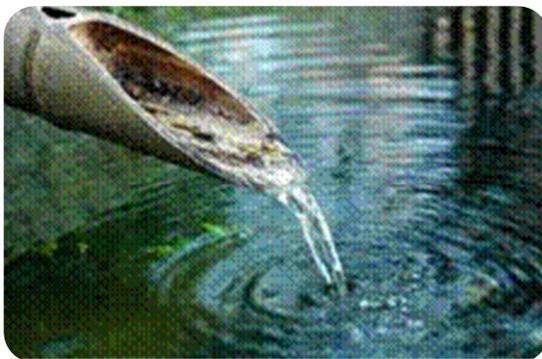


Guía Mejores Técnicas Disponibles para la eficacia del recurso hídrico en las instituciones de educación superior



MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES.

La presente guía de mejores técnicas disponibles es una herramienta para la aplicación de prácticas sustentables para la Eficacia del recurso hídrico en las instituciones de educación superior. El objetivo fundamental es presentar y difundir una selección de prácticas que permita mejorar la competitividad y el desempeño ambiental de estas instituciones.

DEFINICIÓN DE MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES

Las Mejores Técnicas Disponibles son aquel conjunto de técnicas aplicadas a procesos de diversos sectores productivos que se demuestran más eficaces para alcanzar un elevado nivel de protección medioambiental, siendo a su vez aplicables en condiciones económicas y técnicas viables.

A estos efectos, se entiende por:

Mejores: las técnicas más eficaces para alcanzar un alto nivel general de protección del medio ambiente en su conjunto y de la salud de las personas.

Técnicas: la tecnología utilizada, junto con la forma en que la instalación esté diseñada, construida, mantenida, explotada o paralizada; y

Disponibles: las técnicas desarrolladas a una escala que permita su aplicación en el contexto del correspondiente sector productivo, en condiciones económicas y técnicamente viables, tomando en consideración los costos y los beneficios, siempre que el titular pueda tener acceso a ellas en condiciones razonables.

La Figura 1 representa un esquema simplificado del proceso de selección de MTD.

En una primera fase de la selección, una técnica candidata a MTD, en comparación con otras técnicas disponibles empleadas para realizar una determinada operación o práctica, debe suponer un beneficio ambiental significativo en términos de ahorro/aprovechamiento de recursos y/o reducción del impacto ambiental producido.

Una vez superado este primer requisito, la técnica candidata a MTD deberá estar disponible en el mercado y ser además compatible con la producción según los estándares de calidad, no suponiendo un impacto significativo sobre otros medios, ni un mayor riesgo laboral o industrial (escasa productividad, complejidad, etc.).

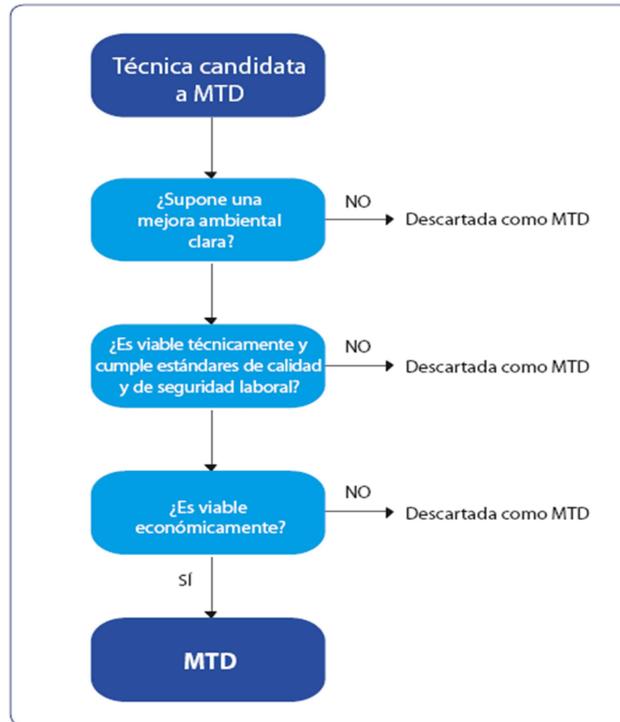


Figura 1: Proceso de selección simplificado de MTD.

Finalmente, una técnica no podrá considerarse MTD si resulta económicamente inviable para el sector. La adopción de MTD por parte de un productor/comercializador no supondrá un costo tal que ponga en riesgo la continuidad de la actividad. En este sentido, es conveniente recordar que la adopción o un cambio de tecnología es una inversión muy costosa, no siempre asumible debido a diversos factores.

Es importante señalar que las Mejores Técnicas Disponibles no fijan valores límite de emisión ni estándares de calidad ambiental, sino que proveen medidas para prevenir o reducir las emisiones a un costo razonable. Las MTD significan, por tanto, no un límite a no sobrepasar, sino un constante propósito de mejora ambiental que puede alcanzarse por diferentes vías y que pueden utilizar otras tecnologías más apropiadas para determinada instalación o localización a las descritas como referencia.

EFICACIA DEL RECURSO HÍDRICO EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

I. ANTECEDENTES

La disponibilidad del agua es un aspecto público de utilidad en todo tipo de edificios y sus instalaciones. Al contrario que en las casas o áreas residenciales en donde el tipo y cantidad de consumo se encuentra predeterminado, los campus o instituciones de educación superior son diferentes en cuanto al tipo de usuario y a la forma de distribución y uso del agua. En estos establecimientos existe una mezcla entre estudiantes, académicos, administrativos, complejos deportivos, laboratorios y cafeterías. Por otra parte, la cantidad de usuarios varía durante el año dependiendo de las actividades académicas desarrolladas.

Recurso hídrico en instituciones

El uso del recurso hídrico en instituciones de educación superior se enmarca dentro de dos aristas: El primero es de uso doméstico cotidiano como son los servicios administrativos como por ejemplo, casinos, servicios higiénicos y con fines de riego en la mantención del paisaje interno del campus. El segundo considera el uso de agua en actividades académicas, como es el caso de laboratorios, talleres y así mismo como el mantenimiento de zonas de deporte.

El uso eficiente del recurso hídrico tiene las siguientes características:

- a) Permite la reducción de consumo de agua, lo que permitiría una optimización del uso del recurso hídrico disponible.
- b) Reduce el volumen de recurso hídrico que se necesita ser potabilizado para el uso de las actividades del campus.
- c) Minimiza la cantidad de agua que iría directamente a las plantas de tratamiento.

II. NORMATIVA APLICABLE

Texto Normativo	Materia Regulada	Aplicación y/o cumplimiento
Decreto Supremo Nº 11/1984, del Ministerio de Salud	Oficializa Norma Chilena Nº409 para Calidad de Agua Potable	Aplica a todas las fuentes de agua disponibles que abastezcan a las instalaciones
NCh. Nº 1333/1978	Norma Chilena sobre requisitos de calidad del agua para diferentes usos.	Aplica a todas las aguas descargadas dentro de las instalaciones.
D.S. Nº609/1998 del Ministerio de Salud	Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado	En las instalaciones donde se realicen descargas que están por encima de la norma, deberán ser tratados como RILes para su posterior descarga.
D.S. Nº50/2003 del Ministerio de Obras Públicas	Reglamento de instalaciones domiciliarias de Agua Potable y de Alcantarillado	Aplicable a las instalaciones sanitarias dispuestas en las oficinas, salas de computación y bibliotecas.
Decreto Supremo Nº 594/1999 Ministerio de Salud, modificado por el Decreto Supremo Nº 201/2001	Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas de los Lugares de Trabajo.	Aplica a oficinas, bibliotecas y salas de computación como lugares de trabajo

Los Establecimientos de Educación Superior, deben saber cómo manejar el sistema oferta/demanda del recurso agua debido a que éste tiene una aplicación transversal a la mayoría de las actividades académicas y porque su uso indiscriminado genera un serio impacto en el medio ambiente. Para este análisis, se deben considerar aspectos como cuánta agua se está utilizando, cómo se distribuye y se usa, y de dónde ésta proviene. De *dónde* se refiere a la oferta de agua, mientras que el *cuánta* y *cómo* considera por su parte la demanda del agua por parte del establecimiento.

