lejanas son:

- Trasvase Tajo-Segura, una de las obras de ingeniería más grandes de España el cual deriva agua del río Tajo (desde los Embalses de Entrepeñas - Provincia de Guadalajara y Buendía - Provincia de Cuenca) hacia el río Segura a través de la presa del embalse El Talave. Su infraestructura tiene una longitud de 292 km y un caudal de 33 m³/s.
- El proyecto Olmos en Perú, en la región Lambayeque deriva aguas del río Huancabamba hacia la cuenca del Pacífico, lo cual implicó la construcción de la presa Limón (de 43 metros de altura) y atravesar la cordillera de los Andes con un túnel de 19,3 km de longitud.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo alto.
Impacto ambiental negativo a nivel de cuencas, hábitat, paisajes, suelos, con alta incertidumbre y altos costos ambientales asociados. Llevar aguas desde el sur hasta el norte implica un cambio en el ciclo hidrológico local de ambas zonas. Se requiere un desarrollo de infraestructura gris para conducir el agua con impactos no evaluados. Ante riesgos e incertidumbres climáticas la intervención a gran escala puede dejar impactos no deseados y no evaluados.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficios: Aumenta la disponibilidad del recurso hídrico en la zona geográfica donde se lleva.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Aumenta la productividad agrícola en la zona geográfica que recibe esta disponibilidad de agua. (-) Eventual alteración del ecosistema.
Conflicto: Oposición por parte de la comunidad desde donde se extrae el recurso hídrico trasladado.

Costos referenciales

De acuerdo a las estimaciones preliminares de Reguemos Chile, se estima que se requerirá una inversión de USD 20.000 millones. Estos costos variarán cuando se tengan los estudios ingenieriles.
Costo de construcción por cada canal para 100 m³/s: 5 MUSD/kilómetro.
Costo de cada túnel para 80 m³/s: 10 MUSD/ kilómetro.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Largo plazo de implementación.
Se trata de megaproyectos que requieren de infinidad de autorizaciones para dar cumplimiento a la legislación de agua, ambiental y, eventualmente, asociada al uso del borde costero, a la LGUC y a la construcción o concesión de obras por el Estado. Asimismo, requiere de un cuantioso financiamiento público. Sería conveniente el desarrollo de una institucionalidad que facilite la gestión integrada de los recursos hídricos, y de instrumentos de planificación a nivel de las cuencas. Iniciativa para ser desarrollada en el largo plazo.

Imagen referencial del proyecto Carretera Hídrica.
Fuente: Memoria Corporación Reguemos Chile 2015 – 2018 (http://www.reguemoschile.cl/pdf/Memoria-Corporacion-Reguemos-Chile.pdf)

Información de contacto

Juan Sutil
Reguemos Chile,
http://www.reguemoschile.cl/
Chile

Referencias y mayor información

Fernández, M. (2017). La carretera subterránea que busca llevar agua a lo largo de Chile (y fortalecer la agricultura). El Definido. Disponible en URL: https://www.eldefinido.cl/actualidad/pais/8413/La-carretera-subterranea-que-busca-llevar-agua-a-lo-largo-de-Chile-y-fortalecer-la-agricultura/

Iagua. (s.f.). 5.600 km, 53.000 MEUR y 1.000 hm3. El trasvase de agua más grande del mundo está en China. Disponible en URL: https://www.iagua.es/blogs/xavi-duran-ramirez/5600-km-53000-meur-y-1000-hm3-trasvase-agua-mas-grande-mundo-esta-china

Asociación de Exportadores de Chile - ASOEX. (s.f.). "Evaluación de proyecto de una carretera hídrica nacional - Fase 1: Inventario de la oferta y demanda de agua a lo largo de la geografía chilena". Disponible en URL: https://www.asoex.cl/images/documents/fomento/FOM_LS_17112017.pdf

Corporación Reguemos Chile (2018). Memoria 2015-2018. Disponible en URL: http://www.reguemoschile.cl/pdf/Memoria-Corporacion-Reguemos-Chile.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 133

Trasvase por mar o "proyecto Aquatacama"

Objetivo que aborda

Captar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Infraestructura

Escala

Cuenca Nacional

Descripción

Actualmente el único proyecto de trasvase por mar es el proyecto Aquatacama, el cual consiste en trasladar agua que llega al mar (desembocadura de los ríos), por tubos flexibles submarinos SubmaFlex®, a 2030 kilómetros de distancia desde algunos ríos del sur de Chile (río Biobío, río Maule y río Rapel) hacia las ciudades y zonas productivas de la zona norte. El proyecto estima llevar agua mediante tuberías o ductos submarinos (ubicados a 100-200 metros de profundidad), donde cada 100 km se produciría la toma de agua o descarga, entregando agua a un costo de 0,7 USD/m^3. Esto generaría hasta 100.000 nuevas hectáreas de riego, permitiendo ser empleada tanto para fines urbanos como industriales.

Beneficios

El proyecto actualmente en evaluación estima disponer de agua para regadío en zonas que presentan sequía o baja disponibilidad del recurso, además de proporcionar agua para su uso a nivel industrial.
La ventaja de instalar la tubería por el mar es que no hay límite respecto a la capacidad a transportar, permitiendo el traslado de hasta 100 m^3/s de agua, además, la toma río abajo no afecta a los usuarios río arriba, el trayecto submarino tampoco tiene impacto visual. El proceso consume poca energía 0,9 kWh/m^3 desde Biobío hasta Arica y el CAPEX es 4 veces menor que un trasvase terrestre, según describen los proponentes de la iniciativa.

Condiciones técnicas de operación

La iniciativa posee un alto costo de inversión. En cuanto a la operación, el valor es reducido en comparación a otros trasvases ya que no existe elevación.

Casos de aplicación

No existe experiencia de trasvases de grandes distancias y menos submarino. El trasvase más largo actualmente en construcción está en China y transportará anualmente agua del río Yangtse a Beijing a 1.300 kilómetros de distancia para aliviar la sequía de 400 ciudades. Las siguientes fases sumarán una longitud de 5.600 km. Esta obra se inició el 2002 y se estima que estará concluida en 40 años.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo medio.
El impacto se produce a nivel estuario aguas abajo del trasvase. Dependiendo de la cuenca y el tipo de intervención puede impactar ecosistemas terrestres y acuáticos y la biodiversidad que sostiene cada una de ellas. Se requiere un desarrollo de infraestructura gris para conducir el agua con impactos no evaluados. Impactos a nivel de cuencas, paisajes, suelos, con alta incertidumbre y altos costos ambientales asociados. Ante riesgos e incertidumbres climáticas la intervención a gran escala puede dejar impactos no deseados y no evaluados.

Trasvase por mar o "proyecto Aquatacama"

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficios: Aumenta la disponibilidad del recurso hídrico en la zona geográfica donde escasea.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Aumenta la productividad agrícola en la zona geográfica que recibe esta disponibilidad de agua.
(-) Impactos ambientales por cambios en el ciclo hidrológico.
Conflicto: Rechazo de la comunidad de que el agua sea trasladada a otras zonas geográficas.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Largo plazo de implementación.
Se trata de megaproyectos que requieren de infinidad de autorizaciones para dar cumplimiento a la legislación de agua, ambiental y, eventualmente, asociada al uso del borde costero, a la LGUC y a la construcción o concesión de obras por el Estado. Asimismo, requiere de un cuantioso financiamiento público. Sería conveniente el desarrollo de una institucionalidad que facilite la gestión integrada de los recursos hídricos, y de instrumentos de planificación a nivel de las cuencas. Iniciativa para ser desarrollada en el largo plazo.

Costos referenciales

Para un caudal de 33,7 m^3/s y considerando la conducción hasta Mejillones.

CAPEX: MMUSD 8.082

OPEX: USD 0,44 /m^3
(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Via-marina
http://www.via-marina.com
Francia

Referencias y mayor información

Proyecto Aquatacama. Disponible en URL: http://www.aquatacama.com/.

Torres, S. (2015). Cómo funciona un trasvase. Disponible en URL: http://medio-ambiente.practicopedia.lainformacion.com/proteccion-medio-ambiente/como-funciona-un-trasvase-23564

Vía Marina. (s.f.). Vía Marina. Disponible en URL: http://www.via-marina.com/

Localidades donde pasará el conducto submarino. Fuente: Sitio web Proyecto Aquatacama (http://www.aquatacama.com/)

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 134

Trasvase entre cuencas

Objetivo que aborda

Captar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Infraestructura

Escala

Cuenca Nacional

Descripción

Se denomina trasvase a toda extracción de agua desde su ubicación natural para ser transportada por cualquier medio y utilizada en un lugar distinto de su origen. Existen trasvases intercuencas o dentro de una misma cuenca y se considera una acción inherente a la actividad humana, en especial en zonas donde se vive escasez de recursos hídricos. La forma más usual de realizarse es mediante la construcción de tuberías o canales que permiten el desvío del agua superficial hasta su lugar de utilización (principalmente para abastecimiento urbano y regadío).

Beneficios

Los trasvases permiten un gran incremento de la oferta hídrica en una zona lo que genera mejoras en la calidad de vida en las zonas beneficiadas, además del desarrollo productivos como por ejemplo de la agricultura. Al dinamizar estas zonas se evita la emigración y dinamiza el comercio local.

Condiciones técnicas de operación

Se requieren expropiaciones, eventualmente dependiendo del emplazamiento trabajo de alta montaña, obras civiles especializadas y monitoreo en tiempo real del estado de la carretera, las cuales involucran a su vez altos costos de diseño.
A nivel medioambiental la extracción excesiva de agua del caudal de un río podría provocar que el agua de mar penetre en su curso, lo cual podría generar la salinización del curso fluvial, alterando el ecosistema. Podrían ser causantes de la destrucción de los cursos fluviales naturales.

Casos de Aplicación

- Trasvase Tajo-Segura, el cual es una de las obras de ingeniería más grandes de España el cual deriva agua del río Tajo (desde los embalses de Entrepeñas - Provincia de Guadalajara y Buendía - Provincia de Cuenca) hacia el río Segura a través de la presa del embalse de El Talave. Su infraestructura tiene una longitud de 292 km y un caudal de 33 m^3/s.

- El proyecto Olmos en Perú, se sitúa en la región Lambayeque y consistió en derivar las aguas del río Huancabamba (perteneciente a la cuenca del Altiplánico) hacia la cuenca del Pacífico, lo cual implicó la construcción de la presa Limón (de 43 metros de altura) y atravesar la cordillera de los Andes con un túnel de 19,3 km de longitud. Este proyecto considera un potencial de riego de 190.000 Ha, lo cual mejoraría las condiciones de vida de la población en el norte del país.

Trasvase entre cuencas

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo alto.
Modificación sobre estructura de las cuencas, pérdida de subsistemas límnicos, alteración de hábitat, modificación de flujos hidrológicos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficios: Aumenta la disponibilidad del recurso hídrico en la zona geográfica donde se lleva.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Aumenta la productividad agrícola en la zona geográfica que recibe esta disponibilidad de agua.
(-) Eventual alteración del ecosistema.
Conflicto: Oposición por parte de la comunidad desde donde se extrae el recurso hídrico trasladado.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Largo plazo de implementación.
Se trata de proyectos mayores que requieren de autorizaciones para dar cumplimiento a la legislación de agua (derechos de aprovechamiento de aguas, cambios fuente de abastecimiento, construcción de obras hidráulicas mayores, etc.), ambiental (impactos en cuenca que cede y en cuenca que recibe) y relativa a la construcción o concesión de obras por el Estado. Asimismo, requieren de financiamiento público. Sería conveniente el desarrollo de una institucionalidad que facilite la gestión integrada de los recursos hídricos, y de instrumentos de planificación a nivel de las cuencas. Iniciativa para ser desarrollada en el largo plazo.

Acueducto Tajo-Segura en Belmontejo Fuente: Wikimedia Commons, the free media repository. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trasvase_Tajo_Segura_Belmontejo.jpg)

Referencias y mayor información

San Martín González, E. (2011). Un análisis económico de los trasvases de agua intercuencas: el trasvase Tajo - Segura. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia . Disponible en URL: https://www.fundacionaquae.org/wp-content/uploads/2014/10/enrique_san_martin_doc_5_tesis_0.pdf

Trasvase Tajo Segura. (2016). Los trasvases en España. Disponible en URL: http://www.trasvasetajosegura.com/los-trasvases-de-espana/

Lainformación.com. (2015). Cómo funciona un trasvase. Disponible en URL: http://medio-ambiente.practicopedia.lainformacion.com/proteccion-medio-ambiente/como-funciona-un-trasvase-23564

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 135

Captación de aguas lluvias en techos

Objetivo que aborda

Captar

Sector de aplicación

Agricultura

Áreas Verdes

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Residencial

Descripción

Debido al cambio climático en los últimos años la captación de agua lluvia está tomando una gran importancia en áreas rurales y especialmente en países con zonas áridas.

Dentro de los sistemas de captación de aguas lluvia (SCALL) se encuentra el acondicionamiento de los techos. En este caso la instalación consta de canaletas, bajadas y tanques para la recolección de aguas lluvias capturadas en los techos de industrias y/o viviendas (ya sea en el sector urbano o rural) con la finalidad de darle uso para riego, conversión en agua potable o para consumo animal.

Para calcular su dimensión, se analiza primero el nivel de precipitaciones de la zona (diseño hidrológico) y los materiales más idóneos para la captación (el cual puede ser de concreto, lámina metálica acanalada, teja cerámica o superficie cubierta con PVC) y el almacenamiento por cisterna (diseño constructivo). Esta última por lo general a nivel rural pueden ser de geomembrana u hormigón armado dependiendo de las condiciones del entorno. Independiente del sector de aplicación siempre se debe considerar que debe estar protegido del sol bajo cobertizo de madera y/o zinc.

Beneficios

Incrementa la disponibilidad de agua para zonas rurales y urbanas. Genera ahorros en el consumo de agua, ya que el agua captada puede ser utilizada para riego de áreas verdes, riego de cultivos, infiltración en sistemas urbanos o para consumo animal.

Condiciones técnicas de operación

Requiere conocer previamente el nivel de precipitaciones de la zona e intensidad de éstas para el cálculo de área y materiales necesarios para la construcción del sitio de captación.

Se debe garantizar una pendiente mínima de 2% para generar el escurrimiento y, previo al ingreso al estanque de almacenamiento, se requiere emplear algún tipo de filtro (de arena o material granulado) para garantizar la conservación de las características organolépticas del agua de la mejor manera.

Todo diseño además considera un 20% de pérdida asociado a la salpicadura de la lluvia al impactar los techos y a la sobrecarga que pudieran tener las canaletas durante una lluvia intensa como sistema de conducción, por lo tanto, se debe considerar un factor de eficiencia del 80%.

Una vez al año cuando finaliza la época seca e inicia la época de lluvias, se debe limpiar el techo o área de captación, canaletas, bajantes y la parte superior del tanque de almacenamiento que se utilizará como área de captación.

Requiere, además, un sistema de monitoreo para análisis microbiológico y fisicoquímico del agua almacenada (en especial si será para consumo humano).

Casos de aplicación

En Kenia, gracias al financiamiento internacional, se han empleado los sistemas de captación de aguas lluvias desde los techos de las casas para acondicionarla y utilizarla para consumo humano.

En Sudamérica es Brasil quien lidera el aprovechamiento de aguas lluvias, haciendo captación en edificios e industrias.

Vista de un techo acondicionado para recolectar agua lluvia. Fuente: SaveGreeenery (http://www.savegreenery.co.in/wp-content/uploads/2018/05/177546bdd2c202638fc0ae845b3d8b4b.jpg)

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Impacto positivo en la gestión y aprovechamiento del agua lluvia.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Aumenta la disponibilidad del recurso hídrico al liberar agua para riego.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Aumento de zonas con áreas verdes.
Conflicto: No se aprecia.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se presentan condiciones habilitadoras que limiten la implementación de la MAS. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de medidas que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación.

Costos referenciales

Los costos de acondicionamiento del techo varían dependiendo de su nivel de aplicación (industrial o residencial) y a su vez si se aplica a nivel urbano o rural, ya que en tal caso varían los materiales empleados.

En la India, la instalación en un edificio de 300 m^2 puede costar entre 20.000 y 290.000 pesos chilenos. *(Fuente: rainwaterharvesting.org)*

Información de contacto

Bioplastic (Instalaciones para zonas rurales)
(Proveedor)
info@bioplastic.cl
www.bioplastic.cl
Chile

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

Centro Tecnológico de Hidrología Ambiental, UTALCA. (2016). Sistemas de Captación de Aguas LLuvias Urbano y Rural . Disponible en URL: http://ctha.utalca.cl/Docs/presentaciones/2016/5.%20Presentaci%C3%B3n%20Roberto%20Pizarro.compressed.pdf

Inst. de Inv. en Ecosistemas y Sustentabilidad. (s.f.). Sistema de Captación de Agua Lluvia (SCALL) . Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en URL: http://ecotec.unam.mx/Ecotec/ecoteca/colecta-de-agua-pluvial-como-medida-para-el-aprovechamiento-sustentable-de-la-energia

Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (2016). Técnicas de Captación, Acumulación y Aprovechamiento de Aguas Lluvia. Boletín Nº321. Disponible en URL: http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40386.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 136

Techos verdes para recolección de agua lluvia

Objetivo que aborda

Captar

Sector de aplicación

Agricultura

Áreas Verdes

Tipo de solución

Infraestructura Verde

Escala

Residencial

Descripción

Los techos verdes, también conocidos como techos ecológicos, son techos que están cubiertos total o parcialmente con vegetación tipo herbácea o arbustiva adaptada a las condiciones climáticas locales. La vegetación se cultiva en un medio de crecimiento (suelo, arena o grava) sobre una superficie de membrana impermeable. Los techos pueden ser extensivos cuando la capa de suelo es menor a 15 cm y la vegetación es herbácea, o intensivos cuando el suelo es más profundo (>15cm) y la vegetación más leñosa y raíces más profundas.

Beneficios

Los techos verdes ayudan en la regulación de la cantidad de agua en las ciudades mediante la reducción de la escorrentía de las tormentas y, por lo tanto, evitan que las inundaciones sobrecarguen las alcantarillas o sistemas de drenaje.
Beneficios adicionales de los techos verdes incluyen valor estético, calidad de aire mejorada (la vegetación puede remover material particulado y otros contaminantes del aire), contaminación acústica reducida, control de contaminantes de nutrientes en el agua y captura de carbono. Estudios muestran también que la cubierta vegetal en el techo puede proporcionar aislamiento y enfriamiento en las viviendas.

Condiciones técnicas de operación

Estos techos deben ser construidos sobre una estructura suficientemente estable. Los techos deben ser impermeabilizados para recoger la mayor parte del agua lluvia.

Casos de Aplicación

Según entrevista al Laboratorio de Infraestructura Vegetal de Edificios (LIVE), actualmente en Chile hay más de 60 mil metros cuadrados de techos y cubiertas verdes. De esa superficie, 45 mil se encuentran en la Región Metropolitana y el 60% en las comunas de Providencia, Vitacura y Las Condes. La mayoría de los edificios que tienen vegetación son comerciales, oficinas y de salud. Un ejemplo es el edificio Vanguardia en la Región Metropolitana.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Aumento de superficie verde, mitigación de los impactos negativos por superficies asfaltadas en ciudades. Impactos negativos si se usa *sphganum* como sustrato.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Disminución de los requerimientos energéticos de las viviendas.
Costo: Costos asociados a la implementación de la medida.
Externalidades: (-) Eventualmente aumenta los costos de las estructuras de las viviendas al tener que sostener un mayor peso.
(+) Aumento de superficie de área verde
(+) Embellecimiento del paisaje.
Conflicto: No se aprecia.

Techos verdes para recolección de agua lluvia

Techo verde en Noruega. Fuente: Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Green_Roof_in_Norway.png)

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
No se presentan condiciones habilitadoras que limiten la implementación de la medida. Sin embargo, pudieran desarrollarse programas y/o incentivos que apoyen un mayor conocimiento de las tecnologías y/o que internalicen externalidades positivas de interés público. Se trata de iniciativas que pueden implementarse en el corto plazo sin limitación de condiciones habilitadoras.

Costos referenciales

Un estudio en los EE. UU., estimó los costos entre USD 65 y USD 450 el m^2 para la construcción de techos extensos y de USD 200 a USD 900 el m^2 para techos intensivos.
(Fuente: Foster et al., 2011).

Información de contacto

Verde activo
contacto@verdeactivo.cl
https://verdeactivo.cl/techos-vegetales/
Chile

Sur impermeable
http://surimpermeable.cl/
Chile

Referencias y mayor información

Arte Verde. (s.f.). Diseño e instalación de Jardines y Paludarios para empresas y casas en toda la región Metropolitana. Disponible en URL: https://www.arteverde.cl/?gclid=CjwKCAiAwJTjBRBhEiwA56V7q8ohqH9hjEdJutwpUK8ri5Wh_m37WYhp0WNNaDrpn2eN3VfpkFTWMxoCBpQQAvD_BwE

Green Roofs for Healthy cities. https://greenroofs.org/about-green-roofs(s.f.) About green roofs. Disponible en ULR: https://greenroofs.org/

Ecotelhado. (2014). Sistema de cubiertas verdes laminar. Disponible en URL: http://ecotelhado.com.co/sistema-de-cubiertas-verdes-laminar/

Foster, J., Foster, H., Lowe, A., and Winkelman, S. (2011). The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation, The Center for Clean Air Policy, (February). Disponible en URL: http://ccap.org/assets/The-Value-of-Green-Infrastructure-for-Urban-Climate-Adaptation_CCAP-Feb-2011.pdf

UNEP (2014). Green infrastructure. Guide for water management:: Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects. Disponible en URL:http://www.unepdhi.org/-/media/microsite_unepdhi/publications/documents/unep/web-unep-dhigroup-green-infrastructure-guide-en-20140814.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 137

Bolsas flotantes marinas para el transporte de agua

Objetivo que aborda

Captar Almacenar

Sector de aplicación

Industria Agua Potable y saneamiento Servicios

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Residencial

Descripción

Se trata de un depósito flotante flexible (conocido en inglés como *water bag*) que permite transportar agua dulce por el mar para abastecer a poblaciones costeras o islas con pocos recursos hídricos. Se trata de una alternativa más económica y más sostenible con el medio ambiente que los sistemas empleados hasta ahora como los buques cisterna o las plantas desaladoras. Se puede utilizar un remolcador convencional, lo que supone un importante ahorro de combustible y reducción de emisiones comparado con otros métodos de transporte como el de barcos o buques cisterna.

El *water bag* está fabricado de un material tejido de poliéster con recubrimiento de PVC de alta resistencia y estanqueidad. Sus módulos tienen una capacidad de almacenamiento de entre 200 a 5.000 m³ de agua, se unen entre sí con un sistema de cremalleras que facilitan el montaje y lo dotan de flexibilidad para ensamblar diferentes módulos para adaptar la capacidad máxima de carga a las necesidades del transporte.

Los contenedores incorporan una serie de sensores que permiten monitorear en tiempo real las tensiones soportadas para que el remolcador se ajuste a las condiciones de navegación.

El *water bag* ha sido desarrollado en el proyecto de investigación XXL REFRESH financiado con fondos de la Unión Europea en los que han participado 5 empresas: la textil Industrial Sedó (Tarragona), las italianas D'Appolonia y Ziplast, la naviera griega Spanopoulos y Safibra (República Checa), apoyados tecnológicamente por AIMPLAS que ha sido el encargado de seleccionar los materiales plásticos utilizados para la confección del contendor y quienes han realizado los ensayos de laboratorio para verificar las propiedades de los materiales utilizados y validar el diseño de la estructura.

Beneficios

Se estima que este método puede llegar a costar dos veces menos que los tradicionales tanques y buques cisterna y, además, con un menor impacto ambiental. Además, a diferencia de los tanques cisterna, la bolsa de agua, luego de su uso, puede ser recogida, doblada y almacenada en un contenedor para su posterior reutilización.

Se puede utilizar para abastecer de agua potable a comunidades ubicadas en zonas costeras extremas que no cuentan con vías terrestres de conexión vial. En situaciones de emergencia permite transportar agua a zonas críticas con mayor rapidez y cantidad y a menor costo comparado con el transporte de agua con camiones cisternas.

Condiciones técnicas de operación

Se requiere de un sistema externo para transportar la bolsa por el mar (que puede ser un remolcador convencional). Se requiere elevación o extracción para disponer del agua potable en el lugar de destino.

Bolsas flotantes marinas para el transporte de agua

Casos de aplicación

Uno de los prototipos de 200 m³ fue probado en Grecia (isla de Creta) en 2012 en un trayecto de 16 millas náuticas en el golfo de Souda con un viaje que duró 3 horas.
Otro de los prototipos fue probado en España en 2015, frente a las costas de Cataluña recorriendo 30 km de ida y vuelta por el mar abierto.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo medio.
Impacto negativo asociado a la extracción del agua y eventuales impactos sobre la fuente. Debe ser contemplado en la evaluación del impacto, el transporte de las bolsas hasta su destino.

Waterbag, del proyecto Europeo REFRESH.
Fuente: Wikimedia commons
(https://en.wikipedia.org/wiki/File:REFRESH_waterbag.jpg)

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disponibilidad del recurso hídrico en lugares donde no existe o escasea.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Mayor disponibilidad del recurso hídrico implica una disminución de posibles enfermedades.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
MAS que tiene la necesidad de autorización de MINSAL, Directemar y eventualmente municipal, según la LGUC. Además, pudiera requerir la existencia de un comité de APR. En este caso, además supone la asignación de fondos públicos y, eventualmente la capacitación de recursos humanos para su utilización. En general, son soluciones para implementar en un plazo mediano a largo, considerando los distintos permisos que se deben obtener para su implementación.

Información de contacto

Instituto Tecnológico del Plástico (Aimplas)
(Proveedor)
https://www.aimplas.es/
España

Referencias y mayor información

BBC Mundo. (2017). La innovadora y gigante bolsa de plástico que podría aliviar la falta de agua en regiones secas del mundo. Disponible en URL: https://www.bbc.com/mundo/noticias-39195215

Valencia, J. (2016). Un depósito flotante permite transportar hasta 5.000 m³ de agua dulce por el mar. Levante. El Mercantil Valenciano. Disponible en URL: https://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2016/03/22/deposito-flotante-permite-transportar-5000/1394971.html

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 138

Generador de agua potable por condensación de vapor atmosférico (FreshWater®)

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Captar	Agua Potable y saneamiento	Tecnología	Residencial

Descripción

Tecnología que simula el ciclo natural del agua, capturando partículas de agua presentes en la atmósfera mediante equipos (generadores) que se instalan en el exterior sobre superficies cimentadas aisladas y protegidas contra óxido y rayos UV.

Las partículas de agua forman una nube de condensación que luego se transforma en agua líquida gracias a una cámara frigorífica contenida en el sistema. Luego, pasa por un proceso de filtración, purificación y esterilización, el cual permite obtener entre 9 y 28 L de agua diaria libre de sodio, sin fluoruro, minerales pesados, químicos ni conservantes, lo cual corrobora la producción de agua apta para consumo de manera simple, por lo que puede ser utilizada en zonas remotas.

Si el aire que se capta llegase a estar contaminado, con la ayuda de un filtro de entrada se retienen las partículas suspendidas y se continúa el proceso. Además, como los gases contaminantes no son condensados frente a la temperatura a la que se obtiene el agua, éstos son expulsados con el aire sobrante.

Beneficios

Son sistemas independientes de las condiciones del clima y de cualquier fuente de agua externa, ya que sólo tienen como materia prima el aire, captando el vapor de agua contenido en él. Este generador de agua potable está diseñado para trabajar incluso en climas desérticos. No requiere del trabajo de mano de obra, además de que la mantención puede ser realizada por una persona sin experiencia.
Es inocua para el medio ambiente, ya que no produce ruidos, gases, ni residuos contaminantes. Cuida la Huella Hídrica y de Carbono. El agua obtenida es apta para el consumo reuniendo todas las características físicas, químicas y microbiológicas exigidas. Su lámpara ultravioleta anti-bacteriana, garantiza un agua libre de bacterias.
Funciona con cualquier tipo de energía, eléctrica, solar, eólica, gas natural, etc.

Condiciones técnicas de operación

Posee una limitada capacidad de producción de agua. El dispositivo funciona al conectarlo a una fuente eléctrica de 220 voltios, o bien, a través de su propia batería o fuente solar y a medida que se va consumiendo el agua, el sistema se va llenando nuevamente.

Nº FICHA 138

Generador de agua potable por condensación de vapor atmosférico (FreshWater®)

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Casos de aplicación

En Chile, esta tecnología llamada *FreshWater,* utilizada en la comuna de San Pedro de Atacama logró generar cerca de 9 L diarios de agua pura a partir de aire con una humedad relativa de entre 25 a 30%.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Aprovechamiento de humedad ambiental y minimización de uso de agua potable para riego y otros. Según área geográfica tendrá mejores resultados, ya que depende de condiciones climáticas.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficios: Aumento de disponibilidad del recurso hídrico.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: No se aprecian.
Conflicto: Al tener una alta dependencia de las condiciones atmosféricas puede generar frustración en la comunidad al no ser posible el generar el agua bajo ciertas condiciones.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Requiere autorización de MINSAL y eventualmente municipal, según la LGUC. Además, pudiera requerir la existencia de un comité de APR. En este caso, además supone la asignación de fondos públicos y, eventualmente la capacitación de recursos humanos para su utilización. En general, son soluciones para implementar en un plazo mediano, considerando los distintos permisos que se deben obtener para su implementación.
En caso de tener las autorizaciones correspondientes, su implementación es inmediata.

Costos referenciales

Costo inversión por equipo es de 300 USD.
(Fuente: Entrevista Héctor Pino, Cooperativa, 10 febrero 2015)

Información de contacto

FreshWater solutions (Proveedor)
www.freshwatersolutions.org
Chile

Referencias y mayor información

Aguamarket. (s.f.). Generador de Agua 1000 L . Disponible en URL: https://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=14857

Emol. (2015). Crean en Chile máquina que transforma el aire en agua potable a bajo costo. Emol. Disponible en URL: https://www.emol.com/noticias/tecnologia/2015/02/10/703152/crean-en-chile-maquina-que-transforma-el-aire-en-agua-potable-a-bajo-costo.html

Sistema Freshwater .Fuente: Sitio web Freshwater (http://www.freshwatersolutions.org/)

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 139

Sistema atrapaniebla

Objetivo que aborda: Captar

Sector de aplicación: Agua Potable y saneamiento; Pecuario; Agricultura

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Residencial; Proceso Industrial

Descripción

El atrapaniebla es una tecnología no convencional, alternativa y artesanal que sirve para capturar agua en estado de niebla. En general, es una estructura conformada por dos postes, separados entre 10 y 12 metros que soporta una estructura de cables, la cual soporta la malla de polipropileno de 12 metros de largo por 4 metros de ancho, todo el sistema soportado y tensionado con cables atados al suelo. En la medida en que la niebla pasa a través de la red, ésta se condensa formando gotas de agua de gran tamaño que se deslizan por gravedad hasta la parte inferior de la malla, donde es recolectada por canaletas. A partir de ahí el agua es transportada a sistemas de almacenamiento para luego ser utilizada en riego de plantaciones, bebida de animales, entre otros usos.

Beneficios

El agua puede ser recolectada en la cima de los cerros y transportada por gravedad sin necesidad de elevación mecánica. Requiere un mantenimiento mínimo, además, la inversión y costos pueden llegar ser bajos, si la comunidad se involucra.

La adquisición de esta tecnología sirve para el desarrollo local de la comunidad, con externalidades sociales, económicos y ambientales. El sistema de captación de agua garantiza una suministro diario y permanente.

No se daña el medio ambiente o su impacto es mínimo y reversible.

Este sistema de captura o cosecha de niebla puede ser fácilmente construido o ensamblado en el lugar. La instalación y conexión de las mallas o paneles es muy rápida y sencilla.

Atrapanieblas en Peña Blanca, Chile.
Fuente: BBC
(https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/05/150521_atrapanieblas_chile_desierto_lp)

Condiciones técnicas de operación

Antes de instalar el atrapanieblas es necesario contar con información de diferentes factores para poder determinar el lugar de su montaje, dentro de los cuales se incluye: la formación de nubes, la concurrencia de vientos, las laderas proclives a enfrentar vientos, la distancia ideal entre la costa y el cordón montañoso, etc.

Las comunidades beneficiadas con esta tecnología deben asumir el compromiso de cuidar, monitorear y mantener operativo los atrapanieblas, siendo este el punto más débil de la implementación de la tecnología.

En las mallas captadoras se puede depositar polvo que puede contaminar el agua, en ese caso hay que considerar un plan de mantenimiento y un tratamiento para el agua capturada.

Solo es aplicable en zonas donde la niebla es regular (permanente), baja y densa. En la actualidad, los atrapanieblas siguen siendo una tecnología artesanal, a pesar que algunos poseen nuevos diseños.

La vulnerabilidad al clima puede llegar a causar daños y destrucción de los atrapanieblas.

Sistema atrapaniebla

Los atrapanieblas tienen baja tecnología y son proyectos a base de donaciones y subsidios privados y/o gubernamentales. El costo por litro de agua es elevado, en relación al precio de mercado de otra fuente cercana.
Requiere además, neblinómetros y pluviómetros, para que una vez iniciada la evaluación técnica se pueda diferenciar de manera exacta el agua captada por la malla versus el agua precipitada. Esto se logra programando con igual frecuencia ambos equipos.

Casos de aplicación

- En 1987 el CIID de Canadá financió la construcción de 100 atrapanieblas en la comunidad de Chungungo (región de Coquimbo, Chile) con el objetivo de dotar a 90 casas del poblado con agua.
- En 2005 la Comunidad Agrícola de Peña Blanca (Ovalle, Chile) junto a la Fundación "Un Alto en el Desierto", realizaron una exclusión de 100 hectáreas creando la Reserva Cerro Grande para preservar el último lugar con vegetación dentro de sus terrenos. En el 2006 se instalaron atrapanieblas para el riego de la misma y la regeneración de vegetación propia del lugar.
- En Lima (Perú) hay instalaciones con atrapanieblas capaces de capturar desde 200 a 400 L /día para abastecer a 250 familias.
- En el noreste de Guatemala son conocidos como Large Fog Collectors (LFC) y se instalan a 3.500 metros de altura.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Aprovechamiento de aguas lluvias y minimización de uso de agua potable para riego y otros.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficios: Aumento de disponibilidad del recurso hídrico especialmente en zonas agrícolas y agropecuarias.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (-) Eventual contaminación del agua en las mallas captadoras.
Conflicto: Alta desconfianza por parte de la comunidad en el sistema por la alta dependencia en el clima.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
Necesidad de autorización de MINSAL y eventualmente municipal, según la LGUC. Además, pudiera requerir la existencia de un comité de APR. En este caso, además supone la asignación de fondos públicos y eventualmente la capacitación de recursos humanos para su utilización. En general, son soluciones para implementar en un plazo mediano, considerando los distintos permisos que se deben obtener para su implementación, aunque cuando se trata de la solución para un usuario individual podría implementarse en un plazo corto.

Costos referenciales

Superficie de captación: 3528 m²
Producción diaria: 10.580 L
Números de captadores: 44 unidades, de 48 a 120 m² c/u
Distancia captación al poblado: 6.200 metros
CAPEX: USD 27.800
Costo/m² = USD 7,88
OPEX (considerando vida útil 10 años): USD 0,76/m³
(Fuente: Proyecto agua potable de Chungungo)

Información de contacto

Fundación "Un Alto en el desierto" (Contacto)
http://www.unaltoeneldesierto.cl/
Chile
AtrapoNiebla
contacto@atraponiebla.cl
www.atraponiebla.cl
Chile

Referencias y mayor información

Codelco. (2013). Nuevas mallas "atrapanieblas" terminan con la sequía para 400 vecinos de Puchuncaví. Disponible en URL: https://www.codelco.com/nuevas-mallas-atrapanieblas-terminan-con-la-sequia-para-400-vecinos-de/prontus_codelco/ 2013-05-08/114304.html

Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (2016). Técnicas de Captación, Acumulación y Aprovechamiento de Aguas Lluvia. Boletín Nª321. Disponible en URL: http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40386.pdf

Un alto en el desierto. (s.f.). La reserva Ecológica Cerro Grande y sus atrapanieblas. Disponible en URL: http://www.unaltoeneldesierto.cl/reserva-ecologica-cerro-grande/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 140

Siembra de nubes

Objetivo que aborda

Captar

Sector de aplicación

Agricultura

Medio Ambiente

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Cuenca

Descripción

La siembra de nubes es una manera de "manipular el clima", intentando cambiar la cantidad o el tipo de precipitación que cae de las nubes, se hace mediante la dispersión de sustancias en el aire que alteran los procesos dentro de la microfísica de las nubes. Esta "generación de lluvia" se puede realizar mediante distintas técnicas dependiendo del clima, lugar y sustancia empleada, ya sea yoduro de plata, hielo seco o dióxido de carbono congelado.

La sustancia de uso más común es el yoduro de plata que presenta una estructura muy similar a la del hielo actuando como núcleos de condensación necesarios para que se produzca la condensación del vapor de agua presente en la atmósfera. Al condensarse este vapor, se da inicio al proceso de formación de la nube produciendo la precipitación. El requerimiento básico del proceso es la presencia de nubes que contengan agua líquida sobre enfriada (estado líquido bajo 0 °C), aunque actualmente se estima que no sería necesaria su existencia debido a la utilización de láseres para formar nubes y provocar la caída de gotas de lluvia.

Beneficios

Su uso puede ser para colaborar con agricultores, luchar contra incendios o combatir la sequía, o bien suprimir la aparición de la niebla o la caída de granizo, sobretodo en zonas aeroportuarias. Permite obtener agua potable y mejorar el desarrollo de cultivos agrícolas, ayuda a prevenir las sequías en zonas puntuales.

Condiciones técnicas de operación

Presenta alto nivel de incertidumbre respecto a su efectividad una vez realizado el proceso. Además, existe controversia respecto a si esta tecnología priva o no a otras zonas de recibir precipitaciones o humedad, incluso provocar lluvia en lugares que no están naturalmente adaptados. Al ser una técnica relativamente novedosa, quedan estudios aún por realizar en torno a los efectos que tienen a largo plazo los productos utilizados, pese a que las primeras investigaciones indican que los químicos usados no causan daño alguno en los seres vivos.

Casos de aplicación

Los antecedentes indican que esta técnica conocida como "Siembra de Nubes" comenzó a concebirse poco después de la Segunda Guerra Mundial. Desde ese entonces se han creado 34 empresas alrededor del mundo que permiten tal objetivo.

El Gobierno de China actualmente la emplea cosechando nubes en 22 de sus 23 provincias tanto para combatir la polución como para mejorar las lluvias requeridas por la agricultura.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
Puede producir eventuales impactos negativos indirectos sobre la salud y el medio ambiente. Manejo de nubes y utilización de yoduro de plata puede generar impactos ambientales. Tecnología con baja efectividad de acuerdo a publicaciones científicas. Existe polémica respecto de esta tecnología a nivel internacional.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Aumento de la disponibilidad del recurso hídrico.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Eventual aumento de la producción agrícola.
(+) Eventual mejora en posibles incendios.
Conflicto: Alto nivel de incertidumbre respecto a su efectividad generando rechazo por parte de la comunidad.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Largo plazo de implementación.
Se trata de una materia que no está regulada. En general, requiere de acuerdos público-privados entre distintos actores interesados en sus beneficios y dispuestos a realizar la inversión. Los eventuales caudales adicionales generados se distribuirían de acuerdo con las reglas generales del Código de Aguas.

Cessna 2006 remodelado con vista al generador de yoduro de plat. Fuente: Wikimedia Commons Jansky Christian. (https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Cessna_210_Hagelflieger_Detail.jpg)

Información de contacto

Hidromet (Proveedor)
hidromet@hidromet.cl
www.hidromet.cl
Chile

Referencias y mayor información

Espacio Ciencia. (2017). ¿Es posible una siembra de nubes para modificar el clima? Disponible en URL: https://espaciociencia.com/siembra-de-nubes-que-es/

Gómez, M. (2017). ¿Es posible la siembra de nubes? La explicación aquí. En Revista el Tiempo. Disponible en URL: https://noticias.eltiempo.es/es-posible-la-siembra-de-nubes-la-explicacion-aqui/

Lanzarote, E. (2013). Siembra de nubes: ¿Solución o problema? En revista IAgua. Disponible en URL: https://www.iagua.es/blogs/eugenio-martin/siembra-de-nubes-%C2%BFsolucion-o-problema

Varela, C. (2012). Conozca la empresa que siembra nubes, uno de los métodos que podría disminuir la sequía. Revista Emol. Disponible en URL: https://www.emol.com/noticias/economia/2012/02/03/524678/conozca-uno-de-los-metodos-con-que-se-pretende-disminuir-la-sequia-durante-este-invierno-fds.html

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 141

Desalación mediante osmosis inversa

Objetivo que aborda

Tratar Captar

Sector de aplicación

Industria Minería Agricultura Agua Potable y saneamiento Servicios

Tipo de solución

Infraestructura Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Descripción

La osmosis inversa es el proceso en el cual se aplica una presión mayor a la presión osmótica, esta presión es ejercida en el compartimiento que contiene la más alta concentración de sólidos disueltos. Esta presión obliga al agua a pasar por la membrana semi-permeable en dirección contraria al del proceso natural de osmosis, dejando las impurezas detrás. Mediante este proceso se pueden rechazar (separar) contaminantes tan pequeños como 0,0001 µm, permitiendo la remoción de sales, durezas, patógenos, turbidez, compuestos orgánicos sintéticos y pesticidas, entre otros.

Beneficios

Los equipos y plantas de osmosis Inversa permiten purificar aguas de diferentes calidades para reducir o eliminar sales, minerales, metales y otros sólidos disueltos presentes en el agua.

En el caso de las aguas salobres con salinidad de 2000 mg/L – 10.000 mg/L, la osmosis inversa se utiliza para desmineralizar hasta obtener agua de alta calidad para las industrias alimentaria, farmacéutica, médica, cosmética, química, electrónica, biotecnológica, etc.

En el caso de agua de mar con más altas concentraciones de sales, permite obtener un agua que reemplaza a las fuentes de agua dulce naturales.

La tecnología ha dado pie al desarrollo de diferentes sistemas de recuperación de energía para pasar de un consumo específico de 8-9 [kWh/m³] en los años ochenta a 3-4 [kWh/m³] en las plantas más modernas.

Condiciones técnicas de operación

El agua osmotizada o el permeado de los módulos de osmosis inversa debe ser acondicionada para cumplir con ciertas características de calidad, ya que, el agua producida tiene un pH ácido y un bajo contenido de carbonatos, lo que la convierte en un producto altamente corrosivo. Esto exige su preparación antes de su distribución y consumo. El pH se ajusta normalmente con carbonato de calcio a un valor de 7,7.

Genera una descarga de salmuera al mar, con contenido salino (65.300 ppm), metales pesados, ácido, cloro y mayor temperatura.

Las plantas desalinizadoras requieren contar con una concesión marítima la cual no otorga *per se* un título para efectuar un uso consuntivo del agua de mar.

La falta de legislación específica en la materia, así como la falta de planificación, pueden constituir una barrera importante para el adecuado desarrollo de esta industria.

Existe necesidad de contar con punteras o sistema mar adentro, pre-tratamientos de acondicionamiento (floculación, decantación, flotación) y filtración (filtros+ filtros cartuchos), líneas de conducción hidráulica y eléctrica, inyección de productos químicos, obras para disponer salmuera de descarte fuera de la zona de protección litoral (ZPL).

Casos de aplicación

La capacidad de desalinización mundial ha crecido a razón de un 12% anual en el último quinquenio. 65% de las plantas de tratamiento de aguas por membrana (PTAM) a nivel mundial eran de tecnología osmosis inversa (RO) (CPD Y SIAM, 2015/2016).

Desalación mediante osmosis inversa

Al año 2016 existían 14 plantas desalinizadoras de agua de mar en Chile, de las cuales tres corresponden al sector sanitario (suministro de agua potable para consumo humano) con una capacidad de desalinización de 2,86 m³/s en total.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo alto.
Tiene impactos ambientales asociados a la construcción y operación de los sistemas de ingreso y con los depósitos de concentrados. La disposición de concentrados pueden generar impactos sobre comunidades bentónicas, si la descarga es pobremente diluida, ésta puede fluir al fondo marino, es más bajo respecto a otros ya que algunas publicaciones científicas señalan que los impactos pueden ser satisfactoriamente minimizados con diseños apropiados basados en completos análisis de impacto ambiental, considerando emplazamiento y diseño.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo alto.
Beneficio: Aumento de la disponibilidad del recurso hídrico.
Costo: Asociados a la inversión de la implementación de la tecnología.
Externalidades: (-) Impacto sobre comunidades bentónicas.
Conflicto: Descontento en la comunidad local por impacto sobre la fauna del fondo marino.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que requieren la aplicación de la normativa relativa al uso del borde costero, además de la correspondiente al impacto ambiental y a la LGUC. Cuando se trata de un uso doméstico del agua se necesitará de la aprobación sanitaria. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

Viga Flow
http://www.vigaflow.com/
Chile
Simtech
http://www.simtech.cl/
Chile

Pöyry Suez
www.suezchile.cl
energy@po.cl@poyry.com
www.poyry.com

Costos referenciales

Para una planta de 1000 m³/día incluyendo captación, obras de conducción afluente, plantas elevadoras afluente, agua de rechazo y emisario y cañería de descarte fuera de ZPL:

- **Agua de mar**

CAPEX: USD 1.800.000
OPEX: USD 0,76/m³ (Incluyendo EE PTAM y PEAP de captación, agua de rechazo y emisario; PPQQ, personal, mantención y repuestos).

- **Agua salobre**

CAPEX: USD 1.480.000
OPEX: USD 0,44/m³ (Incluyendo EE PTOI, PEAP de captación, y agua de rechazo; PPQQ, personal, mantención y repuestos).
(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Referencias y mayor información

Grupo Editorial Editec. (2016). Catastro de Plantas Desalinizadoras y Sistemas de Impulsión de Agua de Mar (SIAM) 2015-2016. Minería Chilena. Disponible en URL: http://www.mch.cl/wp-content/uploads/sites/4/2015/12/Muestra-CPD-Y-SIAM-2015-16.pdf

Fundación Chile. (2015). Inauguran primera planta desalinizadora que funciona con energía solar en Isla de Pascua. Disponible en URL: https://fch.cl/inauguran-primera-planta-desalinizadora-que-funciona-con-energia-solar-en-isla-de-pascua/

Bastidores de osmosis inversa de la desaladora de agua de mar Rambla Morales, en Almería, España.
Fuente: David Martínez Vicente
(https://www.flickr.com/photos/somachigun/6816041887)

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 142

Desalación mediante osmosis inversa producida con energía renovable

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

La desalinización es el proceso físico que permite separar sales de una disolución acuosa hasta un nivel de concentración adecuado. El proceso es utilizado para desalinizar el agua de mar y usarla como fuente de agua fresca.

La desalinización solar puede ser directa al utilizar la energía solar para producir destilado directamente en el colector solar, o indirecto; combinando técnicas de desalinización convencionales, como la desalinización de flash de múltiples etapas (MSF), la compresión de vapor (VC), la osmosis inversa (OI), la destilación de membrana (MD) y la electrodiálisis, con colectores solares para la generación de calor.

Dentro de los procesos de desalinización con energía fotovoltaica está la osmosis Inversa, proceso en el cual se aplica una presión mayor a la presión osmótica de una solución salina, haciendo fluir el agua a través de una membrana semi-permeable en dirección contraria al del proceso natural de osmosis. En una lado de la membrana quedan retenidas las impurezas, en este caso las sales disueltas. Las membranas que se pueden utilizar son de variado material y tamaño de poro, dependiendo de la calidad de agua que ingresa y la calidad de agua que se desea lograr.

Éste proceso tradicional requiere mucha energía eléctrica, lo que reduce los sitios de instalación. La alternativa es la osmosis inversa con energía solar o fotovoltaica. La desalinización con energía fotovoltaica puede generarse a gran escala o a menor escala en plantas portátiles. En el caso de las plantas de mayor tamaño, las experiencias muestran que la energía solar solo puede cubrir un porcentaje de la energía requerida, por lo que se requiere estar conectado a la red de distribución eléctrica.

Beneficios

Además de los beneficios descritos para la osmosis inversa, la alternativa con energía renovable puede bajar los costos de operación, además de reducir los impactos ambientales de los sistemas que utilizan sistemas alimentados con combustibles fósiles. Dependiendo del tamaño de la planta, ésta puede generar energía suficiente para otros usos.

En el caso de las plantas portátiles, aunque el volumen de producción es menor, se puede generar agua en lugares de escasez hídrica alejados o aislados de la red eléctrica. Parte de la energía empleada se puede recuperar mediante intercambiadores de presión, lo cual provocaría una disminución de las necesidades de bombeo en la entrada. Algunos de los equipos en el mercado son de fácil transporte y montaje, y no se requiere de personal especializado para su operación.

Planta desalinizadora con energía solar en región de Arica. Fuente: Fundación Chile, 2013

Desalación mediante osmosis inversa producida con energía renovable

Condiciones técnicas de operación

El sistema se encuentra restringido por la disponibilidad solar y el sistema de acumulación de energía empleada. Dependiendo del porcentaje de energía requerida, se puede necesitar mucho espacio para las plantas solares.

El agua osmotizada o el permeado de los módulos de osmosis inversa debe ser acondicionada para cumplir con ciertas características de calidad, ya que, el agua producida tiene un pH ácido y un bajo contenido de carbonatos, lo que la convierte en un producto altamente corrosivo.

Genera una descarga de salmuera al mar, con contenido salino (65.300 ppm), metales pesados, ácido, cloro y mayor temperatura. El agua de rechazo debe ser eliminada sobre corrientes de dilución y usando emisarios submarinos con difusión ya que aumenta la concentración de sales en el punto de descarte. Hay que considerar que la calidad del rechazo depende de la calidad del agua a tratar (salobre o salada).

Existe la necesidad de contar con punteras o sistema mar adentro, pre-tratamientos de acondicionamiento (floculación, decantación, flotación) y filtración (filtros y filtros cartuchos), líneas de conducción hidráulica y eléctrica, inyección de productos químicos, obras para disponer salmuera de descarte fuera de la zona de protección litoral (ZPL).

Las plantas desalinizadoras requieren contar con una concesión marítima la cual no otorga *per se* un título para efectuar un uso consuntivo del agua de mar. La falta de legislación específica en la materia, así como la falta de planificación, pueden constituir una barrera importante para el adecuado desarrollo de esta industria.

Casos de aplicación

El uso de plantas desaladoras abastecidas con energía renovable ha sido implementada desde el año 1981 cuando se instaló la primera en Jeddah, Arabia Saudita (planta con sistema fotovoltaico de 8kW).

Existen varias plantas en Australia, como la planta de Shark Bay y el invernadero de agua de mar en Port Augusta de la empresa Seawater Greenhouse Australia Pty Ltd. En el caso de los invernaderos de agua de mar, existe un mercado en Australia en la desalinización a mediana escala para la producción agrícola (ver https://seawatergreenhouse.com/australia-1).

En Sudáfrica se encuentra en proyecto una planta de desalinización solar en Witsand, que abastecerá de agua potable a la Municipalidad de Hessequa con generación solar de 72,3 kWh a 6 km río arriba de la desembocadura del río Breede.

La Fundación Chile implementó plantas pilotos en las regiones de Arica y Parinacota el 2013 como parte de un proyecto FIC en energía solar. El 2015 se llevó la tecnología a Isla de Pascua. Éstas plantas tenían un apoyo de 20% de energía fotovoltáica.

Ejemplos de plantas portátiles solares se pueden ver en el sur en población Las Brisas de Torca de Llico, en la comuna de Vichuquén Región del Maule (Radio Cooperativa, 2018).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo alto.
Reduce presión de uso de aguas continentales. Sin embargo, deben ser considerados sus potenciales efectos negativos sobre ecosistemas marinos y litorales producto de las salmueras y temperaturas de retorno, con impacto en flora y fauna costera.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo alto.
Beneficios: Aumenta la disponibilidad del recurso hídrico para el consumo humano.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (-) Gran disponibilidad de terreno para las instalaciones de las plantas.
(-) Disminución de la flora y fauna submarina.
Conflicto: Rechazo de la comunidad al contaminar el medio ambiente.

Desalación mediante osmosis inversa producida con energía renovable

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que requieren la aplicación de la normativa relativa al uso del borde costero, además de la correspondiente al impacto ambiental y a la LGUC. Cuando se trata de un uso doméstico del agua se necesitará de la aprobación sanitaria. Desde la perspectiva de las condiciones habilitadoras se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Para una planta de 1000 m³/día incluyendo captación, obras de conducción afluente, plantas elevadoras afluente, agua de rechazo y emisario, cañería de descarte fuera del ZPL y planta fotovoltaica:

- **CAPEX**: USD 2.020.000
- **OPEX**: USD 0,64/m³ (Incluyendo EE PTAM y PEAP de captación, agua de rechazo y emisario; PPQQ, personal, mantención y repuestos).

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Aquavant (Proveedor)
Chile
http://www.aquavant.cl/

DimWater Engineering (Proveedor)
info@dimasagrupo.com
http://www.dimwater.com/optima-life
España

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

Condorchem Envitech. (s.f.). Microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración. Recuperado el 2019, de https://condorchem.com/es/microfiltracion-ultrafiltracion-nanofiltracion/

Ecopreneur. (s.f.). Tecnologías de Membrana. Disponible en URL: https://www.ecopreneur.cl/tecnologias-de-membrana/

Ramos Barragán, G. (2015). Análisis del proceso de nanofiltración para aplicaciones de desalación de agua de mar. Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería Energética. Sevilla, España.
Disponible en URL:
http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5640/fichero/Germ%C3%A1n+Ramos+Barrag%C3%A1n.PFC.An%C3%A1lisis+del+proceso+de+nanofiltraci%C3%B3n+para+aplicaciones+de+desalaci%C3%B3n+de+agua+de+mar.pdf+

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 143

Nanofiltración (NF) para pre-tratamiento en purificación de agua de mar

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

Tecnología de filtración mediante membrana de ultra/baja presión con el mismo fundamento que la osmosis inversa y difusión controlada, pero diferenciándose en el grado de retención que logra operando en rangos más altos de corte de peso molecular (0,001 – 0,01 mm), por lo cual los solutos de bajo peso molecular son retenidos, pero las sales pasan —total o parcialmente— a través de la membrana con el filtrado. De esta forma, se considera que provee un rango de selectividad entre las membranas de ultrafiltración (UF) y de osmosis inversa (OI): la membrana NF retiene solutos que la UF pasaría, y deja pasar sales que la OI retendría. En términos generales se habla de dos tipos de membrana de nanofiltración: las que se emplean para tratar agua de mar (SWNF) y las que se utilizan para tratar agua salobre (BWNF). Su aplicación resulta útil en el pre-tratamiento de osmosis inversa de agua de mar o sólo para eliminar algún compuesto de gran tamaño, además de estar presente en la purificación de agua potable (ablandamiento del agua, decloración y eliminación de micro contaminantes).
Comparativamente con la OI, estas membranas tienen presiones de operación menores para aguas de las mismas características.

Beneficios

Menores volúmenes de descarga y bajo requerimiento de energía comparado a la osmosis inversa.
Las membranas de NF pueden tener una vida útil de hasta 10 años, comparadas con las membranas OI cuya vida útil varía de 3-5 años.
Los materiales de construcción del sistema son para operar a menores presiones, como el uso de PVC en piping y fittings, lo cual facilita su recambio y reduce el costo de inversión y mantenimiento respecto a otras tecnologías de desalinización de membrana o no.
Su aplicación resulta útil en el pre-tratamiento de osmosis inversa de agua de mar o sólo para eliminar algún compuesto de gran tamaño, además de estar presente en la purificación de agua potable (ablandamiento del agua, decloración y eliminación de micro contaminantes).

Condiciones técnicas de operación

Las NF que ofrecen los principales fabricantes de membranas son muy diferentes en el rendimiento de una compañía a otra. Las membranas de OI con menos del 99,5 % de rechazo de cloruro de sodio, son consideradas de calidad inferior. En el caso de NF, varían teniendo tasas de rechazo de NaCl de 40%, o más.
La nanofiltración se ha llamado también una técnica de membrana de "ablandamiento", con rechazo de sal de 80% o menos, el rechazo de dureza a menudo supera el 90%.
El ensuciamiento de la membrana es el problema más frecuente (por materia orgánica, scaling y/o fouling) y del cual depende la vida útil de la misma.

Nanofiltración (NF) para pre-tratamiento en purificación de agua de mar

Casos de aplicación

- La nanofiltración fue utilizada por primera vez por Hassan (1998) como pre-tratamiento de osmosis inversa de agua de mar (SWRO), para Destilación flash Multietapa (MSF), y tratamiento del rechazo de agua de mar proveniente de la misma.
- En Chile, el caso más relevante es la Planta Nanofiltración Collahuasi que presenta una capacidad de tratamiento de 235 (m^3/hora).En Huechún Chile se cuenta con una planta para tratar el agua de las faenas mineras de la Corporación Nacional del Cobre.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo medio.
Entrega un agua de rechazo y el agua de los retrolavados con alta concentración de sales. Deben ser considerados sus potenciales efectos negativos sobre ecosistemas marinos y litorales producto de las salmueras y temperaturas de retorno, con impacto en flora y fauna costera.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Disminución de los costos de producción de agua potable a partir de agua salada.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Bajos costos de operación.
Conflicto: No se aprecian.

Costos referenciales

- Para una planta de 1000 m^3/día incluyendo captación, obras de conducción afluente, plantas elevadoras afluente, agua de rechazo y emisario y cañería de descarte fuera del ZPL.
- **CAPEX**: USD 1.780.000.
- **OPEX**: USD 0,61/m^3 (Incluyendo EE PTAM y PEAP de captación, agua de rechazo y emisario; PPQQ, personal, mantención y repuestos).

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que requieren la aplicación de la normativa relativa al uso del borde costero, además de la correspondiente al impacto ambiental y a la LGUC. El uso del agua necesitará la aprobación sanitaria, según su uso. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

Condorchem (Proveedor)
www.condorchem.com/es/
España

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Obtenido de http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

Ecopreneur. (s.f.). Tecnologías de Membrana. Recuperado el 2019, de https://www.ecopreneur.cl/tecnologias-de-membrana/

Planta de nanofiltración de Collahuasi. Fuente: Fundación Chile, 2010.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 144

Desalinización mediante sistema Electrodiálisis (ED)

Objetivo que aborda

Tratar Captar

Sector de aplicación

Industria Minería Agricultura Agua Potable y saneamiento Servicios

Tipo de solución

Tecnología Infraestructura

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Técnica separativa de concentración de carácter electroquímica en la que especies iónicas son transportadas a través de membranas hidrofóbicas situadas alternadamente con carga iónicas (aniónicas y catiónicas) bajo la acción de un campo eléctrico con el fin de restringir el paso de los iones presentes en una solución acuosa, permitiendo la eliminación de compuestos indeseables por deposición sobre los electrodos o la transformación de los mismos en otras especies favorables para el proceso de purificación.
Para llevar a cabo el proceso puede ser abastecida mediante energía eléctrica, la cual puede provenir de la red o por medio de energía fotovoltaica, esta última con ventajas como el bajo costo de mantenimiento (debido a la inexistencia de baterías acumuladoras), no ser contaminante, ser silenciosa, abundante, gratuita y descentralizada.
Esta tecnología se considera más competitiva que la osmosis inversa cuando se trata de desalinización de aguas salobres.

Beneficios

Brinda la posibilidad de seleccionar distintas fuentes de energía. Recomendable en agua salobre por su alta eficiencia.
Sus requerimientos de espacio son bajos y la inversión requerida para la instalación no está dentro de las mayores en cuanto a técnicas de desalación.
Presenta posibilidad de ampliarse como sistema.
Alta eficiencia en el proceso de recuperación de agua.

Condiciones técnicas de operación

Esta tecnología es muy sensible a variaciones de intensidad de corriente y contaminación en la parte catódica.

No produce la remoción total de sales, sino que en la práctica la reducción es del orden del 40%, por lo tanto es competitiva para aguas salobres, pero no para agua marina.

No es apta para tratar agua con más de 5.000 ppm.

Las membranas son caras y se encuentran sometidas constantemente a polarización e incrustación. Además, la presencia de materia orgánica, sílice disuelto y/o hierro reduce considerablemente su vida útil.

La calidad del agua producida es inferior a la obtenida mediante otras tecnologías.

Alto costo de operación. Es una tecnología cuyo consumo de energía es proporcional al contenido de sólidos disueltos, a diferencia de los procesos de destilación donde el costo de operación no es dependiente de la salinidad.

Requiere equipos de osmosis inversa como tratamiento continuo a la ED para entregar agua ultra purificada o para trabajar con agua de mar.

Desalinización mediante sistema Electrodiálisis (ED)

Casos de aplicación

Desalinizadora de la cuenca del Llobregat (España). Incorpora a la red 60 Hm³/año de agua de mar desalinizada, con una capacidad de 180.000 m³/día de caudal medio.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo alto.
Impacto negativo, ya que entrega un rechazo de agua con alta concentración de sales. Deben ser considerados sus potenciales efectos negativos sobre ecosistemas marinos y litorales producto de las salmueras y temperaturas de retorno, con impacto en flora y fauna costera.

Impacto Social

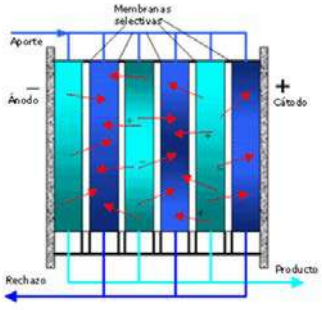
Clasificación: Impacto social bajo.
Beneficios: Aumenta la disponibilidad del recurso hídrico para el consumo humano.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Requiere de menor espacio respecto de otras tecnologías.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que requieren la aplicación de la normativa relativa al uso del borde costero, además de la correspondiente al impacto ambiental y a la LGUC. El uso del agua necesitará la aprobación sanitaria, según su uso. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

CAPEX: USD 12.000
OPEX: USD 0,32/m³
Existen ahorros de escala.
Los costos de operación están asociados principalmente a la energía eléctrica y químicos (anti incrustantes y oxidativos).
(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)



Esquema general de una planta de electrodiálisis. Fuente: Fundación Chile, 2010.

Información de contacto

Suez (Proveedor)
www.suezchile.cl
Chile

Aguas de Valencia (Proveedor)
oficinavirtual@aguasdevalencia.es
www.aguasdevalencia.es
España

Referencias y mayor información

Dévora Isiordia, G., González Enríquez, R., & Ponce Fernández, N. (2012). Técnicas para desalinizar Agua de Mar y su desarrollo en México. Ra Ximhai. Universidad Autónoma Indígena de México, 8(2), 57-68.Disponible en URL: https://www.redalyc.org/pdf/461/46123333006.pdf

Lechuga A., J., Rodríguez, M., & Lloveras, J. (2007). Análisis de los procesos para desalinización de agua de mar aplicando la inteligencia competitiva y tecnológica. Ingeniería, 11(3), 5-14. Disponible en URL: https://www.redalyc.org/html/467/46711301/

Pérez Lozano, V. (s.f.). Desalinización de aguas salobres mediante sistemas de electrodiálisis alimentados con energía solar fotovoltaica. Universidad de Alicante. Disponible en URL: https://web.ua.es/es/leqa/documentos/oferta-tecnologica/desalinizacion-de-aguas-salobres-alimentada-por-energia-solar.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 145

Desalación por compresión de vapor

Objetivo que aborda

Tratar Captar

Sector de aplicación

Industria Minería Agricultura Agua Potable y saneamiento Servicios

Tipo de solución

Tecnología Infraestructura

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Este tipo de desalación se puede realizar mediante dos procedimientos: Compresión Mecánica de Vapor (MVC) o por Compresión Térmica de Vapor (TVC) ambos diferenciados según el elemento de compresión empleado.

El proceso en general tiene como elementos participantes un compresor, evaporador (de una o varias etapas) y un intercambiador de calor (líquido/líquido). Su funcionamiento parte cuando el agua bruta se hace pasar por el intercambiador de calor donde se calienta para luego mezclarse con una parte de la salmuera formando la llamada "alimentación" la cual se bombea al interior del evaporador y se rocía (mediante toberas) sobre tubos del condensador. Luego se calienta hasta alcanzar la temperatura de saturación y dada la absorción de calor, una parte de ella se evapora pasando por mallas separadoras de gotas (demisters) convirtiéndose por acción del compresor en un vapor recalentado, el cual al interior de los tubos del evaporador pierde su calor sensible y luego se condensa. El producto extraído debido a que aún tiene un poco de calor sensible es enfriado en un intercambiador de placas, permitiendo que el agua de mar que se incorpora al ciclo se caliente. Como excedentes se generan dos corrientes: una mezcla con el agua bruta que sirve de aporte para formar la alimentación y la purga de salmuera necesaria para conservar el equilibrio salino.

En el caso del TVC solo cambia el compresor. Sin embargo, la gran diferencia es que en el eyector se mezcla el vapor motriz externo y el vapor producido al interior de la cámara, por lo cual el agua producto obtenida debe ser dividida en dos corrientes: una con el agua producto obtenida y otra con agua devuelta a la caldera productora de vapor motriz externo que devuelve el vapor a la caldera.

Beneficios

Para la desalación por Compresión Mecánica de Vapor (MVC): El equipo es de tamaño pequeño, fiable y más sencillo de operar que el de osmosis inversa. Su instalación es rápida y fácil, además su operación es completamente automática y posee bajos requerimientos de mantenimiento. Bajo consumo eléctrico, el cual equivale a 10 kWh/m^3. Actualmente, se concibe la opción de realizar el proceso utilizando energías renovables.

Para la desalación por Compresión Térmica de Vapor (TVC): Los costos operativos son bajos en comparación con los sistemas de destilación *multi-stage* o *multi-effect flash*. El equipo es más pequeño que los sistemas de destilación *multi-stage* o *multi-effect flash*.

Condiciones técnicas de operación

Para el caso del MVC el equipo es fabricado en metales nobles para evitar la corrosión, lo cual implica un alto costo de instalación. Además su mayor limitante se encuentra en el tamaño máximo de los compresores volumétricos empleados, los cuales presentan una capacidad que no permite altas producciones de agua desalada.

En el caso del TVC no se recomienda para desalar agua salobre, ya que su costo energético es el mismo que para el agua marina. Además, este tipo de plantas son recomendables para instalaciones pequeñas o medianas (de 3.000 a 20.000 m^3 /día) ya que es un proceso con alto consumo de energía.

Desalación por compresión de vapor

Casos de aplicación

- SALUX es la mayor planta desalinizadora MVC del mundo, opera desde 1999 y es reconocida por su diseño optimizado y bajo consumo de energía.
- Planta desalinizadora de Tocopilla, Chile, opera desde 1996 continuando con las especificaciones originales y con mantenimiento mínimo .
- Moss Landing, California, EE.UU, desde 2002 suministra agua depurada en un Estado del país que presenta restricciones ambientales y energéticas severas.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
Bajo impacto, no genera RILes. Deben ser considerados sus potenciales efectos negativos sobre ecosistemas marinos y litorales producto de las salmueras y temperaturas de retorno, con impacto en flora y fauna costera.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Aumenta la disponibilidad del recurso hídrico para el consumo humano.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+)Requiere de menor espacio respecto de otras tecnologías.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que requieren la aplicación de la normativa relativa al uso del borde costero, además de la correspondiente al impacto ambiental y a la LGUC. Cuando se trata de un uso doméstico del agua necesitará de la aprobación sanitaria. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

CAPEX: USD 150.000
OPEX: USD 3/m^3
Existen ahorros de escala. Los costos de operación están asociados principalmente a la energía eléctrica y químicos (anti incrustantes y oxidativos).
(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

IDE Technologies (Proveedor)
www.ide-tech.com
Chile

Suez (Proveedor)
www.suezchile.cl
Chile

Planta de Compresión Mecánica de Vapor.
Fuente: Moss Landing, California, USA

Referencias y mayor información

Dévora Isiordia, G., González Enríquez, R., & Ruiz Cruz, S. (2013). Evaluación de procesos de desalinización y sus desarrollo en México. Tecnología y ciencias del agua, 4(3). Obtenido de Disponible en URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222013000300002

Ecoagua. (2009). Desalación mediante Compresión de Vapor . Disponible en URL: https://ecoagua.com/wp-content/uploads/2016/12/Art_tecnico_ecoagua_7.pdf

Ortega Delgado, B. (2013). Modelado de un Sistema de Desalación de Agua de Mar basado en la Tecnología de Destilación Multiefecto con Alimentación en Serie . Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla, Sevilla. Disponible en URL: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70483/fichero/1.CAPITULO.1.INTRODUCCION.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 146

Ultrafiltración (UF) como pre-tratamiento para desalación

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

Tratamiento no-convencional cuyo objetivo es eliminar la materia orgánica natural, los sólidos suspendidos y coloides por medio de una separación física usando una membrana de fibra hueca. Su estructura permite retener partículas de 0,001 µm a 0,1 µm y se diferencian de las membranas de microfiltración que poseen poros más pequeños que éstas, pero más grandes que las de nanofiltración y osmosis inversa.
Tiene aplicación como pre-tratamiento para procesos de desmineralización de membrana, como la osmosis inversa, para captaciones de agua de mar tipo toma abierta donde el pre-tratamiento convencional en base a filtros de multimedia no elimina toda la materia en suspensión y coloidal presente en el agua de mar.

Beneficios

No necesita un período de maduración después del retro-lavado para obtener un producto de calidad.
Permite la remoción de elementos microbiales como virus, quistes tipo *Cryptosporidium*, materia suspendida y coloidal y algas.
Trabajan a baja presión lo cual conlleva a menores costos de operación. Requieren menos mantención que las membranas de OI debido a su menor grado de suciedad.
Presentan una vida útil mucho mayor que las de osmosis inversa porque tienen un sistema de autolimpieza mediante retro-lavado.
Si la membrana de ultrafiltración actúa en conjunto con coagulantes permite la remoción de arsénico.
Actualmente, se han desarrollado membranas más resistentes que permiten mejorar la calidad del agua tratada.

Condiciones técnicas de operación

Requiere de un pre-tratamiento (tipo strainer u otro) para evitar el ensuciamiento de la membrana con objeto de retener las partículas mayores de 150 µm con adición de coagulante tipo cloruro férrico.
Se requiere un pre-tratamiento y uso de coagulantes.

Casos de aplicación

La tecnología lleva entre 15 y 20 años de aplicación sobre diversos sectores, especialmente sobre aguas superficiales, residuales y marinas.

- Desaladora de Planta Petroquímica ubicada en Jazan, Arabia Saudita.
- Planta desaladora de Jamnagar en India.
- Planta TUAS III en Singapur que producirá más de 63 millones de galones imperiales de agua potable al día y que considera dentro de los tratamientos la UF y OI.
- Desalinizadora Minera Mantoverde, Chile.

Ultrafiltración (UF) como pre-tratamiento para desalación

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Reemplaza el uso de aguas continentales, de zonas áridas y acuíferos en condición crítica, por agua de mar desalada. Sin embargo, esta técnica entrega agua de rechazo y agua de los retrolavados con alta concentración de sales, lo que tiene impacto negativo. Todas las tecnologías de desalinización tienen los siguientes impactos potenciales: la captura de agua puede contener fitoplancton y zooplancton (grupos estructurantes de los organismos superiores), y la descarga de aguas puede aumentar la temperatura del ecosistema litoral y aportar salmuera con concentraciones mayores de sal que el agua de mar. Los impactos asociados a la construcción y desplazamiento en tuberías deben ser evaluados en su mérito, a nivel local.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Disminución de los costos de producción de agua potable a partir de agua salada.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Bajos costos de operación.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que requieren la aplicación de la normativa relativa al uso del borde costero, además de la correspondiente al impacto ambiental y a la LGUC. El uso del agua necesitará la aprobación sanitaria, según su uso. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Para una planta de 1000 m³/día incluyendo captación, obras de conducción afluente, plantas elevadoras afluente, agua de rechazo y emisario y cañería de descarte fuera del ZPL y pretratamiento en base a ultrafiltración y cartuchos:
CAPEX: USD 1.850.000
OPEX: USD 0,79/m³ (Incluyendo EE PTAM, pretratamiento de UF y PEAP de captación, agua de rechazo y emisario; PPQQ, personal, mantención y repuestos).
(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Suez (Proveedor)
www.suezchile.cl
Chile

Lenntech (Proveedor)
www.lenntech.es
España

Referencias y mayor información

Condorchem Envitech. (s.f.). Microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración. Disponible en URL: https://condorchem.com/es/microfiltracion-ultrafiltracion-nanofiltracion/

Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (s.f.). Las membranas de ultrafiltración de agua: Características y Aplicabilidad . Disponible en URL: https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/membrana-ultrafiltracion-agua-caracteristicas-aplicabilidad/

Iagua. (s.f.). Ultrafiltración (UF) en la Desaladora de la Planta Petroquímica ubicada en Jazan, Arabia Saudí. Disponible en URL: https://www.iagua.es/noticias/inge-gmbh-basfs-ultrafiltration-membrane-business/ultrafiltracion-uf-desaladora-planta

Lenntech. (s.f.). Desalinización del agua de mar. Disponible en URL: https://www.lenntech.es/procesos/mar/general/desalacion-puntos-clave.htm

Planta desalinizadora minera Manto Verde. Fuente: Revista Minería Chilena (http://www.mch.cl/2017/01/25/candelaria-evalua-positivamente-planta-desalinizadora-tras-cuatro-anos-operaciones/)

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 147

Desalación por destilación de múltiple efecto (MED)

Objetivo que aborda: Tratar, Captar

Sector de aplicación: Industria, Minería, Agricultura, Agua Potable y saneamiento, Servicios

Tipo de solución: Tecnología, Infraestructura

Escala: Proceso Industrial

Descripción

La tecnología de desalinización denominada Destilación Múltiple Efecto (Multi-Effect Distillation-MED) contempla los procesos de evaporación y posterior condensación, donde su configuración, al contrario de los procesos MSF, es en base a tubos verticales u horizontales utilizados para el intercambio de calor, los cuales permiten que el vapor se condense en uno de sus lados mientras que se produce la evaporación del agua salada en el otro. Una planta MED tiene varias etapas conectadas en serie a diferente presión de operación, las cuales cada vez tienen punto de ebullición más bajos por efecto de la misma, permitiendo que el agua de alimentación experimente múltiples ebulliciones en sucesivos efectos sin necesidad de recurrir a calor adicional a partir del primer efecto. El producto final obtenido se recoge en un condensador, el cual al mismo tiempo precalienta el agua que ingresará al sistema. Además del calor, el proceso MED requiere también de energía eléctrica. La energía eléctrica es utilizada principalmente para elevar el agua de mar y distribuirla mediante rociado a lo largo de los haces de tubos del intercambiador de calor.

Dos versiones establecidas del proceso MED son relevantes:

-"simple" MED para bajas presiones de vapor (típicamente menos de 0,5 bar) donde el vapor es alimentado en el efecto más caliente, donde solamente se usa su calor (latente).

- MED con compresión térmica de vapor (MED-TVC) usando vapor a un mínimo de aprox. 2,5 a 3 bar donde el vapor pasa por un termo-compresor antes de entregar su calor al efecto más caliente.

Beneficios

Tienen un mejor rendimiento global con respecto a una MSF. Ello se debe principalmente a la irreversibilidad asociada al proceso de separación flash que aparece en los procesos MSF.

El consumo eléctrico es menor que la MSF ya que necesita menos bombas de circulación al no existir recirculación de salmuera, además el calor que se utiliza en una etapa es utilizado para la evaporación en la etapa siguiente.

Presenta un diseño modular que permite optimizar el número de efectos del proceso según las condiciones ambientales y la ubicación de la planta. Producen una corriente de agua fiable y de alta pureza (SDT<25 ppm).

Condiciones técnicas de operación

No se recomienda para desalar agua salobre, ya que su costo energético es el mismo que para agua marina. El consumo eléctrico es menor comparado con las plantas MSF considerando idénticas capacidades, sin embargo, las plantas MED tienen una capacidad que suele ser menor que las plantas MSF no superando los 15.000 m^3/día. En un proceso MED, la superficie susceptible de sufrir incrustación es humedecida por gotas de agua de mar que caen. En consecuencia los medios para controlar incrustación son bastante limitados y la temperatura máxima de la salmuera sólo llega a alrededor de 68 ^oC.

La salmuera producida tiene una alta concentración en sales, a veces incluso superior a 100.000 ppm. Estas corrientes tienen una concentración baja en oxígeno y en cobre debido a la corrosión de los intercambiadores.

Desalación por destilación de múltiple efecto (MED)

Casos de aplicación

Sus máximos exponentes se encuentran en las islas del Caribe donde abastecen de agua a zonas de gran presión turística. También están:

- Planta desalinizadora de Zawia Derna Sussa situada en Libia, con una producción de 160.000 m^3/día.
- Planta desalinizadora de Abutaraba, Libia, con una producción total de 40.000 m^3/día.
- Planta desalinizadora Black & Veatch Salina Cruz, México, producción 11.000 m^3/día.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
Se produce salmuera que debe ser descartada con consecuente impacto a medio marino.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio
Beneficios: Aumenta la disponibilidad del recurso hídrico al existir una nueva fuente de agua potable.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (-) Gran cantidad de residuos con contenido de minerales.
(+) Requiere menos superficie que otras tecnologías.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Soluciones que requieren la aplicación de la normativa relativa al uso del borde costero, además de la correspondiente al impacto ambiental y a la LGUC. Cuando se trata del uso doméstico del agua se necesitará de la aprobación sanitaria. Desde la perspectiva de las CH se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Para una planta de 1.000 m^3/día incluyendo captación, obras de conducción afluente, plantas elevadoras afluente, agua de rechazo y emisario y cañería de descarte fuera del ZPL:
CAPEX: USD 2.270.000
OPEX: USD 0,82/m^3 (Incluyendo: energía eléctrica, energía térmica, productos químicos, personal, mantención y repuestos).

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

IDE Technologies (Proveedor)
www.ide-tech.com
Chile

Referencias y mayor información

Dévora Isiordia, G., González Enríquez, R., & Ruiz Cruz, S. (2013). Evaluación de procesos de desalinización y sus desarrollo en México. Tecnología y ciencias del agua, 4(3). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222013000300002

El-Nashar, A. (s.f.). Multiple effect distillation of seawater using solar energy - The case of Abu Dhabi Solar Desalination Plant . Solar Energy Conversion and Systems, 2. Recuperado el 2019, de http://www.desware.net/sample-chapters/d06/e6-106-30.pdf

IDE Technologies . (s.f.). Your partners in Thermal Desalination. Multi-effect distillation (MED). Recuperado el 2019, de https://www.ide-tech.com/wp-content/uploads/2018/05/Multi-Effect-Distillation-MED-Brochure.pdf

Planta desalinizadora MED con compresión térmica de vapor (MED-TVC) de Zawia Derna Sussa situada en Libia.
Fuente: SIDEM-VEOLIA

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 148

Desalación por destilación súbita (Flash MSF)

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

Las plantas de destilación multi-etapas flash (Multi Stage Flash-MSF) constituyen una gran parte de la capacidad de desalinización a nivel mundial (23%) y se basan en el proceso de evaporación y posterior condensación. El calor requerido para este proceso se extrae como vapor del ciclo agua – vapor de una central termoeléctrica. El flujo de agua de mar ingresa a la unidad MSF en la última etapa fría y fluye a través de los intercambiadores tubulares de calor (pre-calentador) de todas las etapas hasta el calentador de salmuera. Aquí se usa calor externo (vapor) para calentar el agua de mar hasta la temperatura máxima de salmuera (TBT). En esta condición el agua de mar es liberada para fluir de regreso a través de los compartimentos flash de las etapas consecutivas. El patrón de flujo y la presión decreciente gradualmente hacen que el agua hierva instantánea y vigorosamente (en otras palabras "flash") al entrar en cada etapa. El vapor generado pasa a través dispositivos anti-vaho ("demisters") y condensa en la superficie exterior de los pre-calentadores, transfiriendo así su calor latente al agua de mar más fría. El condensado es recogido en canaletas de destilado y extraído de la última etapa. La tasa de producción depende de la temperatura del agua salada y del número de etapas que se lleven a cabo. Típicamente se utilizan entre 15 y 25 cámaras dispuestas secuencialmente a presión y temperatura decrecientes desde la primera etapa, operando a una temperatura de salmuera no superior a los 110 °C. Transcurridas estas etapas el agua recuperada (la cual contiene entre 2 a 10 ppm de sólidos disueltos) se colecta en cascada, en cada uno de los tanques ubicados en paralelo para luego ser recolectados en un tanque de almacenamiento.

Beneficios

Recomendable cuando la calidad del agua bruta de entrada es baja debido a alta salinidad, temperatura y contaminación. Es un proceso robusto en cuanto a operatividad (comparado con otros procesos de destilación). Su acoplamiento con plantas de potencia para formar sistemas de cogeneración es fácil, y permite además un amplio rango de operación. Poseen mayor capacidad de tratamiento en virtud de la cantidad de etapas conectadas en cascada, las cuales no generan problemas operativos. Aplicable a proyectos de mediana o gran escala. A mayor número de etapas en el proceso, mayor eficiencia en los resultados.

Condiciones técnicas de operación

Comparado con un proceso MED, un proceso MSF requiere aproximadamente el doble de energía eléctrica (5 a 8 kWh/m^3), debido a la gran longitud de las tuberías de pre-calentamiento a través de las cuales debe circular el concentrado. Su consumo específico (cantidad de energía requerida para generar 1 m^3 de agua desalada) es de los más altos dentro de las tecnologías de desalinización, lo cual la hace ser una tecnología viable sólo en países donde la energía sea barata.

La tasa de producción depende de la temperatura del agua salada y del número de etapas que se lleven a cabo. El agua desalinizada en este proceso contiene generalmente de 2 a 10 ppm de sólidos disueltos, por lo tanto es remineralizada por potabilización.

Genera gran cantidad de residuos con alto contenido mineral, los cuales requieren de un manejo especial. La mantención de los equipos implica un alto costo.

Alto requerimiento de espacio, más aún si el proceso se quiere llevar a cabo conteniendo muchas etapas. No se recomienda para desalar agua salobre, ya que su costo energético es el mismo que para agua marina.

Los sistemas de desalación suelen funcionar por debajo de la presión atmosférica, por lo que necesitan un sistema de vacío, bombas o eyectores, además de la extracción del aire y gases no condensables. La temperatura de operación no puede ser superior a los 110 °C, ya que a temperaturas mayores se produce corrosión en las superficies metálicas de los intercambiadores de calor (Serpentín).

Casos de aplicación

Este es el proceso evaporativo más ampliamente utilizado, sobretodo en Oriente Medio. Sus orígenes datan desde 1950 y la primera planta se construyó en Kuwait en 1959, con una capacidad de 4.560 m^3/d y 19 etapas. Al año 2002 el 44,2% de las plantas de desalinización con una capacidad total de 10.020.672 m^3/d eran en base a MSF. En Arabia Saudita con un total de 2.086 plantas construidas (2012) un 65% corresponde a MSF. La planta de Al-Jubail en Arabia Saudita, tiene una capacidad total de 908.500 m^3/d.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
Se produce salmuera que debe ser descartada con consecuente impacto a medio marino.

Desaladora de Al Jubail.
Fuente: Environmental Justice Atlas (https://file.ejatlas.org/img/Conflict/water-desalination-in-saudi-arabia/ACWA-Power-2.jpg)

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficios: Aumenta la disponibilidad del recurso hídrico.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (-) Gran cantidad de residuos con contenido de minerales. (-) Requiere mayor superficie que otras tecnologías. (-) Requiere de agua dulce. (+) Bajo consumo de energía.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que requieren la aplicación de la normativa relativa al uso del borde costero, además de la correspondiente al impacto ambiental y a la LGUC. Cuando se trata del uso doméstico del agua se necesitará de la aprobación sanitaria. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Para una planta de 1000 m^3/día incluyendo captación, obras de conducción afluente, plantas elevadoras afluente, agua de rechazo y emisario y cañería de descarte fuera del ZPL:
CAPEX: USD 2.400.000
OPEX: USD 0,90/m^3 (Incluyendo: energía eléctrica, energía térmica, productos químicos, personal, mantención y repuestos).
(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Sidem Veolia (Proveedor)
http://www.sidem-desalination.com/
Chile

Referencias y mayor información

Sidem Veolia. (s.f.). Multiple Effect Distillation.Disponible en URL:http://www.sidem-desalination.com/Process/Thermal-desalination-MED/MED/

Ortega Delgado, B. (2013). Modelado de un Sistema de Desalación de Agua de Mar basado en la Tecnología de Destilación Multiefecto con Alimentación en Serie . Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla, Sevilla. Disponible en URL: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70483/fichero/1.CAPITULO.1.INTRODUCCION.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 149

Desalinización mediante cristalización

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

Tanto el proceso de congelación como el proceso de adición de hidratos se consideran tipos de desalinización por cristalización. En el primero el agua salina se somete a congelación permitiendo la formación de cristales de agua dado su menor punto de congelación comparado con la del agua salobre (-1,9 a 3 °C). Estos cristales mediante procesos mecánicos son separados del agua líquida para posteriormente ser lavados con agua dulce y por fusión ser transformados en agua líquida, mientras que el agua de la solución restante es la que queda con la concentración de sales de la solución inicial. Por otro lado, el segundo proceso consiste en obtener por medio de la adición de hidrocarburos a la solución salina, unos hidratos complejos cuya forma es cristalina y donde la relación molecular hidrocarburo/agua es del orden de 1/18, permitiendo la recuperación de ésta última. Ambos procesos, sin embargo, no son utilizados a nivel industrial debido al bajo rendimiento energético (aunque es mayor que los procesos de destilación), pero sobretodo debido a las dificultades de separación y lavado de cristales de agua.

Beneficios

Esta tecnología es fácil de operar y mantener. Presenta independencia respecto a la concentración de sal del agua de entrada.
Permite recuperar agua pura. En el caso de la congelación, al trabajar con bajas temperaturas no se producen problemas de incrustación en tuberías ni equipos.
La temperatura de trabajo previene la corrosión, además se pueden emplear plásticos. Permite la separación de contaminantes del agua, tales como, minerales disueltos, productos químicos y partículas. En el caso de la Cristalización por Congelación puede usarse para áreas remotas, regiones frías y para sociedades pequeñas y remotas. Presenta bajo requerimiento de energía comparado con los procesos de destilación. El proceso de congelación no necesita de un pre-tratamiento, por lo cual no requiere químicos para su efecto y además genera un mínimo impacto ambiental debido a que recupera las sales como subproducto evitando la generación de grandes volúmenes de salmueras.

Condiciones técnicas de operación

Presenta problemas de adaptación para su implantación a escala industrial, ya que:

- Posee altos requerimientos de aislación térmica (para la conservación del frío).
- No presenta buen rendimiento debido a los requisitos de lavado de los cristales.
- Alto costo de inversión y operación especialmente en equipos de separación de hielo concentrado debido a la complejidad tecnológica.
- Se necesita agua dulce para el lavado de los cristales.
- Alto costo de capital y de operación.

Casos de aplicación

Estudio como proceso de desalación empleando cristalización (a -20 °C), separación, lavado de superficie y fusión en muestras tomadas en la Playa de Boshehr (Irán), las cuales posterior a 3 ciclos de congelación y fusión lograron producir agua potable.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
Se requiere agua dulce para lavado de piezas. El uso de esta tecnológica no resuelve requerimientos de la industria.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficios: Aumenta la disponibilidad del recurso hídrico.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (-) Gran cantidad de residuos con contenido de minerales. (-) Requiere mayor superficie que otras tecnologías. (-) Requiere de agua dulce (+) Bajo consumo de energía.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

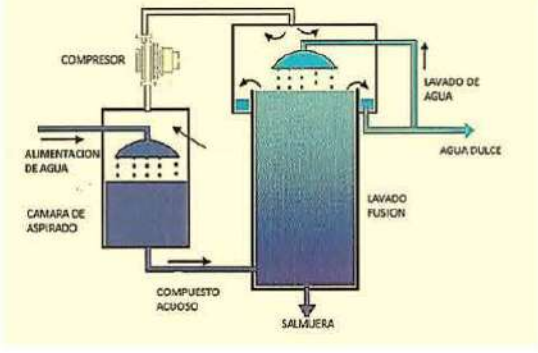
Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que requieren la aplicación de la normativa relativa al uso del borde costero, además de la correspondiente al impacto ambiental y a la LGUC. Cuando se trata de un uso doméstico del agua se necesitará de la aprobación sanitaria. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Referencias y mayor información

Castillo, T.B., Pilatowsky, F.I., Castillo, T.,M., Lopez, V.E. (2015). Análisis del potencial de la tecnología de congelación/fusión para la desalinización del agua de mar utilizando la enería termo solar. Innovación & sustentabilidad tecnológica. Instituto tecnológico superior de Misantia. Año 1(1).Disponible en URL: http://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes1/An%C3%A1lisis%20del%20potencial%20de%20la%20tecnolog%C3%ADa%20de%20congelaci%C3%B3n.pdf

Mahdavi, M., Mahvi, A., Nasseri, S., & Yunesian, M. (2011). Application of Freezong to the Desalination of Saline Water. Arabian Journal for Science and Engineering, 36(7), 1171-1177. Disponible en URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s13369-011-0115-z

Racentós Santamaria, M. (2012). Obtención de agua potable a partir de agua de mar por congelación - Fusión. Tesis de Máster, Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Tècnica Superior d´Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona. Disponible en URL: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/18378/Memoria.pdf



Proceso de desalación por congelación. Fuente: Castillo et al., 2015.