Por otro lado, para estudiar la oferta, se debe considerar las empresas distribuidoras, si la institución posee pozos o acceso a ríos o similares y la disponibilidad de aguas lluvias. Al contrario, para estudiar la demanda, se debe considerar su uso en irrigación de jardines, mantención de las dependencias para limpieza y sistemas de higiene, y en prácticas de laboratorio y otras académicas.

Los enfoques de gestión administrativa, tales como: la detección periódica de fugas y su reparación oportuna, así como la revisión frecuente del estado físico de medidores, tuberías y dispositivos, son bastante efectivos para mantener bajo el nivel de pérdidas (2). En la Figura 2 se presenta la relación entre las distintas herramientas o prácticas frente a la reducción del consumo de agua (2). Esta imagen indica que, si bien hay prácticas que deben ser implementadas en conjunto para su máxima efectividad, también hay un componente humano/social que debe ser considerado. La reducción en el uso, así como el reuso/reciclaje y la toma de conciencia, son los factores claves en la minimización del uso de este recurso.

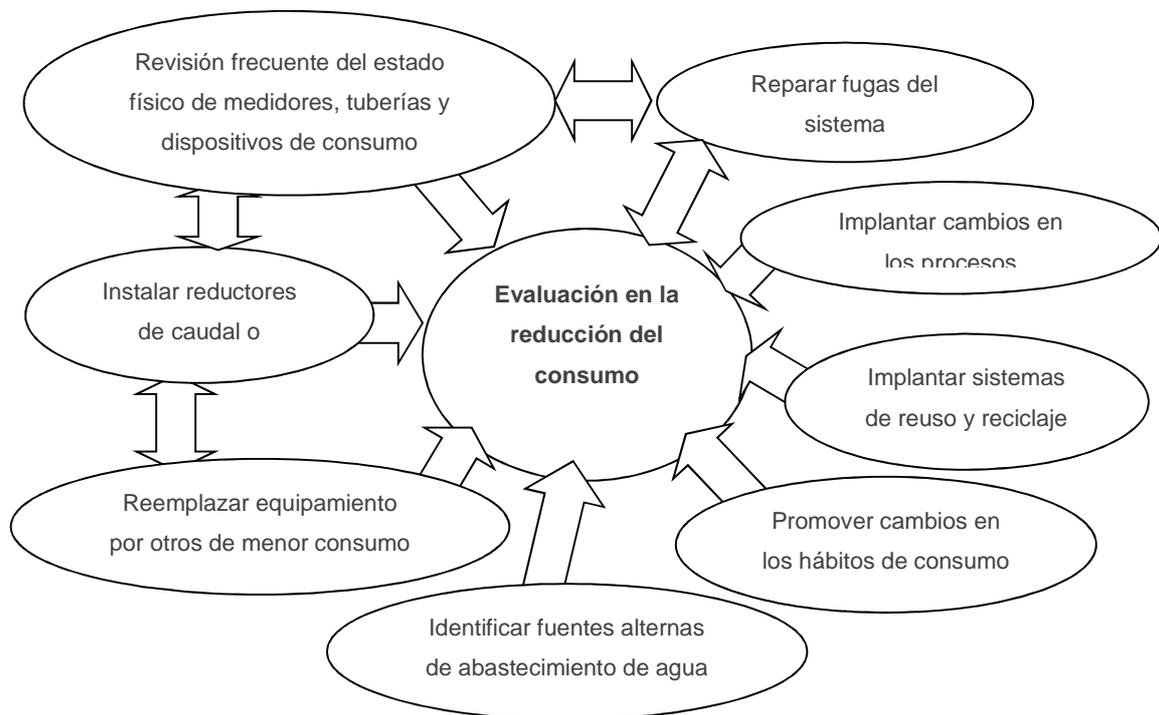


Figura 2: Relación entre las herramientas de ahorro y el consumo de agua.

Según el levantamiento de información entregado en el Informe de Diagnóstico de APL Campus Sustentable, el mayor uso de agua considera el riego de aguas verdes, lavado de material de laboratorio, generación de agua para laboratorio y servicios higiénicos (baños, lavabos, y duchas). En la Tabla 1 se presenta la identificación de los mayores consumos de agua, mientras que en la Tabla 2 se presenta el detalle sectorizado del nivel de implementación de las prácticas eficientes identificadas en el sector. Como indicadores del sector, se calculó un consumo total de 1,8 millones de m³ al año 2010, mientras que el consumo individual fue de 17 m³/persona. Si bien diversas instituciones cuentan con estrategias para lograr sustentabilidad de sus procesos, en particular en cuanto al uso eficiente del agua, éstas han sido implementadas en sólo el 57% de los establecimientos encuestados según el Informe de Diagnóstico Sectorial de Campus Sustentable.

Sin embargo, ninguna institución se ha planteado metas de reducción ni mantienen el seguimiento de indicadores.

Tabla 1: Identificación de los mayores consumos de agua en los Establecimientos de Educación Superior.

Mayor consumo	% de instalaciones que lo indica
Servicios higiénicos	58%
Laboratorio y salas de práctica	35%
Riego	23%
Lavado instrumental	12%
Sillones dentales	4%
Destilación de agua	4%
Duchas	4%

Fuente. Informe de Diagnóstico APL Campus Sustentable

Tabla 2: Nivel de implementación de las prácticas eficientes identificadas en el sector.

Ítem	Buena práctica	% de campus con implementación
Servicios higiénicos	Estanque de WC con volumen reducido y corte rápido	62%
	Urinaris secos	4%
	Urinaris con pulsador	4%
Laboratorio	Lavado instrumental con agua a presión	4%
	Generación de agua para el laboratorio por osmosis	12%
General	Llave cisne para evitar pérdidas en el llenado de botellas	4%
	Cambio de llave con temporizador	62%
	Llave con monomando	27%
	Mantenimiento preventiva diaria	42%
	Implementación de medidores específicos	19%
	Recirculación o reuso de agua	4%
	Ablandadores para el agua del edificio	4%
Riego	Uso de agua a presión en jardines	4%
	Riego manual con aspersores	4%
	Riego automatizado con control de horario	4%
	Riego sectorizado o por horario	4%

Fuente: Adaptado de Informe de Diagnóstico Sectorial APL Campus Sustentable

Indicadores de medición

En general, los establecimientos llevan una cuenta del agua consumida mediante las cuentas pagadas a terceros, pero no existe un conocimiento de cómo ésta se distribuye en el campus. Esto se hace necesario en la medida que las distintas estrategias de ahorro se deben poner en práctica, ya que de esta manera, se sabrá el real impacto de estas medidas sobre el consumo y uso del agua dentro de las dependencias.

Los indicadores identificados como apropiados y derivados del análisis de la información recopilada, para el seguimiento del uso del recurso agua son:

- 1) Uso de agua total en el campus (unidad de volumen por tiempo, unidad de volumen por persona).
- 2) Identificación del porcentaje de uso del agua en las diferentes actividades (% por actividad).
- 3) Intensidad del uso del agua como medida de eficiencia (unidad de volumen por unidad de área).
- 4) Porcentaje de uso de agua proveniente de fuentes externas al servicio contratado.
- 5) Porcentaje de uso de agua proveniente de fuentes internas (captación de aguas, agua reutilizada) para cada actividad

Para la correcta medida de estos indicadores, se debe considerar el crecimiento del campus en los cálculos de uso de agua, las precipitaciones anuales, la evapotranspiración, la eficiencia de recolección (en caso de tener captación de aguas lluvias) y otras pérdidas por factores relacionados con el clima.

III. MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES PARA LA EFICIENCIA DEL USO DEL RECURSO HÍDRICO

Las Mejores Técnicas Disponibles prácticas para mejorar la eficacia del recurso hídrico, son aquellas que permiten optimizar el manejo del agua en las instituciones educación superior. Los principales beneficios ambientales, económicos y sociales para las instituciones de educación superior son las que se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3: Beneficio ambiental, económico y social de la implementación de medidas de eficiencia en el uso del recurso agua.

Beneficio ambiental
Reducción del uso del recurso agua Reducción en la generación de aguas residuales
Beneficio económico
Ahorro en los costos de cuentas de agua. Ahorro en el tratamiento de las aguas residuales previo a su reutilización y/o disposición
Beneficio social
Externalidad positiva del concepto de la sustentabilidad en funcionarios, académicos y estudiantes.

Las prácticas descritas a continuación pueden ser implementadas de manera individual o de manera conjunta, dependiendo de la necesidad de la Institución de Educación Superior:

- MTD 1: CUBIERTAS DE PROTECCIÓN PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLA Y DESAGÜES
- MTD 2: SISTEMAS AHORRADORES DE AGUA
- MTD 3: MEDIDOR DE CAUDAL PARA MONITOREO EN EL CONSUMO DEL RECURSO HÍDRICO.
- MTD 5: RECOLECCIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUA LLUVIAS PARA LAVADO Y RIEGO.
- MTD 6: RECOLECCIÓN SELECTIVA DE AGUAS RESIDUALES.
- MTD 7: MONITOREO EN LA CONTAMINACIÓN DE LOS VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES.
- MTD 8: XERIPAJISMO

MTD 1: CUBIERTAS DE PROTECCIÓN PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLA Y DESAGÜES

DESCRIPCIÓN



Se refiere a protección de las zonas donde se vierten las corrientes líquidas de baja contaminación al alcantarillado utilizando una rejilla o techumbre que cumple la función del bloquear el paso de elementos que obstruyan las cañerías y ensucien el agua, como hojas o basura.

Cubiertas sólidas. Una tapa de alcantarilla sólida encaja dentro del propio canal, permitiendo que sólo el agua entre en el canal de los lados. Generalmente se usa en las afueras de las instalaciones. Hojas y otros tipos de desechos no serán capaces de entrar en la cuneta y se caen los lados de la misma. Para la protección dentro de las instalaciones, se utilizan dispositivos que cubren los desagües puntuales. Están hechos de metal o PVC y son resistentes a la humedad, la temperatura y a la corrosión con un debido acabado y cuidado.

Malla o pantalla de cubierta. Estas cubiertas son insertas dentro de la cuneta. Cualquier cosa lo suficientemente pequeña para caber a través de la malla se caerá en la cuneta. Sin embargo, son una protección adecuada frente a hojas y la suciedad de gran tamaño. Esta es probablemente una de las formas más costo-eficaces para proteger un canal de los residuos sólidos.

Filtros de canal - similar a la espuma, este tipo de protección sólo permite que entre agua en la cuneta, mientras que los residuos sólidos se quedan en la parte superior. Se instalan directamente en la parte superior de la cuneta.

También se pueden utilizar cubiertas reutilizables para sellar temporalmente las ranuras de los desagües en caso de un derrame para prevenir que los líquidos contaminantes entren en un alcantarillado. Se fabrican de material duro, flexible, no absorbente que le da una resistencia a la rotura además de ser muy duradero. Se adhiere bien en corrientes de agua y en zonas inundadas. Son resistentes a los hidrocarburos, al agua y a la mayoría de productos químicos. Se puede lavar con una solución de agua y jabón para ser reutilizado posteriormente¹.

¹ http://www.waterfire.es/cubierta-ligera-para-alcantarilla-reutilizable-adr_prod414

BUENAS PRÁCTICAS ASOCIADAS

- Evitar desechar residuos a la alcantarilla o alrededores.
- Prevenir derrames de líquidos y sólidos durante la manipulación, experimentación o traslado de compuestos contaminantes.

CONDICIONES DE USO

Considera mantención adecuada y limpieza de las cubiertas y de las alcantarillas en general.

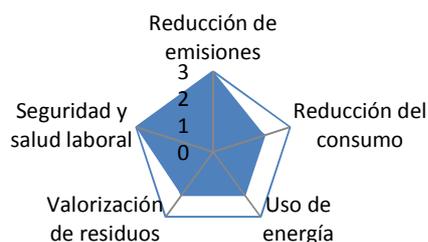
Se debe cuidar la adhesión de la rejilla o protección al sistema de alcantarillado para su correcto funcionamiento.

También tendrá que comprar de buena calidad, ya que cubre estará siempre en contacto con el agua y las condiciones meteorológicas.

BENEFICIOS AMBIENTALES

Minimiza la contaminación de las aguas vertidas al alcantarillado

BRECHAS



VENTAJAS

Son adaptables a distintas situaciones

Su implementación es de corto plazo

DESVENTAJAS

No posee desventajas directas.

Su implementación requiere consideraciones puntuales para cada tipo de descarga, en cuanto a la incompatibilidad del material frente al vertido.

APLICABILIDAD

Se puede utilizar en todo laboratorio o taller afín

COSTOS Y AHORROS ASOCIADOS

Considera el costo de las rejillas. Se pueden obtener rejillas de PVC con costos entre \$690 y \$790 para desagües pequeños (10 x 10 a 15 x 15 cm). Las mallas de cubierta pueden ser de plástico, con valores de \$17.790 los 5 m (20 x 20 mm)²

El costo de las cubiertas reutilizables se encuentre entre \$50.000 a \$100.000 dependiendo del material y tamaño. Estos costos son estimados para cubiertas de 46 x 46 x 1,5 cm² y de poliuretano³.

En caso de involucrar obras civiles en la construcción de nuevas alcantarillas, el costo asciende a 10 UF por metro cuadrado.

*(Los costos se refieren al 1° de Julio 2013, con valor de UF de \$22.852,67. Consultado en <http://www.sii.cl/pagina/valores/uf/uf2013.htm>)

CASO PRÁCTICO

Por lo general, los talleres y laboratorios cuentan con desagües que derivan al alcantarillado, por lo que cualquier derrame de líquidos o sólidos al suelo puede contaminar con material peligroso las aguas residuales.

En caso de derrame, el desagüe es cubierto de manera inmediata con protectores impermeables que evitan que la sustancia se vierta al alcantarillado. Mediante protocolos seguros y específicos para el material derramado, éste es limpiado, recuperado y entregado para su retiro por terceros.

El material impermeable se recoge bajo medidas de seguridad apropiadas, se limpia y se puede volver a reutilizar. Es importante que esta cobertura se encuentre en un sitio específico del recinto, de fácil acceso y conocido por todos los usuarios.