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 150

Microfiltración (MF)

Objetivo que aborda

Tratar Captar

Sector de aplicación

Industria Pecuario Minería Agua Potable y saneamiento Servicios

Tipo de solución

Tecnología Infraestructura

Escala

Proceso Industrial

Descripción

El principio de la microfiltración (MF) se basa en la separación física, siendo el tamaño de poro de la membrana (de 0,1 a 10 µm) el que determina hasta qué punto es capaz de eliminar sólidos disueltos, turbidez y microorganismos.
Por lo general, este tipo de filtros se caracteriza por tener poros de estructura regular lo cual garantiza su retención.
Dependiendo de los fines que se busquen (adsorción de proteínas, alto caudal de trabajo, estabilidad, hidrofobicidad, entre otros) las membranas pueden ser de acetato de celulosa, nitrato de celulosa, nylon, teflón (PTFE), policarbonato, cerámica, fibra de carbono y otros.
Se aplican en el tratamiento de agua de mar, de procesos industriales, mineros y aguas servidas domésticas (dependiendo de la calidad requerida y el uso posterior que se le quiera dar al efluente), así como también en el pre-tratamiento para el sistema de osmosis inversa y en la esterilización en frío de alimentos líquidos y productos farmacéuticos.

Los procesos independientes de microfiltración (MF) y ultrafiltración (UF) o su integración híbrida se han utilizado de manera eficiente para separar partículas suspendidas, macromoléculas y aceite como una etapa de pre-tratamiento.
Los biorreactores de membrana (MBR) integran microfiltración (MF) o UF en un reactor convencional de lodo activado (CAS) para realizar la separación de lodo.

Beneficios

Esta tecnología posee alta flexibilidad, ya que se puede utilizar en la separación, concentración y purificación de una gran variedad de materiales en una amplia gama de industrias. Alta eficiencia, debido a que los procesos de filtración pueden operar como tamices capaces de fraccionar especies de partículas según el tamaño.
No tiene cambios de fase involucrados, tanto en la alimentación como en las corrientes de producto, ya que ambas permanecen en forma líquida.
Puede funcionar efectivamente a bajas temperaturas.
Son relativamente simples de escalar. Las membranas se pueden fabricar de manera uniforme y con alta precisión. Retienen bacterias y virus (estos últimos debido a su acoplamiento a las bacterias).

Condiciones técnicas de operación

Es poco eficiente para el tratamiento de afluentes con elevado contenido de elementos. A pequeña escala puede resultar más costosa que a mayor escala debido a economías de escala.
El ensuciamiento es uno de los mayores desafíos para las membranas MF y NF porque la mayoría de ellas son hidrófobas. La estrategia más utilizada para combatir las incrustaciones es hacer que las membranas sean hidrófilas.
Las membranas cerámicas tienen altas ventajas en cuanto a su estabilidad química y resistencia mecánica, presentando facilidad de limpieza y larga vida útil. Sin embargo, son difíciles de fabricar a gran escala debido a la fragilidad en su construcción a su sistema de sellado.

Microfiltración(MF)

Casos de aplicación

La MF puede ser aplicada a muchos tipos diferentes de tratamiento de agua cuando lo que se requiere es retirar de un líquido partículas de diámetro superior a 0,1 mm. Se ha probado su aplicación en la separación de bacterias del agua en tratamiento biológico de aguas residuales, en la separación de emulsiones de agua y aceite y en el pre-tratamiento del agua para procesos de Nanofiltración y Osmosis Inversa. La tecnología suele estar presente en congresos de tecnología minera en Chile para la separación de aceites y agua.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Reduce contenidos contaminantes sobre las aguas, al utilizarse como pre-tratamiento a un proceso de osmosis inversa o desalinización MSF.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Disminución de la toxicidad en las aguas residuales industriales.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Bajos costos.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Para una planta de 1000 m^3/día incluyendo captación, obras de conducción afluente, plantas elevadoras afluente, agua de rechazo y emisario y cañería de descarte fuera del ZPL y pretratamiento en base a microfiltración y cartuchos:

CAPEX: USD 1.830.000

OPEX: USD 0,78/m^3 (Incluyendo EE PTAM, pretratamiento de MF y PEAP de captación, agua de rechazo y emisario; PPQQ, personal, mantención y repuestos).
(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Sistema de microfiltración.
Fuente: Enviro Chemie GmbH, Alemania (http://www.directindustry.es/)

Información de contacto

Inercochile (Proveedor)
www.inercochile.com
Chile

Referencias y mayor información

Lieu Le, N., Nunes, S.P. (2016). Materials and membrane technologies for water and energy sustainability. Sustainable Materials and Technologies 7:1–28

Condorchem Envitech. (s.f.). Microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración.Disponible en URL: https://condorchem.com/es/microfiltracion-ultrafiltracion-nanofiltracion/

Exponer Chile 2015. Catálogo de expositores. Disponible en URL: http://www.mch.cl/wp-content/uploads/sites/4/2015/04/CAT-EXPONOR-2015-low-11.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 151

Osmosis forzada (Forward Osmosis)

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

La osmosis forzada, también llamada osmosis directa (forward osmosis), es un proceso en el que se emplea una membrana semipermeable para separar del agua los solutos disueltos. Este tratamiento requiere de dos procesos, el de osmosis forzada y el de regeneración del agente osmótico. El agente osmótico concentrado permite que se produzca el flujo de agua pura desde la solución alimento. El agente osmótico diluido, posteriormente, se concentra al separarlo del agua pura en el sistema de regeneración.

Es diferente a la osmosis inversa, debido a que la fuerza impulsora de separación es un gradiente de presión osmótica causado por una solución de extracción (draw solution) que en muchos casos usa una solución mezcla con sales de amonio y dióxido de carbono cuya concentración es mayor que la del agua de mar (existen otros agentes osmóticos). En este proceso, puesto que el agua fluye naturalmente hacia donde la concentración de sal es más alta, el paso a través de la membrana no necesita energía externa ni presión. Luego el agua (ahora con la solución de extracción) se calienta para eliminar el amoniaco, requiriendo menor energía que la empleada para vaporizar el agua, calentándose la solución sólo entre 40 a 50 °C, en contraste con la desalinización térmica en la que el agua se calienta de 70 a 100 °C.

Como ejemplo es posible destacar el proceso de Modern Water donde hay un sistema re-circulante que transfiere agua pura desde el agua de alimentación (por ejemplo, agua de mar) hacia el sistema de regeneración (extracción del permeado). Al unir estos dos sistemas altamente optimizados (osmosis Forzada y sistema de regeneración), se logra agua de alimentación a baja presión a las membranas de osmosis forzada, actuando en esta sección el agente osmótico, el cual atrae agua fresca desde el agua de mar debido a la diferencia de presión osmótica. En una segunda etapa, el permeado se extrae del sistema, permitiendo recuperarse el agente osmótico diluido el cual será regenerado (o concentrado) para volver a usarlo en la primera etapa. Esto se puede lograr de distintas maneras dependiendo del agente osmótico propietario elegido.

Beneficios

Consumo de energía típicamente hasta un 30% menor que la osmosis inversa convencional.

Mayor disponibilidad que una planta convencional de osmosis inversa debido al bajo ensuciamiento, limpieza simple y facilidad de operación.

Los niveles de producto de boro son significativamente menores sin necesidad de post-tratamiento en comparación a OI convencional.

La osmosis forzada puede ser utilizada en una amplia variedad de aplicaciones posibles, ya que permite el tratamiento de aguas marinas y salmueras, de aguas con sales minerales y metales, de efluentes con alta carga orgánica y de efluentes con sílice entre otros tipos de efluentes, siendo las más destacadas los efluentes complejos y difíciles de tratar con tecnologías convencionales.

Osmosis forzada (Forward Osmosis)

Condiciones técnicas de operación

La osmosis forzada no produce agua de alta calidad en una única etapa, puesto que después de la etapa de osmosis forzada el agua está mezclada con el agente osmótico y se precisa de una segunda etapa para separar el agente osmótico del agua producida.
La combinación de la operación de los dos sistemas es un parámetro clave en el diseño del sistema para que la operación del conjunto sea sencilla, robusta y fiable.
Uno de los grandes desafíos para la osmosis forzada es tener una presión osmótica significativamente superior a la solución de alimentación para obtener un flujo de agua considerable.
La solución de extracción debe ser capaz de reutilizarse o generarse nuevamente de manera más fácil y económica. La solución de extracción debe ser no tóxica y químicamente compatible con los materiales de composición de la membrana.

Casos de aplicación

Esta tecnología se emplea como pre-tratamiento de la OI, siendo utilizado en Gibraltar (España) y Omán (Península Arábiga).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo si por medio del uso de sales se puede lograr la gestión de residuos como cristales y no como salmuera.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Aumento en la generación de agua potable.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminución de costos de producción.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que requieren la aplicación de la normativa relativa al uso del borde costero, además de la correspondiente al impacto ambiental y a la LGUC. El uso del agua necesitará la aprobación sanitaria, según su uso. Desde la perspectiva de las condiciones habilitadoras se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Para una planta basada en FO de 400 m^3/día capacidad; los costos de CAPEX pueden variar entre los 1,5 a 4,0 MM$USD, equivalentes a costos sobre los USD 4.000 por m^3/día.

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Modernwater (Proveedor)
https://www.modernwater.com
Reino Unido

Planta de osmosis forzada en Al Khaluf, Omán. Fuente: Wikimedia commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Modern_Water_FO_Plant_Al_Khaluf_Oman.jpg)

Referencias y mayor información

Condorchem Envitech. (s.f.). osmosis forzada. Disponible en URL: https://condorchem.com/es/osmosis-forzada/
Modernwater. (s.f.). Forward Osmosis Desalination.Disponible en URL: https://www.modernwater.com/desalination-systems/forward-osmosis-desalination

Lieu Le, N., Nunes, S.P. (2016). Materials and membrane technologies for water and energy sustainability. Sustainable Materials and Technologies 7:1–28

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 152

Destilación solar

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

La desalinización es el proceso físico que permite separar sales de una disolución acuosa hasta un nivel de concentración adecuado. La desalinización solar puede ser directa al utilizar la energía solar para producir destilado directamente en el colector solar, o indirecto; combinando técnicas de desalinización convencionales.

El proceso de destilación es utilizado para desalinizar el agua de mar y usarla como fuente de agua fresca. A partir de la radiación solar y del fenómeno de destilación (evaporación y condensación), se obtiene agua pura. La desalinización directa por destilación es utilizada sólo para pequeñas cantidades en zonas costeras.

Existen distintos tipos de destiladores: destilador solar de una sola vertiente, destilador solar de dos vertientes, destilador solar tipo invernadero, destilador solar de cascada, destilador solar esférico de barredera, y destilador solar Multi-etapa.

Beneficios

La purificación de líquidos como la desalación o destilación de agua, utilizando la radiación solar como fuente energética, es una técnica que aporta grandes ahorros económicos en cuanto al consumo de electricidad y petróleo, sin mermas en la calidad del producto. Las experiencias ya acumuladas en la destilación solar del agua de mar o salobre es una opción tecnológica y económicamente factible, que puede ser utilizada por cualquier país con necesidades del preciado líquido.

Condiciones técnicas de operación

El principal problema al utilizar energía solar es su disponibilidad, que a menudo es intermitente, variable e impredecible. Estos problemas pueden ser abordados por el almacenamiento de energía térmica. El tipo de sistema y las condiciones de radiación e instalación deben ser calculadas por un especialista.

Casos de aplicación

El primer destilador solar en Chile, fue Las Salinas en Antofagasta, utilizado para suministrar agua potable para los mineros que explotaban salitre en 1874. La tecnología ha ido avanzando y se han empezado a implementar pilotos con distintos materiales y volúmenes de producción. Existen sistemas sencillos de consumo personal (ver producto watercone®) y plantas de destilación de flujos medianos. La empresa FCubed de Australia también ha implementado varias plantas de con su tecnología de destilación Carrocel®.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación. Son soluciones que requieren la aplicación de la normativa relativa al uso del borde costero, además de la correspondiente al impacto ambiental y a la LGUC. Cuando se trata de un uso doméstico del agua se necesitará de la aprobación sanitaria. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Destilación solar en Bangladesh. Fuente: FCubed (http://www.fcubed.com.au/cms_resources/photogallery/IMG_9606.jpg)

Referencias y mayor información

Science daily. (2019). Seawater turns into freshwater through solar energy: A new low-cost technology. Disponible en URL: https://www.sciencedaily.com/releases/2019/01/190107131242.htm

Pallante, C. (2015). Implementación de destiladores solares para la recuperación de agua desde piscinas de evaporación de ENAEX planta río Loa. Proyecto para optar al título de Ingeniero Civil Químico. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Disponible en URL: http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-0000/UCD0005_01.pdf

Ecured. Destilador solar. Disponible en URL: https://www.ecured.cu/Destilador_solar

FCubed. (2017).Disponible en URL: http://www.fcubed.com.au/aspx/home.aspx

Sitio Solar. ¿Qué es la destilación solar? Disponible en URL: http://www.sitiosolar.com/los-destiladores-solares/

Quiblawey, H.M., Banat. f. (2008). Solar thermal desalination technologies. Desalination 220 (1–3):633-644. Disponible en URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916407006650

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 153

Reúso de aguas residuales urbanas en emisarios submarinos

Objetivo que aborda

Tratar Reusar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Gestión Infraestructura

Escala

Proceso Industrial Cuenca

Descripción

Desde los años cincuenta y cada vez con más fuerza se ha impulsado la idea de considerar las aguas residuales municipales provenientes de un tratamiento adecuado, como una nueva fuente de agua utilizable para diversos fines, ya sea para riego agrícola, acuicultura, uso industrial, minero, riego de zonas de recreación, riego de áreas verdes, recarga artificial de aguas subterráneas (acuíferos) y en algunos casos como agua potable o para higiene personal.
En Chile las fuentes de aguas residuales domiciliarias son tres: plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS) urbanas, PTAS rurales y emisarios submarinos. Estos últimos, corresponden a 33 sistemas de tratamiento localizados en zonas costeras en algunas regiones del país, los que realizan un acondicionamiento (tratamiento primario) de las aguas y descargan aproximadamente 8 m^3/s al mar. Estas aguas al no tener derechos de aguas comprometidos aguas abajo, poseen un gran potencial para ser reutilizadas. Esta medida contempla un sistema de recuperación de las aguas residuales antes de ser descargadas al mar, su conducción a un sistema de tratamiento adecuado el cual genere aguas con calidad definida y aptas para su posterior uso, para posteriormente ser conducidas a sistemas de almacenamiento que finalmente distribuirán el agua a los sectores productivos demandantes.

Beneficios

Esta solución genera una nueva fuente de agua para una ciudad, cuenca o región, además que provocaría una disminución en la presión de los recursos hídricos naturales existentes al tener una nueva fuente de agua complementaria, segura y permanente, para los sectores productivos que la aprovechen.

En Chile se estima que el reúso de aguas residuales provenientes de emisarios submarinos reduciría en un 10% la brecha hídrica nacional. Además, ayudaría en la reducción del impacto ambiental, producto de la eliminación de la descarga de aguas servidas crudas al mar. Aportaría al uso eficiente del recurso hídrico, dándole valor a un recurso que otros países consideran como aguas utilizables.

Los costos de inversión, operación y mantenimiento serían considerablemente más bajos en comparación a otras opciones como la desalación, entendiendo que ésta es preferentemente utilizada para generar agua de consumo humano, mientras que el reúso lo es para usos productivos.

Condiciones técnicas de operación

Falta un modelo regulatorio y de negocios que defina las condiciones necesarias para la implementación de sistemas de reúso urbano, integrando aspectos como demanda, oferta, estructura de inversión, análisis costo-beneficio, identificación y mitigación de riesgos, sistemas de pago, estrategias de comercialización, entre otros. Esto permitirá definir las reglas del juego, dando seguridad a los sectores demandantes y/o inversionistas para invertir recursos que permitan instalar sistemas de reúso formales.

Reúso de aguas residuales urbanas en emisarios submarinos

Casos de aplicación

- **Diagnóstico del Potencial Reúso de Aguas Residuales Tratadas en la Región de Valparaíso.** Evaluación técnico económica para reusar 3 m³/s descargados por emisarios submarinos en la región de Valparaíso, integrando un análisis de impactos sociales, económicos y ambientales del reúso de aguas residuales tratadas.

- **Proyecto Conserv II; Recuperación de agua para reúso y recarga de fuentes subterráneas**. Para recuperación de 58 millones de metros cúbicos de aguas que eran descargados al lago Tohopekaliga, con el objetivo de mejorar la calidad de las aguas del lago y reservas naturales adyacentes. El proyecto contempló el mejoramiento de la operación de las PTAS municipales, la construcción de una red de distribución de agua recuperada y la construcción de cuencas de infiltración rápida para la recarga de acuíferos. De esta forma, casi el 60% del agua recuperada se utiliza para regar campos de golf y parques locales, y para irrigar 1.300 ha de huertos cítricos (acuerdo para dejar agua gratis para este uso por 20 años, lo que reduce la extracción de agua subterránea), mientras que el 40% restante se utiliza para recarga de acuíferos.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Reduce ingreso de cargas contaminantes a los ríos, reduce carga en plantas de tratamiento de aguas domiciliarias, aumenta la disponibilidad de agua potable como bebida.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Liberación del recurso agua potable al dedicarlo exclusivamente al consumo humano.
Costo: Costo asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminución de la contaminación en el mar por la disminución de aguas negras arrojadas a través de los emisarios marinos.
Conflicto: No se perciben.

Costos referenciales

CAPEX: USD 42,2 MM (Costo para una PTAS de 1,1 m³/s, sin considerar conducción)
OPEX: USD 0,17/m³ (Costo para una PTAS de 1,1 m³/s, sin considerar conducción)
(Fuente: Fundación Chile)

Sistema de tratamiento de aguas. Fuente: Fundación Chile, 2016

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Largo plazo de implementación.
No existen normativas específicas para el reúso de aguas servidas tratadas y sus implicancias sanitarias. Eventualmente, deben someterse a la normativa ambiental. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Se deben ceñir al marco regulatorio de las empresas de servicios sanitarios o de los comités de APR. No existen criterios generales para la consideración del reúso en los procesos tarifarios, a nivel urbano, ni incentivos financieros para la utilización de las aguas servidas tratadas.

Información de contacto

Gerardo Díaz
Fundación Chile
www.fch.cl
Chile

Referencias y mayor información

2030 Water Resources Group. (2013). Managing Water Use in Scarce Environments. A Catalogue of Case Studies. Washington, DC. Disponible en URL: https://www.waterscarcitysolutions.org/wp-content/uploads/2015/08/WRG-Managing-Water-Scarcity-Catalogue.pdf

Antofagasta, C. (s.f.). Creo Antofagasta. Innovador Sistema de Reciclaje de Agua para Antofagasta. Disponible en URL: https://creoantofagasta.cl/noticias/innovador-sistema-de-reciclaje-de-agua-para-antofagasta/

Fundación Chile & Gobierno Regional de Valparaíso. (2016). Aguas Residuales como nueva fuente de agua. Diagnóstico del potencial reúso de aguas residuales en la Región de Valparaíso. Chile. Disponible en URL: https://fch.cl/wp-content/uploads/2016/08/reuso12agosto.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 154

Reutilización agua residual rural

Objetivo que aborda

Tratar Reusar

Sector de aplicación

Todos los sectores

Tipo de solución

Gestión Infraestructura

Escala

Residencial Proceso Industrial Cuenca

Descripción

Las aguas residuales tratadas descargadas por sistemas de tratamiento rurales son una potencial fuente de aguas para reutilizar, ya que son volúmenes pequeños que por lo general no tienen usuarios aguas abajo. Para las zonas rurales de Chile, esta medida podría contemplar el uso de las aguas tratadas con calidad acorde al D.S. 90/2001 para ser enviadas a un sistema de almacenamiento mediante un sistema de conducción y una posterior impulsión a un uso específico, el cual puede ser industrial, agrícola, minero, pecuario y/o doméstico.

El sistema de reúso de agua residual rural debe ser diseñado de acuerdo al posible uso en cada región, lo que condiciona el tratamiento y calidad que debe obtenerse y las obras de almacenamiento, impulso y conducción necesarios.

Beneficios

La implementación de modelos de negocio locales (rurales) que permitan la sinergia entre los Comités de Agua Potable Rural (APR) que administran y operan las PTAS rurales, y un sector demandante que pueda y quiera invertir, operar y mantener un sistema de reúso productivo, generaría una alianza estratégica entre las partes, con efectos beneficiosos para ambos. Un caso implementado por Fundación Chile en el 2018 generó un modelo equivalente donde, el Comité se comprometió a operar y mantener la PTAS rural de tal forma que la calidad de las aguas de reúso pudiera ser aprovechada por el sector productivo agrícola que reutilizó esta nueva fuente de agua.

Por otro lado, el agricultor que aprovechó la fuente de agua acordó con el comité de APR una retribución económica por concepto de aprovechamiento de las aguas residuales tratadas entregadas. Los recursos económicos generados producto de la venta de productos agrícolas pudieron ser aprovechados por el Comité para ser reinvertidos en mejoras de operación y/o mantenimiento de la PTAS, lo que no impactó a la comunidad en aumento en la tarifa que se le cobra por concepto de tratamiento.

Las nuevas fuentes de aguas residuales rurales tratadas es segura y permanente, genera impulso para el desarrollo productivo local, nuevas fuentes laborales y desarrollo de localidades rurales.

Condiciones técnicas de operación

Para el desarrollo de estos proyectos se requiere definir para cada caso según las condiciones del lugar, el modelo de negocios que defina las condiciones necesarias para la implementación del sistema, integrando aspectos, como demanda, oferta, estructura de inversión, análisis costo-beneficio, identificación y mitigación de riesgos, estrategias de comercialización, entre otros. Esto permitirá definir las reglas del juego, dando seguridad a los sectores demandantes y/o inversionistas para inyectar recursos que permitan instalar sistemas de reúso formales.

Casos de aplicación

PTAS Cerrillos de Tamaya, Comuna de Ovalle, Región de Coquimbo. Reúso de 6 L/s de aguas residuales tratadas descargadas por PTAS rural para el riego de 6 hectáreas de alfalfa. Con esto se logró la generación de 50 mil dólares anuales, los cuales se distribuyeron entre el Comité de APR que administra la PTAS rural y el agricultor a cargo del sistema de riego y producción agrícola.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Reduce ingreso de cargas contaminantes a los ríos, reduce carga en plantas de tratamiento de aguas domiciliarias, aumenta la disponibilidad de agua potable como bebida.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Liberación del recurso agua potable al dedicarlo exclusivamente al consumo humano.
Costo: Costo asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminución de los malos olores al llegar una menor cantidad de agua servida a las plantas de tratamiento.
Conflicto: No se perciben.

Costos referenciales

Costos de Inversión: $ 50 MM (para un sistema de reúso agrícola, considerando el cultivo de 6 hectáreas de alfalfa y la reutilización de 6 L/s).

(Fuente: Fundación Chile)

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Largo plazo de implementación.
No existen normativas específicas para el reúso de aguas servidas tratadas y sus implicancias sanitarias. Eventualmente, deben someterse a la normativa ambiental. Adicionalmente, si las instalaciones estuvieran dentro del radio urbano pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Se deben ceñir al marco regulatorio de las empresas de servicios sanitarios o de los comités de APR, incluyendo la regulación del MINSAL. No existen criterios generales para la consideración del reúso en los procesos tarifarios, a nivel urbano, ni incentivos financieros para la utilización de las aguas servidas tratadas.

Sin embargo, Chile cuenta con experiencias de proyectos de reúso de agua rural que fueron implementados en mediano plazo, como el caso de Til Til para regar una plaza pública, la Ligua para un invernadero y otros como parte de los proyectos de Fundación Chile.

Información de contacto

Wilson Rojas
rojas.wi@gmail.com

Gerardo Díaz
gerardo.diaz@fch.cl
Fundación Chile
www.fch.cl

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2018). Claves para la Gestión de Aguas Residuales Rurales. Primera Planta de Reúso de Aguas Tratadas en la Región de Coquimbo, una experiencia replicable. Santiago, Chile. Disponible en URL: https://fch.cl/wp-content/uploads/2018/05/REUSO-2018-FINAL-baja-1.pdf

Fundación Chile. (2015). Humedal artificial: una innovadora solución para la sequía de la V región. Disponible en URL: https://fch.cl/humedal-artificial-una-innovadora-solucion-para-la-sequia-de-la-v-region/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 155

Humedal artificial superficial

Objetivo que aborda

Tratar Reusar

Sector de aplicación

Agua Potable y saneamiento | Agricultura | Pecuario | Mineria | Medio Ambiente

Tipo de solución

Tecnología Infraestructura

Escala

Residencial Proceso Industrial

Descripción

Sistema de depuración de agua compuesto por lagunas o canales de poca profundidad (0,60 a 1,0 m) que contienen agua servida de origen doméstico o agua residual en exposición a la atmósfera, una cubierta impermeabilizante en el fondo para evitar la contaminación al agua freática y una capa sumergida de suelo (también conocido como sustrato) para soportar las raíces de vegetación macrófita, las cuales usualmente son éneas, carrizos, juncias y juncos.

La forma de ingresar el efluente al sistema (a diferencia de humedal subsuperficial) es mediante estructuras de flujo uniforme sobre el terreno, expuesta a la atmósfera y al sol directo. La depuración tiene lugar en el tránsito de las aguas a través de los tallos y raíces de la vegetación emergente implantada, ya que estos sirven de soporte para la fijación de la película bacteriana responsable de los procesos de biodegradación, mientras que las hojas que están por encima de la superficie del agua dan sombra a la masa de agua, limitando el crecimiento de microalgas. La presencia de microorganismos y la acción de la vegetación, junto a procesos fisicoquímicos, permiten depurar el agua, eliminando grandes cantidades de materia orgánica, sólidos, nitrógeno, fósforo y en algunos casos productos químicos tóxicos.

Se considera que en esta tecnología la eficiencia depende de la buena distribución de agua en la entrada, donde usualmente como estructuras se emplean represas o tubos con hoyos que permiten una buena distribución a intervalos regulares de modo uniforme, con una retención hidráulica de 3 a 10 días.

Beneficios

Son los más similares a los humedales naturales. Crea un ecosistema nuevo proporcionando un nuevo hábitat para distintas especies. Permite mejorar la calidad de los efluentes, posee una alta reducción de DBO_5 y sólidos (pudiendo alcanzar rendimientos sobre el 70% para SST y materia orgánica) y moderada en patógenos. Situación distinta con los rendimientos alcanzados para el nitrógeno y fósforo (40-50% y 40-90%, respectivamente). Su uso correcto no brinda problemas de moscas ni olores. Además, genera una reducción del gasto de consumo de agua (especialmente por su capacidad de reúso para riego) y tiene un reducido costo de implementación, operación (bajo consumo de energía) y mantención.

Esta tecnología es adecuada para tratar agua de pequeñas áreas urbanas o de comunidades periurbanas y rurales que cuenten con instalaciones de tratamiento primario (p.ej. fosa séptica) y también en sectores donde la tierra sea barata y disponible, brindando una solución eficaz a baja escala. También se usa para tratar efluentes residuales industriales, residuales de la agricultura, procedentes de tratamientos secundarios y para crear y restaurar ecosistemas acuáticos.

Condiciones técnicas de operación

Se requiere áreas de terreno más extensas que la de las plantas de tratamiento convencionales, especialmente si se pretende la remoción de nitrógeno o fósforo y necesita de largo tiempo de arranque para operar a plena capacidad.

La vegetación debe ser específica para el área donde se instalará el humedal, además, pueden aparecer problemas de mosquitos, insectos y patógenos (cuando no opera correctamente).
En climas fríos, las bajas temperaturas pueden reducir la tasa de eliminación de materia orgánica y la de los procesos de nitrificación- desnitrificación. Comparativamente con los sistemas convencionales, estos tienen una lenta tasa de degradación, de ahí que no pueden ser considerados para poblaciones con alta densidad.
Se debe procurar evitar que la gente entre en contacto con el efluente dado el potencial de transmisión de enfermedades.

Casos de aplicación

Este tipo de Humedal es altamente empleado para depurar aguas residuales en Norte América. En Chile existen casos de aplicación en variados sectores como:

- **Sistema de tratamiento de efluentes** Vinos Santa Ema, Bodegas Izaga y El Peral, RM (2007) caudal de 80 m³/día.
- **Planta de Cerdos** Santa Josefina, Agrícola Veneto Ltda, VIII Región (2006), caudal 250 m³/día.
- **Planta Punitaqui** de Cooperativa Agrícola Pisquera Elqui Ltda, IV Región (2004) caudal de 210 m³/día.
- **Planta de Tratamiento Aguas Servidas de Hualqui** para la degradación de la materia orgánica.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
No genera olores de ningún tipo y aporta áreas verdes a la ciudad. Impacto positivo si se recrean condiciones y se evitan impactos no deseados.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Mejora la calidad de efluentes y disminuye el consumo de agua potable.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Disminución del uso de energía. (+) Generación de nuevos hábitat para la flora y fauna.
Conflicto: Eventual rechazo de la comunidad por la eventual aparición de insectos y malos olores.

Costos referenciales

Para tratar 1 m³/día:
CAPEX: USD 2.350
OPEX: Irrelevante *(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)*

Sistema de tratamiento en humedal para tratamiento de efluentes mineros.
Fuente: Fundación Chile, 2014

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación.

Información de contacto

CWA (Asociación de constructores de humedales)
info@constructedwetland.co.uk
www.constructedwetland.co.uk

Referencias y mayor información

Oliver Rajadel, N. (2017). Estudio de los Humedales Artificiales de Flujo Superficial del Tancat de la Pipa como instrumentos para la restauración ambiental del lago de l`Albufera de València. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València, Departamento de Ingeniería Hidraúlica y Medio Ambiente. España.

Plaza de los Reyes del Río, C., & Vidal Sáez, G. (2007). Humedales construidos: una alternativa a considerar para el tratamiento de aguas residuales. Universidad de Concepción. Chile. Disponible en URL: https://www.researchgate.net/publication/256536707_Humedales_construidos_una_alternativa_a_considerar_para_el_tratamientos_de_aguas_residuales

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 156

Humedal artificial subsuperficial

Objetivo que aborda: Tratar, Reusar

Sector de aplicación: Agua Potable y saneamiento, Agricultura, Pecuario, Mineria, Medio Ambiente

Tipo de solución: Infraestructura, Tecnología

Escala: Residencial, Proceso Industrial

Descripción

Sistema de tratamiento de película fija el cual consiste en una laguna o tanque de escasa profundidad donde se desarrolla un monocultivo o policultivo de plantas macrófitas capaces de recibir el paso de un efluente (previo pre-tratamiento) a nivel radicular a través de un lecho de arena o grava empleado como soporte de la vegetación, el cual considerando un tiempo de retención en la misma, permite llevar a cabo varios procesos físico-químicos y bacteriológicos necesarios para la depuración del agua. Las necesidades de oxígeno para llevar a cabo estos procesos se abastecen por acción de las propias plantas, las cuales mediante fotosíntesis permiten suministrar el oxígeno necesario para la depuración en la zona radicular, degradando la materia orgánica, concediendo la posibilidad de crecimiento de bacterias nitrificantes para llevar a cabo la desnitrificación y logrando que los metales pesados queden retenidos a nivel de suelo, pudiendo el producto final depurado ser recolectado en un canal de salida.

Las características técnicas del sistema describen que presenta una pendiente típica menor al 2% y una profundidad entre 0,3 a 1,0 metros capaz de soportar un caudal de hasta 13.000 m^3/día.

La selección de las plantas macrófitas se hace fundamentalmente en función de las características del clima local, su capacidad transportadora de oxígeno (desde las hojas hacia la raíz), su tolerancia frente a elevadas concentraciones de contaminación, su resistencia a enfermedades y su facilidad de manejo, entre otros. También se deben considerar la información climatológica y las características tanto del efluente como del lugar del emplazamiento al momento de diseñar este sistema.

Por lo general, se emplea como tratamiento secundario o terciario a continuación de un tratamiento primario (sedimentación primaria convencional o una laguna anaerobia) y su área de aplicación incluye las aguas de origen doméstico, industrial, alimentario, entre otros.

Beneficios

Menor costo de construcción, operación y mantención que los tratamientos con procesos mecánicos. Proporciona un tratamiento efectivo en forma pasiva y minimiza la necesidad de equipos mecánicos, electricidad y monitoreo por parte de los operadores. Presenta flexibilidad de diseño en función de las características y necesidades propias de cada proyecto. Permite reutilizar las aguas tratadas para riego (previa desinfección con uso de cloro, pastillas de cloro o lámpara UV). Posee gran potencial para tratamiento de aguas domésticas. Alta eficiencia en la remoción de DBO_5 y SST (sobre 95%). Permite una remoción del 75% de nitrógeno. Posee una eficiencia sobre 90% en la remoción de bacterias patógenas. Presenta un recubrimiento impermeable para prevenir infiltraciones y asegurar control sobre el nivel del agua. A diferencia de la laguna superficial, al circular el agua por debajo de la superficie no se generan malos olores ni proliferación de mosquitos. Crea y restaura zonas húmedas aptas para potenciar la biodiversidad, el desarrollo de hábitats y el valor paisajístico del lugar.

Cumple con normas de descargas de aguas en Chile DS90, DS 609, NCh 1.333. Son de operación simple por lo que son ideales para sistemas comunitarios rurales. Son altamente flexibles a cambios de caudales y cargas contaminantes repentinas.

Humedal artificial subsuperficial

Condiciones técnicas de operación

El sistema puede acumular fósforo, metales y algunos compuestos orgánicos persistentes que no son removidos. Requiere de mayor área comparado con los sistemas mecánicos convencionales. En climas fríos las bajas temperaturas durante el invierno reducen la tasa de remoción de DBO_5, NH_3 y NO_3 Comparativamente con los sistemas convencionales, estos tienen una lenta tasa de degradación, por lo cual no pueden ser considerados para poblaciones de alta densidad.

Casos de aplicación

Esta tecnología ha sido aplicada a nivel mundial en aguas residuales domésticas, RILES agroindustriales y mineros, entre otros.

En Chile sus principales aplicaciones se encuentran en el rubro vitivinícola, por ejemplo, la planta de tratamiento Viñedos el Huique (Región de O'Higgins) para disposición en riego con caudal de 10 m^3 /día y Tiempo de retención hidráulico de 10 días.

Fundación Chile ha implementado más de cinco sistemas para tratamiento de RILES agroindustriales y aguas servidas para la degradación de la materia orgánica, también ha realizado aplicaciones piloto en minería para tratamiento de aguas claras.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Los impactos negativos podrían estar dados por un manejo inadecuado y desarrollo no controlado de insectos y plantas con consecuente saturación del sistema. La reutilización de agua para uso de riego requiere monitoreo de calidad de agua para riego, según norma.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Mejorar la calidad de efluentes y disminución en el consumo de agua potable.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Disminución del uso de energía. (+) Generación de nuevos hábitat para la flora y fauna.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que, en general, suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos. En aplicaciones menores pudieran considerarse de corto plazo.

Humedal subsuperficial, tecnología Biotreat instalado en Til Til. Fuente: Fundación Chile, 2017.

Costos referenciales

Los costos están sujetos a cada proyecto, según necesidades de dimensionamiento del sistema de tratamiento y la capacidad de carga del humedal.

Para tratar 1 m³/día:
CAPEX: USD 7.000
OPEX: USD 770 al año

El sistema BioTreat para tratar 60 m³/día:
CAPEX: USD 66.180
OPEX: 0,23 USD/ m³

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019; Fundación Chile, 2015)

Información de contacto

Ulrike Broschek
Fundación Chile
www.fch.cl
Chile

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2015). Humedal artificial: una innovadora solución para la sequía de la V región. Disponible en URL: https://fch.cl/humedal-artificial-una-innovadora-solucion-para-la-sequia-de-la-v-region/

Galindo, R. (2013). Humedal Artificial de Flujo Horizontal Sub-Superficial para tratamiento de Aguas Mieles. Finca Pampojilá, Sololá. Guatemala. Disponible en URL: https://www.agroatitlan.com/wp-content/uploads/2015/07/HUMEDAL-ARTIFICIAL-PARA-EL-TRATAMIENTO-DE-AGUAS-MIELES-DE-FINCA-PAMPOJILA.pdf

González, J. F. (2000). Capítulo 6. Humedales artificiales para depuración. Página 79-89. En Manual de fitodepuración. Filtros de macrofitas en flotación. EDITA: Madrid. Disponible en URL: https://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/documentacion/Cap%EDtulos%20Manual/Cap%EDtulos%206.pdf

Peña Varón, M., Van Ginneken, M., & Madera, C. (2011). Humedales de Flujo Subsuperficial: Una alternativa Natural para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Zonas Tropicales. INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD, 27-35. Disponible en URL: http://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/2302

Plaza de los Reyes del Río, C., & Vidal Sáez, G. (2007). Humedales construidos: una alternativa a considerar para el tratamiento de aguas residuales. Universidad de Concepción. Disponible en URL: https://www.researchgate.net/publication/256536707_Humedales_construidos_una_alternativa_a_considerar_para_el_tratamientos_de_aguas_residuales

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 157

Equipo de saneamiento descentralizado y reutilización de Aguas Grises (Sneek)

Objetivo que aborda

Tratar Reusar

Sector de aplicación

Agua Potable y saneamiento | Áreas Verdes

Tipo de solución

Infraestructura | Tecnología

Escala

Residencial | Proceso Industrial

Descripción

Sistema de tratamiento descentralizado que permite el reúso de aguas grises proveniente del sistema residencial mediante el tratamiento biológico acoplado a membranas. Es un sistema compacto de baja escala que se basa en el uso de una cámara la cual reúne las aguas residuales provenientes de baños, duchas y lavadoras a través de tuberías. Esta cámara en su interior posee un sistema de filtración mediante tamiz rotatorio para extraer elementos sólidos del agua. Luego el agua filtrada pasa a un reactor que contempla dos cámaras, la primera conlleva el tratamiento anaerobio donde se mezcla el agua con bacterias para efectuar la degradación, seguido de una segunda cámara de carácter aerobio donde mediante sistema de burbujas se oxigena la mezcla y se expulsan los residuos logrando conseguir en la base de la cámara una mezcla de agua con bacterias (decantación) y en la superficie la recuperación del agua. Esta agua recuperada posteriormente pasa por un tubo con filtro fino el cual retiene todos los residuos y excipientes y envía el agua limpia fuera de los tubos lista para su almacenamiento y reutilización.

Beneficios

Proceso estable con bajos requisitos de mantenimiento, que permite la purificación del agua recuperando agua de alta calidad sin contenido de sólidos ni bacterias.

Existen distintos tamaños de planta, pero a baja escala. Este sistema además, tiene un bajo consumo de electricidad, una baja generación de residuo y su infraestructura es de bajo costo lo cual permite su instalación en zonas con mala calidad de suelo o donde el sistema de alcantarilla resulta muy costoso.

Condiciones técnicas de operación

Es un sistema de baja escala con poca capacidad de extensión para grandes volúmenes de efluente.

Casos de aplicación

Este sistema se está llevando a cabo en el barrio Lemmerweg-Oost de Sneek, Holanda. El sistema recolecta las aguas residuales en 32 alojamientos de alquiler para ser tratadas y reutilizadas mediante varias técnicas produciendo agua limpia que cumple con la normativa europea.

Equipo de saneamiento descentralizado y reutilización de Aguas Grises (Sneek)

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Aumenta eficiencia del recurso hídrico, disminuye carga orgánica sobre sistemas acuáticos, disminuye consumo de energía. Mejora manejo local de aguas.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Liberación del recurso hídrico potable.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Disminución del uso de energía.
(+) Aumento de áreas verdes.
(+) Disminución de costos de operación y mantención de las áreas verdes.
(+) Disminución de la vida útil del alcantarillado.
Conflicto: Eventual aparición de insectos y malos olores.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

Desah (Proveedor)
www.desah.nl
Holanda

Referencias y mayor información

DMT Environmental Technology. (2013). Dutch local waste water treatment Sneek. Obtenido de Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=iHyvUO_vgBA&ab_channel=DMTEnvironmentalTechnology
Wetsus. (s.f.). DESAH SNEEK. Recuperado el 2019, de https://www.wetsus.nl/demonstration-and-pilot-projects/desah-sneek

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 158

Lagunas aireadas para tratamiento de aguas servidas

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

Tecnología de tratamiento biológico simple de flujo continuo que consiste en un gran reactor aerobio (estanque natural o artificial de tratamiento) agitado, similar a una laguna facultativa, pero con un sistema de oxigenación natural mediante aireadores mecánicos que suministran oxígeno, permitiendo crear una turbulencia capaz de hacer permanecer a los organismos aerobios en suspensión y mezclados con el agua para alcanzar una elevada tasa de degradación orgánica. Esta tecnología es apta para implementarse cuando se requieren condiciones predominantemente aerobias o cuando se necesita aumentar el tiempo de residencia en la laguna como consecuencia de un incremento de caudal o de carga orgánica del afluente. Sus componentes mínimos para llevar a cabo el proceso son una rejilla gruesa, desarenador (pre-tratamiento), medidor de flujo (Medidor Parshall) y piscina (estanque) impermeabilizada. Actualmente, se distinguen dos tipo de laguna aireada: de mezcla completa y de mezcla parcial. Su aplicación se encuentra en descenso en Chile, pero en incremento en América Latina y el Caribe.

Beneficios

Requiere de una baja inversión. Los costos operativos son bajos (en comparación a un sistema convencional). No requiere clarificación previa. Contempla el desarenado el cual evita la abrasión de los equipos, estabiliza los tiempos de residencia de las lagunas y disminuye la frecuencia de desazolve (limpieza). Considera un Medidor Parshall para evaluar sus pérdidas por evaporación e infiltraciones.

El sistema de aireación permite alcanzar mayor profundidad de laguna, adaptarse al frío y tolerar mayores cargas (comparado con lagunas facultativas).
La aireación mejora la eficiencia del tratamiento y reduce el Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) necesario para la degradación aerobia.
Soporta efluentes discontinuos, de alta carga, pero de gran calidad. Además, permite ser un proceso más independiente de la fotosíntesis, lo cual la hace apta para funcionar en lugares con poca horas de luz solar.
Eficiencia en la remoción de DBO_5 de 90%, SST hasta 95% y Nitrógeno entre 50% y 75%.
Altamente eficientes en la remoción de bacterias, parásitos y virus.
Regula la temperatura y el pH, generando lodos parcialmente estabilizados.

Condiciones técnicas de operación

Requiere de una gran área y es altamente dependiente de la radiación solar. Si se descompensan o crece el caudal por sobre lo diseñado genera fuga de lodos.

Frente a puntos muertos o a microorganismo inadecuados se puede generar olor y tener fuga de materia orgánica sin digerir. Presenta un gasto energético superior al sistema tradicional al estar asociado a un sistema de aireación. Su sistema de aireación exige de personal técnico para su operación y mantenimiento.

Genera lodos secundarios al igual que los sistemas convencionales, el cual demanda un tratamiento adicional o un correcto vertido final.

Lagunas aireadas para tratamiento de aguas servidas

Casos de aplicación

Puede desarrollarse a nivel residencial por su bajo costo, sencillez y efectividad, así como también a nivel industrial, por ejemplo:

- **Planta Internacional de Tratamiento de Aguas Residuales de Ambos Nogales** (EEUU y México).
- **Tratamiento Secundario a la "Laguna Estabilizadora"** y cuenta con 2 trenes de tratamiento con capacidad de 750 L/s y un tiempo de retención de 1-2 días.

Impacto Ambiental

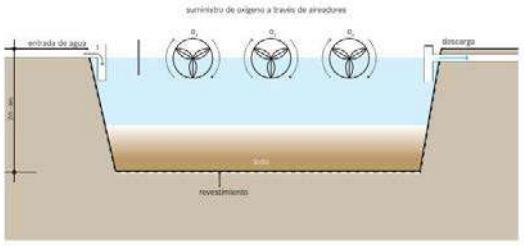
Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
El agua negra tratada no puede usarse para regar áreas verdes o para jardines con presencia humana, se debe realizar un tratamiento terciario para uso en riego (desinfección). Su uso estará limitado al espacio disponible. Requiere dragado para remover lodo y por la superficie expuesta puede generar problemas de olores.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Liberación del recurso hídrico para el uso en mantención de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: No se identifican.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.



Esquema laguna aireada.
Fuente: Seecon International GmbH. Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento (https://sswm.info/)

Costos referenciales

Valores UF, Dólar y Euro del 31/11/2018
Nº Habitantes: 6.250
Volumen de diseño: 1.000 m³/día
Costos PTAS:
CAPEX: USD 1.308.297
OPEX: 82.025 USD/año
Costos PTAS + Obras Anexas:
CAPEX: USD 1.589.182
OPEX: 83.196 USD/año

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

BPM (Proveedor)
www.blowersandproducts.com
México

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/--s.f.).

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Lagunas Aireadas. México. Obtenido de http://mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro48.pdf

INDITEX. (2015). Lagunas Aireadas. Serie: Tratamiento Secundario. Universidad de Coruña. Disponible en URL: https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Lagunas+aireadas.pdf/9c714483-d624-b290-42f7-901dc59939b2

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 159

Lagunas facultativas para el tratamiento de aguas servidas

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

Esta infraestructura se utiliza para el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales y se considera básicamente una cuenca usualmente excavada en la tierra e impermeabilizada cuya profundidad oscila entre 1,5 y 2,0 metros. Forma parte de las lagunas de oxidación o estabilización y se caracteriza por tener tres zonas distintivas: una zona superficial o fótica (donde coexisten bacterias y algas, donde ocurren los procesos de fotosíntesis y transferencia de oxígeno atmosférico al agua), una zona intermedia parcialmente aerobia y anaerobia (donde se produce la descomposición de la materia orgánica disuelta y coloidal mediante bacterias aerobias, anaerobias y facultativas) y una zona de fondo (de carácter anaerobio definida por la materia orgánica sedimentada la cual se transforma por acción de las bacterias, en ácidos grasos y posteriormente en metano, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico). En el caso del dióxido de carbono generado este se utiliza por las microalgas para su crecimiento, generando por ende un proceso simbiótico.
El objetivo final de la tecnología es alcanzar una elevada estabilización de la materia orgánica, y reducir el contenido en nutrientes y bacterias coliformes.

Beneficios

Tiene un bajo costo de inversión, sobre todo si el terreno es suficientemente impermeable y de fácil construcción. No requiere tratamiento primario, aunque un pre-tratamiento se vuelve necesario en caso de necesitar remover partículas grandes. Se pueden combinar con otros tipos de laguna o incluso con otros tipos de tratamiento. Su implementación no presenta averías mecánicas ya que carece de equipos, por lo mismo, su consumo energético es nulo para el caso en que el agua a tratar pueda llegar por gravedad a la depuradora.
En el afluente, acepta alta carga de materia orgánica (en cuyo caso actúan como laguna anaeróbica), posee un alto poder de abatimiento de microorganismos patógenos y una remoción de DBO_5 (60 - 80%), SST (0 - 70%), Nitrógeno (20- 60%) y coliformes fecales (99,5 - 99,8%).

Condiciones técnicas de operación

Se requieren grandes extensiones de terreno (7-10 m^2/hab eq) y su instalación se limita a las condiciones climáticas (no apta para zonas muy frías o de baja radiación solar).
Una gran cantidad de materia suspendida puede limitar la producción fotosintética de oxígeno (por ausencia de luz), lo cual la hace propensa a mal funcionamiento, olores ofensivos, propagación de insectos y baja eficiencia, por lo cual se requiere el retiro periódico de los flotantes.
Existen pérdidas de agua por evaporación y se debe impermeabilizar el terreno para evitar infiltraciones y contaminación.

Casos de aplicación

Las lagunas facultativas y otros tratamientos en lagunas son comunes en Latinoamérica, especialmente en el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios y en aguas residuales en áreas rurales. Algunos ejemplos se pueden ver en Honduras (Catacamas Este) y México.

Lagunas facultativas para el tratamiento de aguas servidas

Laguna facultativa en Ruai, Kenya
Fuente: Sustainable Sanitation Alliance (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Facultative_pond_(6898410678).jpg)

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
Riesgo de generación de olores.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Aumento de la disponibilidad del recurso hídrico por menor consumo de agua potable para mantención de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Bajo consumo energético.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Valores UF, Dólar y Euro del 31/11/2018
Nº Habitantes: 6.250
Volumen de diseño: 1.000 m³/día

Costos PTAS
CAPEX: USD 1.202.315
OPEX: 51.002 USD/año

Costos PTAS + Obras Anexas
CAPEX: USD 1.542.823
OPEX: 52.441 USD/año

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Barnesduncan (Diseño) (Proveedor)
http://www.barnesduncan.com
Canadá

Referencias y mayor información

Fuentes Beltrán, R. (s.f.). Sistemas de Depuración Natural. Disponible en URL: http://depuranatura.blogspot.com/2011/05/laguna-facultativa-esquema-del-ciclo.html

Oakley, S. (2005). Lagunas de estabilización en Honduras. Universidad Estatal de California. Disponible en URL: http://www.desastres.hn/docum/Honduras/laguna-de-estabilizacion-en-honduras.pdf

U.S. Environmental Protection Agency. (2002). Wastewater Technology Fact Sheet. Facultative Lagoons. Disponible en URL: https://www3.epa.gov/npdes/pubs/faclagon.pdf

Comisión Nacional del Agua -Instituto Mexicano de Tecnología del Agua -IMTA. (2007b). Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Manual de diseño de lagunas de estabilización. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, México. 234 p. Disponible en URL: http://www.mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro47.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 160

Equipo de tratamiento de aguas grises del hogar (Grey Flows PS®)

Objetivo que aborda

Tratar Reusar

Sector de aplicación

Agua Potable y saneamiento | Agricultura | Pecuario | Mineria | Medio Ambiente

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Residencial | Proceso Industrial

Descripción

Es un sistema para desviar el agua gris proveniente de duchas, lavadora, lavamanos y aire acondicionados, y reusarlo en el riego de jardines. Este tipo de tecnología consta de tres etapas: (1) recolección y filtrado físico de aguas grises: (2) tratamiento químico y almacenamiento del agua y (3) post-filtrado y salida para riego. La primera etapa de subdivide en dos opciones posibles, la primera considera la modificación de infraestructura (para las construcciones ya establecidas) empleando el equipo "G-Flow PS" pudiendo soportar un volumen de 2.000 L de afluente, y la segunda a través de la instalación del equipo "Grey Flows PS" con sistema de filtros de autolimpieza para aplicarse en el caso de construcciones nuevas. Para ambos se requiere de una bomba para efectuar la filtración y propulsión la cual se define según el caudal a tratar, teniendo como base un rango de (2-150 m^3) al día. La segunda etapa, de tratamiento químico y almacenamiento de agua, realiza el tratamiento secundario consistente en la aplicación de ozono para eliminar material biológico, pasando el agua luego a la tercera etapa (de carácter opcional en cuanto al post-filtrado) la cual se emplea en casos donde la carga de materia orgánica es demasiado pesada producto del exceso de sólidos suspendidos totales. Una vez tratada el agua, esta puede ser utilizada para riego de jardines y áreas verdes, donde existen distintos tipos de sistema de riego posibles de instalar acorde a las necesidades del jardín.

Beneficios

Este sistema permite recuperar hasta un 65% del agua que se consume al interior de una vivienda, disminuyendo la facturación del agua que se destina al regadío que es reemplazada por el de las aguas grises tratadas.

Poseen vida útil de 10 años y se pueden incorporar a cualquier edificio u hogar. La información del proveedor indica que en hoteles o instalaciones deportivas, el ahorro puede llegar a 60 L por persona al día. Su operación es automática y con sistemas autolimpiantes, lo cual implica bajas mantenciones y sin utilización de químicos. El tratamiento secundario empleado permite eliminar olores. Además, la utilización de ozono no resulta peligroso cuando se pone en contacto con la tierra.

Su metodología de proceso continuo permite mantener el agua almacenada de forma permanente. La reutilización del agua protege las reservas de agua subterránea y reduce la carga de las aguas residuales.

Condiciones técnicas de operación

En caso de áreas verdes pequeñas, el sistema puede producir una cantidad innecesaria de agua para riego que puede ser almacenada o descargada a la red de alcantarillado, para esto es necesario instalar un temporizador automático. La inexistencia del tratamiento terciario puede provocar que el agua presente contenido microbiológico sin tratar limitando su uso para plantas ornamentales.

Equipo de tratamiento de aguas grises del hogar (Grey Flows PS®)

Casos de aplicación

La tecnología presenta una amplia gama de sectores de aplicación, entre los que destaca:

- **Villas, Mandurah, Australia (2016)**: 350 casas con sistema de recuperación de agua gris empleando el Sistema G-Flow PS (sin sistema auto limpiante) para reúso en Jardines.
- **Campamento Minero Santa Barbara, Leonora, Australia (2008)**: 86 sitiales con sistema de reciclaje de aguas grises empleando el Sistema Grey Flow PS® (consistema auto limpiante) para reúso en jardines.
- **Constructora Galco, Chile (2016):** Implementación de dos sistemas G-Flow PS para faenas.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Bajo impacto positivo en la gestión del agua.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Liberación del recurso agua potable y eventual aumento de áreas verdes en las viviendas por disminución en los costos de mantención.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Disminución del uso del sistema de alcantarillado público aumentando su vida útil.
(-) Eventual riesgo del consumo de agua grises por parte de los habitante del hogar (personas y animales).
Conflicto: No se aprecian.

Costos referenciales

Los costos varían de acuerdo al tamaño del equipo y el caudal a tratar, parten desde los $800.000 (pesos chilenos) por equipo.
En el caso de viviendas o instalaciones ya existentes, el precio se encarece, puesto que hay que añadir el precio de la obra, por lo que se recomienda implementarlos aprovechando reformas del hogar.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Sistema de tratamiento de aguas residencial.
Fuente: EFIS Ltda.
(https://www.efislimitada.com/recicladoresdeaguasgrises)

Información de contacto

EFIS Ltda (Proveedor)
francisco.pulgar@efislimitada.com
www.efislimitada.com
Chile

Referencias y mayor información

EFIS LTDA. . (s.f.). Sistemas de Reciclajes de Aguas Grises. Recuperado el 2019. Disponible en URL: https://www.efislimitada.com/recicladoresdeaguasgrises

EFIS LTDA. (s.f.). Reúso de Aguas Grises, Referencias Comerciales. Recuperado el 2019. Disponible en URL: https://docs.wixstatic.com/ugd/19bcfb_1b127520f0a54cdca127ce01e3063740.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 161

Biorreactor de membrana (MBR) para el tratamiento de aguas residuales e industriales

Objetivo que aborda

Tratar Reusar

Sector de aplicación

Industria Pecuario Agua Potable y saneamiento Servicios

Tipo de solución

Tecnología Infraestructura

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Tecnología que combina el proceso de lodos activados (tratamiento biológico) y la utilización de filtros (membranas). El proceso comienza con la etapa de filtración donde se hace pasar el agua bruta a través de un tamiz grueso (6-7 mm de luz) y de un tamiz fino (0,6-1,0 mm) para la remoción de sólidos. Luego se genera el proceso de desbaste de grasa que permite la remoción de aceites y grasas para evitar la obstrucción de los poros de las membranas (lo cual reduce la permeabilidad de las mismas). Seguidamente el agua pasa a un biorreactor en el que una suspensión concentrada de microorganismos (biomasa) degrada los contaminantes presentes en el agua, los cuales posteriormente son retenidos en un sistema de membranas que permiten producir agua tratada y biomasa que se recupera para retornar al biorreactor. Cuando el nivel de biomasa alcanza un nivel mayor respecto al predeterminado ésta se extrae en forma de purgas.

Mayoritariamente el sistema MBR posee dos configuraciones: MBR sumergidas y membranas externas de flujo cruzado, las cuales difieren según la dirección del flujo de filtrado (desde fuera hacia dentro en el primer sistema y desde dentro hacia afuera en el segundo). Además, las configuraciones pueden ser tanto de geometría plana como cilíndrica distinguiéndose: placa plana, fibra hueca, multitubular, tubo capilar, filtro de pliegues y espiral, cuya elección depende del tipo de efluente a tratar y de las características del licor mezcla, teniendo en cuenta parámetros como la viscosidad, temperatura, oxígeno disuelto, características de los flóculos, la hidrofobicidad y la carga superficial, entre otros.

Beneficios

Bajo requerimiento de espacio debido a su carácter modular (y a la eliminación del decantador secundario), posee flexibilidad en la elección de configuraciones de membrana siendo eficaz en la retención de los sólidos suspendidos y de los compuestos más solubles dentro del biorreactor, lo cual permite la obtención de efluentes de calidades equiparables a las obtenidas tras un tratamiento terciario (constantes y excelentes, lo cual las hace aptas para su reutilización). El reactor puede ser operado con elevadas concentraciones de sólidos (4-15 g SST/L) lo que hace reducir el espacio e incrementar las cargas volumétricas tratables.

Brinda la posibilidad de ampliar las plantas preexistentes sin necesidad de obra civil. Alto flujo y bajo ensuciamiento de las membranas. Es de fácil instalación, con un requerimiento mínimo de obra civil y además, reduce costo de inversión por disminución de las instalaciones que requieren obra civil.

Biorreactor de membrana (MBR) para el tratamiento de aguas residuales e industriales

Condiciones técnicas de operación

Los MBR con membrana sumergida tienen mayor gasto energético que los sistemas convencionales.

Existe la posibilidad de acumulación de compuestos inorgánicos no filtrables en el biorreactor (como metales pesados) que a determinadas concentraciones pueden ser dañinos para la población bacteriana o afectar a la integridad de la membrana.

Los lavados químicos, en los que el agente más empleado es hipoclorito al 2-5% puede generar Cloramina, que por su carácter cancerígeno debe ser tratado en forma específica.

Casos de aplicación

PSA-Peugeot Citroen, Brasil: desde el año 2012 emplearon MBR como último paso del tratamiento de efluente MBR para reducir el contenido de sólidos disueltos.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo .
Acumulación de residuos tóxicos en sistemas operativos, liberación en agua y riesgos posteriores en salud pública. Puede haber impacto si el agua no cumple con un estándar de tratamiento terciario (más allá de si cumple o no con la norma).

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Liberación del recurso hídrico para el uso en mantención de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: No se aprecian.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Marca: Kubota

Caudal medio**:** 25 m^3/h
Carga orgánica: 3.200 kgDQO/día

CAPEX: MUSD 3.029
OPEX: 0,25 USD/m^3

(Fuente: Proveedor ECOPRENEUR)

Información de contacto

Grupo Dimasa (Proveedor)
info@dimasagrupo.com
España

Ecopreneur
www.ecopreneur.cl
Chile

Referencias y mayor información

ESPACK. (s.f.). Agua. Recuperado el 2019. Disponible en URL: http://www.espack.es/upload/products/pdfs/128/feabe0a4ee886010902136de46e6cb65.pdf

INDITEX. (2015). Biorreactores de Membrana (BRM). Serie: Tratamientos Secundarios. Universidad de Coruña. Disponible en URL: https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Biorreactores+de+membrana+%28BRM%29.pdf/5eaf2ead-d155-2a7f-d72a-63ff5548ba5f

UNITEK. (s.f.). Soluciones en Tratamiento y Reuso de Efluentes. Disponible en URL: http://www.sedapal.com.pe:93/provma/foros15/UNITEK.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 162

Biorreactor de lecho móvil (MBBR) para tratamiento de aguas residuales

Objetivo que aborda

Tratar Reusar

Sector de aplicación

Industria Pecuario Agua Potable y saneamiento Servicios

Tipo de solución

Tecnología Infraestructura

Escala

Proceso Industrial

Descripción

La Tecnología de Biorreactor de Lecho Móvil (MBBR) es un sistema biológico aeróbico con alta eficiencia en la eliminación de carga orgánica soluble, en especial aquella procedente de industrias alimentarias, químicas o de bebidas. El principio básico del proceso de lecho móvil es el crecimiento de biomasa en soportes plásticos (llamados "Carriers") los cuales están fabricados mayormente de Polietileno y que se mueven en el reactor biológico mediante la agitación generada por sistemas de aireación (en el caso de reactores aerobios) o por sistemas mecánicos (en reactores anóxicos o anaerobios). Estos soportes son de tamaño pequeño, pero aún así tienen una elevada superficie específica por unidad de volumen lo cual posibilita el crecimiento de la biomasa y lo pone en ventaja frente a los flóculos biológicos de los reactores convencionales. El crecimiento de la biopelícula en el soporte hace que las capas más internas entren en anaerobiosis, provocando el desprendimiento de la misma de forma automática (proceso identificado como decantación); este hecho hace que la formación de biopelícula necesaria según la carga se dé de forma automática y a su vez que los sólidos desprendidos del soporte conformen el exceso de fangos que hay que extraer del sistema (purga de fangos).

Beneficios

Utiliza menor volumen para el reactor aeróbico que otros sistemas. Mayor eficiencia que todos los otros sistemas existentes (debido a la mayor superficie para el desarrollo de bacterias). Produce mejor calidad del agua. Tiene mayor estabilidad en caso de fluctuaciones en las condiciones del proceso. Larga vida del material debido a su flexibilidad y resistencia a la abrasión. Posee menor requerimiento de energía. Genera menor producción de lodos. Permite tratar aguas residuales de origen doméstico, comercial y municipal. Se pueden operar de manera continua.

Condiciones técnicas de operación

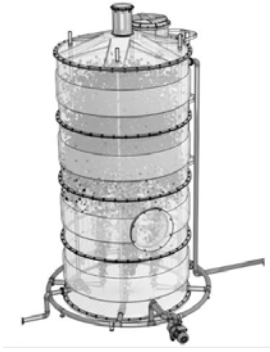
Es necesario reducir previamente la carga contaminante mediante un tratamiento primario de separación de grasas. Si se descompensan o tiene aumento de caudales fuera de diseño, puede generar fuga de lodos. Si tiene puntos muertos o los microorganismos no son los adecuados, puede generar mal olor y fuga de materia orgánica sin digerir. El uso de ciertos plásticos portantes puede ser perjudicial para el medio ambiente.

Además, requiere filtración primaria,cámara de rejas, desarenación, cámara desgrasadora, sistema de desinfección por: UV, cloro líquido, cloro en pastilla, óxido reducción con oxidación avanzada, dióxido de cloro u otro método de eliminación de coliformes.

Biorreactor de lecho móvil (MBBR) para tratamiento de aguas residuales

Casos de aplicación

Este tipo de procesos puede aplicarse tanto a plantas de tratamiento para la biodegradación de materia orgánica, como para instalaciones con eliminación de nutrientes, en aguas residuales urbanas e industriales (ejemplo: planta de tratamiento de aguas urbanas de Lekunberri, Navarra).



Esquema planta MBBR.
Fuente: NYF Sinergy
(https://www.nyfdecolombia.com/plantas/plantas-mbbr)

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Las aguas negras tratadas no pueden reutilizarse. Se requeriría de un sistema complementario para su reutilización. Su impacto es positivo en el manejo de aguas residuales, pero genera una carga de contaminantes en residuos sólidos. El agua negra tratada no puede usarse para regar áreas verdes o para jardines con presencia humana. Requiere de un menor espacio para lograr la separación sólido/líquido.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Liberación del recurso hídrico para el uso en mantención de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (-) No asegura alcanzar la calidad de DS 90/00.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Marca: Ecopreneur
Valores UF, Dólar y Euro del 17/01/2019
Caudal medio: 100 m^3/h
Carga orgánica: 1.900 kgDQO/día

CAPEX: MUSD 1.620
OPEX: 0,3 USD/kgDQO/día

(Fuente: Proveedor ECOPRENEUR)

Información de contacto

Ecopreneur
www.ecopreneur.cl
Chile

Veolia
info.spain@veoliawater.com
www.veoliawatertechnologies.es
España

Referencias y mayor información

Infoenviro. (2009). Procesos avanzados de biomasa fija sobre lecho móvil. Disponible en URL: http://www.veoliawatertechnologies.es/vwst-iberica/ressources/documents/1/16385,Proceso_de_biomasa_fija_sobre_lech.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 163

Reactor aerobio de lecho fijo sumergible (RALFS) para tratamiento de aguas residuales

Objetivo que aborda

Tratar Reusar

Sector de aplicación

Industria Pecuario Agua Potable y saneamiento Servicios

Tipo de solución

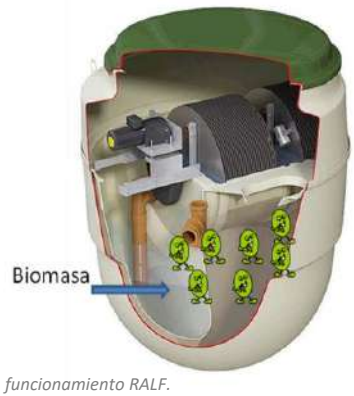
Tecnología Infraestructura

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Tecnología basada en un tratamiento secundario con presencia constante de oxígeno, donde la degradación de materia orgánica se lleva a cabo gracias a la presencia de microorganismos empacados en el reactor. El proceso se lleva a cabo mediante el ingreso del efluente por la cima del reactor el cual permite que el empaque quede totalmente sumergido, mientras que a contracorriente se suministra aire por medio de sopladores y difusores ubicados en el fondo del reactor, el cual permite que se lleve a cabo el proceso aerobio requerido para la degradación de la materia orgánica presente en RILES, formando una biopelícula capaz de alcanzar una alta concentración de biomasa por unidad de volumen.



Esquema funcionamiento RALF.

Fuente: Fundación Chile, 2019

Beneficios

Es de fácil operación y bajo requerimiento de operación y mantención. Es un proceso altamente eficiente. Tiene bajo consumo de energía y costo operativo. Requiere menos espacio en comparación a sistemas convencionales como los lodos activados. Permite la reutilización de estanques. Se adapta frente a tecnologías de tratamiento ya existentes. Genera baja producción de lodo residual. No genera ruidos, ni malos olores. El sistema elimina los coliformes, por lo cual no se requiere de desinfección. La calidad del agua luego del tratamiento permite su reúso o descarga a cursos de agua.

Condiciones técnicas de operación

Requiere operación especializada y control constante de laboratorio con lupa de contraste para identificar los diferentes microorganismos requeridos para las diferentes fases del tratamiento.

Requiere de control respecto a los sólidos suspendidos y al crecimiento bacteriano para evitar posible colmatación del sistema.

Además, se necesita filtración, cámara de rejas, desarenación (pre-tratamiento para la eliminación de sólidos mayores), cámara desgrasadora, sistema de desinfección u otro método de eliminación de coliformes.

Nº FICHA 163

Reactor aerobio de lecho fijo sumergible (RALFS) para tratamiento de aguas residuales

Casos de aplicación

En Noruega los equipos aeróbicos RALFS se emplean para el tratamiento de agua de viviendas aisladas, en acuicultura, en barcos tipo cruceros y en lavanderías de carros.

También se ha empleado en el tratamiento de aguas negras provenientes de restaurantes, hoteles, centros comerciales, hospitales, plataformas petroleras y embarcaciones, así como en el tratamiento de aguas grises de lavandería y en el tratamiento de aguas industriales (sobretodo de la industria textil y pesquera).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Reduce carga contaminante de aguas tratadas que son eliminadas a los sistemas naturales. Genera biogás y bajo volumen de lodo en comparación a sistemas aireados. El agua negra tratada no puede usarse para regar áreas verdes o para jardines con presencia humana.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio
Beneficio: Liberación del recurso hídrico para el uso en mantención de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología
Externalidad: No se identifican.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

HIPRO (Proveedor)
contacto@hipro.com.mx
www.hipro.com.mx
México

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

Fundación Chile (2016). Tecnologías emergentes. Presentación. Disponible en URL: https://fch.cl/wp-content/uploads/2013/09/Tecnolog_as_emergentes_-_parte_II.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 164

Lombrifiltro para tratamiento de aguas servidas

Objetivo que aborda: Tratar, Reusar

Sector de aplicación: Industria, Pecuario, Agua Potable y saneamiento

Tipo de solución: Tecnología, Infraestructura

Escala: Proceso Industrial

Descripción

El lombrifiltro consiste en un estanque relleno por diferentes capas filtrantes, con lombrices en la capa superficial, las que en conjunto con la microbiología allí generada, degradan la materia orgánica y la transforman en humus, agua, CO_2 y otros gases.
El proceso se inicia con una separación primaria de sólidos gruesos, para lo cual se contemplan cámaras de rejas manuales en plantas de menor tamaño y autolimpiantes en plantas de mayor magnitud.

Posteriormente, el agua servida es acumulada en un estanque de homogenización, desde donde se impulsa para ser dispersado por aspersión sobre la superficie del lombrifiltro en donde se produce un proceso de adsorción de las partículas disueltas en el líquido, quedando retenidas en las capas filtrantes para ser posteriormente digeridas por las lombrices y la microbiología existente del sistema.

La materia orgánica del afluente es consumida por las lombrices, pasando una fracción menor de ella a constituir parte de su masa corporal y el resto como deyecciones de las mismas, denominadas comúnmente humus de lombriz.
El efluente es sometido posteriormente a desinfección (cloración) para la reducción de los coliformes fecales.

Beneficios

Permite el reúso del agua tratada, pudiendo recuperar entre un 90 a 95% para utilización en riego. Además, posee bajos costos de inversión y operación. Remoción del 95% de DBO_5 y SS.
Posee una alta eficiencia en el tratamiento de sólidos/líquidos orgánicos. Fácil operación comparado con otros sistemas de tratamiento de aguas residuales.
No utiliza químicos, salvo en la desinfección (cloro gas, hipoclorito de sodio).
La venta de sus subproductos (humus) puede costear parte o el total de los gastos de mantención.
Produce lodos estables que pueden ser utilizados como fertilizante orgánico. El lecho filtrante no se impermeabiliza, ya que el movimiento continuo de las lombrices impiden la colmatación).
Cumple con normas de descargas de aguas en Chile DS90, DS46, DS 609, NCh 1.333.

Condiciones técnicas de operación

Requiere de grandes áreas para su implementación. No resiste periodos largos sin alimentación, siendo sensible a fluctuaciones relevantes de caudales.

No es recomendable para tratar grandes volúmenes de efluente. Puede ser utilizado en el tratamiento de ciertos RILES, agregando un pre y post tratamiento más intensivo según sus características. No puede recibir RILES con metales, tóxicos o pesados.

Casos de aplicación

Posee más de 153 instalaciones exitosas a lo largo de Chile, Nueva Zelanda, España y Brasil, se destaca a modo de ejemplo:

- Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de Planteles Reproductores de Cerdos de Agrosuper (Extensión: 13.000 m^2).
- Planta de tratamiento de Aguas Servidas de San Ramón, Comuna de Freire, Región de la Araucanía (Población: 4.000 habitantes).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
Impacto positivo. Reduce carga orgánica sobre sistemas acuáticos continentales. Estado de salud de los sistemas debería mejorar. Se reduce presión sobre recursos hídricos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Liberación del recurso escaso agua potable.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Reduce descarga al mar de aguas servidas.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Valores UF, Dólar y Euro del 31/11/2018

Nº Habitantes: 6.250
Caudal Medio: 1.000 m^3/día
Carga Orgánica: 250 $kgDBO_5$/día

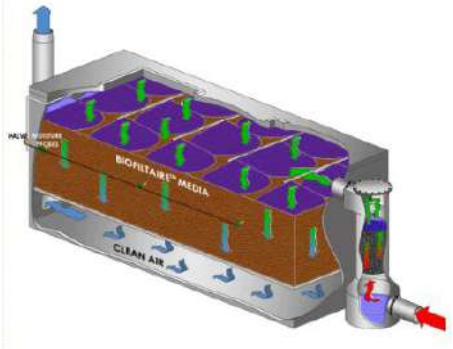
Costos PTAS
CAPEX: USD 1.002.121
OPEX: 45.004 USD/año

Costos PTAS + Obras Anexas
CAPEX: USD 1.193.126
OPEX: 46.249 USD/año

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Manantial (Proveedor)
manantial@manantial.cl
www.manantial.cl
Chile



Esquema funcionamiento lombrifiltro.
Fuente: Fundación Chile

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 165

Biofiltros para tratamientos de aguas servidas

Objetivo que aborda: Tratar, Reusar

Sector de aplicación: Industria, Pecuario, Agua Potable y saneamiento

Tipo de solución: Tecnología, Infraestructura

Escala: Proceso Industrial

Descripción

Los Biofiltros o Filtros Percoladores son estanques generalmente circulares rellenos con medio de soporte de roca o plástico, a través del cual fluye verticalmente el afluente, el que es recogido junto a la biomasa en exceso que se desprende del medio (a través de un fondo falso) para pasar a la sedimentación secundaria y posteriormente a la cámara de desinfección para generar un efluente tratado.

Beneficios

Permite remover biomasa que proviene de un proceso de tratamiento previo. Presenta estabilidad ante variaciones de la carga y concentración afluente. Posee bajos costos de operación y mantenimiento comparados con otros procesos.
Produce un lodo estable concentrado (en general bien floculado y fácil de decantar). Fácil puesta en marcha luego de una detención.

Condiciones técnicas de operación

Presenta baja posibilidad de incluir remoción de nutrientes en el proceso. Requiere de sedimentación primaria para disminuir los sólidos suspendidos afluentes a la componente biológica. Presenta riesgo de desarrollo de moscas *psychoda*, especialmente en climas cálidos o templados durante las estaciones de alta temperatura. Requieren de un eje hidráulico de tres o más metros de desnivel. En las versiones de alta tasa, requieren de un gasto de recirculación que hay que bombear.

Casos de aplicación

IMTA (Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua) desarrolló un sistema de biofiltración para tratamiento de agua residual municipal, con capacidad de 1,5 L/s.

Biofiltro.
Fuente: Unidad de Ecotecnologías, México (http://ecotec.unam.mx/Ecotec/ecoteca/biofiltro)

Biofiltros para tratamientos de aguas servidas

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto es positivo, tratamiento de aguas servidas debería disminuir cargas contaminantes orgánicas sobre ecosistemas acuáticos. El impacto positivo es bajo ya que es un sistema con potencial impacto sanitario, la carga orgánica genera malos olores, potencial contaminación sobre suelo y aguas subterráneas con lodos. debe ser manejado adecuadamente.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Liberación del recurso hídrico para el uso en mantención de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: No se identifican.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Marca: NSW

RIL a tratar: Industria Láctea
Caudal medio: 20 m^3/h
Carga orgánica: 423 kg DBO_5 /día

Costo Inversión. USD 375.000

Costo Operación: 0,023 USD/m^3

Fuente: Proveedor ECOPRENEUR.

Información de contacto

Ecopreneur (Proveedor)
https://www.ecopreneur.cl/
Chile

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 166

Reactores Biológicos Secuenciales (SBR) para tratamiento de aguas servidas

Objetivo que aborda: Tratar, Reusar

Sector de aplicación: Industria, Pecuario, Agua Potable y saneamiento

Tipo de solución: Tecnología, Infraestructura

Escala: Residencial, Proceso Industrial

Descripción

Los reactores biológicos secuenciales (SBR) son reactores discontinuos en los que el agua residual se mezcla con un lodo biológico en un medio aireado y es considerada una variante optimizada del proceso de lodos activados. El proceso combina en un mismo tanque: reacción, aireación y clarificación, operando de forma discontinua y secuencial, conteniendo a lo menos cuatro procesos cíclicos los cuales consideran un Tiempo de Retención Hidráulico de 1-10 días: llenado, reacción, decantación y vaciado.
El proceso parte con la apertura de la válvula de entrada y llenado del tanque (proceso llamado "Llenado Estático"), donde por medios mecánicos sin presencia de aire se realiza la mezcla. Luego, durante la segunda etapa y utilizando bombas mecánicas fijas, flotantes o por transferencia de aire desde difusores ubicados en el piso del tanque se produce la aireación del licor mezcla para eliminar las posibles espumas superficiales y preparar a los microorganismos para recibir el oxígeno necesario para efectuar la degradación biológica. Posteriormente, en una tercera etapa llamada “Etapa de Decantación” se produce el reposo necesario para efectuar la sedimentación de los lodos. Finalmente, en una cuarta etapa, “Etapa de Vaciado”, se abre la válvula de salida permitiendo que el agua tratada se retire y conservando la concentración de lodo necesaria para el proceso, eliminando el excedente.

El tratamiento es apto para diversos tipos de vertimientos, entre los que se encuentran aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales, aguas sintéticas, lixiviados, entre otros.

Beneficios

Presenta bajo requerimiento de espacio debido a su diseño compacto. Tiene menores costos de inversión ya que no requiere bomba para el retorno de lodos y sólo se utiliza un estanque. Posee estabilidad y flexibilidad frente a variaciones de carga y caudal. Genera como subproducto lodos estabilizados los cuales se pueden conservar para la siguiente operación evitando la emanación de malos olores.
La calidad de lodo depende del efluente a tratar y el cual puede ser utilizado como mejorador del suelo, fertilizante o para obtener biogás. Genera mayor retención de biomasa comparado con el sistema de lodos activados.
Permite mayor control sobre el crecimiento de microorganismos filamentosos. Posee una eficiencia en la remoción de DBO_5 y SST de 85 - 95%, nitrógeno y fósforo.

Condiciones técnicas de operación

Requiere capacitación técnica para los usuarios.
Presenta altos requisitos de mantenimiento.
Requisitos específicos de nutrientes como sulfato de aluminio (Piedra Alumbre) para eliminar los compuestos de fósforo del licor.
Si tiene puntos muertos o los microorganismo no son lo adecuados puede generar olor y no producir una separación de fases acorde a los porcentajes esperados.
No es aplicable a todo tipo de efluente orgánico, ya que la presencia de compuestos tóxicos puede afectar negativamente el desempeño de este tratamiento.

Reactores Biológicos Secuenciales (SBR) para tratamiento de aguas servidas

Requiere además, un tratamiento de filtración mediante cámara de rejas, desarenación, cámara desgrasadora y sistema de desinfección (UV, cloro liquido, cloro en pastilla, óxido- reducción con oxidación avanzada, dióxido de cloro u otro método de eliminación de coliformes).

Casos de aplicación

Puesta en marcha de PTAR-SBR de Tlaxco, Tlaxcala
Capacidad: 30 L/s. Habitantes beneficiados: aprox. 13.371 personas.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo al reducir la descarga de aguas residuales sin tratar a los sistemas acuáticos, evitando eutrofización, contaminación de suelos, napas subterráneas y problemas sanitarios. Sin embargo, requiere de gestión de lodos (dragado) para evitar impactos negativos colaterales. Otros impactos negativos sobre medio ambiente (aguas, suelo) pueden darse por mal manejo de la tecnología de usuarios poco preparados.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Liberación del recurso hídrico para el uso en mantención de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: No se identifican.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Sistema SBR. Fuente: Aema (http://aguasindustriales.es/ventajas-y-desventajas-de-los-reactores-biologicos-secuenciales-sbr/)

Costos referenciales

Valores UF, Dólar y Euro del 31/11/2018

Nº Habitantes: 6.250
Volumen de diseño: 1000 m³/día
Costos PTAS:
CAPEX: USD 1.464.081
OPEX: 72.273 USD/año
Costos PTAS + Obras Anexas
CAPEX: USD 1.634.137
OPEX: 73.492 USD/año

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Beckart (Proveedor)
www.beckart.com.mx
México

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

QuimiNet. (s.f.). Proveedores de Reactores tipo batch. Disponible en URL: https://www.quiminet.com/productos/reactores-tipo-batch-115326758516/proveedores.htm

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 167

Tratamiento con lodos activados para su aplicación en aguas servidas

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

Tratamiento biológico aerobio de biomasa suspendida cuyo objetivo principal es la coagulación y eliminación de sólidos coloidales no sedimentales y la estabilización de materia orgánica. El principio básico del proceso consiste en que las aguas residuales se ponen en contacto con una población microbiana mixta (bacterias heterótrofas responsables de la degradación de la materia orgánica), en forma de suspensión floculenta en un sistema aireado y agitado. La materia en suspensión y la coloidal son eliminadas rápidamente de las aguas residuales por adsorción y aglomeración en los llamados "flóculos microbianos" (conocidos también como lodos), los cuales en una tercera etapa se separan del agua (por sedimentación o flotación) para posteriormente pasar a una etapa de filtración y desinfección. Todo esto en estanques secuenciales que pueden encontrarse enterrados, semienterrados o sobre losa dependiendo de la calidad del terreno y del ambiente donde se instalarán.

Se destaca además que los sistemas de lodos activados más utilizados son aireación extendida (o lodos activados de baja carga); convencional (o lodos activados de carga media), lodos activados de alta carga y zanjas de oxidación. Cada uno con ventajas y desventajas ya sea en términos de inversión, costo de operación, espacio, mantención, supervisión y control y estabilidad del proceso frente a cambios en el agua residual.

Beneficios

Es un sistema compacto que funciona en forma continua y de alta eficiencia, de fácil control y operación.

Los lodos generados son altamente mineralizados por lo cual no requieren de un tratamiento posterior.

Tiene la posibilidad de regular energía consumida para variaciones de carga orgánica. Elimina los olores característicos de la descomposición anaeróbica.

Con este tratamiento se puede remover la DBO_5 entre un 85 a 98% y el nitrógeno hasta 90%.

Los lodos estabilizados generados pueden ser aprovechados como fertilizantes, mejoradores de suelo o como medio de obtención de biogás.

A nivel residencial cada casa o condominio de casas puede reutilizar sus agua para regadíos o infiltrar el agua con un sistema sencillo, con bajo costo de operación y bajo nivel técnico para operar.

Condiciones técnicas de operación

Requiere tener una lupa de contraste para vigilar que la flora microbiana sea mayoritariamente beneficiosas para las plantas aireadas. Los microorganismos aeróbicos consume menos masa orgánica que los anaeróbicos. La descompensación o el aumento de caudales fuera de diseño puede generar fuga de lodos. Si la planta de tratamiento tiene puntos muertos o los microorganismos no son los adecuados, se genera mal olor y fuga de materia orgánica sin digerir, por lo cual se requiere de supervisión mensual o bimensual. Posee altos costos de operación, asociados fundamentalmente a los requerimientos de oxígeno, los que se proveen en forma mecanizada.

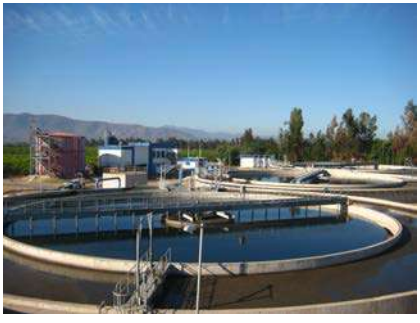
Nº FICHA 167

Tratamiento con lodos activados para su aplicación en aguas servidas

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Casos de aplicación

Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Corral, Región de Los Lagos, donde las aguas fueron tratadas por lodos activados modalidad aireación extendida, cumpliendo con el DS90 en lo que respecta a la calidad de aguas residuales descargadas a cuerpos de agua fluviales. Su diseño fue para 1.250 habitantes, cuya dotación de agua potable es 224,71 L/hab/día y considerando un factor de recuperación de 0,9, permitiendo evacuar un caudal medio de 734 y 1.488 m^3/día como caudal máximo.



Tratamiento lodos activados.
Fuente: Fundación Chile

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Su impacto es bajo, depende de cada unidad habitacional (caso aplicación residencial). El agua negra tratada no puede usarse para regar áreas verdes o para jardines con presencia humana. Si se descompensa o tiene aumentos de caudal fuera del diseño empieza a generar arrastre de lodos fuera de la planta.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Liberación del recurso hídrico para el uso en mantención de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: No se identifican.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación.

Costos referenciales

Valores UF, Dólar y Euro del 31/11/2018
Nº Habitantes: 6.250
Volumen de diseño: 1.000 m^3/día

Costos PTAS
CAPEX: USD 1.610.489
OPEX: 84.108 USD/año
Costos PTAS + Obras Anexas
CAPEX: USD 1.797.551
OPEX: 85.326 USD/año

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Manantial (Proveedor)
manantial@manantial.cl
www.manantial.cl
Chile

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

Aguasin. (2007). Proyecto "Suministro e Instalación Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Corral". Memoria de Cáculo y Dimensionamiento. Disponible en URL: http://infota.siss.cl/concesiones/empresas/ESSAL/06%20Informaci%C3%B3n%20entregada%20por%20la%20empresa/INFORMACION%20EXCEPCIONAL/PTAS/PTAS%20COR/03%20Memoria/Memoria%20de%20C%C3%A1lculo%20Corral.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 168

Lodos Activados en Cultivo Fijo (Fixed-Bed Biofilm Activated Sludge - FBAS)

Objetivo que aborda

Tratar Reusar

Sector de aplicación

Industria Pecuario Agua Potable y saneamiento Servicios

Tipo de solución

Tecnología Infraestructura

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Sistema que consiste en el uso de medios naturales y de ingeniería para proveer un hábitat adecuado a diversos cultivos bacterianos adheridos a un medio fijo que metabolizan los contaminantes presentes en el agua residual.
El sistema utiliza biopelículas activas tanto de plantas naturales como de ingeniería, todo en un edificio completamente cerrado y con sistema de eliminación de olores, permitiendo reducir significativamente el área y los costos operacionales cuando se compara con sistemas tradicionales de tratamiento como lodos activados, en la forma de un jardín botánico totalmente acorde con el medioambiente.

Beneficios

Proceso altamente eficiente asociado a una biología diversa. Produce menos lodo que los sistemas del tipo convencional producto del uso de las raíces de las plantas y la bio-fibra del medio fijo.
La combinación lleva a un CAPEX menor y maximiza la eficiencia operativa. En promedio, cerca del 50% de la energía consumida en una PTAS corresponde a los sopladores que permiten mantener la biomasa viva y suspendida en el tanque. Como la mayor parte de la biomasa en este sistema es del tipo fija, la concentración de sólidos en los reactores es menor. Como la transferencia de oxígeno es más eficiente en aguas claras, el sistema requiere menos aire para mantener el ecosistema con vida.

Condiciones técnicas de operación

Posee altos costos de operación, asociados fundamentalmente a los costos de energía eléctrica para satisfacer requerimientos de oxígeno que se proveen en forma mecanizada.
Requiere de personal capacitado, además de un control permanente, tanto operativo como de análisis de laboratorio.

Casos de aplicación

Organica Water desarrolló un biofilm que se implementa también en un reactor de cadena alimenticia que ha sido aplicado en:

- Prologis Logistics Center, Harbor Park, Budapest, Hungary
  Capacidad: 300 m³/día (2.800 PE)
  Se considera una Población Equivalente de diseño (PE) de 2800, la que corresponde a la población doméstica más una población equivalente aportado por RILes u otros.
  Tipo: Comercial. Año 2000
- Barzkowice Poland
  Capacidad: 110 m³/día (750 PE)
  Tipo: municipal. Año 2003
- Silver Star Shenzhen, China
  Capacidad: 400 m³/día (1.700 PE)
  Tipo: municipal. Año 2008
- Brionne, France
  Capacidad: 2.500 m³/día (9.500 PE)
  Tipo: municipal. Año 2011
- Bekasi Fajar Cibitung, Indonesia
- Capacidad: 2.000 m³/día
- Tipo: industrial. Año 2017

Lodos Activados en Cultivo Fijo (Fixed-Bed Biofilm Activated Sludge - FBAS)

Vista del biofilme utilizado en el tratamiento.
Fuente: https://www.organicawater.com/facility/

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Marca: Orgánica Water

Caudal: 1.080 m^3/h
Carga: 18.040 kgDQO/día
9.020 $kgDBO_5$/día

CAPEX: MUSD 16.230
OPEX: 0,15 USD/m^3

(Fuente: Proveedor ECOPRENEUR)

Información de contacto

Ecopreneur
Representante de Organica Water.
https://www.ecopreneur.cl/
Chile

Referencias y mayor información

Organica. Our references. Disponible en URL: https://www.organicawater.com/references/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 169

Reactor anaerobio para tratamiento de aguas residuales

Objetivo que aborda

Sector de aplicación

Tipo de solución

Escala

Descripción

Los reactores anaerobios también conocidos como Biodigestores son empleados para tratar sustratos concentrados con alto contenido de sólidos. Su clasificación basada en el tipo de biomasa distingue reactor anaerobio de biomasa suspendida (donde los microorganismos forman flóculos o gránulos dentro del reactor) y reactor anaerobio de biomasa fija (donde la biomasa constituida por bacterias forma una película sobre un soporte inerte permitiendo la captura de partículas sólidas). La tecnología se basa en la degradación anaerobia (conocida como fermentación) la cual no requiere oxígeno, y logra su objetivo de descomposición mediante reacciones bioquímicas capaces de generar un gas, cuyos principales componentes son el CO_2 y CO y su aplicación se encuentra tanto en procesos industriales como en aguas servidas domiciliarias.