² www.easy.cl. Precios a Julio 2013

³ <http://www.waterfire.es>. Precios a Julio 2013

MTD 2: SISTEMAS AHORRADORES DE AGUA

DESCRIPCIÓN



Los ahorradores de agua permiten una reducción importante en el consumo final de agua, lo que beneficia directamente al ambiente y la economía de las instituciones de educación superior. Estos dispositivos son colocados principalmente en llaves, duchas, lavaderos, grifos, inodoros, y sistemas de regadío. Se clasifican en Reguladores de Presión y Mecanismos para grifos y duchas (3):

Reguladores de presión. Sirven para garantizar la presión adecuada en cada alzada o nivel topográfico de entrada del agua a los edificios y construcciones. Es recomendable limitar la salida de agua potable con una presión máxima de dos kilogramos y medio por centímetro cuadrado ($2,5 \text{ kg/cm}^2$) durante todos los meses del año en cada vivienda o en los pisos más altos de los edificios con varias plantas.

Mecanismos para grifos y duchas. Los reductores de caudal son sistemas que permiten regular o reducir el caudal de agua, de manera que para una presión de $2,5 \text{ kg/cm}^2$ tengan los grifos un caudal máximo de 8 L/min y las duchas un caudal máximo de 10 L/min. Además de éstos, los grifos de uso público pueden disponer de temporizadores u otros mecanismos de cierre automático que dosifican el consumo de agua limitando las descargas a un máximo de 0,5 L de agua por uso. A continuación se presentan los dispositivos y sus características principales (3)

Dispositivo	Descripción
Perlizadores	Se incorporan a la grifería existente y reducen drásticamente el consumo de agua y la energía empleada en su calentamiento. Su funcionamiento se basa en la mezcla de aire y agua por efecto de la presión, produciendo un chorro de agua suave y sin salpicaduras. Los dispositivos funcionan incorporar aire para aumentar la velocidad controlando la salida mínima de agua con mayor presión. Se consigue un ahorro de agua y de energía empleada en su calentamiento entre un 43-64% sobre las griferías tradicionales. Se fabrican con flujo regular o constante, caudales de 5 - 8 L/min, con rosca interna o externa. La instalación de estas revolucionarias piezas no necesita obras adicionales. En lavabos y otra grifería basta con sustituir el filtro existente por el perlizador.
Reductores volumétricos de caudal	Los reductores volumétricos de caudal para duchas están diseñados para duchas que no posean una función economizadora. Se fabrican en caudales de 5 – 12 L/min, giratorios o fijos se colocan entre el grifo y el flexo. Se consigue un ahorro de agua y de energía empleada en su calentamiento entre 25 – 69%. A diferencia de los limitadores o reductores de caudal de flujo constante, éstos son sensibles a variaciones de presión.
Duchas ecológicas	Duchas de altísima calidad, producen una lluvia ecológica a través de los difusores finísimos de alta presión que ofrecen una ducha muy confortable y relajante. Se fabrican para caudales de 8 ó 10 L/min, enlace fijo o giratorio. El ahorro de agua y de energía empleada para calentarla varía entre 38 - 50%, independientemente de la presión de servicio.
Mecanismos para cisternas	El ahorro de agua en cisternas, puede ser de dos tipos, un mecanismo de descarga de doble pulsador y otro mecanismo de descarga por contrapesos. Permiten realizar dos descargas, una parcial y otra total, regulando las mismas desde 2 a 12 L. Generan un ahorro de agua entre 40 - 70%.
Válvulas de seguridad	Son dispositivos cuyo objeto es vaciar el contenido del agua retenida en el interior de la tubería del flexo de ducha, tras el uso de la misma. Tienen la opción de integrar un limitador de caudal de 8 ó 10 L/min. Destacan por su construcción robusta y fabricación con materiales de alta calidad.
Grifería temporizada o de cierre automático	Las griferías temporizadas son aquellas que se accionan pulsando un botón y dejan salir el agua durante un tiempo determinado, transcurrido el cual se cierran automáticamente. En edificios, la reducción en el consumo se estima entre un 30 y un 40%. Es importante calibrar en todos los grifos el caudal y tiempo de apertura más cómodos para los usuarios y no menos relevante un adecuado mantenimiento de los mismos que garantice su buen funcionamiento. Se estima que un caudal de entre 6 y 8 L/min durante 6-9 segundos es perfecto para un uso normal.

Dispositivo	Descripción
Grifería electrónica	Dentro de las opciones de grifería de cierre automático, las de tipo electrónico son las que ofrecen las máximas prestaciones desde el punto de vista de la higiene y el ahorro de agua. La apertura se activa cuando se colocan las manos bajo el caño de salida de agua. Mientras el usuario tiene las manos en posición de demanda de agua el flujo permanece constante, interrumpiéndose inmediatamente en el momento de retirar las manos. Se fabrican con flujo regular o constante, caudales de 5 - 8 L/min, con rosca interna o externa. La instalación de estas revolucionarias piezas no necesita obras adicionales. En lavabos y otra grifería basta con sustituir el filtro existente por el perlizador.

A continuación se entrega a modo de resumen, la siguiente tabla con los dispositivos identificados como más convenientes para su uso en el ahorro por consumo de agua.

Tipo de instalación	Máximo exigido	Mejor tecnología disponible
Llaves	Caudal entre 6 y 8 L/min	Sistema de apertura en frío. Apertura escalonada
Llave de uso público	Temporizador de caudal	Llave electrónica con caudal regulado a 6 L/min.
Duchas	Temporizador y rociador economizador. Caudal máximo 10 L/min	Temporizador con posibilidad de paro voluntario y rociador economizador. Caudal máximo 10 L/min.
Excusados	Estanque simple con interruptor de descarga simple	Estanque con doble accionado de descarga. Volumen máximo de descarga 3 o 6 L.
Urinarios	Temporizador con descarga máxima de 1 L/min	Célula óptico-electrónica individual para cada urinario (descarga máxima con prelavado 1 L)

BUENAS PRÁCTICAS ASOCIADAS

- Realizar una mantención periódica de los sistemas de grifería al interior de la instalación.
- Monitorear la calidad de las aguas en cuanto su dureza, debido a que estos repercute directamente en el desempeño de los ahorradores. Considerar de ser posible, algún tipo de pretratamiento antes que el agua sea distribuida.
- Reducir el consumo de agua al mínimo cerrando las válvulas cuando no estén en uso

CONDICIONES DE USO

No existe un requerimiento específico para poder implementar los dispositivos ahorradores de agua. Se necesita tener las medidas de los diámetros o en algunos casos la medida nominal de la rosca y el paso del hilo de los equipos que se les incluirá este sistema. Para poder tener una mejor optimización del recurso hídrico es necesario conocer la presión del flujo que se tiene, además del rango de temperatura del agua. A continuación se presentan condiciones específicas para los distintos tipos de ahorradores de agua de acuerdo a su tipo (1,8,9):

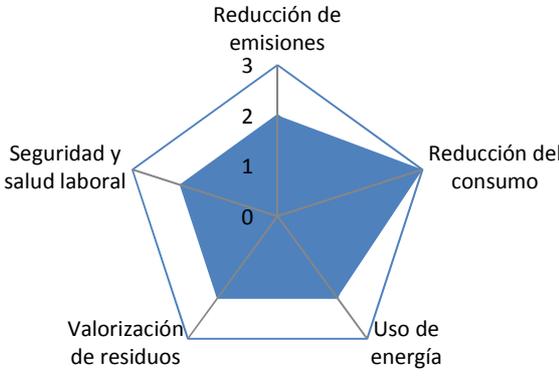
Perlizadores: Se recomienda que los aireadores se utilicen solamente para agua fría, ya que con el agua caliente existe la posibilidad de que retorne. Con el retorno, el agua fría y el agua caliente se mezclan en la tubería y esto provoca menos presión. La solución para este problema es instalar válvulas antirretorno.