Beneficios

No hay necesidad de suministrar oxígeno por lo que el proceso es más económico. Presenta menor consumo energético.
Posee bajo requerimiento de nutrientes inorgánicos como nitrógeno y fósforo. Produce baja cantidad de lodos (20% menos comparado con el sistema de lodos activados).
Los lodos generados se pueden disponer como abono y mejorador de suelos. El gas generado durante la degradación orgánica se puede aprovechar como fuente de energía.
Resulta eficiente en la reducción de DQO de 65 - 80% y TRH de 6 a 10 horas.

Condiciones técnicas de operación

Se requiere un manejo técnico de gases en conjunto con el tratamiento de agua liberada.
Si no se genera gas no funciona el sistema. Requieren de un mayor tiempo de contacto o retención hidráulica, lo cual impide tratar grandes volúmenes de agua residual.
Presenta dificultades para tratar aguas con baja carga orgánica.
Por lo general, se requiere de un post-tratamiento (comúnmente de carácter aerobio) ya sea para descargar en los cuerpos receptores o para su reúso.
La producción de malos olores asociado al H_2S (gas sulfhídrico) son su principal desventaja, aunque puede controlarse mediante diseño y ubicación adecuada.
En zonas templadas y frías se requiere la regulación de la temperatura que ingresa al tratamiento, lo cual podría involucrar un costo adicional.

Reactor anerobio
Fuente: Aqua Limpia Engineering (/www.aqualimpia.com)

Reactor anaerobio para tratamiento de aguas residuales

Casos de aplicación

América Latina es la región con mayor número de plantas de tratamiento de agua residual anaerobias, siendo el reactor UASB el de mayor aplicación para el tratamiento del agua residual domiciliaria.

- **En el establecimiento Cabañas Argentinas del Sol**, en Marcos Paz (Argentina), se instaló un sistema de biodigestores que permite eliminar el problema de la polución (por olores de bosta de cerdo) y obtener energía.
- **Planta de Biogás instalada en la planta depuradora de aguas servidas La Farfana** (Aguas Andinas) RM, tiene capacidad para dar saneamiento a las descargas de 5 millones de habitantes de la cuenca de Santiago. La obra implicó una inversión cercana a los US$ 320 millones.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo bajo, ya que si bien trata las aguas residuales y con ello reduce cargas contaminantes sobre aguas y suelos, esta tecnología presenta problemas de operación y olores, y aumento de temperatura. El agua negra tratada no puede usarse para regar áreas verdes o para jardines con presencia humana si mantiene niveles de metales pesados por sobre la norma o microrganismos patógenos, los que generan daños en la salud de las personas, suelos y aguas.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Liberación del recurso hídrico para el uso en mantención de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: No se identifican.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

HIPRO (Proveedor)
contacto@hipro.com.mx
www.hipro.com.mx
México

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

Crombet Grillet, S., Abalos Rodríguez, A., Rodriguez Pérez, S., & Pérez Pompa, N. (2016). Evaluación el tratamiento anaerobio de las aguas residuales de una comunidad universitaria. Revista Colombiana de Biotecnología, XVIII(I), 49 - 56. Disponible en URL: http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v18n1/v18n1a05.pdf

Emol. (29 de Octubre de 2003). Se inaugura planta de tratamiento de aguas servidas La Farfana. Emol. Disponible en URL: https://www.emol.com/noticias/nacional/2003/10/29/127589/se-inaugura-planta-de-tratamiento-de-aguas-servidas-la-farfana.html

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 170

Reactor anaerobio de flujo ascendente y manto de lodos (UASB)

Objetivo que aborda

Tratar Reusar

Sector de aplicación

Industria Pecuario Agua Potable y saneamiento Servicios

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Tecnología desarrollada en Holanda cuya principal característica es su capacidad de retener biomasa sin necesidad de ningún medio de soporte gracias a la formación de gránulos entre bacterias, lo cual le confiere ventajas técnicas económicas. El reactor se conforma de dos secciones principales: el manto de lodos y el separador gas (gas, líquido y sólido). El proceso comienza cuando el efluente ingresa desde el fondo del tanque atravesando el manto de lodos constituido por microorganismos capaces de degradar los contaminantes orgánicos. La degradación en sí genera biogás el cual provoca una circulación interna que colabora en la formación y mantenimiento de los gránulos. Este finalmente se desplaza hacia la parte superior donde se concentra en el separador gas y sólidos sedimentados en la parte inferior, permitiendo así la recuperación del agua tratada por la parte superior del reactor. Cuando el proceso genera lodos en exceso (los cuales se encuentran sedimentados en el fondo del reactor) estos quedan aptos para ser eliminados por purga.
El sistema en sí es capaz de alcanzar entre un 70 y 80% de remoción de materia orgánica al tratar agua residual municipal y tiempo de retención de sólidos es aproximadamente de 30 días.

Beneficios

Posee un bajo consumo eléctrico. Eficiente al soportar alta carga orgánica en el afluente.
Relativamente tolerante a variaciones en las concentraciones de contaminantes. Sostenible al tener bajos costos de inversión y operación por m^3 de agua tratada.
Su operación es sencilla por lo cual no es necesario contar con personal especializado para su funcionamiento. Produce biogás susceptible de ser aprovechado energéticamente. Es versátil ya que puede combinarse con otros procesos aerobios.
Genera mínima cantidad de lodos, los cuales presentan alto grado de mineralización, concentración y fácil deshidratación. Reducida emisión de olores gracias a su diseño de reactores cerrados. La eficacia del tratamiento a un TRH (Tiempo de Retención Hidráulico del Agua) medio de 5 - 6 horas es la remoción de 65 - 80% de DBO_5 y 67 - 81% SS, 70% de eliminación de patógenos.

Condiciones técnicas de operación

- El comienzo del proceso es lento y requiere de un período de 8 a 12 semanas de adaptación.
- El proceso es sensible a la presencia de compuestos tóxicos.
- La reducción de bacterias patógenas es relativamente baja.

Nº FICHA 170

Reactor anaerobio de flujo ascendente y manto de lodos (UASB)

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Casos de aplicación

El tratamiento anaerobio de efluentes domésticos es aplicado desde fines de siglo XIX, siendo su primer modelo de implementación bajo la forma de "Tanque biolítico". Actualmente, es bastante utilizado en efluentes industriales y para la generación de biogás.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Impacto positivo dado que junto con tratar el efluente, genera como subproducto biogás. Produce menos volumen de lodos que sistemas aireados.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de la contaminación en el agua.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Genera mínima cantidad de lodos. (+) Bajo consumo eléctrico.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Reactor para tratamiento anaerobio.
Fuente: Catálogo productos Rotoplas (https://rotoplas.com.mx/catalogo/reactor-uasb/)

Costos referenciales

Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (UASB)
Caudal: 135 m^3/h
Carga: 10.500 kgDQO/día

CAPEX: MUSD 2.580
OPEX: 0,02 USD/kgDQO/día

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Rotoplas (Proveedor)
www.rotoplas.com.mxa
México

Referencias y mayor información

Lorenzo, Y., & Obaya, M. (2006). La digestión anaerobia y los reactores UASB. Generalidades. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, XL(1), 13-21. Disponible en URL: https://www.redalyc.org/pdf/2231/223121549002.pdf

Rotoplas. (s.f.). Reactor UASB. Disponible en URL: https://rotoplas.com.mx/catalogo/reactor-uasb/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 171

Biodiscos (CBR) para tratamiento de aguas servidas

Objetivo que aborda: Tratar, Reusar

Sector de aplicación: Industria, Pecuario, Agua Potable y saneamiento, Servicios

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial

Descripción

Tratamiento secundario con presencia de oxígeno constante formado por un conjunto de discos de material determinado (madera, polietileno corrugado, PVC) que giran en torno a un eje horizontal, situados dentro del reactor. Sobre el reactor se desarrolla gradualmente una película de biomasa bacteriana (microorganismo empacados), que utiliza la materia orgánica soluble presente en el agua residual como sustrato para su metabolismo.

Cuando la superficie del disco se encuentra en contacto con el aire, la biomasa adherida al disco toma el oxígeno necesario para que durante el período de inmersión se produzca la degradación de la materia orgánica presente en el agua residual. Su principal objetivo es la remoción de DBO_5 (80 - 95% dependiendo del tipo de agua a tratar) y el pulido de efluentes nitrificados. Puede ser usado en núcleos urbanos de bajo tamaño.

Beneficios

Esta tecnología tiene un bajo consumo de energía, es simple de operar y mantener. Posee un buen comportamiento frente a tóxicos, buena resistencia frente a sobrecargas puntuales y un bajo requerimiento de espacio para su implementación.
Al tener un breve tiempo de retención hidráulica (TRH) no son necesarias grandes estructuras para la acumulación de agua objeto de tratamiento.
Además, no produce contaminación acústica, es de fácil instalación, debido a su construcción ejecutada de manera modular y no requiere compresores de aire para su funcionamiento.

Volumen del reactor reducido, lo que es favorable cuando el área disponible para el tratamiento no es extensa.

Condiciones técnicas de operación

Es una tecnología relativamente nueva por lo que los parámetros de diseño no están bien definidos.
El apoyo mecánico del eje de rotación debe ser muy robusto y con graseras incorporadas porque al recibir todo el peso de los discos o cilindros su desgaste es acelerado.
En la operación, los principales problemas lo constituyen los bajos niveles de oxígeno disuelto en el medio, la escasez de biomasa adherida a los biodiscos y la acumulación de sólidos en lugares no deseados.
Si se descompensan o tiene aumento de caudales fuera de diseño genera fuga de lodos.
Para asegurar un funcionamiento adecuado debieran estar cubiertos con protección frente al viento, el lavado por lluvias intensas y evitar problemas de congelamiento. Si tiene puntos muertos o si los microorganismos no son los adecuados puede generar olor y empezar a tener fuga de materia orgánica sin digerir.
Además, requiere de un sistema de filtración, cámara de rejas, desarenación y cámara desgrasadora.

Biodiscos (CBR) para tratamiento de aguas servidas

Casos de aplicación

El biodisco se usó por primera vez en Alemania en 1900 y en 1929 en los Estados Unidos. En ambos casos fueron construidos de madera. En 1950 se realizaron pruebas con discos de plástico y casi al mismo tiempo con poliestireno expandido. En 1957 comenzaron a fabricarse para el uso en plantas de tratamiento de aguas residuales y en Alemania en 1969 fue puesta en marcha la primera planta de tratamiento de aguas residuales.
Actualmente, su aplicación a nivel residencial es predominantemente para poblaciones entre 3.000 y 6.000 habitantes.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Reduce niveles de contaminación en las aguas. El manejo de lodos residuales debe ser manejado para no generar impactos negativos, por contenidos tóxicos. El agua negra tratada no puede usarse para regar áreas verdes o para jardines con presencia humana.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Liberación del recurso hídrico para el uso en mantención de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: No se identifican.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Instalación de biodiscos.
Fuente: www.aguasresiduales.info/

Costos referenciales

Valores UF, Dólar y Euro del 31/11/2018
Nº Habitantes: 6.250
Volumen de diseño: 1.000 m³/día

Costos PTAS
CAPEX: USD 1.111.413
OPEX: 58.415 USD/año

Costos PTAS + Obras Anexas
CAPEX: USD 1.206.790
OPEX: 58.813 USD/año

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Aguamarket (Proveedor)
www.aguamarket.com
Chile

Referencias y mayor información

AGUASRESIDUALES.INFO. (s.f.). BIODISCOS, la solución perfecta en el tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Disponible en URL: https://www.aguasresiduales.info/expertos/tribuna-opinion/biodiscos-la-solucion-perfecta-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-pequenas-pobl-amVHc

Condorchem Envitech. (s.f.). Sistemas con reactores aeróbicos para tratar aguas residuales. Disponible en URL: https://blog.condorchem.com/tag/biodiscos/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 172

Tratamientos biológicos de compuestos con nitrógeno

Objetivo que aborda: Tratar

Sector de aplicación: Industria, Pecuario, Agua Potable y saneamiento, Servicios

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial

Descripción

Este proceso permite que los compuestos con nitrógeno sufran una serie de transformaciones como consecuencia de la acción de distintos organismos, por ejemplo, grupos de bacterias autótrofas (Nitrosomonas y Nitrobacter) que llevan a cabo una nitrificación (con demanda de oxígeno) y otra serie de bacterias desnitrificantes que llevan a cabo la eliminación de NO_3, proceso que en su conjunto es conocido como nitrificación-desnitrificación. Entre los diferentes tratamientos existen:

- noNO3® (tecnología de biofiltración para la eliminación de nitratos)
- SHARON (sistema de un solo reactor para la eliminación biológica de nitrógeno vía nitrito)
- ANAMMOX (Oxidación anaeróbica de amonio)
- BABE (Potenciación de organismos nitrificantes)

La conformación del sistema requiere de dos reactores consecutivos donde se lleva a cabo la eliminación de compuestos con nitrógeno: un reactor aerobio seguido de otro con condiciones anóxicas, el cual requerirá de la adición de fuentes de carbono para el desarrollo de las bacterias desnitrificantes. El sistema en su conjunto suele ser semejante al proceso de lodos activados, utilizando los reactores mencionados.

Beneficio

La tecnología noNO3® posee altos niveles de reducción de nitrato (hasta un 90-95%), bajos consumo de agua para los lavados (entre un 15 y un 5%), capacidad de reutilizar el agua de lavado o de verter directo al alcantarillado, instalación sencilla y sin necesidad de complejos proyectos, bajo consumo eléctrico, lo que permite uso de fuentes de energías alternativas.

La tecnología ANAMMOX resulta un método económico para tratar efluentes con alto contenido de nitrógeno y baja materia orgánica. En materia ambiental, provoca una menor producción de CO_2, N_2O y lodos comparado con el proceso de nitrificación - desnitrificación tradicional, genera una baja producción de lodo (reduciendo los costos de operación) con bajo consumo energético.

Condiciones técnicas de operación

Estos tipos de tratamientos biológicos no permiten cerrar el ciclo del nitrógeno, a diferencia de los procesos de recuperación.
El coste de inversión es relativamente elevado, según el número de equipos que deben considerarse, además, necesita un control riguroso del proceso a causa de la gran cantidad de variables que intervienen en él (composición del residuo, cargas aplicadas, diferencias de poblaciones bacterianas, temperatura, entre otros)
El proceso resulta sensible a la presencia de tóxicos e inhibidores, entre los cuales se encuentra el mismo sustrato durante la nitrificación.
El proceso ANAMMOX específicamente, requiere de un largo periodo de puesta en marcha, por lo cual el proceso debe arrancar en bioreactores que tengan una buena retención de biomasa. Además, su actividad se inhibe en presencia de oxígeno, nitrito materia orgánica y antibióticos.

Casos de aplicación

El ANAMMOX se ha aplicado en Países Bajos como en el proyecto **Waterboard Hollandse Delta** (agua de rechazo, con una capacidad alcanzada de 750 kg N/día) y **Waterstromen** (planta procesadora tratando 700 kg N/día).

Tratamientos biológicos de compuestos con nitrógeno

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Reduce los contenidos de nitrógeno en las aguas, lo que favorece control de trofía en las aguas. La tecnología requiere gran precisión de manejo con altos costos asociados.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Eventual generación de aguas grises.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología
Externalidad: (-) No permite cerrar el ciclo del nitrógeno. (+) Bajo consumo energético.
Conflicto: No se aprecia.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Tratamiento Anammox en Radboud University Nijmegen Fuente: Wikimedia Commons, the free media repository (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anammox_sbr.jpg)

Costos referenciales

Sistema de tratamiento de efluentes con alto contenido de Nitrógeno Amoniacal y DQO. Considerando la concentración del afluente, se debe remover la DQO previamente al ANNAMOX, por lo que se considera Tratamiento Anaeróbico Thiopac + Annamox + Biolak (pulido aeróbico)

Marca: Annamox Paques
Sistema Tratamiento: Tratamiento Anaeróbico Thiopac + Annamox + Biolak (pulido aeróbico)

Caudal: 78 m^3/h
NH_3: 12.000 mg/L
DQO: 5.000 mg/L

COSTO INVERSION PLANTA COMPLETA:
5.000.000 USD

COSTO INVERSION SOLAMENTE ANNAMOX:
1.500.000 USD

(Fuente: Cotización ECOPRENEUR)

Información de contacto

Tratamiento ANAMMOX Proveedor: PaquesDHV (Proveedor)
info@paques.com.br
www.paques.nl
Brasil

Referencias y mayor información

Figueroa, M., Val del Río, Á., Morales, N., Mosquera-Corral, A., Méndez, R., & Campos, J. (2011). Anammox: Hacia una eliminación sostenible del amonio en los efluentes de digestores anaerobios de purines . Revista Técnica de Medio Ambiente (15), 84-90. Disponible en URL: https://www.researchgate.net/publication/262057329_Anammox_Hacia_una_eliminacion_sostenible_del_amonio_en_los_efluentes_de_digestores_anaerobios_de_purines

Rodríguez Fernández-Alba, A., Letón García, P., Rosal García, R., Dorado Valiño, M., Villar Fernández, S., & Sanz García, J. (2006). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Informe de vigilancia tecnológica. Confederación Empresarial de Madrid (CEIM). Disponible en URL: https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2_Tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 173

Tratamiento biológico de fósforo

Objetivo que aborda	Sector de aplicación				Tipo de solución	Escala
Tratar	Industria	Pecuario	Agua Potable y saneamiento	Servicios	Tecnología	Proceso Industrial

Descripción

El control de las emisiones de fósforo procedentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales es un factor clave para la prevención de la eutrofización de las aguas superficiales.
Tradicionalmente la eliminación del fósforo, en forma de fosfato, se ha realizado por precipitación utilizando calcio. Sin embargo, en los últimos años se han desarrollado tecnologías que permiten aprovechar la capacidad de ciertos microorganismos de asimilar este nutriente e integrarlo en su crecimiento celular (ejemplo Acinobacter). Estos métodos están basados en someter inicialmente a la masa bacteriana a un ambiente anaerobio, donde los microorganismos tienen tendencia a no consumir fósforo para el crecimiento debido a la presencia de ácido acético. Sin embargo, si posteriormente son sometidos a un sistema aerobio, consumen el fósforo, momento en el que se sedimentan y separan. Este es un proceso mixto (químico y biológico), cuyo mecanismo consta de una celda compartimentalizada, en la que se someten a diferentes ambientes de presencia y ausencia de oxígeno.

Entre los distintos sistemas se encuentran:

- Proceso PhoStrip que recupera eficientemente el fósforo como fosfato de calcio cristalizado de las aguas residuales que contienen bajas concentraciones de fósforo, como las aguas residuales.
- Proceso Banderpho y Phoredox, ambos desarrollados por James Barnard, el primero Sudafricano y el segundo estadounidense.

Beneficios

Estos procesos permiten la eliminación de fósforo causante de la eutrofización, incluso esta tecnología puede competir con la eliminación del fósforo mediante precipitación química, la cual resulta ser más costosa y causar el aumento del volumen de lodo hasta un 40%.

Phostrip

- Reduce la concentración de fósforo en el efluente por debajo de 0,5 mg/L de forma estable independiente de la fluctuación del volumen y la calidad del agua a tratar.
- Reduce los costos operacionales por concepto de bajos precios de productos químicos utilizados.
- Permite recuperar fósforo puro sin metales pesados.
- Disminuye la generación de lodos en comparación a la precipitación química.

Phoredox

- Presenta una mayor separación de fósforo comparado con una planta convencional de lodos activos no diseñada para nitrificación.

Condiciones técnicas de operación

La aplicación de esta tecnología genera dificultades operacionales para regular el proceso. Además, requiere personal calificado, lo que puede encarecer los costos de operación y mantenimiento.
Las aguas residuales urbanas suelen contener de 5 a 20 mg/L de fósforo total, sin embargo, la contribución individual tiende a aumentar ya que el fósforo es uno de los principales constituyentes de los detergentes sintéticos, lo cual aumenta la presión sobre la efectividad de los tratamientos biológicos para su eliminación.

Casos de aplicación

La tecnología ha sido aplicada en los siguientes proyectos:

- **Hofkirchen** (Austria) 7.000 PE, con volumen separador: 285 m³ y separador preliminar: 13 m³.
- **Wallang (**Austria) 70.000 PE, con volumen separador: 500 m³ y separador preliminar: 100 m³.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
La solución permite eliminar el fósforo sin el uso de productos químicos. Abatir fósforo con productos químicos conlleva a producir lodo en exceso.

Impacto Social

Clasificación: **Impacto social negativo bajo.**
Beneficios: Eventual generación de aguas grises.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+)Bajo consumo energético. (+)Disminución de lodos comparados con otras tecnologías. (+) Disminución de costos de producción.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

Veolia (Proveedor)
https://www.veolia.cl/
Chile

Referencias y mayor información

Lenntech. (s.f.). Eliminación del fósforo del agua residual Disponible en URL: https://www.lenntech.es/eliminacion-del-fosforo.htm

Multi Umwelttechnologie AG. (s.f.). Multi Phostrip. Biological phosphorus removal from municipal waste-water in the sidestream process.Disponible en URL: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/MUTAG%20ny%20Multi%20Phostrip.pdf

Veolia. (s.f.). Phosphorous recovery (Phostrip). Disponible en URL: https://www.veolia.jp/en/our-services/industrial/epc/Phostrip

Fuente: ©David L. Clark, HDR Engineering, Inc. (https://www.acwa-us.org/wp-content/uploads/2018/11/David-Clarke-Nutrient-Removal-Technologies.pdf)

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 174

Tratamiento de agua residual mediante sistema Enviro-septic

Objetivo que aborda

Tratar

Sector de aplicación

Industria

Pecuario

Agua Potable y saneamiento

Servicios

Áreas Verdes

Tipo de solución

Infraestructura

Escala

Residencial

Descripción

Sistema de depuración biológico de ciclo cerrado que permite la descontaminación del agua y la recarga de acuíferos de forma inocua. Su mayor uso se presenta en viviendas alejadas de redes de saneamiento. El sistema considera el agua potable que ingresa a la vivienda para ser utilizada en lavadero, baño, duchas y lava vajilla, entre otros. Estas son orientadas hacia una caja de distribución la cual permite asegurar la repartición de las aguas en dirección al sistema enviro-septic, el cual está constituido por una serie de ductos de 3,05 m de largo y 30,5 cm de diámetro fabricados con polietileno de alta densidad y cuya función es optimizar la descomposición bacteriana aeróbica y anaeróbica las cuales se fijan en las paredes de los ductos alimentándose del contenido del agua. El agua tratada se infiltra en el suelo y también se puede reutilizar para riego, inodoros, lavado de autos.

Beneficios

Este sistema no requiere mantención y no presenta emisiones de ruido, no consume energía, ya que no requiere de bombas ni sopladores y no utiliza productos químicos. No genera lodos. Remueve DBO_5 hasta 98%. Aproximadamente, tiene 30 años de vida útil como sistema. Se adapta a diferentes condiciones del clima.

El sistema permite terminar con la centralización de la depuración del agua y reemplazarlo por sistemas que permitan reutilizar el agua residual. Menor impacto visual al ir bajo tierra.

Condiciones técnicas de operación

Se requiere limpieza de tanque séptico una vez cada dos años.

Casos de aplicación

El sistema ha sido probado en Canadá, España y Estados Unidos.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo alto.
A diferencia de otras tecnologías, ésta no requiere mantenimiento, es un sistema cerrado y hace uso de bacterias, además permite que el agua tratada pueda ser infiltrada sin contaminantes en acuíferos, lo que favorece los ciclos hidrológicos. El agua tratada puede ser reutilizada en riego.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Liberación del recurso agua potable y eventual aumento de áreas verdes en las viviendas por disminución en los costos de mantención.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Disminución del uso del sistema de alcantarillado aumentando su vida útil.
(-) Eventual riesgo de consumo de agua grises por parte de los habitantes del hogar (personas y animales).
Conflicto: No se aprecian.

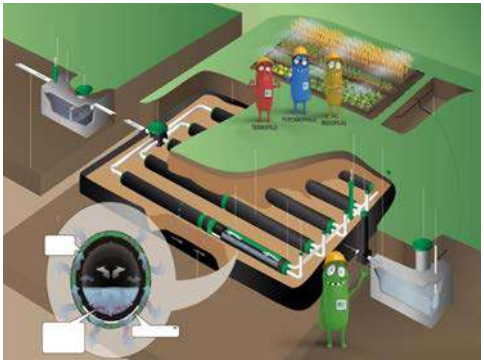
Tratamiento de agua residual mediante sistema Enviro-septic

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Medida que tiene en sus condiciones habilitadoras la necesidad de autorización de MINSAL y eventualmente municipal, según la LGUC. Además, pudiera requerir la existencia de un comité de APR. En este caso, además supone la asignación de fondos públicos y, eventualmente la capacitación de recursos humanos para su utilización. En general, son soluciones para implementar en un plazo mediano, considerando los distintos permisos que se deben obtener para su implementación.

Información de contacto

Enviroseptic (Proveedor)
info@enviro-septic.com
www.enviro-septic.com



Esquema enviroseptic.
Fuente: website Enviroseptic España (https://enviro-septic.es/)

Referencias y mayor información

Ecoagua. (s.f.). Sistema ecológico para el tratamiento de Aguas Residuales. Disponible en URL: http://www.eco-agua.net/

EnviroSeptic. (s.f.). Depuración Ecológica de Aguas Residuales. Disponible en URL: https://enviro-septic.es/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 175

Sistema ultrasónico para control de floraciones de algas

Objetivo que aborda: Tratar

Sector de aplicación: Agua Potable y saneamiento; Industria; Medio Ambiente

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial; Cuenca

Descripción

Esta barrera de sonido ultrasónica evita que las algas suban a la superficie y absorban la luz para la fotosíntesis. Por lo tanto, las algas ya no son capaces de crecer más.
Las algas morirán mientras la pared celular permanece intacta, evitando la liberación de toxinas de las algas al agua, las algas se hundirán hasta el fondo del depósito de agua y se degradarán por las bacterias presentes.
En función de la información recibida, el programa ultrasónico se puede activar de acuerdo con las condiciones del agua y el tipo de algas presentes.

Beneficios

- Elimina hasta el 90% de las algas existentes y evita las nuevas. Permite tratar grandes superficies de agua, como lagos y embalses.
- Aguas quedan más trasparentes.
- Favorecen el crecimiento de las plantas, el aumento de oxígeno y de los peces.
- No nocivos para el zooplancton.
- Genera una alerta temprana de la proliferación de algas tóxicas en lagos, mares y plantas de desalinización.
- Indicadores de algas esenciales (clorofila-a, ficocianina y turbidez) y los parámetros de calidad del agua (oxígeno disuelto -OD, redox, pH y temperatura).
- Los datos son entregados en tiempo real a través de radio, GPRS o 3G a un software basado en web.
- El sistema funciona de forma autónoma con energía solar.

Casos de aplicación

Desde la primavera de 2014, cuatro boyas de control de algas que funcionan con energía solar están operando en el depósito de Canoe Brook en Nueva Jersey para controlar las cianobacterias en el depósito de agua cruda, que es gestionado por American Water.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Impacto ambiental positivo sobre desarrollo algal. Puede limitar el crecimiento y posterior eutrofización de sistemas someros. Es necesario verificar la tecnología, algunas de éstas, aseguran que no hay daños del ultrasonidos sobre fauna hidrobiológica, ésta sería u impacto ambiental no deseado.

Condiciones técnicas de operación

- Requiere mantenimiento por las bacterias pueden degradar los instrumentos.
- Cada dispositivo puede controlar las algas en áreas de hasta 500 m/1.600 pies de diámetro.
- Toma de datos cada 10 minutos.

Sistema de ultrasónico para control de floraciones de algas

Sistema de control de algas con energía solar en Emmitsburg (EE.UU.) para controlar las algas en un reservorio de agua potable.
Fuente: https://www.lgsonic.com/case/algae-control-us-drinking-water-reservoir/

Información de contacto

info@lgsonic.com
Reino Unido

Referencias y mayor información

https://www.lgsonic.com

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 176

Lodo granular aerobio para el tratamiento de aguas residuales (NEREDA®)

Objetivo que aborda: Tratar

Sector de aplicación: Industria, Pecuario, Agua Potable y saneamiento, Servicios

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial

Descripción

Los gránulos aerobios son agregados de origen microbiano que sedimentan de forma significativamente más rápida que los flóculos de lodo residual activado. Poseen un diámetro mínimo de 0,2 mm y un índice volumétrico de fango de 5 minutos de gránulos aerobios comparable a un índice volumétrico de fango de 30 minutos de lodo residual activado.

El proceso Nereda emplea un ciclo de reactor por carga secuencial (SBR) optimizado en el que los cuatro pasos de un ciclo SBR típico se reducen a tres pasos:

1. Llenado y vaciado simultáneos: en esta etapa, el agua residual se bombea al reactor y, al mismo tiempo, se extrae el efluente.

2. Aireación: durante esta fase tienen lugar los procesos de conversión biológica. La capa exterior de los gránulos es aerobia y en ella se acumulan las bacterias nitrificantes. El nitrato formado se desnitrifica en el núcleo anóxico de los gránulos, luego de esto, se realiza la absorción de fósforo.

3. Sedimentación: después de los procesos biológicos, es necesaria una fase de sedimentación para la separación de efluente limpio y lodo residual. Se realiza en poco tiempo debido a las excelentes propiedades de sedimentación del lodo residual. Luego de esto, el sistema está preparado para un nuevo ciclo.

Beneficios

Esta tecnología permite eliminar nutrientes sin necesidad de utilizar productos químicos. Debido a que todo ocurre en un mismo reactor, no se requiere de tanques adicionales de sedimentación ni compartimentos aeróbicos, anóxicos o anaerobios, además, no produce emanación de olores.

Proceso estable frente a variaciones de carga orgánica, nutrientes y pH del afluente, entregando una buena calidad en el efluente dada la eliminación materia orgánico, nitrógeno y fósforo en un único proceso. La biomasa granular aerobia ofrece varias ventajas en comparación con los flóculos convencionales de lodo residual activado, incluidas una buena capacidad de sedimentación, que da lugar a una mejor retención de la biomasa, y unas concentraciones de biomasa más altas.

Su diseño se adapta a municipios, industrias y sistemas mixtos; inclusive es posible implementarlo como una extensión frente a plantas convencionales ya existentes.

Además, esta tecnología comparada con lodos activados:

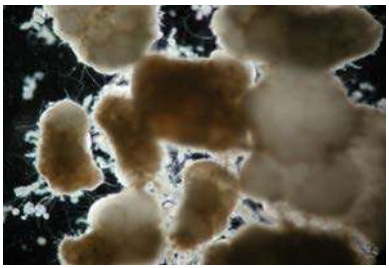
- Reduce el consumo de energía entre 20 y 30%.
- Su sistema compacto permite reducir el espacio requerido en un 75% y los costos de construcción en un 20%.
- No se requieren bombas ni conducciones para recirculación comparado con el tratamiento de lodos activados.
- Los gránulos aerobios sedimentan más rápido que los flóculos de lodo activado residual.

Nº FICHA 176

Lodo granular aerobio para el tratamiento de aguas residuales (NEREDA®)

Condiciones técnicas de operación

Las distintas tecnologías de lodos granulares aerobios han probado ser eficaces en aguas domésticas, sin embargo, con aguas industriales se siguen haciendo pruebas.
La operación de esta medida no es simple por lo cual se requiere de un profesional especializado.
El proceso requiere de medición y control de amonio, ortofosfato, oxígeno y potencial de óxido reducción (ORP), además de sensores de Oxígeno (LDOsc) y sensor de pH/ORP (pHD-S sc).



Lodos granulares. Fuente: Wikimedia commons (https://en.wikipedia.org/wiki/File:Aerobic_granular_sludge_Nereda.jpg/)

Casos de aplicación

Su origen se remonta al año 1999. Su primera aplicación a gran escala fue en Epe (Países Bajos) donde su desarrollo logró generar un efluente con condiciones más estrictas en cuanto a disposición de nutrientes. Actualmente emplea 3 tanques de 4.500 m^3 cada uno, demostrando una mejor capacidad de tratamiento en espacios reducidos.

La fórmula Nereda® se ha visto aplicado en países como Portugal y Sudáfrica, y se estiman proyectos para Australia, Brasil y Francia, entre otros.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Reduce la emisión de olores al medio, elimina cargas contaminantes a los sistemas naturales. Lagunas artificiales con aguas limpias crean espejos de agua como hábitat de aves. El agua tratada puede ser reutilizada en riego.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Liberación del recurso hídrico para el uso en mantención de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Reduce el consumo de energía.
(-) Alta complejidad en superación.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

Royal Haskoning DHV (Proveedor)
www.royalhaskoningdhv.com
Países bajos

Referencias y mayor información

Revista Iagua. (2013). Nereda, innovando en el tratamiento de aguas residuales. Newsletter 09/12/2013. Disponible en URL:https://www.iagua.es/blogs/elena-rama/nereda-innovando-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales

Moustafa, T. (2014). Aerobic Granular Sludge- Study of Applications for Industrial and Domestic Wastewater. Chalmers University of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering. Disponible en URL: http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/202942/202942.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 177

Enzimas para la digestión de materia orgánica en el agua

Objetivo que aborda: Tratar

Sector de aplicación: Industria, Pecuario, Agua Potable y saneamiento, Servicios

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Residencial, Proceso Industrial

Descripción

Es un producto biológico que consiste en una mezcla de enzimas (amilasas, proteasas, celulasas y lipasas) y bacterias (no patógenos, no tóxicos) biodigestoras las cuales mejoran todo tipo de tratamiento de agua residual, cultivos acuícolas, lagunas, pozos sépticos, tanques, aguas negras y grises mediante la digestión de materia orgánica suspendida en la columna de agua, reducción de carga orgánica del agua (DBO_5 y Nitrógeno), reducción de algas existentes en pozos, estanques y lugares de tratamiento, entre otras funciones. Su actividad se ejerce cuando se ponen en contacto con aguas de alto contenido orgánico para que ejerzan su poder digestivo y reductivo de malos olores, además, reducen los aceites, grasas, lodos acumulados, DBO_5, N_2, SST, patógenos lo que contribuye a la mejora de la calidad del agua.

Beneficios

Es un producto transportable (presentación granular y microencapsulada) y no peligroso el cual puede ser usado en el tratamiento de aguas con alta demanda bioquímica de oxígeno. Se pueden utilizar como apoyo a previo y post tratamientos biológicos del tipo biodigestor. Es un producto 100% natural y no manipulado genéticamente, además, es de fácil empleo ya que sólo se debe mezclar con agua y aplicar la dosis sugerida. Reducen hasta 95% de la carga orgánica presente en aguas residuales. Mejora la calidad del agua y ejerce control de algas. Además, no es corrosivo por lo que es seguro para todo tipo de instalaciones y materiales, y puede ser empleado en agua dulce o salada. Las bacterias utilizadas son específicas según lo que se requiera en cada sector.

Condiciones técnicas de operación

Sólo se puede usar esta tecnología después de un pre tratamiento ya que una alta carga de sólidos puede provocar que el filtro se tape.
Se requiere un operador capacitado para monitorear y reparar el filtro y la bomba en caso de problemas. Se debe considerar distancia respecto a casas y negocios producto de los olores generados y el riesgo de desarrollo de vectores sanitarios (en especial en climas cálidos o templados). Se requiere de bombeo para alimentar el filtro percolador.
Se debe considerar un plan de limpieza periódica de los filtros, para evitar y/o reducir los lodos acumulados.

Producto Digestor Biológico a base de microorganismos y enzimas no patógenas que degradan papales, grasas aceites, proteínas y almidones.
Fuente: http://maxzyme.cl/wp/wp-content/uploads/2017/10/CATALOGO-MAX-OCT03-BAJA-.pdf

Enzimas para la digestión de materia orgánica en el agua

Casos de aplicación

En Chile se cuenta con varios productos que se utilizan ampliamente en zonas donde hay alcantarillado. Por ejemplo, Maxzyme es un producto local que se utiliza en baños químicos en buses, en el Tranque San Juan de San Antonio y en Lagunas de acopio de aguas de riegos ubicadas en Santo Domingo, V Región.

Además, se aplican en diversos sectores como tratamiento de aguas domésticas, aguas residuales industriales, en la industria del papel y saneamiento, entre otras.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Son facilitadores de los tratamientos posteriores facilitando la bio-degradabilidad de compuestos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Disminución de la contaminación en el agua.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Reduce la generación de olores.
Conflicto: No se aprecia.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Corto plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos, aunque cuando se trata de una aplicación menor para un caso individual pudiera implementarse en el corto plazo.

Información de contacto

Maxzyme (Proveedor)
maxzyme@pbt.cl
http://maxzyme.cl
Chile

Referencias y mayor información

Bosstech. (s.f.). Enzimas Bacterias Bio-Digestoras BST. Disponible en URL: https://bosstech.pe/productos/tratamiento-secundario/enzimas-bacterias-bio-digestoras-bst/

Chalen Medina, J., Peñafiel Pazmiño, M., & Saltos Sánchez, A. (2017). Eliminación de la materia orgánica e inorgánica presentes en el agua residual de una industria de pulpa de fruta empleando un catalizador enzimático. Revista Científica Dominio de las Ciencias, 3(3), 362-376. Disponible en URL: http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/search/authors/view?firstName=Judith%20A.&middleName=&lastName=Chalen-Medina&affiliation=Universidad%20de%20Guayaquil&country=EC

Ingeniería y Servicios Ambientales (ISA). (s.f.). Bacterias para Tratamiento de Aguas Residuales. Disponible en URL: https://www.isa.ec/index.php/va-viene/entry/bacterias-para-tratamiento-de-aguas-residuales

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 178

Coagulación y floculación para tratamiento de aguas residuales

Objetivo que aborda

Tratar

Sector de aplicación

Industria

Pecuario

Agua Potable y saneamiento

Servicios

Tipo de solución

Tecnología

Infraestructura

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Tecnología para el tratamiento de efluentes industriales con alta concentración de contaminantes y que para muchos sistemas de purificación de agua se contempla como un tratamiento previo esencial.
El proceso de coagulación es un proceso de desestabilización química de partículas coloidales que permite neutralizar las fuerzas que los mantienen separados por medio de la adición de coagulantes y la aplicación de energía a la mezcla. Esta desestabilización se puede obtener por mecanismos físico-químicos, entre los que se distinguen: compresión de la doble capa, adsorción, neutralización de cargas, atrapamiento de partículas en un precipitado y adsorción y puente y haciendo uso de coagulantes como el sulfato de aluminio, aluminato de sodio, cloruro de aluminio, cloruro férrico, sulfato férrico, sulfato ferroso y polielectrolitos (como ayudantes de floculación).
Seguidamente se encuentra la floculación que consiste en la agitación de la masa coagulada para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar su tamaño adquiriendo el peso necesario para sedimentar con facilidad. Existen dos tipos de floculación: perocinética (producido por el movimiento natural del agua inducido por energía térmica (movimiento browniano)) y ortocinética (basado en las colisiones de las particular debido al movimiento del agua, el cual puede ser inducido por una fuente mecánica o hidráulica) pudiendo emplear como floculantes aquellos de origen mineral, orgánico natural u orgánico de síntesis, siendo estos últimos los más utilizados.

Beneficios

Requiere menos tiempo que la decantación y permite una mayor carga de sólidos en el agua.
Es de operación simple al emplear reactivos comunes utilizados en otros procesos de coagulación y/o floculación.
La coagulación es el tratamiento más eficaz pero también es el que representa un gasto elevado cuando no está bien realizado.
Gran adaptación a fluctuaciones de concentraciones de contaminantes contenidos en las aguas a tratar. Es efectivo en la remoción de varios parámetros en forma simultánea.

Condiciones técnicas de operación

- Es una tecnología apta como pre-tratamiento.
- Requiere uso de insumos constantes.
- Requiere zonas de almacenamiento de reactivos.
- Aunque la tecnología es adaptable, no es recomendada para tratar efluentes de baja carga.
- El exceso de químicos provoca una contaminación aguas abajo del sistema.
- La floculación se ve afectada por varios parámetros, incluidas las velocidades de mezcla, la intensidad de la mezcla y el tiempo de mezcla.
- Genera lodos que pueden ser peligrosos dependiendo de la toxicidad del efluente a tratar, por lo cual se requiere un plan de manejo para ellos.

Coagulación y floculación para tratamiento de aguas residuales

Casos de aplicación

Esta tecnología se puede aplicar en múltiples sectores, siendo un tratamiento común en efluentes industriales como:

- Planta de tratamiento fisicoquímico de Viña San Pedro, Planta Molina. Capacidad de tratamiento 900 (m^3/día).
- Obra Agrosuper, Freirina, III región.
- Planta de tratamiento primario y secundario de efluentes de papelera CMPC.

Planta de tratamiento fisicoquímico de Viña san Pedro, Planta Molina. Capacidad de tratamiento 900 (m^3/día).
Fuente: Fundación Chile 2010

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Mejora tratamiento de aguas contaminadas, disminuye por residuos en aguas. Impactos negativos potenciales por manejo inadecuado y riesgos por mal manejo de lodos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de contaminación provocada por efluentes industriales.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Menor tiempo de proceso.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Valores UF, Dólar y Euro del 31/11/2018

Nº Habitantes: 6.250

Volumen de diseño: 1.000 m^3/día

Costos PTAS

CAPEX: USD 882.392

OPEX: 68.857 USD/año

Costos PTAS + Obras Anexas

CAPEX: USD 1.044.811

OPEX: 69.501 USD/año

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Proquiel (Proveedor)
56 2 29289300
www.proquiel.cl
Chile

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

Andía Cárdenas, Y. (2000). Tratamiento de Agua. Coagulación y Floculación. SEDAPAL, Lima. Disponible en URL: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 179

Oxidación química tradicional (procesos de oxidación directa)

Objetivo que aborda

Tratar

Sector de aplicación

Industria | Pecuario | Agua Potable y saneamiento | Servicios

Tipo de solución

Tecnología | Infraestructura

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Estos procesos permiten la depuración de aguas residuales industriales particularmente tóxicas y de alto contenido orgánico no biodegradable mediante procesos de oxidación que pueden o no emplear catalizadores para su acción. A través de ellos se logra, en el caso de la materia orgánica, que esta pueda ser convertida en compuestos más simples (CO_2 y agua), sin emitir NOx, SO_2, HCl, dioxinas o furanos, consiguiendo eliminar de esta forma la toxicidad del agua residual.

Entre los métodos de Oxidación Química Tradicional se encuentra:

- Incineración: Consiste en la oxidación térmica completa del residuo en fase gas y a temperatura elevada, siendo un método útil únicamente cuando se trata de pequeñas cantidades de aguas con una concentración elevada de contaminantes oxidables.
- Oxidación Húmeda No Catalítica (WAO): la materia orgánica, soluble o en suspensión, se oxida con oxígeno disuelto procedente de aire o corrientes gaseosas enriquecidas en oxígeno.
- Oxidación Húmeda Catalítica (CWAO): A diferencia de la WAO, esta tecnología emplea catalizadores con el fin de acelerar la velocidad de reacción de degradación, siendo capaz de mineralizar la totalidad de los contaminantes orgánicos junto con compuestos inorgánicos tales como cianuros y amoníaco.
- Oxidación Húmeda Supercrítica (SWAO): Es un tratamiento de carácter físico-químico que transcurre en un medio acuoso en condiciones de alta presión y temperatura adicionando un agente oxidante (aire u oxígeno). Su clave de eficacia se encuentran en operar en condiciones de alta presión y temperatura obteniendo un medio de reacción con propiedades intermedias entre líquido y gas.