Duchas: En algunos casos, la distancia del calentador puede influir en una pérdida de temperatura. En el caso de que instalemos reductores o mangos de ducha economizadores, es necesario que el flexor sea de resistencia alta (doble grapado), ya que la presión retenida en el mango y en el flexor lo podría deteriorar.

Cisternas: Si se desconoce que hay disponibilidad de descarga de 3 y 6 litros, se pueden accionar los dos dispositivos e incrementarla en 9 litros.

Reguladores de presión: La instalación requiere de una presión mínima indicada por el fabricante para que estos aparatos funcionen correctamente. Por lo tanto, deberemos regular la presión según las indicaciones del fabricante.

La vida útil de los dispositivos es de aproximadamente 10 años. Se ha indicado que el mantenimiento de estos dispositivos (ya sea para grifos, duchas o sanitarios) son mínimas y similares a las que se realizan en griferías normales. En caso de tratar con aguas muy duras, se recomienda una mantención periódica para remover la cal de las juntas y del interior de los dispositivos. La mantención de estos equipos se puede hacer con soluciones comerciales o con una solución de agua y vinagre. El tipo de mantención no requiere costo extra ya que se basa en el monitoreo del cerrado o vertido adecuado para evitar fugas, revisar gomas de cierre y engrasar juntas para evitar su resquebrajamiento (1,3).

BENEFICIOS AMBIENTALES	BRECHAS
<p>Reduce el consumo y, por tanto, el vertido de agua a la alcantarilla, provocando un beneficio tanto ambiental como económico.</p>	

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Entregan caudales abundante de gran confort, suave al tacto. Reducción del recurso hídrico entre un 25 a 70% Dispositivos silenciosos, no adhieren ruidos extras a las tuberías.</p>	<p>Inversión tecnológica Necesidad de implementación en cada una de las unidades de salida de aguas</p>

APLICABILIDAD
<p>Se puede utilizar en todo laboratorio o taller aún en que se considere el uso de agua desde tuberías.</p>

COSTOS Y AHORROS ASOCIADOS

La instalación de un sistema ahorrador de agua, no requiere tanta complejidad por lo que los gastos operaciones relacionados a esta actividad pueden ser cubiertos por los funcionarios de la misma Institución de educación superior. Los costos varían de acuerdo al sistema a implementar. A continuación se presentan ejemplos de costos para cada caso:

Dispositivo	Costo*	Fuente
Perlizadores	\$2.000 - \$4.000	http://www.easy.cl/ - http://www.nibsa.cl/
Limitadores de caudal	\$2.000 - \$4.000	http://www.ahorraragua.org/catalogo/ducha.html
Reductores volumétricos de caudal	\$4.500 - \$7.500	http://www.aguaflux.es/Ahorrar-agua-ducha http://www.latiendadelahorrodeagua.com
Duchas ecológicas	\$11.000 - \$45.000	http://www.nibsa.cl/ http://www.latiendadelahorrodeagua.com http://www.laboutiquedelhogar.es
Mecanismos para cisternas	\$6.000 - \$15.000	http://www.latiendadelahorrodeagua.com http://www.gduran.com
Válvulas de seguridad	\$6.000 - \$18.000	http://www.latiendadelahorrodeagua.com

*Precios a Julio 2013

CASO PRÁCTICO

Se va a considerar un laboratorio o taller pequeño que cuente con dos griferías para lavado de material. La implementación de ahorradores de agua no involucra costo de mano de obra especializada por lo que su implementación es sencilla e inmediata. Para determinar el beneficio de la implementación de ahorradores de agua en una instalación pequeña se harán las siguientes consideraciones:

Caudal de agua en la grifería tradicional: 12 L/min

Caudal en la grifería con ahorrador: 8 L/min

Costo del agua potable: \$0,3/L⁴

Costo del tratamiento de alcantarillado: \$0,4/L⁴

Tiempo de lavado: 20 min.

Números de lavado al día: 4.

Días de uso de la instalación a la semana: 5.

Meses de trabajo al año: 10.

Costo del ahorrador de agua: \$6.000 (suponiendo recambio anual de uno de los ahorradores por desgaste debido a uso intensivo).

Como ejemplo de cálculo, para el ahorro en el consumo de agua se tiene que:

Consumo de agua en la grifería tradicional: $12 \times 20 = 240$ L/lavado.

Consumo de agua en la grifería con ahorrador: $8 \times 20 = 160$ L/lavado.

Ahorro en el consumo de agua potable: 80 L/lavado.

Ahorro anual en el consumo de agua potable: $80 \times 4 \times 5 \times 10 = 64.000$ L/año.

Ahorro económico en el consumo de agua por grifería: $64.000 \times 0,3 = \$19.200/\text{año}$ (0,84 UF/año).

⁴ SISS, para la zona Metropolitana, Julio 2013.

Los valores en UF se consideran al 1° de Julio 2013, con valor de UF de \$22.852,67. Consultado en <http://www.sii.cl/pagina/valores/uf/uf2013.htm>

Ganancia neta anual por ambas griferías en consumo de agua: $\$19.200 \times 2 - \$6.000 = \$32.400$ (1,42 UF/año).

Ganancia por disminución en el tratamiento de las aguas residuales: $64.000 \times 0,4 \times 2 = \51.200 (2,24 UF/año).

Ganancia total anual para un laboratorio o taller pequeño que cuente con dos griferías de uso constante: $\$51.200 + \$32.400 = \$83.600$ (3,36 UF/año).

MTD 3: MEDIDOR DE CAUDAL PARA MONITOREO EN EL CONSUMO DEL RECURSO HÍDRICO.

DESCRIPCIÓN



Un caudalímetro es un instrumento de medida para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico. Estos aparatos suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido. También suelen llamarse medidores de caudal, medidores de flujo o flujómetros. Su uso permite la identificación de las actividades que generan consumos del agua, además se incluyen las fuentes de aguas y los sistemas a los cuales se vierten. Existen distintos tipos de caudalímetro de acuerdo a su sistema de funcionamiento, los cuales se pueden agrupar de la siguiente manera:

Grupo	Descripción	Grupo	Descripción
1	Convencionales de presión diferencial	7	Ultrasónicos
2	Otros tipos de presión diferencial	8	Másicos directos e indirectos
3	De desplazamiento positivo	9	Térmicos
4	Inferenciales	10	Otros para fluidos en ductos cerrados
5	Oscilatorios para fluidos	11	Para sólidos
6	Electromagnéticos	12	De canal abierto

Para la selección de un medidor de flujo se debe tomar en cuenta su aplicación y su desempeño. Las necesidades de una aplicación específica constituyen el primer conjunto de criterios a examinar. El tipo de líquido y la viscosidad son parámetros fundamentales, también la aplicación de acuerdo a los diámetros de los dispositivos, restricciones de la instalación y ambientales. Por otra parte, los requerimientos de desempeño son relativamente sencillos y reflejan la calidad de la medición y las necesidades para el control del sistema. De manera particular, se consideran los siguientes parámetros en la elección de un caudalímetro:

- Tipo de fluido (líquido, sólido o gas) y sus características (temperatura, densidad, viscosidad, limpieza).
- Presión/Temperatura/Caudal máximo y mínima en la tubería.

- Presión máxima y mínima en la tubería.
- Necesidad de un indicador local o de salida de señal electrónica.
- Compatibilidad del fluido y del equipo.
- Tamaño de la tubería.

Si bien, en este documento se consideran para la monitorización del recurso hídrico, el seguimiento de los fluidos en las distintas actividades y procesos, permite la identificación de los puntos críticos donde es posible ejercer medidas de ahorro y verificar la eficiencia de las medidas de ahorro adoptadas en la instalación. El contraste de los flujos monitoreados frente a los consumos globales indicados por los proveedores (cuando se trate del agua potable), permite monitorear el estado de los sistemas de distribución del agua y la efectividad del tipo y frecuencia de las mantenciones.

BUENAS PRÁCTICAS ASOCIADAS

- Comparar los flujos monitoreados frente a los consumos globales indicados en las cuentas de agua.
- Realizar mantención preventiva de los sistemas de tuberías asociadas a la distribución de las aguas.

CONDICIONES DE USO

A modo general, se debe conocer si hay campos de vibración o magnéticos presentes o posibles en la zona a monitorear. Esto puede afectar la lectura del medidor.

Evitar las fluctuaciones y contaminación en los flujos de aguas ya que muchas condiciones pueden influir en el tiempo de vida útil o la exactitud de los caudalímetros: productos abrasivos, suciedad en los electrodos, efectos debidos a cambios de temperaturas, vibraciones, productos químicos agresivos, etc.

Es importante asegurarse de que no se produzca cavitación, porque afectaría a la oscilación del tubo de medición. También es importante cerciorarse de que los gases que se originan de forma natural no se acumulen. Estos efectos pueden evitarse si la presión del sistema es lo suficientemente alta. Por estos motivos, se deben instalar en tramos rectos de las cañerías y preferirse las siguientes ubicaciones de instalación:

- Corriente aguas abajo de las bombas (no hay riesgo de vacío)
- En el punto más bajo de una tubería vertical

Antes de especificar un medidor de flujo, también es aconsejable determinar si el flujo de información será más útil si se presenta en masa o unidades volumétricas. Cuando se mide el flujo de materiales compresibles, el flujo volumétrico no es muy significativo a menos que la densidad (y algunas veces también la viscosidad) sea constante. Cuando la velocidad (flujo volumétrico) de líquidos incompresibles es medida, la presencia de burbujas en suspensión provocará error, por lo tanto, el aire y el gas debe eliminarse antes de que el fluido alcance el medidor. En otros sensores de velocidad, los revestimientos de tuberías puede causar problemas (ultrasonidos), o el medidor puede dejar de funcionar si el número de Reynolds es demasiado bajo. En la siguiente tabla se presenta una guía para la selección de caudalímetros tanto para flujos de agua corriente como de fluidos de proceso, a fin de permitir nuevas oportunidades de identificación de posibilidades de ahorro dentro de la instalación (adaptado de 7).

Grupo	Tipo de dispositivo	Tipo de líquido								Rango Temp. (°C)	P. máx (bar)	Línea (mm)
		A	B	C	D	E	F	G	H			
1	Orificio	•	‡	•	•	•	•	•	•	< 650	400	8 a 1.100
	Venturi	•		•	•	•	•			< 650	400	
	Boquilla	•		•	•	•	•			< 650	400	
2	Área variable	•	•			†	‡		•	-80 a 400	700	1 a 10.000
	De blanco (target)	•				†				-40 a 120	100	
	Pitot promediante	•		•	•	•	‡	•		< 540	400	
3	Paleta deslizante	•		†				•	•	< 650	100	5 a 700
	Ruedas ovaladas	•	•	†		†	•		•	-30 a 200	100	
	Pistón giratorio	•	‡			†	•		•	-15 a 290	170	
4	Turbina	•		•	†	•	‡	•	•	-268 a 530	3500	5 a 10.000
	Pelton	•	•			•		•		-225 a 530	3500	
	Medidor mecánico	•								-25 a 200	600	
	Turbina de inserción	•		•	•	•		•		-50 a 430	70	
5	Vórtex	•				•		•	•	-200 a 430	260	12 a 10.000
	Tipo Coanda	•								-40 a 110	100	
	Vórtex de inserción	•		•	•	‡		‡	‡	-30 a 150	70	
6	Electromagnético	•	•	•	•	†	‡		•	-60 a 200	300	5 a 3.000
	Electromagnético de inserción	•		•	•	‡			•	5 a 25	20	
7	Doppler	•		‡	‡	†			‡	-20 a 110	---	5 a 10.000
	Tiempo de tránsito	•	‡	•	•	†	‡	†	•	-200 a 250	200	
8	Coriolis	•				†	•		•	-240 a 400	390	2 a 150
	Rotor de torsión	•								-240 a 350	400	
9	Anemómetro	•		‡	‡	†				200 a 400	20	2 a 600
	De masa térmica		†							0 a 100	300	
10	Trazador	•	†	•	•	•	•	•		Sin dato	Sin dato	1 a 1.000

Grupo	Tipo de dispositivo	Tipo de líquido								Rango Temp. (°C)	P. máx (bar)	Línea (mm)
		A	B	C	D	E	F	G	H			
	Láser	•		‡	‡					Sin dato	---	
Nomenclatura												
<ul style="list-style-type: none"> • Adecuado, por lo general aplicable. ‡ Merece considerarse, algunas veces aplicable. † Merece considerarse, disponibilidad limitada o costoso. <p>El espacio en blanco indica no adecuado o no aplicable.</p>		<ul style="list-style-type: none"> A. Líquidos en general (< 50 cP) B. Flujos reducidos de líquidos (< 2 L/min) C. Grandes flujos de líquido (>1000 m3/h) D. Grandes tuberías con agua (> 500 mm diam.) E. Líquidos calientes (> 200 °C) F. Líquidos viscosos (> 50 cP) G. Líquidos criogénicos H. Líquidos sanitarios 										

BENEFICIOS AMBIENTALES	BRECHAS
<p>Reduce el consumo de agua y permite su correcta gestión enfocada en el ahorro y sustentabilidad.</p>	

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Permite determinar puntos de ahorro en el consumo de agua</p> <p>Su implementación es relativamente fácil y rápida, dependiendo del número de dispositivos y del lugar de monitoreo.</p>	<p>Se debe invertir tiempo en la evaluación completa en el tipo de fluido, condiciones de operación y del diseño de la instalación en general.</p> <p>Se debe revisar de manera periódica el inventario generado, en especial cuando se incluyen, modifican o eliminan actividades en la instalación.</p>

APLICABILIDAD
<p>Aplicable a toda instalación que cuente con sistemas de distribución de aguas</p>

COSTOS Y AHORROS ASOCIADOS
<p>Las evaluaciones de costo pueden ser subjetivas y tienden a concentrarse en los costos iniciales de compra, despreciándose los gastos a largo plazo. El costo de compra e instalación son fáciles de obtener de proveedores. Los costos de mantenimiento y operacionales son más difíciles de definir y a veces se los pasa por alto, aunque pueden ser importantes. Los costos de mantenimiento incluyen costos de recalibración y reparación mientras que los costos operacionales incluyen, por ej., los costos de bombeo relacionados con la pérdida permanente de presión del instrumento.</p> <p>Los caudalímetros tradicionales para medición de agua potable (40°C, presión máx 16 bar, ½”), cuestan alrededor de \$30.000 por unidad. Un caudalímetro similar con transmisión magnética directa, tiene un costo aproximado de \$85.000⁵. Para la evaluación de las distintas opciones de caudalímetros se entrega la siguiente información (la puntuación corresponde a 1 como nivel bajo y a 5 como nivel alto):</p>