Beneficios

Oxidación Húmeda: No generan lodos, elimina compuestos orgánicos muy diluidos a los que no se les puede aplicar incineración u otro tratamiento biológico. En el caso de usar catalizadores estos reducen las condiciones de presión y temperatura, convirtiéndolo en un método rápido, eficiente y limpio.

Oxidación Húmeda Catalítica: Bajo costo de funcionamiento. Poseen diseño compacto con bajos requerimientos de espacio. Presentan un funcionamiento continuo y automático estable. Permite tratar el DQO Cr de 20.000 mg/L en aguas residuales sin suministrar ningún combustible auxiliar. Permite la desodorización y decoloración. No generan contaminantes secundarios, como lodos o cenizas.

Oxidación Supercrítica: Sólo emplea aire como agente oxidante. Genera como producto final CO_2 y agua. Eficiente en la degradación de compuestos orgánicos persistentes no biodegradables.

Condiciones técnicas de operación

Al trabajar a temperaturas y presiones elevadas, el sistema requiere supervisión constante por parte de un operador y una alta entrada de energía, lo que genera altos costos operacionales.

Incineración: Técnica costosa, que sólo es útil cuando se trata de pequeñas cantidades de aguas con una concentración elevada de contaminantes oxidables.

Oxidación Húmeda No Catalítica: Requiere una DQO inicial dentro del rango 500 - 15.000 mg/L y condiciones muy energéticas.

Oxidación química tradicional (Procesos de oxidación directa)

Oxidación Húmeda Catalítica: Requiere una DQO mayor a 10.000 mg/L, por lo cual no es eficaz económicamente frente a los procesos con efluentes de baja carga. El catalizador en muchas ocasiones no tiene suficiente estabilidad.

Oxidación Húmeda Supercrítica: Requiere una DQO mayor a 50 g/L. El medio de reacción es corrosivo y existe la posibilidad que la disposición de sales pueda bloquear los equipos.

Casos de aplicación

Los procesos de Oxidación Húmeda se encuentra establecidos comercialmente desde hace más de sesenta años, pero a partir de los años setenta su aplicación se centró en efluentes industriales, siendo utilizada en zonas de baja temperatura (100-200 ºC) para la oxidación de cianuros y pesticidas no clorados, en zonas de mediana temperatura (200-220 ºC) para la oxidación de soluciones alcalinas empleadas como absorbentes de gases ácidos (H2S) y en la producción de etileno, y en zonas a altas temperaturas (240 - 280 ºC) para el tratamiento de efluentes industriales con fenoles y cresoles.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
Impacto negativo dependiendo de las emisiones al aire que se generen en el proceso.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Disminución de la toxicidad en las aguas residuales industriales.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) No genera lodo.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

Nippon Shokubai (Catalizadores para tratamiento de aguas residuales) (Proveedor)
www.shokubai.co.jp
Japón

Referencias y mayor información

Rodríguez Fernández-Alba, A., Letón García, P., Rosal García, R., Dorado Valiño, M., Villar Fernández, S., & Sanz García, J. (s.f.). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Informe de vigilancia tecnológica. Confederación Empresarial de Madrid (CEIM). Disponible en URL: https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2_Tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf

Benjumea Trigueros, J. (s.f.). Modelos de simulación de una planta de oxidación supercrítica en régimen transitorio: aplicaciones al diseño de plantas. Universidad de Sevilla, Biblioteca de Ingeniería. Disponible en URL: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70333/fichero/02_Oxidaci%C3%B3n+en+agua+supercr%C3%ADtica.pdf

Chiroque, W., Herrera, J., Pardo, J., & Geysa, R. (2014). Tratamientos avanzados de las aguas residuales: Oxidación Húmeda y Supercrítica. Universidad Nacional Experimental de Táchira, Departamento de Ingeniería Ambiental. Disponible en URL:https://prezi.com/bdtjvnvgnys-/oxidacion-humeda-y-supercritica/

Nippon Shokubai. (s.f.). Wastewater treatment catalyst (Catalytic wet oxidation). Disponible en URL: https://www.shokubai.co.jp/en/products/environment/waste-water.html

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 180

Oxidación total para el tratamiento de aguas residuales grises

Objetivo que aborda

Tratar

Sector de aplicación

Industria | Agua Potable y saneamiento | Servicios

Tipo de solución

Tecnología | Infraestructura

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Es un proceso bacteriano aeróbico, el cual se desarrolla en un único contenedor que se separa en dos cámaras distintas para llevar a cabo dos fases de depuración: la oxidación y sedimentación. La estación de oxidación dispone de un sistema de oxigenación integrado con un difusor no obstruible que acelera el proceso de oxidación de la materia orgánica a partir de microorganismos aeróbicos. Este proceso consigue un rendimiento siempre superior a cualquier sistema anaeróbico, con remoción de DBO_5 entre 75 - 90% y de los sólidos suspendidos entre 75 - 85%, alcanzando una salida de agua con alto grado de depuración y sin sólidos. El proceso en sí considera un tiempo de retención de 5 a 30 días y el efluente logrado puede verterse directamente al río, utilizarse para riego de plantas o evacuarse por drenaje.

Beneficios

Se propone como solución frente a los problemas de tratamiento de aguas negras cuando éstas no puedan conectarse directamente a la red de saneamiento municipal y se precise de una alta depuración de los vertidos. Además, es de fácil instalación, tiene un bajo requerimiento de mantención. El tratamiento permite verter el agua a ríos, evacuación por drenaje o su utilización para riego, manteniendo un elevado nivel de depuración incluso con caudales de entrada variables.

Condiciones técnicas de operación

Requiere de un pre-tratamiento que considere la separación de grasas en aguas grises y de instalación de a lo menos una arqueta de inspección. Necesita conexión a corriente de 220V.

No se recomienda cuando exista la posibilidad de reiteradas detenciones. En caso de detención prolongada se recomienda vaciar el estanque y llenarlo de agua limpia, además de verificar la existencia de colonias de bacterias y en caso de ser necesario introducir una bolsa de bacterias.

Posee un alto consumo de energía producto de las necesidades de oxigenación.

En función de cada caso particular puede ser necesario tratar las aguas previamente mediante separadores de grasas y aceites (con el fin de eliminar los excesos) y en caso que contenga hidrocarburos, también se debe contar con el respectivo separador.

Casos de aplicación

Este método es aplicado a nivel residencial y pequeñas comunidades ya que presenta diversa capacidad de depuración, pudiendo tratar el agua de 5 hasta 300 habitantes equivalentes. Son métodos usados para zonas aisladas y comunidades rurales (por ejemplo instalación Hidritec en complejo hotelero en las Islas Antillas y en canal de Isabel II en San Martín de Valdeiglesias, municipio de la Comunidad de Madrid. (http://www.hidritec.com/noticias/).

Nº FICHA 180

Oxidación total para el tratamiento de aguas residuales grises

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo, al tratar aguas residuales, reduciendo la carga orgánica sobre ecosistemas acuáticos. Sin embargo, requiere gestión de lodos producidos y disposición final en sitio autorizado.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Aumento de la disponibilidad del recurso hídrico por menor consumo de agua potable para mantención de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+)Bajo costos de mantención y fácil de instalar.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

Maydisa (Proveedor)
info@maydisa.com
www.maydisa.com
España

Hidritec
http://www.hidritec.com/
España

Sistemas laterales de oxidación total.
Fuente: Apliaqua.
(https://depuraciondelagua.com/depuradora-oxidacion-total/)

Referencias y mayor información

Cortiplas. (s.f.). Tratamiento de las aguas residuales domésticas por oxidación total. Disponible en URL: http://www.cortiplas.com/_movil/files/9915/1385/5470/depuradoras-oxidacion-total.pdf

Maydisa. (s.f.). Depuración y tratamiento de aguas residuales. Disponible en URL: http://www.maydisa.com/content/files/downloads/176/catalogo-depuracion-maydisa-2017-pdf.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 181

Procesos de oxidación avanzada (POAs)

Objetivo que aborda

Tratar

Sector de aplicación

Industria, Pecuario, Minería, Agua Potable y saneamiento, Servicios

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Tecnología que contempla un conjunto de tratamientos oxidativos que se pueden usar para tratar efluentes tóxicos a nivel industrial, hospitalario y en plantas de tratamiento de aguas residuales. Su mayor éxito se asocia a la transformación de compuestos orgánicos tóxicos (por ejemplo, medicamentos, pesticidas, disruptores endocrinos, etc. los cuales fueron resistentes a tratamientos convencionales del tipo físicos y químicos) en sustancias biodegradables.
Dentro de los POAs más estudiados se encuentran los POA denominados oscuros y los impulsados por luz. Dentro de esta categoría encontramos:

- POA oscuro: - Ozono (O_3) - Fenton ($Fe_2 + H_2O_2$) - Electrólisis (electrodos y corriente) - Sonólisis (ultrasonidos).
- POA impulsado por luz: - Fotólisis (UV + H_2O_2) - Fotocatálisis (luz + catalizador) - Foto - Fenton (luz solar + fenton).

En el caso del tratamiento de aguas residuales y de agua potable su operación puede ser en diferentes etapas del tratamiento, considerando siempre la composición del afluente y la calidad del efluente deseado. Además, también se pueden instalar como tratamiento terciario después del tratamiento biológico (secundario) de las aguas residuales o como etapa de tratamiento previo para mejorar la bio-degradabilidad de los contaminantes orgánicos de traza.

Beneficios

Es un sistema eficaz en la degradación de compuestos orgánicos persistentes no-biodegradables y en la eliminación de algunos metales tóxicos. Permite reducir los niveles de DBO_5 /DQO. Posee flexibilidad de diseño (especialmente útil para países en desarrollo que requieren a pequeña escala). Generalmente no genera lodos, tiene un bajo costo de instalación y fácil operación. Bajo requerimiento de espacio. Costo-efectiva para tratar compuestos no-biodegradables. Permite inactivación de virus y bacterias, entre otros. Posee una amplia aplicabilidad para aire (eliminación de olores y purificación), suelo (remediación) y descontaminación de agua (eliminación de contaminantes orgánicos y metales inorgánicos, entre otros).

Condiciones técnicas de operación

Los costos operacionales pueden ser altos por consumo de productos químicos (constante) o energía.

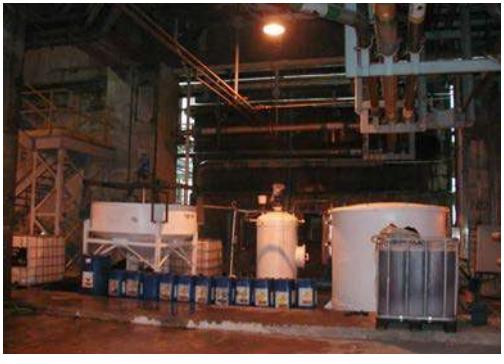
Requiere personal especializado para diseño y operación. Además, puede provocar la formación de intermedios de oxidación potencialmente tóxicos. Es un tecnología emergente que aún requiere respaldo investigativo.

Procesos de oxidación avanzada (POAs)

Casos de aplicación

Desde los años 70 se reconoce su capacidad degradativa de contaminantes y en los últimos años han tenido auge debido a la preocupación por la aparición de nuevos contaminantes. Ejemplos actuales de aplicación son:

- Planta Oxidación en funcionamiento, FMC Foret Sant Cugat del Vallés (Barcelona).
- Tratamiento de Efluentes Industriales por Oxidación Avanzada, TRISA, Constantí (Tarragona).



Sistema piloto de oxidación avanzada para tratamiento de fenoles en industria de celulosa.
Fuente: Fundación Chile, 2012

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo dado que permite romper moléculas complejas que no son fácilmente biodegradables en sistemas biológicos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficios: Disminución de la toxicidad en las aguas residuales industriales.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (-) Altos costos de operación.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

Aguasin (Proveedor)
aguasin@aguasin.com
www.aguasin.com
Chile

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

Aguasin. (s.f.). Procesos de Oxidación Avanzada (POA). Disponible en URL: http://www.aguasin.com/category/areas/05-L/desinfeccion/oa.php

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 182

Electro-oxidación para tratamiento de RILes

Objetivo que aborda: Tratar

Sector de aplicación: Industria, Minería

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial

Descripción

La Electro-oxidación es un proceso electroquímico que permite mediante el uso de energía eléctrica generar radicales hidroxilos (OH) "in situ" para oxidar las aguas residuales de forma total (mineralización) o parcial, convirtiendo la materia orgánica en compuestos más sencillos de degradar y menos contaminantes. Este sistema puede sustituir o complementar los tratamientos biológicos y la eficiencia del proceso depende de la generación de radicales química o físicamente adsorbidos, la naturaleza del material electródico y la reacción competitiva de oxígeno. Según el tipo de reacción, esta puede ser directa o indirecta, dependiendo de si la oxidación se produce de manera directa en el ánodo (ocurriendo mediante "oxígeno activo" fisicamente adsorbido (radicales OH adsorbidos) o quimisorbido (oxígeno en la red de oxido) sin requerir aditivos de reactivos ni formando contaminantes) o usando oxidantes formados en el mismo como el cloro, hipoclorito, ozono o peroxidisulfato, entre otros, los cuales son controlados por la corriente circulante y consumidos durante la oxidación de la materia orgánica y tóxica mientras ocurre el tratamiento.

La eficiencia de este proceso alcanza 90 - 100% en la remoción de compuestos orgánicos persistentes, índice de fenol, precursores de THM, alcoholes y amoniaco (NH_3), y 100% en la eliminación de *E. coli.*

Beneficios

Posee flexibilidad de diseño. Requiere de poco espacio, sin necesidad de obras civiles.

Se considera una tecnología escalable y con capacidad de automatización.

Costo-efectiva cuando los compuestos a tratar no son biodegradables. Sus resultados se ajustan de buena manera a las nuevas y más estrictas normativas ambientales.

Puede ser aplicada para disminuir la DBO_5 y DQO, eliminar el color y los compuestos no biodegradables, entre otros. Utiliza como reactivo a la electricidad, la cual es de bajo costo y de disponibilidad inmediata, sin generar residuos.

Proceso flexible, ya que puede ser desactivado y activado con un simple corte de electricidad en los electrodos. Permite tratar efluentes de alta toxicidad para generar como producto final productos biodegradables. El proceso emplea entre 20 a 40 minutos (considerando la recirculación) tiempo considerablemente menor que los procesos biológicos (24 horas de aireación).

Eficiencia en el consumo de energía (Entre 0,3 y 0,6 kWh/m^3).

Condiciones técnicas de operación

Depende del suministro de energía constante, la cual se acota al caudal o volumen establecido. En algunos casos los costos operacionales pueden ser elevados. Requiere de un operador especializado. Si el residuo industrial está muy diluido el sistema puede perder eficiencia ya que se lleva a cabo la oxidación del agua, reduciendo la velocidad del proceso de oxidación de la materia orgánica. Requiere además, un filtro para eliminar sólidos suspendidos totales y turbidez.

Electro-oxidación para tratamiento de RILES

Casos de aplicación

Sus primeros estudios se remontan a fines del siglo XIX estudiando la descomposición química del cianuro.
Su aplicación en la actualidad se ha incrementado debido a las mejoras ejercidas sobre los electrodos, la actividad electrocatalítica y el estudio de las cinéticas y mecanismos de degradación de los contaminantes, permitiendo ser aplicada en la industria farmacéutica, para colorantes industriales y en la industria agroalimentaria, entre otros.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo al reducir cargas contaminantes sobre sistemas acuáticos. Requiere gestión de residuo generado en el proceso que puede tener características de peligroso. Consumo constante de energía eléctrica.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de los costos de operación para el tratamiento de riles y liberación del recurso hídrico para el riego de para áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Disminución de los costos de producción.
(+) Disminución de los malos olores.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Cotización para "potabilización de aguas salobres mediante Electropurificación“ (Simtech)

Caudal de ingreso 500 L/h
CAPEX: 17.000 USD
OPEX: 0,4 USD/m^3

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Procontrol (Proveedor de Proelox, producto patentado de Electro oxidación)
info@procontrolsl.com
http://www.procontrolsl.com
España

Fuente: Procontrol. Proelox.

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Obtenido de http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

Grupo de Electroquímica Apl. y Electrocatálisis. (s.f.). Tratamiento de Aguas Residuales por Métodos Electroquímicos. Disponible en URL: https://web.ua.es/es/leqa/tratamiento-de-aguas-residuales-por-metodos-electroquimicos.html

Martínez-Huitle, C., Hernández, F., Ferro, S., Quiroz Alfro, M. A., & Achille De Battisti. (2006). Oxidación electroquímica: Una alternativa para el tratamiento de aguas con contaminantes orgánicos. AFINIDAD. Revista de Química Teórica y Aplicada, 26-34.

PROCONTROL. Automatización y control de procesos . (s.f.). PROELOX. Sistema de tratamiento de aguas por electrooxidación. Disponible en URL: http://www.procontrolsl.com/productos-patentados/proelox-sistema-de-tratamiento-de-aguas-por-electrooxidación

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 183

Extracción por solvente (SX) para tratamiento de RILes

Objetivo que aborda: Tratar

Sector de aplicación: Industria, Minería, Servicios

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial

Descripción

Es una técnica de tratamiento que consiste en usar un solvente para extraer, en distintas fracciones, elementos o compuestos desde un efluente industrial. Su objetivo principal es separar selectivamente el producto de una reacción (concentración), o bien eliminar las impurezas que lo acompañan en la mezcla de reacción (purificación), gracias a sus diferencias de solubilidad en el disolvente de extracción elegido. El éxito de la técnica depende básicamente de la diferencia de solubilidad en el disolvente de extracción entre el compuesto deseado y los otros compuestos presentes en la mezcla inicial.

Para llevar a cabo la separación se sigue el patrón de que "lo semejante disuelve lo semejante", ya que sustancias no polares, son por lo general extraídas con éxito en solventes no polares (como el hexano o el cloruro de metileno), mientras que sustancias polares e iónicas se obtienen a menudo con agua, considerando que cuanto más polar es el disolvente orgánico, más miscible (propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una disolución) es con el agua.

Existen distintos tipos de extracción por solvente según el solvente a emplear y las condiciones del efluente: Extracción Líquido-Líquido y Extracción Sólido-Líquido. En el primer proceso y dependiendo de la diferencia de solubilidad del compuesto a extraer, este se mezcla con dos disolventes inmiscibles distribuidos entre ambos, donde además el disolvente es capaz de solubilizar la máxima cantidad de producto a extraer, pero no así las impurezas que acompaña. En el segundo tipo de extracción, la mezcla de sólidos por diferencia de solubilidad de sus constituyentes en un determinado disolvente (por lo general orgánico), permite por medio de agitación o trituración, separar la disolución obteniendo el sólido extraído con el solvente por un lado y la fracción insoluble que contiene impurezas por otro.

Beneficios

Esta tecnología no destruye los compuestos a remover, sino que los concentra para que sea más fácil reciclarlos o destruirlos con otra técnica, o bien permite la purificación de impurezas desde una mezcla inicial.

El reactivo extractante orgánico es regenerado para su reutilización.

Es un proceso costo - efectivo en la purificación, concentración, y separación de metales valiosos presentes en soluciones enriquecidas provenientes de procesos de lixiviación.

Permite generar aguas limpias, además de permitir la limpieza de diversos contaminantes del suelo, sedimento o lodo.

Condiciones técnicas de operación

La fuga de solvente es un problema común en estos procesos. La degradación del solvente empleado obliga al cambio del mismo lo cual implica montar un sistema para disponer del solvente contaminado y degradado.

No da buenos resultados para extraer compuestos inorgánicos, es decir, ácidos, bases, sales y metales pesados, debido a su compleja disolución en la mayoría de los solventes.

La presencia de plomo y otros compuestos inorgánicos en la mezcla podría interferir en la extracción de materiales inorgánicos.

Extracción por solvente (SX) para tratamiento de RILES

La operación del sistema se vuelve compleja por vaporización o inflamación cuando, por ejemplo, algunos sistemas usan butano y propano comprimidos para la extracción.

Casos de aplicación

- Industria Oleaginosa Raatz S.A. (unidad de extracción por solvente con capacidad 400 ton/día).
- Planta de extracción por solventes (SX) Minera Gaby, CODELCO (capacidad 150.000 Ton, equivalentes a un flujo de 2500 m³/h).

Planta extracción por solvente de aceite de Oleaginoza Raatz S.A. Fuente: Fundación Chile, 2010.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
Evita carga de grasas y aceites sobre aguas continentales, reduce riesgos sobre hábitat y especies acuáticas. Requiere gestión de residuo con solvente que puede ser calificado como peligroso, lo que implica eventual impacto negativo.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de los costos de operación para el tratamiento de RILes y liberación del recurso hídrico para el riego de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Disminución de los costos de producción. (+) Disminución de los malos olores.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

SGS (Minería - Extracción y Electroextracción por Solvente) (Proveedor)
www.sgs.cl
Chile

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL:
http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

Universitat de Barcelona. (s.f.). Operaciones básicas en el Laboratorio de Química. Disponible en URL:
http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/extraccio_fona.html

Universitat de Barcelona. (s.f.). Operaciones Básicas en el Laboratorio de Química. Disponible en URL:
http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/extraccio_tip.html

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 184

Oxidación con aire húmedo (OAH) para tratar RILes

Objetivo que aborda: Tratar

Sector de aplicación: Industria, Pecuario, Minería, Servicios

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial

Descripción

La Oxidación con Aire Húmedo es un proceso de oxidación que mediante la inyección de aire como agente oxidante a presión (10 - 200 atm) y temperatura elevada (70 – 350 °C), es capaz de oxidar y degradar los compuestos orgánicos presentes en los RILES para transformarlos en CO_2 y agua (aunque también puede quitar componentes inorgánicos oxidables tales como cianuros y amoníaco). El proceso de oxidación por aire húmedo consiste en mezclar el agua residual con aire a presión y temperatura elevada para producir la degradación en la fase líquida. Este proceso también se puede llevar a cabo en presencia de un catalizador sólido, en cuyo caso la temperatura normal utilizada entre 120 y 310 °C se reduce a entre 15 y 60 °C, mientras la presión utilizada es siempre sobre la presión de saturación del agua. Esta tecnología es particularmente rentable para los efluentes que están altamente concentrados (con demandas de oxígeno producido por reacción química de 10.000 o sobre 100.000 mg/L) o que contienen los componentes que no son fácilmente biodegradables o son tóxicos a los sistemas de tratamiento biológicos.

Beneficios

Es un sistema eficiente para degradación de compuestos orgánicos persistentes no-biodegradables. Su funcionamiento es automatizado. Permite caudales y composiciones de efluentes variables. Utiliza espacios pequeños. Son costo-efectivos en aquellos casos donde los compuestos no son biodegradables. No genera lodos.

Condiciones técnicas de operación

En algunos casos puede tener costos operacionales elevados (en especial cuando los efluentes están ligeramente contaminados, es decir, con DQO menor a 5.000 mg/L). Requiere de consumo constante de energía eléctrica, además de un operador especializado.

Casos de aplicación

Distintas empresas de tratamiento de agua y lodos ofrecen la oxidación húmeda. Existen plantas de la empresa Zimpro en Atolina (Italia), Tarragona (España), Port Arthur (EEUU). La Universidad Complutense de Madrid a través del Grupo de Catálisis y Procesos de Separación (CyPS) integrado en el Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Químicas, ofrece este servicio.

Oxidación con aire húmedo (OAH) para tratar RILES

Sistema TOP® .
Fuente: empresa Green Eagle (https://www.3vgreeneagle.com/en/technologies/top-wet-air-oxidation-for-spent-caustic)

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo sobre los ecosistemas acuáticos al reducir la descarga de sustancias orgánicas que pueden contribuirá la eutrofización de los sistemas. Es un sistema más autónomo que otros. Requiere altas temperaturas y energía.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de los costos de operación para el tratamiento de RILes y liberación del recurso hídrico para el riego de para áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Disminución de los costos de producción. (+) Disminución de los malos olores.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

Lenntech (Proveedor)
info@lenntech.com
www.lenntech.es
España

3V Green Eagle
info@3vgreeneagle.com
Italia

Referencias y mayor información

Lenntech. (s.f.). Water Treatment Solutions . Disponible en URL: https://www.lenntech.es/oxidacion-catalitica-con-aire-humedo.htm

Universidad Complutense de Madrid. (s.f.). Tratamiento de Aguas Residuales Mediante Oxidación Húmeda. Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI). Disponible en URL: https://www.ucm.es/otri/complutransfer-tratamiento-de-aguas-residuales-mediante-oxidacion-humeda

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Obtenido de http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 185

Sistema de abatimiento de Boro (ABAR)

Objetivo que aborda	Sector de aplicación				Tipo de solución	Escala
Tratar	Industria	Agricultura	Agua Potable y saneamiento	Servicios	Tecnología	Proceso Industrial

Descripción

El boro es un contaminante que presenta una altísima solubilidad en el agua (50.000 mg/L) y que por su bajo número atómico no logra ser retenido con tecnologías de membrana, precipitación u otros. El sistema de abatimiento de boro (ABAR) es una tecnología patentada de tipo continua y modular basada en un proceso de intercambio iónico optimizado que utiliza columnas empacadas con una resina específica para la remoción de boro desde aguas naturales, urbanas, rurales, residuales y de riego. El proceso se lleva a cabo gracias al paso del agua a tratar de forma ascendente mediante un sistema de impulsión a través de tres columnas empacadas dispuestas en serie. Cada una de ellas contiene una resina cuya configuración innovadora le permite acumular el material contaminado, removiendo la totalidad del boro y dejando el agua apta para consumo humano, riego y fines productivos. Este proceso de remoción en el tiempo produce la acumulación de boro en la resina, la cual con el paso del tiempo se satura requiriendo la regeneración de la misma, el cual consiste en una limpieza que la devuelve a su condición original, permitiendo reutilizarla para un nuevo proceso de tratamiento denominado ciclo de operación. Las resinas pueden ser regeneradas en ciclos sucesivos con una duración estimada entre de 3 a 10 años, dependiendo principalmente del diseño de operación y las características fisicoquímicas de las aguas a tratar.

Beneficios

El sistema ABAR reúne importantes ventajas operacionales que lo transforman en una tecnología atractiva para dar solución efectiva en aquellas fuentes excedidas en boro, entre las cuales destacan:

- Permite remover el boro hasta los niveles requeridos para riego (NCh 1.333), descarga de riles (DS90) y recomendaciones OMS para agua potable.
- La corriente de regeneración entrega una solución concentrada de boro, lo que hace posible su reciclaje para obtener ácido bórico más concentrado y puro.
- Capaz de tratar amplios rangos de caudales (<1 a > 40.000 m^3/día), concentración de boro y pH.
- Operación simple, no requiere de pretratamientos salvo eliminación de turbiedad.
- No genera lodos. Utiliza espacios pequeños.
- Permite generar 8 veces menos de rechazo que la Osmosis Inversa.
- La disposición de columnas permite reducir los costos de operación en un 50% respecto al proceso de intercambio iónico tradicional.
- Ciclos más largos permite obtener un eluído más concentrado y reducir fuertemente el consumo de reactivos.

Condiciones técnicas de operación

Para efectuar este proceso se debe considerar la presión, el caudal a tratar y concentración de boro del efluente para determinar de manera correcta el material de las columnas de tratamiento, el cual a su vez limita el tamaño de la columna y los ciclos de regeneración que se necesitarán.

Como regenerante se emplea ácido sulfúrico por lo cual se debe considerar su correcto almacenamiento y disposición para evitar accidentes en operadores.

Algunas resinas pueden ser de mayor costo.

Se deben considerar algunos rangos de operación como caudal, temperatura, pH, tiempo de residencia y otros.

Sistema de abatimiento de Boro (ABAR)

Columnas de Abatimiento de Boro.
Fuente: Fundación Chile

Casos de aplicación

- Para la validación de la tecnología se trató aguas del Río Lluta con contenidos de 32 mg/L de boro.
- Se aplicó la tecnología en aguas del río Azapa y de ACHA con contenidos de boro de 2 mg/L.
- También se aplicó ABAR en aguas urbanas de Arica con contenidos de boro de 9 mg/L.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo. Reduce presencia de sustancias tóxicas en medio ambiente. No requiere agregar productos químicos. Requiere disponer el lodo generado en lugar autorizado para residuos peligrosos (impacto negativo potencial alto).

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Eventual generación de aguas grises.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Bajo costo de operación.
(+) Fácil de operar.
Conflicto: No se aprecia.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Para una planta de 80 L/s, con concentraciones de boro inicial de 1,80 mg/L incluyendo suministro de equipos ABAR, obras civiles, obras eléctricas, montaje y puesta en marcha

CAPEX: USD 2.696.000
OPEX: USD 0,78/m^3 (Incluyendo EE, PPQQ, personal, mantención y repuestos).

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Manantial (Proveedor)
www.manantial.cl
Chile

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2013). Tecnologías Emergentes & No Convencionales. Disponible en URL: https://fch.cl/wp-content/uploads/2013/09/Tecnolog_as_emergentes_-_casos_de_estudio_y_recomendaciones.pdf

Fundación Chile. (s.f.). Sistema ABAR. Disponible en URL: http://www.manantial.cl/dinamicos/descargas/tratamiento-de-boro.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 186

Adsorción de metales pesados en aguas residuales

Objetivo que aborda

Tratar

Sector de aplicación

Industria | Minería | Agua Potable y saneamiento | Servicios

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Descripción

La adsorción es el proceso en la cual átomos o moléculas de una sustancia son retenidas en la superficie de otra sustancia.
En química y física, la adsorción es un fenómeno de superficie en la cual un componente tiende a concentrarse en la interfase, o sea, entre una fase y otro de sustancias diferentes.
A través de la adsorción, un cuerpo logra capturar las moléculas de otro y mantenerlas en su propia superficie. De este modo, la adsorción se diferencia de la absorción, donde las moléculas penetran en su superficie.
Una de las más importantes aplicaciones del fenómeno de adsorción a nivel industrial, es de la extracción de humedad del aire comprimido. En este proceso se hace pasar el aire comprimido por un lecho de alúmina (adsorbente), que retiene las moléculas de agua (adsorbato) por adsorción.

Beneficios

Este proceso es aplicable a procesos industriales de descontaminación de agua mediante adsorbentes minerales naturales . En términos de adsorción pueden remover hierro, fósforo, arsénico, uranio, níquel, cobre, plomo, zinc, manganeso y cadmio, y otros metales pesados
Muy bajos CAPEX y OPEX, bajo consumo de energía.
Se personaliza al tratamiento según la matriz de agua a tratar, y el efluente deseado.
Tecnología finlandesa y alemana

Casos de aplicación

Proceso validado industrialmente. AQUAMINERALS esta en condiciones de ofrecer plantas de tratamiento para eliminación de metales pesados en agua, llave en mano en un plazo de 8 meses, para flujos desde 20 a 300 L/s. Ejemplo tratamiento de aguas de relaves, agua potable.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Su aplicación en procesos mineros e industriales deberá ceñirse a la normativa minera y normas respectivas de relaves y agua de riego.
Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de una cooperativa o comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de corto plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Adsorción de metales pesados en aguas residuales

Costos referenciales

CAPEX desde 300.000 euros.
OPEX menor a 0,9 euros/m^3

(Fuente: Aquaminerals)

Información de contacto

Guillermo Saavedra
gfsaavedra@gmail.com
Aquaminerals Chile
www.aquaminerals.fi
Finlandia

Referencias y mayor información

Aquaminerals. (s.f.). Aquaminerals. Disponible en URL: http://www.aquaminerals.fi/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 187

Adsorción de iones metálicos nocivos

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Tratar	Industria, Minería, Agua Potable y saneamiento, Servicios	Tecnología	Proceso Industrial

Descripción

La adsorción es un proceso de separación que tiene como principio el contacto de sólidos con líquidos o gases. Esta tecnología se basa en la capacidad especial de ciertos sólidos para remover preferencialmente componentes específicos (adsorbatos) los cuales pueden incluir virus, bacterias y moléculas (particularmente compuestos orgánicos) entre ellos benceno, gasolina, pesticidas, solventes y ácidos.
Se utilizan actualmente diferentes materiales como agentes adsorbentes, los cuales incluyen floculantes, sustancias como el óxido de aluminio o el hidróxido de hierro, siendo el de mayor utilización el carbón activado, el cual posee una superficie específica de entre 500 y 1.500 m^2/g, característica que le permite retener gran cantidad de compuestos no deseados.
En el caso del carbón activado este constituye un tratamiento terciario, el cual consiste en el paso de un efluente a través de lechos empacados/filtros (tipo columnas) cargadas con gránulos de material adsorbente (carbón activado) el cual logra que las partículas se adhieran a la superficie de ellos, removiendo contaminantes del agua por medio de adsorción, generando una mayor eficiencia producto de la mayor superficie de contacto. Una vez que la superficie del carbón activado se llena de químicos, se dice que el carbón está gastado, lo cual implica que debe reemplazarse o limpiarse para permitir que el filtro se reutilice.
La aplicación de esta tecnología permite obtener una calidad de efluente mejor que la conseguida en los tratamientos primarios y secundarios convencionales y su aplicación engloba tanto el tratamiento terciario de agua residual como el tratamiento de aguas servidas.

Beneficios

Ampliamente utilizado en el tratamiento de agua potable (remoción de sustancias orgánicas), en el tratamiento terciario de aguas residuales, en la remediación del agua subterránea, en el tratamiento de agua en los hogares y para tratar el agua que se utiliza en acuarios y en piscinas de natación.
Fácil de operar y mantener. Gran capacidad de remoción, en especial de olor, sabor y/o color desagradable. Tecnología de bajo costo. Remueve plaguicidas y compuestos orgánicos volátiles.

Condiciones técnicas de operación

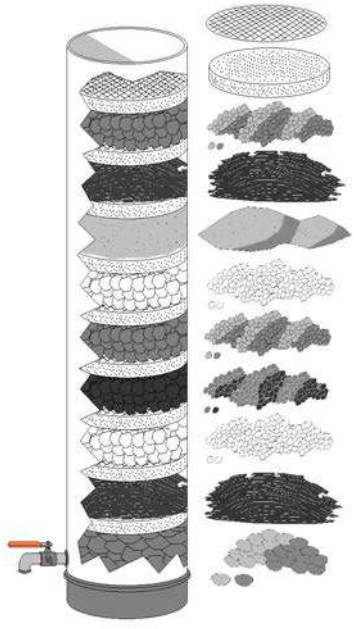
Algunos de estos métodos han resultado bastante costosos e ineficientes especialmente cuando la concentración de los metales es muy baja.

Problemas con la disposición y almacenamientos de lodo y desechos originados durante los procesos. El medio absorbente dura menos de 1 año. El arsénico es adsorbido de manera irreversible.

La efectividad de un carbón activo en cuanto a la adsorción de sustancias contaminantes, depende de varios factores como la solubilidad del contaminante, polaridad del contaminante, tamaño de las moléculas y pH.

El carbón en polvo tiene la ventaja de su flexibilidad y disponibilidad mientras que el empleo del carbón granular a través de filtración, requiere estructuras más complejas y de mayor costo inicial de instalación, así como la necesidad periódica de regeneración del carbón activo, una vez agotada su capacidad de adsorción.

Adsorción de iones metálicos nocivos



Esquema filtros de carbón activado.
Fuente: Wikimedia commons
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Water_Filtration_Systems.png) Fuente: Wikimedia commons

Casos de aplicación

El primer uso de carbón activado para tratamiento de agua residual municipal fue en 1930 en New Jersey (Estados Unidos). Tal fue su efectividad que al año 1943 existían más de 1.200 plantas de tratamiento. En la actualidad continúan siendo muchos los casos de aplicación. ESVAL usa carbón activado en sus plantas potabilizadoras de San Juan de Llolleo, Concón, La Cruz, Peñuelas, Poza Azul y Papudo. Además, se utiliza en plantas abatidoras de arsénico Santa Rosa de Alto Hospicio, La Hauyca y La Tirana (Aguas del Altiplano).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Si bien su uso permite la adsorción de metales nocivos, orgánicos y biológicos, requiere regeneración de carbono activado lo que genera emisiones a la atmósfera y alto consumo energético.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficios: Aumento de la disponibilidad del recurso hídrico.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (-) Altos costos.
(-) Generación de lodo difícil de almacenar.
Conflicto: No se aprecia.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación.

Costos referenciales

Costo Carbón Activado 0,52 USD/kg. Para una planta de 1.000 m^3/día para tratar olor y sabor.
OPEX: USD 0,01/m^3.
(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

SIMTECH (Proveedor)
http://www.simtech.cl/
Chile

Referencias y mayor información

Academia Nacional de Ciencias. (s.f.). Sistemas de adsorción y de intercambio iónico. Disponible en URL: https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Adsorption-and-Ion-Exchange-Systems.html

Fluence. (2016). ¿Qué es la Adsorción? Disponible en URL: https://www.fluencecorp.com/es/que-es-la-adsorcion/

Lenntech. (s.f.). Carbón Activado. Disponible en URL: https://www.lenntech.es/products/activated-carbon.htm

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 188

Bioadsorción de metales pesados en aguas residuales

Objetivo que aborda

Tratar

Sector de aplicación

Industria | Minería | Agua Potable y saneamiento | Servicios

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Descripción

La bioadsorción es un proceso que permite la captación activa o pasiva de iones metálicos, debido a la propiedad que poseen diversas biomasas vivas o muertas para enlazar y acumular este tipo de contaminantes por diferentes mecanismos. La extracción de metales mediante biomasas residuales se atribuye a sus proteínas, carbohidratos y componentes fenólicos que contienen grupos carboxilo, hidroxilo, sulfatos, fosfatos y aminoácidos, los cuales presentan gran afinidad por los iones metálicos, facilitando su captación.

Entre los materiales más estudiados como bioadsorbentes se encuentran la corteza de árbol de pirul, cáscaras de tamarindo, de plátano, de limón, de naranja, de maní, la hoja de maíz, quitosano, desechos de tallo de uva, entre otros, además de microorganismos como algas, hongos y levaduras, los cuales permiten reemplazar el uso de métodos convencionales en la remoción de estos contaminantes a un bajo costo.

Beneficios

Este proceso es aplicable a procesos de descontaminación evitando problemas subsecuentes como la generación de lodos químicos y dando un uso alternativo a materiales considerados como desechos.

Los materiales bioadsorbentes utilizados son de bajo costo, fácil adquisición, alta eficiencia de remoción, no requieren nutrientes adicionales y mediante regeneración pueden ser empleados en varios ciclos, además, se considera un proceso rápido y pasivo.

La biomasa utilizada es inerte, por lo que no genera crecimiento celular, interacciones ni subproductos metabólicos ya que no se ve afectado por el efecto tóxico de los contaminantes presentes.

Condiciones técnicas de operación

Esta tecnología se encuentra aún en su etapa de investigación y no se le ha transferido conocimiento tecnológico, por lo que no ha sido implementado aún a nivel industrial.

Casos de aplicación

- Aún se encuentra en etapa de investigación. No cuenta con proveedores comerciales.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficios: Aumento de la disponibilidad del recurso hídrico.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Proceso rápido y sin afectar el medio ambiente.
Conflicto: puede existir una eventual desconfianza al no haber sido probada antes.

Bioadsorción de metales pesados en aguas residuales

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Referencias y mayor información

Aquaminerals. (s.f.). Aquaminerals. Disponible en URL: http://www.aquaminerals.fi/

Tejada Tovar, C., Villabona Ortíz, Á., & Garcés Jaraba, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. TecnoLógicas, 18(34), 109-123. Disponible en URL: http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v18n34/v18n34a10.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 189

Extractores por arrastre de aire (Air Stripping) para la remoción de COV en aguas residuales

Objetivo que aborda: Tratar

Sector de aplicación: Industria, Servicios

Tipo de solución: Infraestructura, Tecnología

Escala: Proceso Industrial

Descripción

Es un sistema adecuado para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles (COV) presentes en el agua contaminada basado en la mezcla de aire burbujeante (generado mediante sistemas de aireación difusa o mecánica) con agua, con el objetivo de generar una mayor superficie de contacto de modo que los COV (y aquellos que se encuentran disueltos como el Radón y Sulfuro de Hidrógeno) se muevan desde el aire hacia afuera, aumentando la volatilización de los compuestos presentes en el agua y liberando el agua de ellos. Estos compuestos a su salida son recogidos por un sistema de extracción de vapores y tratados por oxidación térmica, catalítica o adsorción en carbón activado.

La utilidad de la tecnología se relaciona con la remediación de aguas subterráneas con contenido de compuestos orgánicos volátiles (COVs), en la eliminación de contaminantes oxidantes como hierro y manganeso, en el mejoramiento del sabor del agua y en la eliminación de olores, entre otros.

Beneficios

Este sistema resulta útil en la remoción de contaminación por hidrocarburos. La operación es relativamente sencilla y no se ve afectada por la fluctuación del agua residual si el pH y la temperatura del aire se mantienen estables. Cuando se combina con un sistema de extracción al vacío sirve para remediar suelos contaminados. Esta tecnología no se ve afectada por compuestos tóxicos que puedan alterar el desempeño de un sistema biológico y resulta ser tolerante para compuestos orgánicos con bajo punto de ebullición y no miscibles.

Condiciones técnicas de operación

El radio de influencia se encuentra limitado por la capacidad de bombeo del pozo.

Casos de aplicación

Plantas de tratamiento de aguas residuales en Delano (California, Estados Unidos) las cuales tenían problemas durante el almacenamiento y procesamiento de lodos secundarios producidos por los clarificadores secundarios de los procesos, debido a los olores generados en los retenedores de lodos descubierto.

También ha sido aplicado a la industria frutícola (también por dificultades en la emisión de olores), en lagunas aireadas (por requerimiento de oxígeno y olores generados), entre otras.

Nº FICHA 189

Extractores por arrastre de aire (Air Stripping) para la remoción de COV en aguas residuales

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo sobre la matriz agua, elimina sustancias contaminantes, que generan impactos negativos sobre ecosistemas acuáticos y especies hidrobiológicas. Podría tener impacto negativo sobre la matriz aire.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Aumento de la disponibilidad del recurso hídrico por menor consumo de agua potable para mantención de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: No se aprecian.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

Mazzei (Proveedor)
info@mazzei.net
www.mazzei.net
Estados Unidos

Referencias y mayor información

Mazzei. (s.f.). Estudios de caso Mazzei. Disponible en URL: https://mazzei.net/es/case-studies/

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 190

Intercambio iónico con resinas selectivas

Objetivo que aborda: Tratar

Sector de aplicación: Industria, Minería, Agua Potable y saneamiento, Servicios

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial

Descripción

Tecnología basada en el uso de materiales de intercambio específicos capaces de separar y concentrar contaminantes presentes en aguas residuales. El proceso comienza con el bombeo del efluente a través de columnas rellenas con la resina de intercambio iónico donde quedan retenidos los contaminantes. Al saturarse estas columnas, deben someterse a un proceso de regeneración para cumplir satisfactoriamente el proceso de depuración y/o recuperación de valores metálicos. El diseño de la tecnología está sujeta las características del agua a tratar y a los requerimientos en cada caso, permitiendo la recuperación del valor del metal y un menor volumen de lodos producidos. La utilización de distintos tipos de resinas genera afinidades variables frente a una gran gama de iones metálicos, por lo tanto, deben ser seleccionadas en base a las necesidades químicas del agua y los metales específicos a eliminar.

Beneficios

Permite concentrar contaminantes de aguas residuales y/o recuperar valores metálicos. Es una tecnología altamente costo-eficiente.
Emplea espacios pequeños y su operación es simple.
La posibilidad de regeneración de las resinas permite aumentar la vida útil de la materia.
No genera lodos y/o produce bajos volúmenes de rechazo.

Condiciones técnicas de operación

No es recomendable el uso de esta tecnología para la remoción de altas concentraciones de sulfato o elementos contaminantes en general (debido a la rápida colmatación de los columnas). En estos casos se recomienda realizar un pre-tratamiento.

Casos de aplicación

Este proceso es común en distintos procesos industriales. En la industria alimentaria para purificar el agua (p.e. industria de la cerveza), desmineralizar líquidos azucarados y jarabes, controlar la acidez, el olor, el sabor y contenido en sal del alimento, y también para aislar o purificar aditivos o componentes de alimentos. En la industria nuclear se emplea para el tratamiento de efluentes contaminados con elementos radiactivos y en la purificación del agua de refrigeración del núcleo. En la Industria Farmacéutica como recuperador y purificador de productos tales como antibióticos, vitaminas, enzimas y proteínas, entre otros. En la Hidrometalurgia como tratamiento de efluentes procedentes de la industria de refinado de metales y en la recuperación y concentraciones de metales valiosos como oro, platino, plata, cobre y cromo, entre otros.