5

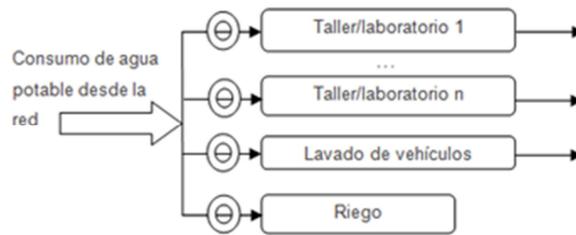
<http://www.easy.cl/easy/SearchItemDisplay?tipoSel=C&id=6107&esGE=%7BesGE%7D&patronOriginal=medidor>. Precios consultados a Julio 2013

Grupo	Tipo de dispositivo	Costos				
		Instalación	Calibración	Operación	Mantenimiento	Repuestos
1	Orificio	2/4	1	3	2	1
	Venturi	4	1/4	2	3	3
	Boquilla	3	3	2	3	2
2	Área variable	1/3	2	2	1	1
	De blanco (target)	3	3	2	3	3
	Pitot promediante	2	3	2	2	2
3	Paleta deslizante	3	5	4	4	5
	Ruedas ovaladas	3	4	4	4	5
	Pistón giratorio	3	3	3	3	4
4	Turbina	3	4	3	4	4
	Pelton	4	3	3	4	3
	Medidor mecánico	3	2	2	3	3
	Turbina de inserción	2	3	2	2	3
5	Vórtex	3	3	3	3	3
	Tipo Coanda	3	4	3	3	3
	Vórtex de inserción	2	3	2	3	3
6	Electromagnético	3	3	1	3	3
	Electromag. de inserción	2	3	2	3	2
7	Doppler	1/3	1	1	3	2
	Tiempo de tránsito	1/3	3	1	3	2
8	Coriolis	3	4	4	3	3
	Rotor de torsión	3	3	3	3	3
9	Anemómetro	3	2	1	3	3
	De masa térmica	3	4	2	4	3
10	Trazador	2		4	2	4
	Láser	5		4	5	5

CASO PRÁCTICO

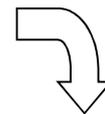
El uso de caudalímetros para cada actividad permite generar un inventario de la instalación, determinar cuáles son las actividades de mayor consumo de agua, y permite identificar las posibles oportunidades de ahorro en el consumo de agua.

Se considerará como ejemplo una instalación donde se realicen las siguientes actividades: riego, lavado de vehículos y talleres o laboratorios que incluyan lavado de material o consumo de agua para experimentación. El esquema se puede considerar como el siguiente:



Para esto se necesita que las tuberías desde donde se distribuye finalmente el agua para cada actividad debe contar con caudalímetros estableciéndose una frecuencia de monitoreo tal, que permita determinar el gasto de agua, en este caso potable, para cada actividad. De esta forma se generan fichas mensuales que conforman el inventario del consumo de agua potable. Esta información es recogida en planillas que indiquen el consumo mensual puntual por actividad y el global (la suma de las actividades), a fin de comparar con las boletas mensuales de agua potable. Un ejemplo de estas fichas se presenta a continuación:

Fecha	Actividad	n° de equipo	Lectura	Observaciones	Firma encargado
27/01/13	metalurgia	1	15	Operación normal	JP
28/01/13	química	2	3	Corrosión leve	LM
"	"	3	3	Op. Normal	LM



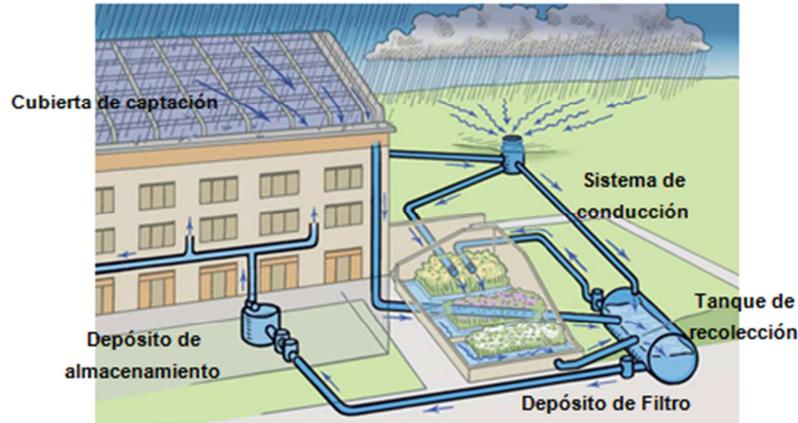
Actividad:	Taller de metalurgia		Laboratorio de química		Sala de lavado		Consumo total instalación (m3)	Lectura boleta (m3)
Fecha	Lectura (m3)	Consumo acumulado (m3)	Lectura (m3)	Consumo acumulado (m3)	Lectura (m3)	Consumo acumulado (m3)		
28-ene-13	15	15	6	6	45	45	66	93
28-02-2013	24	39	9	15	34	79	67	68
28-mar-13	21	60	12	27	29	108	62	34
28-abr-13								

Es posible que exista fuga en los sistemas de distribución antes del caudalímetro. Se recomienda revisión de fallas en las tuberías.

Es posible que los caudalímetros estén mal calibrados. Se recomienda mantención del equipo.

MTD 5: RECOLECCIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUA LLUVIAS PARA LAVADO Y RIEGO.

DESCRIPCIÓN



La recolección y utilización de aguas lluvias no son muy comunes en los sectores productivos de Chile, debido a que la inversión es alta en comparación a la instalación de dispositivos ahorradores de agua. A pesar de esto, el captar y reutilizar el recurso hídrico nos permite aprovechar un recurso tan importante como el agua. Uno de los criterios más relevante es conocer la pluviometría y el clima de la zona, para poder dimensionar el depósito acumulador (4).

Los sistemas de recolección de agua lluvia en su mayoría se instalan en los techos a través de sistemas que permitan trasladar este recurso a través de tuberías y ser almacenados en tanques. Generalmente estos sistemas son usados en actividades académicas como la mantención de canchas, jardines y exteriores de las instituciones de educación superior. El diseño básico de un sistema de recolección y captador de agua consta de los siguientes pasos:

Captación: Utiliza la superficie del techo (o de la losa en caso de captación a ras de suelo) del recinto donde se recolecta el agua de lluvia; el techo debe ser de preferencia: teja cerámica, calamina o zinc. El material empleado en el techo (o suelo) del edificio va a determinar la calidad del agua recogida, principalmente debido a su porosidad.

Recolección/Conducción: Este sistema tiene como función la recolección del recurso hídrico y canalización a un depósito de almacenamiento inicial. Antes de este sistema se recomienda colocar un tamiz que impida la entrada de hojas y basura sólida.

Depósito interceptor: Es un tanque instalado en la parte inferior del bajante, en donde se recolecta el agua cruda que puede ser utilizada en este punto para el aseo de baños, pisos y otros

usos diferentes al consumo humano.

Depósito filtro de arena: recipiente con arena fina para filtración lenta y con una vela de carbón activado que mejora las condiciones organolépticas del agua.

Depósito de Almacenamiento: Es el dispositivo en donde se almacena el agua ya tratada por los procesos descritos anteriormente. Este depósito debe estar en un lugar en donde no haya presencia de luz solar, para evitar la proliferación de algas y bacterias. Es recomendable que esté por debajo de los 12°C. Para una mayor optimización del sistema es recomendable que el depósito cuente con deflector de agua de entrada, sifón anti roedores, sistema de aspiración flotante, y sensores de nivel. Se recomienda adicionar un proceso de cloración al agua para consumo.