Intercambio Iónico con resinas selectivas

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo al no generar salmuera como descarte, requiere de regeneración de resina y disposición final de residuo sólido, los que deben ser depositados en sitios autorizados para no generar impactos negativos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Aumento de la disponibilidad del recurso hídrico.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+)Requiere un menor espacio respecto a otras tecnologías.
Conflicto: No se aprecian.

Perlas de resina para intercambio iónico. Fuente: Wikimedia commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ion_exchange_resin_beads.jpg)

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

Aguasin (Proveedor)
aguasin@aguasin.com
http://www.aguasin.com/
Chile

Referencias y mayor información

Caviedes Rubio, D., Muñoz Calderón, R., Perdomo Gualtero, A., Rodríguez Acosta, D., & Sandoval Rojas, I. (2015). Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión. Revista Ingeniería y Región, 13(1), 73-90. Disponible en URL: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5432290

Fundación Chile. (2015). Catastro de Medidas y Tecnologías para la Prevención, Control y Tratamiento del Drenaje Minero. Disponible en URL: http://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2017/11/Catastro-de-Medidas-y-Tecnologias.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 191

Membrana de cerámica para filtración, pretratamiento y reciclaje de agua

Objetivo que aborda

Tratar

Sector de aplicación

Industria | Minería | Agua Potable y saneamiento | Servicios

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Los filtros de membrana de cerámica son básicamente filtros de ultrafiltración o microfiltración similares a los filtros de membrana polimérica, que pueden tratar aguas residuales difíciles, incluso agua a temperaturas elevadas más altas. El sistema de filtración de membrana de cerámica es un sistema de tratamiento de aguas para generar agua limpia y clara del grifo eliminando las impurezas (bacterias y protozoos como Cryptosporidium) y la turbidez en el agua cruda de los sistemas fluviales y del pozo.

Beneficios

Requiere un menor mantenimiento, genera, además, mayor productividad a un costo y consumo de energía menor que los sistemas de membrana existentes. La membrana cerámica tiene alta resistencia mecánica, térmica y química incluso en condiciones de agua cruda las cuales varían en sus características día a día, proporcionando un tratamiento de agua estable continuamente. El rendimiento de la filtración no se ve comprometido incluso en situaciones de alta turbidez.
Las membranas cerámicas tienen una vida útil de hasta 15 años o más y luego al término de su ciclo de vida se puede reutilizar como material cerámico por lo que es una membrana ecológica que no genera residuos.

Condiciones técnicas de operación

- Los costos de construcción son muy elevados, siendo las más caras del mercado.
- Tiene grandes pérdidas de carga y un alto consumo energético.

Casos de aplicación

Esta tecnología de membranas cerámicas se utiliza desde 1989. Actualmente, la marca CeraMac® es usada por la planta de tratamiento de agua de Wadajima (Shizuoka, Waterworks Bureau) con una capacidad de tratamiento de agua de 10.000 m^3/día y la Oficina de Administración de Aguas del Distrito de Hinogawa (Fukui) con una capacidad de 51.900 m^3/día, ambas ubicadas en Japón.

Membrana de cerámica para filtración pretratamiento y reciclaje de agua

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Solución de materiales reutilizables, no genera residuos tóxicos, y su manejo y uso es de pequeñas dimensiones, no genera impactos paisajísticos ni ecosistémicos directos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Aumento de la disponibilidad del recurso hídrico.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+)Disminución del consumo de energía.
Conflicto: No se aprecian.

Modelos de filtros de cerámica. Fuente: PW technologies (https://pwntechnologies.com/solutions/).

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Medida que tiene en sus condiciones habilitadoras la necesidad de autorización de MINSAL y eventualmente municipal, según la LGUC. Además, pudiera requerir la existencia de un comité de APR. En este caso, además supone la asignación de fondos públicos y, eventualmente la capacitación de recursos humanos para su utilización. En general, son soluciones para implementar en un plazo mediano, considerando los distintos permisos que se deben obtener para su implementación.

Información de contacto

Inquinat (Proveedor)
http://www.inquinat.cl
Chile.

Referencias y mayor información

Metawater. (s.f.). Ceramic membrane filtration system. Disponible en URL:http://www.metawater.co.jp/eng/product/plant/water/membrane_clarify/

PWNT Water Technology. (s.f.). CeraMac®. Disponible en URL:https://pwntechnologies.com/portfolio-item/ceramac/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 192

Osmosis inversa con membranas de canal abierto para el tratamiento de lixiviados y percolados generados en rellenos sanitarios

Objetivo que aborda: Tratar

Sector de aplicación: Servicios

Tipo de solución: Tecnología, Infraestructura

Escala: Proceso Industrial

Descripción

Trata lixiviados de baja, media y alta carga, reteniendo todas las sales y los contaminantes. Este tratamiento de lixiviados funciona bajo las mismas premisas que una planta de osmosis convencional pero su diferencia radica en que emplea módulos de canal abierto los cuales evitan que se forme una capa de suciedad sobre las membranas, la cual se compone fundamentalmente de compuestos orgánicos presentes en el agua a tratar. De esta manera también se facilita la limpieza de las membranas dejando la mayor cantidad de tiempo operativo disponible, situación que antes se entorpecía producto de los taponamientos.

Beneficios

Trata lixiviados de rellenos sanitarios que son importante fuente de contaminación de aguas subterráneas y superficiales. El tipo de sistema reduce las incrustaciones sobre la membrana y el rápido taponamiento de estas, lo cual permite disminuir los ciclos de lavado por lo que ahorra tiempo, energía y agua entre cada lavado. Es de fácil mantenimiento, ya que no requiere controles periódicos. Además, es de rápida instalación y puesta en marcha. Unidades móviles de fácil transporte y montaje. Puede reutilizar membranas (regeneradas) procedentes de desalinizadoras, por lo tanto brinda la oportunidad de dar una segunda vida a un residuo. Permite aumentar la capacidad de receptividad de residuos por parte del vertedero.

Condiciones técnicas de operación

El líquido de rechazo es más concentrado que el líquido de ingreso, por lo tanto es más complejo de manejar ambientalmente.

Se requiere un sistema de tanques para líquidos de lixiviado, químicos y concentrado previo a su disposición final, además de un caudalímetro en la entrada y salida del lixiviado (registro de metros cúbicos de entrada y salida, hora y fecha correspondiente).

Casos de aplicación

Relleno Santa Marta, Talagante, Chile.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
Puede haber impacto si el agua no cumple con un estándar de tratamiento terciario (más allá de si cumple o no con la norma).

Nº FICHA 192

Osmosis inversa con membranas de canal abierto para el tratamiento de lixiviados y percolados generados en rellenos sanitarios

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Aumento de la vida útil de los sistemas de limpieza de rellenos sanitarios.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Disminución del uso de energía.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Marca: MFK
Caudal: 240 m^3/día
Carga: 1.200 kg DQO/día
480 kg DBO_5 /día

CAPEX: MUSD 1.200
OPEX: 1,3 USD/kgDQO/día

(Fuente: Cotización ECOPRENEUR)

Información de contacto

DimWater Engineering (Proveedor)
info@dimasagrupo.com
España.

Referencias y mayor información

SOGAMA. (s.f.). Sogama invierte 2.749.000 Euros en el alquiler de dos depuradoras de osmosis inversa a instalar en el vertedero de residuos no peligrosos de Areosa. Disponible en URL: http://www.sogama.gal/es/noticia/sogama-invierte-2749000-euros-en-el-alquiler-de-dos-depuradoras-de-osmosis-inversa-instalar-

Osmosis Inversa.
Fuente: Fundación Chile, 2019

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 193

Trampa de aceites y grasas con adición de insumos biológicos como pre-tratamiento para aguas residuales

Objetivo que aborda: Tratar

Sector de aplicación: Industria, Pecuario, Agua Potable y saneamiento, Servicios

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial

Descripción

Esta tecnología se considera como un pre-tratamiento para aguas residuales y es utilizada por lo general en establecimientos donde la producción de grasas es considerada alta, como hoteles, restaurantes, hospitales, estaciones de servicio y de lavado de vehículos, talleres mecánicos, industrias con tratamiento de aguas con altas cargas de aceite, entre otros. La estructura general de una trampa de grasa comprende de una cámara de entrada, la cámara de salida y estructuras de separación en medio de estas dos, creando una tercera cámara intermedia en la que la grasa y aceites quedan retenidas. El agua entra en la primera cámara y al pasar a la segunda cámara se produce la separación de la grasa, las cuales quedan como material flotante (ya que son más livianas al ser menos densas) en el agua, mientras que el material más pesado se asienta como lodo en el fondo de la trampa.
Para alcanzar la degradación de grasa, aceite y pose materia orgánica contenida en la trampa, se añaden enzimas biológicas o benol (de origen natural y biodegradable) los cuales permiten la reducción de la DBO_5 y DQO del efluente. Por último, en el tercer compartimento de la cámara, se recibe el agua clarificada sin grasa, evitando que el material contaminante (grasa) ingrese a la red de alcantarillado.

Beneficios

Esta tecnología es de bajo costo de operación y sin piezas mecánicas. La adición de material biológico mejora la calidad del efluente y potencia el funcionamiento de la trampa. Permite además, contrarrestar los malos olores producidos por la presencia de materia orgánica en el agua. Reduce la DBO_5 y la DQO del efluente.

Condiciones técnicas de operación

Cuando se satura se requiere el trasvase y disposición de los hidrocarburos recolectados en empresas especializadas. Se debe considerar una limpieza periódica para evitar la saturación de la trampa, la cual está estimada diariamente para lograr un mejor funcionamiento de la trampa.
Para el diseño exitoso del sistema, se debe estimar el tiempo de retención adecuado para lograr la efectiva separación de las grasas en el agua, lo cual además se apoya en la distancia que se considere entre la entrada y salida del sistema.

Casos de aplicación

Planta de tratamiento de aguas residuales del Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre, Quito, Ecuador.

Nº FICHA 193

Trampa de aceites y grasas con adición de insumos biológicos como pre-tratamiento para aguas residuales

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Impacto Ambiental

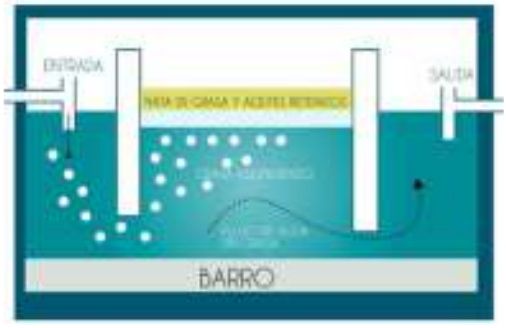
Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Reduce cargas orgánicas y de grasas hacia las plantas de tratamiento, elimina riesgos de descargas hacia sistemas acuáticos. Es favorable el pretratamiento cuando no existe tratamiento terciario en plantas de tratamiento de aguas domiciliarias. Requiere de gestión de residuo sólido (lodos).

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo alto.
Beneficio: Disminución de los costos de operación para el tratamiento de aguas residuales y liberación del recurso hídrico para el riego de pareas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología
Externalidad: (+) Disminución de los costos de producción. (+) Disminución de los malos olores. (-) No asegura alcanzar la calidad de DS 90/00
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Desde la perspectiva de las condiciones habilitadoras, se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.



Esquema de trampa de aceites.
Fuente: empresa ISA, Ecuador (https://www.isa.ec/index.php/component/virtuemart/isa-portal-de-compras-en-l%C3%ADnea/e-septic-detail?Itemid=0)

Información de contacto

ISA (Proveedor)
info@isa.ec
www.isa.ec
Ecuador

Referencias y mayor información

Ingeniería y Servicios Ambientales. (s.f.). Trampas de grasa. Un pre-tratamiento de aguas residuales. Disponible en URL: https://www.isa.ec/index.php/va-viene/entry/trampas-de-grasa-un-pre-tratamiento-de-aguas-residuales

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 194

Sistema de flotación por aire disuelto (DAF) para la separación de residuos sólidos suspendidos en el agua

Objetivo que aborda: Tratar

Sector de aplicación: Industria, Pecuario, Servicios, Agua Potable y saneamiento

Tipo de solución: Tecnología, Infraestructura

Escala: Proceso Industrial

Descripción

Tecnología basada en la utilización de microburbujas generadas a partir de una solución saturada de agua-aire, liberada a presión en una celda donde se encuentra el agua a tratar. Al ascender las microburbujas las partículas presentes en el líquido se adhieren a estas, separándose y formando una capa flotante de material concentrado logrando la separación sólido-líquido.
Los equipos DAF para depuración se pueden clasificar por su forma en flotadores circulares y rectangulares, mientras que en función de su proceso se clasifican en FAD T (sobresaturando el caudal total), FAD P (sobresaturando parte del caudal) y FAD R (sobresaturando agua del efluente recirculando a la alimentación).
Con ello, se consigue una efectiva remoción de sólidos suspendidos, aceites y grasas, y materia orgánica particulada (DBO_5).

Beneficios

Permite una mayor carga de sólidos en el agua. Requiere de menos tiempo comparado con el proceso de decantación. Alta eficiencia en la remoción de sólidos, especialmente de microorganismos y precipitados en la etapa preliminar a los tratamientos de RILes. Menor área requerida para instalación. Mayor eficiencia en la remoción de DBO_5 que otros procesos de separación. Bajo control de planta y mantenimiento. Flexibilidad de caudales (desde 3 m^3/día) y cargas contaminantes.

Es de fácil instalación, con un requerimiento mínimo de obra civil y además, reduce coste de inversión por disminución de las instalaciones que requieren obra civil.

Condiciones técnicas de operación

Los elementos que no flotan con el aire disuelto se convierten en un contaminante severo dentro de las plantas DAF.

Es sensible a variaciones de temperatura, sólidos en suspensión, recargas hidráulicas, variaciones químicas y fisicoquímicas, comparado con procesos de sedimentación.

Costos operacionales elevados cuando existe un control riguroso y automático de parámetros.

Casos de aplicación

Plantas potabilizadoras de Países Bajos:

Utilizan los sistemas DAF en su proceso primario en sustitución a los procesos de coagulación/sedimentación.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Reduce cargas contaminantes hacia las plantas de tratamiento, elimina riesgos de descargas hacia sistemas acuáticos. Requiere de gestión de residuo sólido (lodos).

Nº FICHA 194

Sistema de flotación por aire disuelto (DAF) para la separación de residuos sólidos suspendidos en el agua

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Liberación del recurso hídrico al generar aguas grises aptas para el riego.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Menor tiempo en el proceso de decantación.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Marca: Toro
Caudal: 41 m^3/h
OPEX: USD 120.000
CAPEX: 0,023 USD /m^3

Fuente: Cotización ECOPRENEUR; Valorización KRISOL (2019).

Información de contacto

Manantial (Proveedor)
manantial@manantial.cl
Chile

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº 1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

Sistema DAF.
Fuente: http://sigmadafclarifiers.com

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 195

Bekosplit separador impurezas orgánicas no hidrosolubles

Objetivo que aborda

Tratar

Sector de aplicación

Industria

Pecuario

Agua Potable y saneamiento

Servicios

Tipo de solución

Tecnología

Infraestructura

Escala

Proceso Industrial

Descripción

La tecnología consiste en separar impurezas orgánicas no hidrosolubles (como aceites, grasas vegetales o animales) y partículas sólidas, mediante un proceso en que el líquido a tratar pasa previamente a un depósito para un proceso de purificación por gravedad, permitiendo la separación de partículas libres y aceite aún cuando existan variaciones en las cantidades alimentadas.

A partir de esta separación el aceite se descarga automáticamente mientras que por el otro los niveles de líquido son controlados por un sistema electrónico capacitivo que distingue de manera precisa entre aire, aceite y líquido, asegurando de esta manera que esta última no llegue al colector de aceite y las partes libres no puedan entrar al proceso de separación.

Hecha la pre- purificación, una bomba de dosificación lleva el líquido hacia una cámara de reacción a la cual previamente se añade la cantidad exacta de una alúmina mineral no tóxica llamada “bentonita", la cual actúa como agente separador encapsulando el aceite y las partículas de suciedad, formando finalmente grandes cápsulas fácilmente filtrables que se eliminan a continuación con filtros de saco (o bolsas filtrantes), obteniendo como producto final agua que puede eliminarse sin problemas a través del sistema de canalización normal.

Beneficios

No necesita limpiadores agresivos. Requiere bajo consumo de energía. Permite intervalos de mantenimiento más largos. Todos los datos de funcionamiento se controlan electrónicamente.
No se requiere la utilización de productos químicos, ya que la bentonita (agente separador) presenta un amplio rango de reacción (pH 4 a 10) lo cual permite prescindir de un ajuste continuo de pH. No exige una gran inversión.

Condiciones técnicas de operación

- Funciona con una alúmina especial que es distribuida por BEKO TECHNOLOGIES.
- Dado que el agente separador por reacción absorbe el aceite aglutinado del condensado en el transcurso del proceso, en algún momento este se satura y se debe eliminar.
- Como máximo sólo puede tratar 200 L/h de contaminante por equipo, lo cual lo clasifica como un sistema de baja capacidad.
- Alta dependencia eléctrica.
- El operador del equipo debe capacitarse para garantizar una debida utilización y mantención.

Bekosplit separador impurezas orgánicas no hidrosolubles

Casos de aplicación

ASMAR (Coronel): Planta de tratamiento para aguas contaminadas con hidrocarburos, aceites industriales y metales pesados cuya capacidad está por sobre los 140 m^3.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Reduce cargas contaminantes hacia las plantas de tratamiento, elimina riesgos de descargas hacia sistemas acuáticos. Requiere de gestión de residuo sólido (lodos).

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de los costos de operación para el tratamiento de aguas residuales y liberación del recurso hídrico para el riego de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Disminución de los costos de producción.
(+) Disminución de los malos olores.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Sistema BEKOSPLIT.
Fuente: Vedetech
(http://www.vedetech.cl/)

Costos referenciales

Para un caudal de 10 L/h
Inversión: 20.300 USD
Costo de tratamiento: 10,14 USD/m^3.

Para un caudal de 200 L/h
Inversión: 69.700 USD
Costo de tratamiento: 0,92 USD/m^3.
(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

BEKO Tecnológica España S.L. (Proveedor)
www.beko-technologies.es

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº 1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 196

Filtros coalescentes para separar hidrocarburos del agua

Objetivo que aborda

Tratar

Sector de aplicación

Industria

Minería

Agua Potable y saneamiento

Servicios

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Un coalescedor es un dispositivo que acelera la unión, la cohesión o separación de dos o más partículas dispersas en una mezcla. El proceso llevado a cabo en dicho dispositivo se llama coalescencia. Con esta técnica de separación en la que el flujo de agua viaja a través de las fibras coalescedoras llevándose consigo los aceites en forma de pequeñas gotas hasta que estas quedan interceptadas en la fibra. En este punto el aceite desplaza al agua y la gota se rompe. A medida que las gotas de aceite se acumulan en la fibra, se juntan y crecen en tamaño por lo cual la gravedad les obliga a separarse de la fibra y flotar hacia arriba, dando como resultado un agua libre de aceites.

Beneficios

Remueven partículas y agua emulsificada de los derivados de hidrocarburos en forma económica y eficiente, permite obtener efluentes tratados con concentraciones de aceites y grasas bajo los 10 mg/L, cumpliendo con la normativa nacional por lo que permite la generación de aguas limpias.
Además, estos dispositivos son de fácil instalación y mantenimiento debido a su diseño de una sola pieza, requieren de un mínimo espacio para su instalación y poseen una amplia aplicabilidad. Los filtros son resistentes a ataques de agentes químicos agresivos y persistentes.

Condiciones técnicas de operación

Los filtros requieren de mantenimiento diario y en caso de saturación deben ser cambiados, por lo cual se sugiere supervisión constante.

Además, la capacidad de tratamiento del equipo se ve afectada por la concentración que presente el efluente, ya que si esta es baja se requiere incrementar el tiempo de residencia.

Se requiere de un tratamiento para el residuo peligroso generado como un sub-producto final (lodo oleoso).

Casos de aplicación

Actualmente la Planta Estabilizadora de Condensado Pluspetrol Perú Corp. utiliza esos filtros.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Impacto positivo del uso de la tecnología. Requiere de gestión de residuo peligroso (hidrocarburo) para no generar impactos negativos colaterales por residuos.

Filtros coalescentes para separar hidrocarburos del agua

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de los costos de operación para el tratamiento de aguas residuales y liberación del recurso hídrico para el riego de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Disminución de los costos de producción.
(+) Disminución de los malos olores.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Cotización: Ecosystem
Valores UF, Dólar y Euro del 17/01/2019
Costos PTAS
2 m^3/h Inversión: USD 50.455
5 m^3/h Inversión: USD 62.886
11 m^3/h Inversión: USD 97.010.

Cotización: ECOPRENEUR

Marca: PARKSON
41 m^3/h Inversión: USD 60.000

Fuente: Valorización KRISOL, 2019.

Información de contacto

Aexo Tecnica S.A (Proveedor)
www.aexo.com.ar
Argentina

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº 1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL:http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

Filtro coalescente reticular.
Fuente: hispalhidro (https://sites.google.com/site/separadoresdehidrocarburos/filtro-coalescente)

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 197

Sistema de filtración skimmer para eliminar hidrocarburos y derivados

Objetivo que aborda	Sector de aplicación				Tipo de solución	Escala
Tratar	Industria	Pecuario	Agua Potable y saneamiento	Servicios	Tecnología	Proceso Industrial

Descripción

El Skimmer es un sistema diseñado específicamente para recuperar hidrocarburos, grasas, aceite flotante y otras sustancias de la superficie del agua. Estos dispositivos están construidos tanto para operaciones de emergencia como para aplicaciones en la industria. En el mercado existen distintos tipos, entre los cuales podemos mencionar:

- **Skimmer de hidrocarburos de disco**: sistema compacto y portátil de discos diseñado para aguas tranquilas, el cual puede recuperar hasta 30 m^3/hora de aceite con una eficiencia del 95%. El hidrocarburo se adhiere a la superficie de los discos hidrófobos, siendo separado de estos posteriormente y transportado, mediante mangueras conectadas a la bomba hidráulica que lleva incorporada, hasta un depósito de almacenamiento.
- **Skimmer de hidrocarburos de cepillo**: utiliza un cepillo circular de cerdas oleófilas e hidrófugas como elemento principal de recuperación, cuya principal propiedad es la capacidad de rechazar el agua y adherir los hidrocarburos en ríos. Su recuperación va desde los 5 m^3/hora.
- **Skimmer de hidrocarburos de rebosadero**: este dispositivo funciona como un embudo que se ajusta manualmente o automáticamente según el flujo de la descarga por la cual el líquido contaminante es extraído. Está alimentado por una unidad generadora hidráulica y tiene una bomba hidráulica ubicada debajo del embudo para permitir la transferencia de los hidrocarburos. Están diseñados y construidos tanto para operaciones de emergencia como para aplicaciones en la industria.

Beneficios

Colocado antes de un sistema de tratamiento de agua aceitosa, puede dar una mayor eficiencia en la separación de aceite para una mejor calidad de descarga de aguas residuales. Además, el hidrocarburo recuperado presenta una baja cantidad de agua.
En estos dispositivos todos sus componentes son fáciles de desmontar para su transporte y mantenimiento; su estructura es resistente a la corrosión.
Posee una eficiencia del 80% en aceites y 90% en hidrocarburos y no requiere personal capacitado debido a que el sistema es sencillo de operar.
Al eliminar la capa superior de aceites, permite reducir el estancamiento de agua, el olor y la espuma antiestética en la superficie, generando aguas limpias.

Condiciones técnicas de operación

Los espumadores oleófilos y no oleófilos no son igualmente efectivos con todos los tipos de aceites debido a la naturaleza cambiante de las fuerzas de atracción de los mismos. Los espumadores oleofílicos pueden no funcionar tan eficazmente si hay detergentes, limpiadores u otros agentes tensoactivos en el agua que interfieran con la atracción oleófila.
Requiere precaución respecto a la basura y los desechos, ya que estos pueden bloquear o interferir en la operación de los espumadores de aceite.
Algunos skimmers de disco o de vertedero con bombas montadas contienen elementos pesados, lo cual puede requerir un equipo de elevación especial y consideraciones de seguridad. Requiere de energía constante.

Sistema de filtración skimmer para eliminar hidrocarburos y derivados

Casos de aplicación

Esta tecnología es muy utilizada en la remediación de derrames de hidrocarburo en sistemas acuáticos. Empresas como la finlandesa Larsen Marine Oil Recovery (Lamor) ha realizado trabajos de remediación ambiental por los derrames del Oleoducto Norperuano en dos regiones de la selva de Perú. La refinería de Repsol en A Coruña, España adquirió esta tecnología después del derrame del 2005 en la misma zona.

Fundación Chile ha utilizado un equipo SoS-2 de la QED Environmental Systems que incluye un skimmer que utiliza una malla hidrofóbica, en los proyectos remediación de un acuífero contaminado con hidrocarburos y bioremediación de pozos petroleras en la Patagonia.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Impacto positivo al eliminar sustancias tóxicas sobre los ecosistemas acuáticos. Reduce cargas químicas que afectan al bentos, especies ícticas (peces) y vegetación por eventos directos y acumulativos. Requiere gestión de residuos generado en el proceso que puede tener características de peligroso.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de los costos de operación en el sistema de filtración y liberación del recurso hídrico para el riego de áreas verdes.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Disminución de los costos de producción. (+) Disminución de los malos olores.
Conflicto: No se aprecian.

Proceso de remediación de un acuífero contaminado con hidrocarburos mediante la utilización de skimmers, que extraen selectivamente el hidrocarburo sobrenadante.
Fuente: Fundación Chile

Condiciones Legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Para caudal de 10 (l/h)
Costo de Inversión: 3.500 USD
Costo de Tratamiento: 2,49 USD/m^3

Para caudal de 1.000 (l/h)
Costo de Inversión: 8.500 USD
Costo de Tratamiento: 0,19 USD/m^3

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Nikolaides (Proveedor)
ventas@nicolaides.cl
www.nicolaides.cl
Chile

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

Nautic EXPO. (s.f.). Skimmer de hidrocarburos. Recuperado el 2019, de http://www.nauticexpo.es/fabricante-barco/skimmer-hidrocarburos-21347.html

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 198

Filtros biológicos percoladores (FBP) para el tratamiento de agua residual

Objetivo que aborda

Tratar

Sector de aplicación

Industria

Pecuario

Agua Potable y saneamiento

Servicios

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Residencial

Proceso Industrial

Descripción

Tratamiento biológico de lecho fijo para tratar agua residual, industrial y doméstica, cuyo sistema se basa en un filtro compuesto de biomasa y material de superficie específica (como piedras, grava, botellas de PVC o material filtrante) el cual tiene una elevada relación superficie/volumen y sobre el cual se deja caer agua de desecho decantada. El agua atraviesa por los poros del filtro, donde se oxida la carga orgánica y se degrada por acción de la biomasa, produciendo dióxido de carbono. El efluente recolectado posteriormente debe ser clarificado en un tanque de sedimentación para eliminar cualquier biomasa que se haya desprendido del filtro. Para llevar a cabo este proceso, existen filtros percoladores de baja, media, alta carga, carga muy alta de desbaste y doble tapa, los cuales varían en la carga hidráulica que reciben (la cual está determinada por las características del agua residual, el tipo del material del filtro, la temperatura ambiental y las necesidades de descarga. Estos filtros son capaces de remover la DBO_5 entre 65 - 85%, SST 60 - 85%, nitrógeno 15 - 50% y fósforo 8 - 12%.

Beneficios

Posee bajo costo de instalación y funcionamiento. Su instalación, operación y mantenimiento son simples. Genera una muy baja producción de lodo. Baja dependencia de la temperatura ambiente. Permite alcanzar un efluente de alta calidad. Es estable frente a las variaciones de carga y concentración en el afluente. Produce lodo estable, concentrado, bien floculado y fácil de decantar. La biomasa de los filtros tiene una vida de cinco años o más.

Condiciones técnicas de operación

Sólo se puede usar esta tecnología después de un pre-tratamiento ya que una alta carga de sólidos puede provocar que el filtro se tape. Se requiere un operador capacitado para monitorear y reparar el filtro y la bomba en caso de problemas. Se debe considerar distancia respecto a casas y negocios producto de los olores generados y el riesgo de desarrollo de vectores sanitarios (en especial en climas cálidos o templados). Se requiere de bombeo para alimentar el filtro percolador. Se debe considerar un plan de limpieza periódica de los filtros, para evitar y/o reducir los lodos acumulados.

Nº FICHA 198

Filtros biológicos percoladores (FBP) para el tratamiento de agua residual

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Casos de aplicación

Se aplican desde fines del siglo XIX. En Chile en la comuna de La Unión el año 2013 se hicieron los estudios para instalar un filtro percolador en el mismo recinto de una planta elevadora de aguas servidas (PEAS) con la finalidad de impulsar el RIL parcialmente tratado hasta la planta de tratamiento ubicada en Cocule.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo, pero existe el riesgo de emisiones de olores. Permiten la remoción de materia orgánica carbonácea y nitrogenácea por la adsorción y metabolización por parte de microorganismos presentes en el lecho.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Disminución de la contaminación en el agua.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Baja producción de lodo
(-) Generación de olores.
Conflicto: Eventual rechazo de la comunidad de la tecnología producto de malos olores.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Inversión: Mín 30 USD/hab.
Fuente: Investigación del Ministerio Medio Ambiente, Colombia, 2002.

Información de contacto

Spena Group (Proveedor)
www.spenagroup.com
Perú

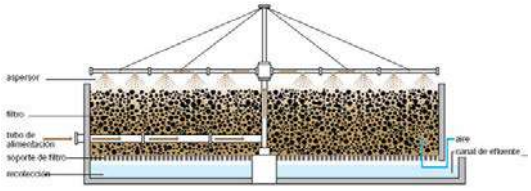
Referencias y mayor información

Ministerio de Medio Ambiente. (2002). Gestión para el manejo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales municipales. Bogotá, Colombia.

Tilley, E; Lüthi, C., Morel, A.; Zurbrügg, C.; Schertenleib, R. (2008). Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento. Ediciones COSUDE, Alianza por el Agua. Disponible en URL: http://saludpublica.bvsp.org.bo/cc/bo2.1/documentos/siste28799.pdf

Pérez Oddershede, A. (2010). Selección de Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para localidad de Santa Bárbara usando metodología de decisión multicriterio AHP . Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, Santiago de Chile. Disponible en URL: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103989/cf-perez_ao.pdf;sequence=3

Salas Quintero, D., Zapata, M., & Guerrero, J. (2007). Modelo de costos para el tratamiento de las aguas residuales en la región. Scientia et Technica Año XIII(37), 591-596. Disponible en URL: https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/viewFile/4191/2099



Esquema filtro percolador.
Fuente: Alianza por el Agua
(http://alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/t/t8.html)

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 199

Evaporador al vacío para tratamiento de agua residual

Objetivo que aborda: Tratar

Sector de aplicación: Industria, Minería

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial

Descripción

Esta tecnología permite transformar un efluente residual en dos corrientes, una de residuo concentrado y otra de agua de elevada calidad. La tecnología se basa en la utilización de calderas, evaporadores al vacío y compresores los cuales hacen más eficiente el tratamiento de agua residual al permitir incrementar el calor latente y por ende disminuir los requerimientos de energía del sistema.

El proceso parte con el ingreso del agua residual a una caldera donde aumenta su temperatura por efecto de resistencias. Luego estas aguas viajan a las bombas de vacío donde por acción de compresores son recalentadas para luego ser redirigidas a intercambiadores de calor permitiendo disminuir la temperatura tanto del agua recuperada (para ser destinada a tanques de destilado) como del agua residual la cual es retornada a la caldera de evaporación para reducir los requerimientos energéticos de la misma.

A medida que esta agua se evapora, se produce la apertura automática de la válvula de alimentación para conservar el nivel.

Beneficios

Con esta tecnología se puede lograr no tener desecho acuosos solo cristales con lo que se evita el tratar el rechazo. En base a estos proceso se inventó el concepto de cero descarga líquida (ZLD) en donde combinación de evaporadores con separación de membrana se propone no tener residuos líquidos dentro de los procesos.
Es una tecnología eficiente cuando el efluente contiene una concentración de sales muy elevada, compuestos no biodegradables, sustancias tóxicas para los microorganismos, metales o residuos con niveles muy altos de DQO. Tecnología limpia, segura, muy versátil y con un costo de gestión muy bajo y que logra rescatar las aguas residuales hasta en un 95%.
El agua depurada puede ser introducida nuevamente al proceso productivo. Su diseño es flexible, compacto y requiere poco mantenimiento. Genera un residuo concentrado capaz de disminuir los costos de gestión del mismo.

Condiciones técnicas de operación

El material de los equipos debe ser de titanio puro para evitar la corrosión por sales, lo que hace que los equipos sean de muy alto costo.
Los residuos peligrosos generados deben ser dispuestos en una empresa autorizada.

Nº FICHA 199

Evaporador al vacío para tratamiento de agua residual

Casos de aplicación

Es aplicado ampliamente en efluentes provenientes de la industria alimentaria (tratamiento de salmueras), galvánica (aguas de lavado y de tratamiento de superficies), química, farmacéutica y cosmética (aguas para lavado de tanques y reactores), fábricas de pinturas (lavado de reactores), industria automotriz y metálica en general (emulsiones aceitosas y desengrasantes), así como en lixiviados de vertederos y residuos sanitarios.

Equipo de evaporación al vacío.
Fuente: condorchem.com

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Mejora tratamiento de aguas con contaminantes tóxicos para la vida de sistemas naturales.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Aumento del recurso hídrico.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidades: (+) Disminución de los malos olores.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

Condorchem (Proveedor)
condorchem@condorchem.com
www.condorchem.com/es/a
España

Referencias y mayor información

Condorchem Envitech. (s.f.). Evaporadores al vacío. Disponible en URL: https://condorchem.com/es/evaporadores-al-vacio/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 200

Zeolitas activadas y modificadas para el tratamiento de efluentes industriales

Objetivo que aborda	Sector de aplicación				Tipo de solución	Escala
Tratar	Industria	Minería	Agua Potable y saneamiento	Servicios	Tecnología	Proceso Industrial

Descripción

La tecnología se basa en un proceso de adsorción en flujo continuo, en columnas con zeolitas acondicionadas y/o modificadas las cuales tienen la capacidad de hidratarse y deshidratarse de modo reversible, por donde el efluente es bombeado provocando que los contaminantes queden retenidos en la misma. Las zeolitas están cargadas negativamente de forma natural, por lo que pueden adsorber cationes, como metales pesados y amoníaco, y también contaminantes orgánicos y olores no deseados. Las zeolitas se usan para adsorción de cationes y para la remoción directa de amonio, arsénico, molibdeno, sulfato y metales pesados como níquel, cromo, cadmio, cobre, entre otros. Una vez saturada la columna se inicia el proceso de regeneración de ésta.

Por lo general, se emplean en la remoción de metales pesados en efluentes minero metalúrgicos, en el tratamiento de drenaje ácido de mina y de roca, para la adsorción de vapores de mercurio en hornos de copela quemadores de amalgamas y también en el tratamiento de suelos contaminados por radiación y de licores radioactivos provenientes de centrales nucleares y también en Chile se usan como acondicionador y fertilizante de suelos para la agricultura y en la nutrición animal, para lo cual son en parte importadas desde USA y Europa.

Beneficios

Presenta un alto grado de innovación al utilizar un mineral volcánico natural para la remoción de contaminantes. Presenta bajos costos de inversión. Ajusta los valores de pH. Permite recuperación de valores metálicos, lo cual incrementa la ley de cobre (en el caso de la industria minera). Da la posibilidad de ser aplicado en una gran variedad de matrices, además de poder complementarse con otras tecnologías a costos razonables.

No genera lodos y produce bajos volúmenes de eluídos. Genera un efecto mayor al de la arena y filtros de carbón ya que, por ejemplo, mientras que la arena elimina partículas de hasta 40 micras, la estructura porosa de la zeolita permite capturar partículas de hasta cuatro micras.

Posee bajos requisitos de mantenimiento y es de simple operación.

Condiciones técnicas de operación

Posee altos costos operacionales mensuales por consumo de reactivos químicos (los cuales corresponden en un 60% a la regeneración ácida (ácido sulfúrico o clorhídrico) y básica (detergente).

- Requiere el uso de regenerantes.
- Genera eluídos que deben ser dispuestos o tratados.
- La zeolita agotada debe ser dispuesta en rellenos convencionales.
- Requiere como pre-tratamiento de un filtrado previo.

Zeolitas activadas y modificadas para el tratamiento de efluentes industriales

Casos de aplicación

En 1756 las zeolitas fueron reconocidas por primera vez.
Más recientemente el proyecto ZEOTREAT financiado por Fondef estudió las zeolitas acondicionadas, activadas y/o modificadas, las cuales mostraron gran capacidad para adsorber oxi-aniones de arsénico, molibdeno, selenio y azufre, sin perder la capacidad natural para adsorber los cationes de cobre, níquel y plomo, lo cual las convirtió en un absorbente multifuncional, con ventajas comparativas en los efluentes mineros.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo al ser una solución para eliminar metales pesados de las aguas residuales. Sus potenciales impactos negativos, estarían dados por el elemento zeolita, que debe ser extraído del medio, pudiendo generar impactos negativos sobre sistemas naturales. Genera desechos con potencial tóxico y su manejo industrial puede generar impactos sobre los sistemas naturales en su disposición final.

Columnas empacadas con zeolita. Zeotreat.
Fuente: Fundación Chile

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Disminución de aguas contaminadas producto de efluentes industriales.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Potencial peligro de contaminación por mal tratamiento de los desechos.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que, en general, suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos, aunque pudieran presentarse casos de soluciones para caudales pequeños que se puedan implementar en un plazo corto.

Información de contacto

Filtrosperfect (Proveedor)
www.filtrosperfect.cl
Chile

Referencias y mayor información

Adilson, C., Granda, W. J., Lima, H. M., & Sousa, W. T. (2006). Las Zeolitas y su Aplicación en la Descontaminación de Efluentes Mineros. Información Tecnológica, 17(6), 111-118. Disponible en URL: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000600017&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Minería Chilena. (2009). Oportunidades en los desechos. Disponible en URL: http://www.mch.cl/reportajes/oportunidades-en-los-desechos/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 201

Filtración por cartuchos

Objetivo que aborda

Tratar

Sector de aplicación

Industria

Minería

Agua Potable y saneamiento

Servicios

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Este sistema de filtración consiste en hacer circular, mediante presión, un fluido por el interior de un porta cartuchos en el que se encuentran alojados los "cartuchos filtrantes", dejando en estos retenidos todos los contaminantes seleccionados.

Estos cartuchos pueden estar fabricados en diferentes materiales como polipropileno, polietersulfona, celulosa, nylon o acero inoxidable, entre otros, cuya selección está en función de las características del fluido a filtrar y de la calidad de efluente que se desea obtener. Para ellos se distinguen al menos 5 configuraciones: cartuchos con filtro de papel, de espuma sintética, de hilo arrollado, de acero inoxidable o malla de plástico, entre otros. Además, según su porosidad se distingue el filtro en profundidad (con porosidad desde las 5 a 20 µm en la entrada, y hasta 1 a 2 µm en la salida), y otro equipado con membranas plegadas de pre-filtración (cuya porosidad final es de 1 a 2 µm).

Su aplicación es aconsejada en aquellos procesos donde existan altas exigencias de calidad y seguridad, y también como pre-tratamiento de descalcificación y osmosis inversa.

Beneficios

Este sistema evita daños en las membranas de osmosis Inversa. Además, es una solución económica para pre-filtración en distintas aplicaciones (pre-filtración en osmosis Inversa y filtración posterior frente a Carbón Activado Granular). Los filtros de cartucho de polipropileno permiten una menor caída de presión en comparación con los filtros convencionales (especialmente si se consta de varias capas de distinto micraje).
El porta-cartucho puede ser desechable o lavable y reutilizable. Pueden ser aplicados en amplios rangos de temperatura, presión, pH y para una amplia variedad de productos químicos además del agua (principal aplicación).
Permiten la retención de sedimentos y cloro. Se emplean como suavizadores de agua, desmineralizantes, retenedores de grasas y aceites, dosificadores de hexametafosfato, entre otros. Pueden ser usados a nivel residencial, comercial, industrial, industria farmacéutica y de semiconductores.
Posee recipientes ligeros y de sencilla instalación, además de una alta calidad de filtración y fácil cambio de cartuchos. El fluido no entra en contacto con elementos metálicos, ya que los materiales internos son plásticos.

Condiciones técnicas de operación

Los filtros de cartucho dependiendo del tipo, no pueden ser lavados y necesariamente se requiere su cambio por lo cual se generan desechos al medio ambiente. Además, cuando se requiere un efluente de alta pureza implica alta inversión.

Casos de aplicación

No existen antecedentes respecto de su aplicación directa, sin embargo se sabe que son utilizados en aquellos procesos donde existan altas exigencias de calidad y seguridad y también como pre-tratamiento de descalcificación y osmosis inversa. Además, su escala de aplicación es a nivel residencial, comercial e industrial, especialmente en la industria farmacéutica y de semiconductores.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo en el tratamiento de agua. No se evidencian externalidades negativas.

Filtro de cartucho Hayward.
Fuente:
https://www.flickr.com/photos/billjacobus1/784774280

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de la contaminación en el agua.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Bajo costo de operación.
(-) Aumenta los desechos medioambientales.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

Grupo Dimasa
http://www.dimasagrupo.com/
España

Referencias y mayor información

Carbotecnia. (s.f.). Equipos e insumos para tratamiento de agua. Disponible en URL: https://www.carbotecnia.info/categoria-producto/equipo-para-tratamiento-de-aguas/

Hidroagua. (s.f.). Filtros de Cartucho. Disponible en URL: https://www.hidroagua.com.mx/filtros-de-cartucho.html

InVIA. (s.f.). Filtración Amicrobica con cartucho.Disponible en URL: https://www.invia1912.com/wp-content/uploads/2018/06/filtracion-amicrobica-bancada-microfiltracion-cartuchos-para-filtrar-vino.pdf

Sefiltra. (s.f.). Filtración por cartuchos. Disponible en URL: http://www.sefiltra.com/filtros-de-cartucho-cartuchos-filtrantes.php

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 202

Filtro rápido de arena (FRA) para tratar Fe-Mn

Objetivo que aborda	Sector de aplicación					Tipo de solución	Escala
Tratar	Industria	Pecuario	Minería	Agua Potable y saneamiento	Servicios	Tecnología	Proceso Industrial

Descripción

La presencia de hierro (Fe) y manganeso (Mn) es muy común en pozos o en embalses y pueden causar problemas estéticos en los sistemas de agua potable como es la acumulación de coloides, tornando el agua de color amarillo-café con un fuerte olor y sabor metálico.
Dependiendo de las concentraciones de Fe y Mn se necesitan procesos de oxidación, floculación, sedimentación o filtración para tratarlo.

La filtración puede realizarse de muchas formas diferentes: con baja carga superficial (filtros lentos), con alta carga superficial (filtros rápidos) o en medios granulares (arena, antracita, birm, greensand o combinados), con flujo ascendente o flujo descendente, o puede trabajar a presión o gravedad.

Los filtros rápidos de arena utilizan la arena relativamente gruesas y otros medios granulares para eliminar las partículas e impurezas ayudados de químicos para la floculación. Para la utilización de esta alternativa se requiere la implementación de una etapa de oxidación, ya sea, utilizando aire, permanganato de potasio, cloro u ozono. Posteriormente, la filtración puede realizarse en filtros a presión o por gravedad.

El Greensand Plus es un ejemplo de medio filtrante usado para la remoción de hierro, manganeso, sulfuro de hidrógeno y arsénico. El medio requiere de dosificación de permanganato de potasio y de hipoclorito de sodio para la oxidación de hierro o manganeso y para la regeneración continua del medio filtrante.

Beneficios

Esta configuración coagulación/floculación/filtrado permite el tratamiento de un amplio rango de tasas de producción, sobre todo en tasas pequeñas, y el tratamiento de un amplio rango de concentración de contaminantes.

Condiciones técnicas de operación

Entre las principales atenciones que requiere está la de asegurar la limpieza de los filtros en la etapa de retrolavado, ya que de esto depende en gran medida el éxito del abatimiento de los contaminantes.

El filtro requiere una presión nominal de operación de aproximadamente 2 bar en la línea de alimentación tanto en servicio como en retrolavado, en carreras de 24 a 36 horas. Para ello es necesario realizar estudios experimentales para hallar la dosificación óptima de reactivos para producir la oxidación completa del Fe y el Mn.

El agua de lavado a contracorriente y los lodos requieren eventualmente tratamiento, uso de estanques de ecualización y sistema de disposición final.

Necesidad de contar con una captación de agua cruda, estanques de estabilización y disposición final de las aguas de lavado de filtros. Otra complejidad de esta alternativa es la utilización de un sistema de dosificado de reactivos y el manejo de reactivos químicos altamente oxidantes.

Filtro rápido de arena (FRA) para tratar Fe-Mn

Casos de aplicación

Plantas de tratamiento de agua potable de Licancheu que potabiliza el agua cruda que abastece el sistema de Boca de Rapel-Navidad, planta de tratamiento de Coya, planta de tratamiento Nogales 2 de Rancagua.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
La tecnología está destinada a eliminar sustancias tóxicas para las personas, para dar cumplimiento a requisitos para agua potable, pero no a nivel ambiental, ya que los elementos que extrae o trata están en la naturaleza (Fe y Mn). Sistema genera residuos y eso puede tener efectos adversos sobre fauna y vegetación acuática si hay una disposición inadecuada.

Filtro arena en río Paraná.
Fuente: Wikimedia Commons, the free media repository (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aprender_(Entre_R%C3%ADos)_-_Planta_potabilizadora-_Paran%C3%A1_-_Pileta_con_filtro_de_arena_(2).jpg

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficios: Aumenta la disponibilidad del recurso hídrico.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (-) Alto consumo energético.
(-) Limitado uso al no eliminar todas las bacterias.
Conflicto: No se aprecia.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Medida que tiene la necesidad de autorización de MINSAL y eventualmente municipal, según la LGUC. Además, pudiera requerir la existencia de un comité de APR. En este caso, además supone la asignación de fondos públicos y, eventualmente la capacitación de recursos humanos para su utilización. En general, son soluciones para implementar en un plazo mediano, considerando los distintos permisos que se deben obtener para su implementación.

Costos referenciales

Para una planta de 1000 m^3/día incluyendo sondaje, obras de conducción afluente, suministro de filtro a presión de 2,50 m de diámetro, suministro de flocudecantadores de 2,50 m de diámetro, interconexiones hidráulicas con y sin mecanismo, medidores de caudal de inserción, bomba de retrolavado, dosificadores de productos químicos.

CAPEX: USD 530.000

OPEX: USD 0,08/m^3 (Incluyendo EE sondaje, bomba de retrolavado; bomba de agua de descarte, PPQQ, personal, mantención y repuestos).

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Información de contacto

Aguamarket (Proveedor)
www.aguamarket.com
Chile

Referencias y mayor información

Aguamarket. (2019). Filtros rápido de arena. Disponible en URL: https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=2416

Aguasin. (2019). Clarificadores y Decantadores.Disponible en URL: http://www.aguasin.com/category/areas/01-PE/clarificadores.php

Xylem. (2016). Filtros de arena rápidos. Disponible en URL: http://www.xylemwatersolutions.com/scs/chile/es-cl/Productos/Tratamiento%20de%20agua/Filtraci%C3%B3n%20y%20Clarificaci%C3%B3n/Filtros%20de%20arena%20rapidos/Paginas/default.aspx

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 203

Filtro de bioarena

Objetivo que aborda: Tratar

Sector de aplicación: Industria, Pecuario, Minería, Agua Potable y saneamiento, Servicios

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial

Descripción

Consiste en un contenedor simple de concreto o plástico con tapa que contiene capas de arena y grava, las cuales a medida que el agua fluye a través de él permiten la retención física de sedimentos, hierro y manganeso del agua potable e impurezas del afluente. La eliminación de agentes biológicos microbianos en el agua se realiza mediante la generación de una biopelícula en el agua (a nivel superficial) la cual se asienta sobre la columna de arena, constituida por microbios que contribuyen a la eliminación de los patógenos (bacterias, protozoos y helmintos); característica que la distingue de otros filtros de arena.

Los procesos involucrados son:

- Atrapado y tamizado mecánico, en donde, los sólidos suspendidos y patógenos se atrapan físicamente en los espacios entre los granos de arena.
- Adsorción y fijación, proceso en el cual los patógenos se adhieren unos a otros y los sólidos suspendidos quedan en el agua y en los granos de arena.
- Depredación, los patógenos son consumidos por otros microorganismos en la capa biológica, la cual madura durante una a tres semanas, dependiendo del volumen de agua que se hace pasar a través del filtro y la cantidad de nutrientes y microorganismos en la misma
- Muerte natural, proceso en el que los patógenos terminan su ciclo de vida o mueren porque no hay suficiente alimento u oxígeno para sobrevivir.

Beneficios

Posee una alta eliminación de patógenos sin usar electricidad o elementos complejos. La biocapa compuesta por microbios vivos que viven en lo alto de la arena elimina turbidez, color, olor y hierro.
Se pueden lograr caudales relativamente altos (más de 30 L /hora).
Sus materiales de construcción son simples, por lo cual los costos de inversión dependen de los costos locales de materiales y mano de obra empleada, es de fácil utilización y posee una larga vida útil.
Es fácil y económico de operar y mantener, en donde, la necesidad de limpieza depende de la cantidad y la calidad del agua que pasa a través del filtro; si el agua está relativamente limpia (turbidez inferior a 30 NTU), es probable que el filtro funcione durante varios meses sin mayores procesos de mantenimiento).

Condiciones técnicas de operación

La capa biológica que utiliza tarda entre 20 y 30 días en desarrollarse y alcanzar su madurez. Posee una baja tasa de inactivación de virus.
El agua con una alta turbidez (> 50 NTU) hará que el filtro se obstruya y por lo tanto requieren mayor mantenimiento. Para su correcto funcionamiento el filtro debe ser usado regularmente. Agua clorada no debe verterse en este filtro, ya que el cloro mata los microorganismos presentes en la biopelícula, lo que da como resultado un bajo rendimiento de eliminación de patógenos.
No se pueden eliminar compuestos químicos disueltos (por ejemplo pesticidas orgánicos, arsénico, sales, dureza, fluoruro, etc.).

Filtro de bioarena

Filtro de bioarena. Proyecto Allimpaq
Fuente: Album soluciones practices, Proyecto Allimpaq (https://www.flickr.com/photos/soluciones-practicas/3897882658)

Casos de aplicación

Los Filtros de Bioarena fueron desarrollados por el Dr. David Manz en la década de 1990 en la Universidad de Calgary, Canadá y desde entonces han sido implementados en muchas zonas rurales en países como México, Nicaragua, Ecuador, india y otros, dado su fácil construcción y operación.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo como solución a pequeña escala. Requiere menor cantidad de productos químicos.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Eventual generación de aguas grises.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Permite reciclar materiales locales. (+) Bajo costo.
Conflicto: No se aprecia.

Condiciones legales e institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Medidas que tiene la necesidad de autorización de MINSAL y eventualmente municipal, según la LGUC. Además, pudiera requerir la existencia de un comité de APR. En este caso, además supone la asignación de fondos públicos y, eventualmente la capacitación de recursos humanos para su utilización. En general, son soluciones para implementar en un plazo mediano, considerando los distintos permisos que se deben obtener para su implementación.

Costos referenciales

En promedio, un solo filtro cuesta entre 45 y 70 USD para construir e instalar en un hogar de 10 a 15 personas, siendo sólo por materiales y mano de obra sin incluir el costo de traslado.

Información de contacto

CAWST (Proveedor)
http://www.biosandfilters.info
Canadá

Referencias y mayor información

Cawst. (s.f.). Hydriad Biosand Filter. Disponible en URL: https://www.hwts.info/products-technologies/07e65cbc/hydraid-biosand-filter

Centre for affordable water and sanitation. (2012). Manual de construcción del filtro bioarena. Disponible en URL: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CAWST%202012a.%20Manual%20construcci%C3%B3n%20filtro%20bioarena.pdf

Dangol, B., & Spuhler, D. (2018). Biosand Filter. Disponible en URL: https://sswm.info/humanitarian-crises/rural-settings/water-supply/water-purification/biosand-filter

Ohorizons. (s.f.). Introducción a los Filtros de Bioarena. Disponible en URL: https://static1.squarespace.com/static/546b7f35e4b0af39afb05327/t/587e65c78419c2c8d8665de9/1484678602920/ohorizons_Introduccio%CC%81n_a_los_Filtros_de_Bioarena.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 204

Filtro de arena a presión

Objetivo que aborda: Tratar

Sector de aplicación: Industria, Minería, Agua Potable y saneamiento, Servicios

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial

Descripción

Son filtros de arena que trabajan a alta presión, generalmente recomendables para trabajar con turbiedades menores a 50 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) el 80% del tiempo en aguas donde la mayor parte de las partículas que se encuentran en el agua son de tipo coloidal o se encuentran en solución. Pueden utilizarse para remoción de hierro, manganeso, turbiedad, color, etc.

Las capas filtrantes se ordenan en la parte superior del filtro, seguida por la capa soportante.

El agua a filtrar pasa a través de las cargas filtrantes en forma descendente, las partículas en suspensión más grandes son retenidas por la primera capa, las que siguen por las restantes.

Interiormente está provisto de un sistema de distribución de agua. En su frente va montado un conjunto de válvulas dispuestas adecuadamente, mediante interconexiones hidráulicas que permiten realizar las operaciones de servicio y retrolavado. La tasa de filtración de un filtro rápido es del orden de los 180 - 200 m^3/m^2-día.

Beneficios

Estos filtros permiten la separación física de las partículas en suspensión, a través de materiales filtrantes de diferentes granulometrías y pesos específicos. En general, el filtro se suministra con las cargas (lechos) soportantes de gravas y arenas, y cargas absorbentes de manganeso Green-Sand y filtrante de Antracita para eliminar hierro y manganeso del agua. De acuerdo a la Resolución SISS Nº 4423 del 12 de diciembre del 2016 la filtración directa en lecho granular es factible de utilizar para potabilizar fuentes tipo II. Existen filtros con materialidad de alta resistencia (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio), lo que le permiten trabajar aún en condiciones medioambientales extremas, siendo ligeros y de fácil transporte. Son relativamente sencillos de operar y de automatizar.

Condiciones técnicas de operación

Se requiere limpieza del filtro mediante retrolavado con agua filtrada. El agua de retrolavado debe ser cristalina y con una presión adecuada para no perder carga durante este proceso. Existen filtros que se retrolavan espontáneamente, sin necesidad de utilizar bombas de retrolavado ya que trabajan a muy baja presión. Las tasas de retrolavado son de 10 $L/s/m^2$ por 5 a 10 min. Se debe contar con un sistema de compensación y disposición final del agua de lavado de filtros. Se requiere reemplazar el lecho filtrante al término de su vida útil (10 años). Necesidad de contar con una captación de agua cruda, estanques de estabilización y disposición final de las aguas de lavado de filtros.

Filtro de arena a presión

Casos de aplicación

Existen 241 Plantas de agua potable en Chile, de las cuales 149 (62%) son en base a filtros a presión (Informe de Gestión SISS 2017).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo bajo, por cuanto este tipo de filtro remueve partículas en suspensión. Si las tecnologías son altamente descartables se generan residuos no reciclables. Por operar en presión, requieren menos espacio que otras tecnologías.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de la contaminación en el agua.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) No requiere de mano de obra calificada.
Conflicto: No se perciben.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Se considera una planta de caudal 1.000 m³/día incluyendo captación, obras de conducción afluente, plantas elevadoras afluente, suministro de filtros de arena a presión de 2,00 m de diámetro, interconexiones hidráulicas con y sin mecanismo, medidores de caudal de inserción, bomba de retrolavado, dosificadores de productos químicos.

CAPEX: USD 337.000
OPEX: USD 0,06/m³ (incluyendo EE PEAP de captación, bomba de retrolavado; PPQQ, personal, mantención y repuestos).

(Fuente: Valorización KRISOL, 2019)

Filtros de arena a presión. Fuente: Manantial (http://www.manantial.cl/detalle/productos/potabilizacion/filtracion/3/filtros-rapidos-en-presion-cvg-fa-cv)

Información de contacto

Grupo Dimasa
http://www.dimasagrupo.com/
España

Referencias y mayor información

Carbotecnia. (s.f.). Equipos e insumos para tratamiento de agua. Disponible en URL: https://www.carbotecnia.info/categoria-producto/equipo-para-tratamiento-de-aguas/

Sefiltra. (s.f.). Filtración por cartuchos. Disponible en URL: http://www.sefiltra.com/filtros-de-cartucho-cartuchos-filtrantes.php

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 205

Filtros de malla autolimpiante

Objetivo que aborda	Sector de aplicación			Tipo de solución	Escala
Tratar	Industria	Minería	Agua Potable y saneamiento	Servicios	Tecnología	Proceso Industrial

Descripción

Los filtros de malla son instalados directamente en la línea de agua, la cual ingresa a un filtrado inicial grueso (o de desbaste) para prevenir el ingreso de partículas mayores al sistema. Desde allí pasa a una cámara de filtrado fino por malla, de un micronaje preseleccionado, permitiendo la acumulación de partículas en la malla metálica fina, generando un diferencial de presión entre la entrada y la salida, lo que da origen a la limpieza automática, sin suspender la filtración. Estos filtros pueden tener un accionamiento hidráulico o eléctrico y poseen una capacidad de trabajo desde 5 hasta 40.000 m^3/h. Su eficacia se debe a la gran variedad de caudales y grados de filtración que puede ejercer, además de su boquilla la cual garantiza una limpieza eficaz del elemento filtrante con un bajo consumo de agua y sin interrumpir de flujo. Están diseñados para tratar todo tipo de agua y su fabricación en general es en base a cuerpos de acero, mallas de acero inoxidable y soporte de cartucho filtrante PVC o acero inoxidable.

Beneficios

Filtración continua independiente del caudal a tratar. Posee un bajo consumo de agua en autolimpieza. Incrementa la eficiencia de los procesos al no tener interrupciones para la sustitución del filtro. Reduce costos asociados a sustitución y eliminación de elementos del filtro. Incrementa la vida útil de redes de conducción de agua. Permite un ahorro por sustitución, mantención y agua para la operación. No se produce colmatación del filtro y esta tecnología no consumen energía eléctrica (ya que se aprovecha la presión del agua de alimentación).

Condiciones técnicas de operación

No pueda filtrar sobre 200 ppm SST, límite de filtración 10 micras. Necesita una presión mínima de 3 bar para trabajar bien.

El bloqueo de los filtros involucra bajo rendimiento para el proceso. Su grado de filtración es máximo 2.000 micras y mínimo 50 micras.

Filtros de malla autolimpiante

Casos de aplicación

En Italia y Europa en general son ampliamente utilizadas para tratar el agua de pozo y de río post flotación.

También en la industria del plástico para fabricar virutas y granulados, en la industria de la madera para extraer sus restos del agua residual y en industrias cementeras para filtrar el agua que se envía a las pantallas de vibración para lavado de grava, entre otros.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Remueven material particulado. Genera menos contaminantes al tratar el agua comparado con otras tecnologías.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de la contaminación en el agua.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Bajo consumo de agua.
(+) Aumento de la vida útil de las redes de conducción de agua.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Filtro de malla autolimpiante FMA 7000UV.
Fuente: STF Filtros
(https://vimeo.com/96472933)

Información de contacto

STF Filtros (Proveedor)
www.stf-filtros.com
España

Referencias y mayor información

Interempresas. (s.f.). Filtros autolimpiantes: de alto caudal. Disponible en URL: https://www.interempresas.net/Quimica/FeriaVirtual/Producto-Filtros-autolimpiantes-Euspray-HF-158685.html

STF FILTROS. (s.f.). Filtros de Malla Autolimpiante. Disponible en URL: http://www.stf-filtros.com/es/filtros-malla-autolimpiante

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 206

Filtros con resina de intercambio iónico para retención de sales

Objetivo que aborda	Sector de aplicación				Tipo de solución	Escala
Tratar	Industria	Minería	Agua Potable y saneamiento	Servicios	Tecnología	Proceso Industrial

Descripción

Las resinas de intercambio iónico son materiales sintéticos, normalmente esferas de 0,5 - 1 mm de diámetro, destinadas al tratamiento de aguas residuales industriales. Están formadas por una matriz polimérica a la que se le han unido una gran cantidad de radicales polares, ácidos o bases. Cuando el agua pasa a través de la resina, ésta toma iones del agua (sodio, cloruro, calcio, magnesio, etc.) y cede una cantidad equivalente en cuanto a carga de protones o de hidroxilos. Su vida útil es de 5 a 7 años y ofrece una serie de ventajas en la desmineralización de agua industrial y su ablandamiento, el reciclaje de aguas residuales y el tratamiento de agua de otros procesos.

Beneficios

- Eliminación de calcio y magnesio evitando así depósitos e incrustaciones (resinas de poliestireno sulfonado).
- Eliminación de hierro y manganeso, cuya presencia puede manchar tejidos, formar depósitos en tuberías e inducir su corrosión.
- Eliminación de aniones bicarbonato, carbonato e hidróxidos (generalmente uso de resinas en forma cloruro).
- Eliminación de materia orgánica.
- Eliminación de nitratos (mediante resinas en forma de cloruro).
- Eliminación del ion amonio (medio de resinas catiónicas).
- Desionización del agua: Reducción de los cationes (Ca^{2+}, Na^{+}, Mg^{2+}, etc) y aniones (Cl^{-}, SO_4, etc) presentes en el agua a niveles muy bajos.
- Poseen selectividad por lo que se pueden quitar grupos de elementos o elementos determinados del agua e independiente de si están en bajas concentraciones.
- Son estables y se regeneran fácilmente.
- Trabajan a diferente temperatura y pH.
- Aplicables a grandes y pequeñas instalaciones.
- Puede minimizar el impacto por contaminación difusa y ser una solución en zonas rurales que descargan aguas residuales en aguas superficiales.
- Permite mayor vida útil de redes de conducción de agua.

Condiciones técnicas de operación

Posee costos operacionales mensuales por consumo de reactivos químicos que se deben usar en forma constante. Requiere del uso de regenerantes. Genera eluídos que deben ser dispuestos o tratados. Requiere pre-tratamiento en efluentes con alta carga de SST. La resina debe ser regenerada periódicamente para restaurarla a su forma iónica original.

Filtros con resina de intercambio iónico para retención de sales

Casos de aplicación

La aplicación habitual de estos sistemas, está en la eliminación de sales cuando se encuentran en bajas concentraciones, siendo típica la aplicación para la desmineralización y el ablandamiento de aguas, así como la retención de ciertos productos químicos y la desmineralización de jarabes de azúcar. También se aplica a procesos de purificación de agua y en la galvanoplastia, entre otros.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental negativo bajo.
La tecnología puede ser un residuo no reciclable, por lo que su disposición después de la vida útil podría ser contaminante.

Resinas.
Fuente: Catalogo productos INQUINAT (http://www.inquinat.cl/productos-y-servicios/insumos/resinas-dowex-y-rohm-hass/)

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de la contaminación en el agua.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Aumento de la vida útil de las redes de conducción de agua.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Costos referenciales

Costo Resinas: 3 USD/kg.
CAPEX: USD 550.000
OPEX: USD 0,10/m^3
Considerando una planta con caudal de 1.000 m^3/día para abatir sulfato incluyendo captación, obras de conducción afluente, planta elevadora afluente, suministro de columna de 2,50 m de diámetro con lecho de resina aniónica, interconexiones hidráulicas con y sin mecanismo, medidores de caudal de inserción, bomba de retrolavado, dosificadores de productos químicos.

Fuente: Valorización KRISOL 2019.

Información de contacto

Inquinat (Proveedor)
www.inquinat.cl
Chile

Referencias y mayor información

De la Cruz Espinoza, R. (s.f.). Tratamiento terciario por resina de Intercambio Iónico. Disponible en URL: https://es.slideshare.net/renzodaviddelacruzes/resina-de-intercambio-ionico

Inquinat. (s.f.). Resinas Dowex y Rohm & Hass. Disponible en URL: http://www.inquinat.cl/productos-y-servicios/insumos/resinas-dowex-y-rohm-hass/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 207

Filtro de plata coloidal

Objetivo que aborda

Tratar

Sector de aplicación

Industria | Pecuario | Minería | Agua Potable y saneamiento | Servicios

Tipo de solución

Tecnología

Escala

Proceso Industrial

Descripción

Los filtros de plata coloidal (CSF, por sus siglas en inglés) son dispositivos simples de tratamiento de agua para el hogar basados en un tratamiento físico, que no requiere suministro de energía. Los CSF utilizan una olla o un disco de arcilla hechos de materiales cerámicos porosos similares a los filtros cerámicos tradicionales, adicionando a su diseño plata coloidal, la que se utiliza para mejorar la inactivación de las bacterias y otros gérmenes.

Un conjunto de filtros se sostiene en dos contenedores: la unidad superior sostiene la cerámica cubierta con plata coloidal, filtra el agua y elimina los microorganismos, mientras que una unidad inferior almacena el agua tratada, eliminando de esta forma los patógenos y la turbidez del agua potable. Se pueden construir con material disponible localmente, lo que puede contribuir al desarrollo del comercio local.

Beneficios

Un filtro de olla típico puede producir hasta 1- 3 L/h, posee una alta eliminación de bacterias y protozoos; eliminación moderada de virus. Las pruebas de laboratorio han demostrado que, aunque la mayoría de las bacterias se eliminan mecánicamente a través de los pequeños poros del filtro, la plata coloidal es necesaria para desactivar casi el 100% de las bacterias.
Es de fácil instalación, operación y mantención, posee un contenedor portátil y eliminan la turbidez del agua.

Condiciones técnicas de operación

Este proceso no elimina la contaminación química disuelta (por ejemplo, sustancias orgánicas, arsénico, fluoruro, pesticidas) ni elimina todos los virus. Necesita ser limpiado regularmente, especialmente cuando se usa agua turbia o agua que contiene hierro.

Se emplea en flujos relativamente bajos y no es aplicable para aguas extremadamente turbias. Además, las piezas cerámicas son frágiles y difíciles de transportar.

Las pequeñas fisuras y grietas en la cerámica pueden reducir la eliminación de patógenos.

Casos de aplicación

Se ha aplicado en la Municipalidad de Socho (Colombia) para el tratamiento de agua potable, alcanzando una efectividad del 99% el tratamiento fisicoquímico y microbiológico del agua, y logrando una remoción del 100% de los coliformes fecales y *E.coli*, ajustándose de modo efectivo a las condiciones técnicas, sociales, económicas y ambientales del sector.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Entrega agua para consumo humano con mínimos accesorios, de uso doméstico y no invasivo.

Filtro de plata coloidal

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficios: Eventual generación de aguas grises.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología
Externalidad: (-)No elimina la contaminación química disuelta.
(+) Bajo costo.
Conflicto: No se aprecia.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Medida que tiene la necesidad de autorización de MINSAL y eventualmente municipal, según la LGUC. Además, pudiera requerir la existencia de un comité de APR. En este caso, además supone la asignación de fondos públicos y, eventualmente la capacitación de recursos humanos para su utilización. En general, son soluciones para implementar en un plazo mediano, considerando los distintos permisos que se deben obtener para su implementación.

Información de contacto

Laboratorios Argenol (Proveedor)
www.laboratorios-argenol.com
España

Referencias y mayor información

Dangol, B., Spuhler, D., & Shrestha, L. (s.f.) Colloidal Silver Filter. Disponible en URL: https://sswm.info/water-nutrient-cycle/water-purification/hardwares/point-use-water-treatment/colloidal-silver-filter

Gómez Ruiz, A. (2018). Tratamiento de Agua Potable por Medio de Filtración en Cerámica con Plata Coloidal (FCPC). Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y de Medio Ambiente. Disponible en URL: https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/20829/1/1048849150.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 208

Barco con microburbujas para remediación de cuerpos de agua

Objetivo que aborda: Tratar

Sector de aplicación: Servicios, Medio Ambiente

Tipo de solución: Tecnología

Escala: Proceso Industrial

Descripción

Unidad ambiental móvil diseñada para solucionar los problemas ambientales presentes en los recursos hídricos como lagos, ríos, deltas, puertos, etc. Posee un tratamiento primario de recolección de sólidos flotantes en la proa de la unidad y un tratamiento secundario de inyección de oxígeno y ozono en la parte trasera de la embarcación. Este sistema de inyección denominado OxiPlus TM, se ha patentado internacionalmente y produce más de 250 kg/h de aire oxigenado que se inyecta en forma de microburbujas con diámetros entre 40 a 90 micras.

La unidad presenta distintas variantes según las necesidades que se desean satisfacer:

- Cañón de agua ubicado en la popa que permite limpiar orillas y costas.
- Sedimentador de Flujo Vertical Ascendente para recoger aceites y grasas flotantes.
- Triturador Central ubicado en el centro de la unidad, para desintegrar materia orgánica como peces muertos y basura.
- Sistema de bombas dosificadoras de productos químicos para la dosificación de sulfato de aluminio u otras sales.
- Brazo mecánico en la cabina para recolectar elementos flotantes de gran tamaño como árboles y tubos.

Beneficios

Utiliza ozono para desinfectar, el cual no deja residuos comparado con productos como el cloro.

Posee diferentes eficiencias según los contaminantes a remover: Remoción Bacteriana (>90%), DBO_5 (>50%), Olores (>90%) y color (>90%) alcanzan estos niveles con una pasada de la unidad, mientras que la remoción de compuestos nitrogenados (>90%) se alcanza con cuatro pasadas de la misma. Reduce las bacterias y coliformes en un 98% y las algas en un 50%. La remoción de algas puede aumentar a 90% siendo necesarias dos pasadas.

Puede alcanzar profundidades de 9.14 m. Inyecta aproximadamente 150.000 L de oxígeno por hora. Puede tratar entre 2.270.000 a 4.540.000 L de agua por hora. Puede limpiar basura de la superficie del agua.

Requiere un mínimo costo de operación y mantenimiento. Fácil movilidad a donde sea requerida, además que requiere de un solo operario para su funcionamiento. Su dimensión puede ser variable en cuando al calado según las aguas en que circule y las necesidades (desde 1,5 m hasta 1,2 m).

Condiciones técnicas de operación

El calado de la Unidad Ambiental Scavenger es de 1,5 m, por lo que se requiere una profundidad mínima de 1,6 m para su normal funcionamiento.

Barco con microburbujas para remediación de cuerpos de agua

Casos de aplicación

Esta tecnología se ha implementado exitosamente en varios países del mundo como por ejemplo en la laguna de Tiscapa (Nicaragua), lago de Chicago (USA), delta de Nigeria (África), río de Miami (USA), entre otros. Este sistema se utilizó en la recuperación del río de Miami y las bahías aledañas, durante nueve años en operación continua con evaluación de la Agencia de Protección Ambiental de USA (EPA).

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Aguas tratadas generan impactos positivos sobre el componente suelo y agua y en la trama trófica asociada a los sistemas límnicos. Impactos negativos potenciales sobre fauna bentónica e íctica por contacto con ozono.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo medio.
Beneficio: Disminución de la contaminación en el agua.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (-) Impacto negativa sobre fauna bentónica e íctica.
Conflicto: Rechazo por parte de la comunidad al percibir un daño al medio ambiente.

Condiciones legales e institucionales

Clasificación: Medio plazo de implementación.
Medida que requiere de aprobación de Directemar, como ente regulador de las aguas interiores navegables, y del SEIA. Pudiera corresponder a planes de descontaminación liderados por el MMA y MINSAL. Actividad que pudiera desarrollarse, en los casos en que sea recomendable, en el mediano plazo.

Scavenger.
Fuente: Página web de Water Management Technologies (https://scavengervessel.com/)

Costos referenciales

Existen tres modelos de unidad móvil según el tipo de tratamiento requerido.
Los costos de inversión fluctúan entre los 2,5 - 3,0 millones de dólares por unidad (Fabrica FOB, USA).
Costos de Operación están asociados a mantención, salario del operador y combustible utilizado. Si se trata un caudal de 200 m^3/h, este costo es USD6.600 mensual.
CAPEX: USD 3.000.000
OPEX: 0,046 USD/m^3

Información de contacto

Scavengervessel (Proveedor)
www.scavengervessel.com
Estados Unidos

Referencias y mayor información

Bataller, M., Fernández, L., & Véliz, E. (2010). Eficiencia y sostenibilidad del empleo del ozono en la gestión de los recursos hídricos. Revista internacional de contaminación ambiental, 26(1), 85-95.Disponible en URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992010000100007&lng=es

Water Management Technologies. (s.f.). The Scavenger Decontamination Vessels. Disponible en URL: https://scavengervessel.com/

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 209

Purificación de agua con tecnología de plasma

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Tratar	Agua Potable y saneamiento	Tecnología	Proceso Industrial

Descripción

El Plasma Water Sanitation System (PWSS) es una tecnología que elimina virus y bacterias, a través de la transformación transitoria de un flujo continuo de agua contaminada en plasma no térmico. La exposición del agua al plasma permite degradar y eliminar microorganismos tales como *E. coli*, *Vibrio cholerae*, entre otros.

Este sistema es empleado en plantas de tratamiento de aguas residuales industriales, y el proceso parte con el aceleramiento del agua residual a alta velocidad para convertirla en una mezcla de líquido-gas con el fin de transformarla en plasma, el cual se obtiene en el momento en que se realiza la descarga eléctrica (del tipo descarga barrera dieléctrica o DBD) en el agua por medio de electrodos con alto voltaje utilizando una fuente de corriente alterna (AC). Posteriormente, se desacelera la mezcla para retornarla al estado líquido y obtener el agua limpia, todo esto sin que aumente significativamente la temperatura. Los microorganismos son afectados por una serie de fenómenos propios del estado de plasma, entre ellos el efecto térmico del plasma, ionización, electroporación irreversible y ruptura del material genético, entre otros. Este sistema está diseñado para adicionar de forma eficiente otros filtros como osmosis inversa, carbón activado, retrolavado o cloro si la norma así lo exige. Además, permite la producción de agua potable de manera descentralizada en comunidades donde no se tiene acceso a una fuente segura.

Beneficios

Elimina 100% de virus y bacterias presentes en el agua.
Su instalación y puesta en marcha sólo demora cuatro semanas, lo cual la hace ideal para comunidades y entidades ubicadas en zonas peri-urbanas o rurales, alejadas o de difícil acceso.
No requiere conocimientos ni estudios especializados para la operación de los equipos, ya que la tecnología incluye una capacitación para los encargados y/o líderes comunitarios con lo que es suficiente para llevar a cabo la ejecución.
Tecnología eficiente energéticamente. Bajo costo de operación. Los equipos funcionan de manera autónoma.
No requiere de ningún compuesto o químico que pueda significar un riesgo para quien maneje los equipos. No genera agua de rechazo propiamente tal, ya que el equipo realiza un ciclo de limpieza cuya agua utilizada puede ser enviada a desagüe o a un pozo de absorción.
En la descontaminación de aguas con colorantes textiles se reduce a 20% la toxicidad del agua.
Ocupa sólo 100 watts para sanitizar 35 L de agua en cinco minutos.

Condiciones técnicas de operación

Dependiente de la energía eléctrica.

Purificación de agua con tecnología de plasma

Casos de aplicación

Esta tecnología se implementó en Chile el año 2015 beneficiando a cinco comunidades (Hogar de niños en Peñaflor, Escuela Jeriberto Erlwein en Curacaví, Campamento Longovilo en Melipilla, Campamento El Milagro en Quilicura y Escuela Pedernal en Petorca) que se abastecían con agua de pozo. Luego fue replicada en países como Bolivia, Paraguay y algunas naciones de África.

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
No hay descartes de agua contaminada, ni restos de químicos al medio ambiente.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Aumento de la disponibilidad del recurso hídrico.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Bajo consumo energético.
(+) Inocuo al medio ambiente.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Medida que tiene la necesidad de autorización de MINSAL y eventualmente municipal, según la LGUC. Además, pudiera requerir la existencia de un comité de APR. En este caso, además supone la asignación de fondos públicos y, eventualmente la capacitación de recursos humanos para su utilización. En general, son soluciones para implementar en un plazo mediano, considerando los distintos permisos que se deben obtener para su implementación, aunque cuando se aplica en casos individuales pudiera implementarse en un plazo corto.

Costos referenciales

Para generar 10.000 L/día
CAPEX: USD 200
OPEX: 0,05 USD/L .

Equipo de plasma para la purificación. Revista del Agua, edición 4. Construdata, Legis S.A. (http://www.construdata.com/Bc/Construccion/Noticias/water_sanitation_system_una_solucion_cientifica.asp)

Información de contacto

AIC Chile (Proveedor)
info@aicchile.com
www.aicchile.com
Chile

Referencias y mayor información

Advanced Innovation Center. (s.f.). Plasma Water Sanitation System. Disponible en URL: http://aicchile.com/pwss/

AGUASRESIDUALES.INFO. (2015). Chile implementará un nuevo sistema de plasma para purificar el agua. Disponible en URL: https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/chile-implementaran-nuevo-sistema-de-plasma-para-purificar-agua-mzAO6

Fernández, M. (2015). Tecnología chilena única en el mundo purifica agua en localidades aisladas. Obtenido de El definido. Disponible en URL: https://www.eldefinido.cl/actualidad/pais/4467/Tecnologia-chilena-unica-en-el-mundo-purifica-agua-en-localidades-aisladas/

Grupo de Inv. en Plasmas y sus Aplicaciones. (s.f.). Implementación de un reactor de plasma de descarga de barrera dieléctrica (DBD) para el tratamiento de agua. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Disponible en URL: https://plasma.ietec.org/reactor_dbd.php

Zamorano, E. (2012). Plasma Water Sanitation System (PWSS): El Mejor Invento del Año 2012. Disponible en URL: https://www.fayerwayer.com/2012/12/plasma-water-sanitation-system-pwss-el-mejor-invento-del-ano-2012/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 210

Filtro de ozono y luz ultravioleta para depuración de aguas lluvia

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Tratar	Agua Potable y saneamiento	Tecnología	Residencial, Proceso Industrial

Descripción

Mediante la utilización de luz ultravioleta, ozono y filtración se logra producir agua potable a partir de agua de lluvia. El purificador de agua a base de ozono es un equipo compacto que se instala fácilmente, el cual extermina microorganismos que están presentes en el agua. Los purificadores de agua por luz UV funcionan mediante la "radiación" o "iluminación" del flujo de agua con una o más lámparas de silicio cuarzo, con unas longitudes de onda de 200 a 300 nanómetros. Por lo tanto, el agua fluye sin detenerse por el interior de los purificadores, que contienen estas lámparas.
El proceso parte con el agua recogida, la cual pasa por un filtro de 5 µm antes del tratamiento combinado de ozono/UV, momento en el cual el agua se desinfecta de microorganismos de manera instantánea y se realiza la depuración de residuos.

Beneficios

Con esta tecnología no se requiere añadir productos químicos para conservar y purificar el agua tratada de manera ilimitada. El agua purificada puede ser usada en cualquier requerimiento doméstico. Presenta un bajo consumo energético, además, es fácil de instalar, tanto en instalaciones de edificios existentes como en nuevos, y requiere un bajo mantenimiento.
La aplicación de luz UV y ozono es eficaz para la desactivación de la mayoría de los virus, esporas y quistes (luz UV) y en la remoción de bacterias (ozono) requiriendo el primero un periodo de contacto de 20 a 30 segundos y el segundo un período de 10 a 30 minutos, no existiendo ningún efecto residual que pueda afectar a los seres humanos o cualquier organismo acuático, ya que en el caso del ozono sus residuos no requieren ser removidos del agua ya que se descomponen rápidamente.

Condiciones técnicas de operación

Requiere cambio de filtros y luz UV de manera regular por parte de personal especializado, además, se requiere de un programa de mantenimiento preventivo en la lámpara UV para controlar la acumulación de sólidos en la parte externa de los tubos de luz.
Una mala dosificación de luz UV y de ozono puede no desactivar de manera efectiva algunos virus, esporas y quistes presentes en el agua.
La ozonización por su parte es más compleja que la desinfección con luz UV, por lo cual se requieren equipos más complejos y sistemas de contacto eficientes. Además, por su carácter extremadamente irritante y posiblemente tóxico, se debe procurar la destrucción de los gases de escape que salen de la cámara de contacto para evitar la exposición a ellos por parte de los trabajadores.
En el caso de la luz UV es imprescindible eliminar previo a su utilización, la turbiedad del agua, ya que la luz debe poder atravesar de forma perfecta el agua a tratar.

Casos de aplicación

En las últimas décadas, la adopción de luz UV para la desinfección de aguas residuales ha crecido significativamente. En Norte América más del 20% de las plantas de tratamiento de agua residual la emplea, sustituyendo la desinfección con base química (como cloro gas) debido a las importantes ventajas de seguridad que tiene la tecnología de ozono y UV.

Filtro de ozono y luz ultravioleta para depuración de aguas lluvia

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo bajo.
Impacto positivo al dejar agua lluvia disponible para uso doméstico sin uso de químicos adicionales. No se reportan impactos negativos. Para evitar problemas sanitarios es necesario confirmar que el agua purificada cumple con la norma chilena de agua potable.

Tratamiento para bodegas con filtro UV
Fuente: Aguasindustriales.es

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Aumento de la disponibilidad del recurso hídrico.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología
Externalidad: (+) Disminución de las zonas de acumulación de aguas lluvias.
(-) Potenciales generadores de insectos.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Medida que tiene la necesidad de autorización de MINSAL y eventualmente municipal, según la LGUC. Además, pudiera requerir la existencia de un comité de APR. En este caso, además supone la asignación de fondos públicos y, eventualmente la capacitación de recursos humanos para su utilización. En general, son soluciones para implementar en un plazo mediano, considerando los distintos permisos que se deben obtener para su implementación.

Información de contacto

Grupo Dimasa (Proveedor)
info@dimasagrupo.com
http://www.dimwater.com/taste
España

Referencias y mayor información

Ecoagua. (s.f.). Sistema ecológico para el tratamiento de Aguas Residuales. Disponible en URL: http://www.eco-agua.net/

EnviroSeptic. (s.f.). Depuración Ecológica de Aguas Residuales. Disponible en URL: https://enviro-septic.es/

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 211

Decloración para aguas residuales previa a descarga

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Tratar	Agua Potable y saneamiento	Tecnología	Proceso Industrial

Descripción

La decloración es una técnica usada para remover cloro residual previa a su descarga a un curso de agua. El producto químico que más se emplea para llevar a cabo el proceso es el dióxido de azufre, el cual en la práctica se ha podido comprobar que la dosis necesaria es 1 mg/L de dióxido de azufre para declorar 1 mg/L de cloro residual (expresado como Cl_2). Al ser las reacciones casi instantáneas, el tiempo de contacto no suele ser un factor esencial, por lo que no se requieren cámaras de contacto.
Cuando lo que se requiera sea la remoción de altos niveles de carga orgánica, la aplicación de carbón activado es altamente efectiva.
Otros compuestos a considerar para igual finalidad son el sulfito de sodio (Na_2SO_3) y el metabisulfito de sodio ($Na_2S_2O_5$).

Beneficios

Evita la formación de compuestos cancerígenos como las cloraminas, además protege la vida acuática de los efectos tóxicos del cloro residual y promueve la generación de aguas limpias.

Condiciones técnicas de operación

La relación de químico declorador debe ser estequiométrica con el cloro libre presente en la solución para evitar excesos de químicos que por lo general son secuestrantes de oxígeno y provocan una fuerte disminución de oxígeno en las aguas y por consiguiente un bajo pH en el efluente final.
Además, requiere un sistema de medición del tipo regulador al vacío y un rotámetro para el control del nivel de entrada; uno o más inyectores con válvulas de chequeo y un analizador para medir constantemente la cantidad de cloro residual en la corriente de la muestra.

Casos de aplicación

La planta Annet-sur-Marne de la empresa VEOLIA (Francia) consta de 2 tanques enterrados de 4.000 m^3 y de válvulas de compuerta que regulan la cantidad necesaria de cloro según la demanda química del agua y para la eliminación del amoníaco.

Decloración para aguas residuales previa a descarga

Impacto Ambiental

Clasificación: Impacto ambiental positivo medio.
Se eliminan compuestos organoclorados que pueden ser bioacumulados en los sistemas naturales. Mejora la calidad de aguas que son eliminadas por tratamiento.

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de daños para la fauna marina.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología
Externalidad: (+) Disminución de los malos olores. (+) Disminución de compuestos cancerígenos.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Son soluciones que suponen la aprobación de los organismos con competencia ambiental relativos a la contaminación de las aguas, y, eventualmente, el ingreso al SEIA. Adicionalmente, pudieran necesitar someterse a la LGUC y obtener la autorización municipal. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias. Tratándose de la aplicación en el caso de los sistemas de APR, se requiere la existencia de un comité, con personal capacitado y la asignación de fondos públicos, para la implementación. Se trata de soluciones de mediano plazo, con demoras que corresponden a los tiempos de obtención de los respectivos permisos.

Información de contacto

Acquatron (Proveedor)
acquatron@tie.cl
www.acquatron.cl
Chile

Referencias y mayor información

Fundación Chile. (2010). Informe Final. Licitación Pública Nº1588-151-LE09. Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Disponible en URL: http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-50002_recurso_2.pdf

ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 CHILE

Nº FICHA 212

Tabletas para purificación de agua en situaciones de desastre

Objetivo que aborda	Sector de aplicación	Tipo de solución	Escala
Tratar	Agua Potable y saneamiento	Tecnología	Residencial

Descripción

Las tabletas de purificación de agua se fabrican con una formulación efervescente que contiene dicloroisocianurato sódico (NaDCC)- un donante de cloro orgánico, con una capacidad superior a la desinfección de hipoclorito sodio, un pH casi neutro y fáciles de usar. Son recomendadas por diferentes organizaciones entre las que se incluye la UNICEF, Cruz Roja y la Organización Mundial de la Salud, esta última incluyendo en su kit de salud frente a desastres. Su utilización es básicamente para esterilizar el agua haciéndola apta para su consumo, ya sea a nivel doméstico, por parte de las fuerzas armadas o a nivel de viajantes y campistas, teniendo como efecto principal la eliminación de microorganismos de las aguas contaminadas para evitar la disentería, la diarrea, el cólera y otras enfermedades transmitidas por el agua.

Beneficios

Estas tabletas resultan efectivas contra *Salmonella typhi*, *Shigella sonnei*, *Escherichia coli*, *Vibro Cholerae*, *Streptococcus Faecali*, *Esquistosomiasis (Bilharzia)*.
Permiten esterilizar el agua, haciéndola apta para su consumo.
Presentan una vida de almacenamiento de cinco años.
Su formato no constituye un riesgo para su transporte (compactas y de peso ligero).
El volumen de sales efervescentes varía para adaptarse a las diferentes aplicaciones, temperaturas de agua, mercados y métodos de embalaje, pero el rendimiento biocida final del producto queda inalterado.

Condiciones técnicas de operación

Como su composición es a base de cianuro no son recomendables para un uso prolongado en el tiempo. No almacenar sobre o cerca de fuentes de calor o de una llama desnuda, ya que el NaDCC se descompone a temperaturas por sobre los 240 °C liberando gases tóxicos.
Si las tabletas se humedecen, se comportarán como efervescentes, generando dióxido de carbono, y pudiendo descomponerse generando vapores de cloro.

Casos de aplicación

Empleadas por ONG internacionales como la Cruz Roja frente a situaciones de desastre, con baja disponibilidad de agua o de calidad suficiente para su consumo.

Tipo de tabletas purificadoras de agua.
Fuente: Colloidsmex (Proveedor)

Tabletas para purificación de agua en situaciones de desastre

Impacto Social

Clasificación: Impacto social negativo bajo.
Beneficio: Disminución de enfermedades en situación de desastre.
Costo: Asociado a la adquisición de la tecnología.
Externalidad: (+) Disminución de colapsos en hospitales en situación de desastre.
Conflicto: No se aprecian.

Condiciones legales e Institucionales

Clasificación: Mediano plazo de implementación.
Medida que tiene la necesidad de autorización de MINSAL y eventualmente municipal, según la LGUC. En este caso, además supone la asignación de fondos públicos y, eventualmente la capacitación de recursos humanos para su utilización. En general, son soluciones para implementar en un plazo mediano, considerando los distintos permisos que se deben obtener para su implementación. Si se cuenta con los permisos, se pueden usar en caso de emergencia.

Costos referenciales

0,22 USD/L (Valor en Europa)

Información de contacto

Colloidsmex (Proveedor)
info@colloidsmex.com
http://colloidsmex.com
México

Referencias y mayor información

HydraChem. (s.f.). Oasis. Tabletas para Purificación de Agua. Datos técnicos. Disponible en URL: http://colloidsmex.com/tds/Oasis-Ficha-Tecnica.pdf