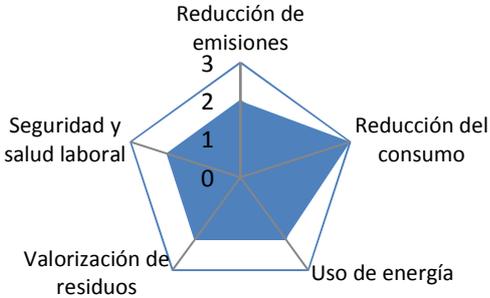
Para poder utilizar estos sistemas de recolección de agua se debe tener primero definido el área del techo del edificio y la precipitación promedio de la zona en donde está inserto el campus educacional. Junto con ello se necesitara renovar sistemas del edificio ya que se requiere un sistema de distribución de tuberías y bombas. El agua recolectada en el depósito de almacenamiento final, deberá ser bombeada (o llevada por gravedad) hacia los sitios de uso, ya sea para riego, limpieza de vehículos, piletas, lavado de las instalaciones o vehículos, etc.

BUENAS PRÁCTICAS ASOCIADAS

- Cierre de llaves de paso cuando no se esté en uso.
- Sólo el lavado final del equipo o vehículo con agua corriente.
- Preferir la limpieza seca de superficies antes del lavado.
- Disminuir la cantidad de detergente a fin de acortar la etapa de enjuague.
- Sustituir los detergentes químicos convencionales por detergentes biodegradables. Tienen las mismas condiciones de uso que los detergentes químicos tradicionales, pero suelen ser más costosos que éstos (50 – 100% mayor en su costo).
- Utilizar la carga máxima de lavado en equipos de lavado automático.
- Dentro de lo posible, juntar la mayor cantidad de material compatible y que pueda ser lavado de manera conjunta, incluyendo material de otras instalaciones.
- Utilizar sistemas ahorradores de agua cuando se necesite utilizar agua de la red, los que entregan ahorros entre 40 a 70% en el consumo de agua y energía. Requieren de baja mantención (monitoreo del cerrado o vertido adecuado para evitar fugas, revisar gomas de cierre y engrasar juntas para evitar su resquebrajamiento) y similar a la grifería tradicional (8,9).
- Mantener los sistemas de riego en condiciones óptimas de operación.

CONDICIONES DE USO

Se debe disponer de una mejora en el sistema de tuberías y plomería del edificio para conseguir una optimización en la recolección y reutilización del recurso hídrico. Sin embargo, la consideración más importante es la mantención de las condiciones higiénicas más favorable, dependiendo del uso que se le quiera dar al almacenamiento del agua. En un establecimiento educacional, los usos de estas aguas se derivan a riego, lavado de instalaciones, etc. por lo que se puede distribuir el agua directamente de los pozos de almacenamiento sin tratamientos de cloración posteriores (este documento no involucra el uso de esta agua para el consumo humano).

BENEFICIOS AMBIENTALES	BRECHAS
<p>Reduce el consumo y, por tanto, el vertido de agua a la alcantarilla, provocando un beneficio tanto ambiental como económico.</p>	 <p>A radar chart with five axes representing different environmental metrics. The axes are: 'Reducción de emisiones' (top), 'Reducción del consumo' (right), 'Uso de energía' (bottom right), 'Valorización de residuos' (bottom left), and 'Seguridad y salud laboral' (left). The chart has four concentric rings labeled 0, 1, 2, and 3. The data points are: Reducción de emisiones at 3, Reducción del consumo at 2, Uso de energía at 1, Valorización de residuos at 1, and Seguridad y salud laboral at 1.</p>

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Disminución del suministro público de red de agua potable</p> <p>Reduce la necesidad de extraer aguas de fuentes hídricas durante la época de lluvias.</p> <p>No requiere energía eléctrica para la operación del sistema.</p> <p>Fácil de operar y mantener, requiere poco tiempo para la recolección del agua de lluvia.</p> <p>Minimiza los costos de operación y mantenimiento de las redes sanitarias.</p>	<p>Inversión por la compra de los depósitos, la superficie de captación y las cañerías de conexión.</p> <p>Estos sistemas de recolección de agua requieren de constante mantenimiento (limpieza de los filtros de arena y desinfección suplementaria), debido a que si no se mantienen las condiciones óptimas se podrían generar problemas sanitarios.</p> <p>La calidad del agua debe ser monitoreada con pruebas de laboratorio físico-químicas y microbiológicas.</p> <p>Al depender de las aguas lluvias, se encuentra limitado por la zona geográfica de implementación.</p> <p>Dependiendo de la distribución de las aguas en el recinto puede requerirse el uso de sistemas de bombeo.</p>

APLICABILIDAD

Se puede utilizar en toda instalación techada

COSTOS Y AHORROS ASOCIADOS

Los costos se encuentran asociados al sistema de colección de aguas y distribución de aguas, al sistema de bombeo y al estanque de almacenamiento. En este caso, el costo se encuentra determinado completamente por el tamaño de la instalación y el sistema de distribución escogido.

Se considera un estimado de \$160.000 de inversión inicial por metro cúbico de agua recolectada.

CASO PRÁCTICO

Si se considera un sector donde el promedio de precipitaciones anuales son de 500 mm, el techo de las instalaciones tiene una superficie de 70 m² y una eficiencia de recolección del 75% se pueden recuperar cerca de 27 m³ al año. Para una instalación pequeña con un consumo promedio de 15 m³ anuales por concepto de agua potable, se obtienen los siguientes resultados aproximados.

Consideraciones

Costo bomba de agua para estanque de almacenamiento de agua lluvia o para conexión a la red de agua: \$500.000

Costo sistema de colección de agua lluvia: considera toda la instalación y conexiones entre el estanque de almacenamiento de agua lluvia y los tejados que colectan la misma, valor: \$380.000

Costo estanque de almacenamiento de agua lluvia de 2x3x2 m en albañilería armada y sello de impermeabilizante: 1.500.000

Resultados

Costo de inversión: \$ 118.361 (7,9 UF).

Costo anual: \$6.267.

Ahorro anual: \$173.333 (7,6 UF).

VAN: \$910.650 (39,8 UF).

TIR: 141%.

PRI: 1 año.

Los valores en UF se consideran al 1° de Julio 2013, con valor de UF de \$22.852,67. Consultado en <http://www.sii.cl/pagina/valores/uf/uf2013.htm>

MTD 6: RECOLECCIÓN SELECTIVA DE AGUAS RESIDUALES

DESCRIPCIÓN



Se refiere a la separación de los sistemas de recogida de aguas lluvias y de las aguas de las distintas actividades. Se pretende separar las aguas de mayor carga contaminante de las de menor carga, a fin de disminuir el volumen de agua a tratar y recircular o redestinar las aguas lluvias a riego o aseo.

Consiste principalmente en la separación de la alcantarilla de descarga de los residuos químicos provenientes de las actividades experimentales y limpieza interior, de las aguas provenientes de lluvias. Esta separación, junto con la segregación de los residuos químicos y retiro por terceros, hace que el agua vertida al alcantarillado para su tratamiento sea menor en su flujo y en su contaminación, permitiendo que los sistemas de tratamiento final no se recarguen con contaminantes nocivos y se requieran de reactivos adicionales para su neutralización. De ser posible, se deben derivar estas corrientes a plantas de tratamiento especiales de aguas residuales industriales, y evitar su descarga a la red de alcantarillado sanitario.

Dependiendo del volumen de aguas residuales química, se puede complementar con sistemas de tratamiento físico-químico como forma de disminuir su peligrosidad antes de derivarlo a sistemas de alcantarillado sanitario. Estos sistemas son factibles en industrias con flujos importantes de residuos químicos, sin embargo, el costo medioambiental y la imagen de la institución se considera como el motor para implementar estos sistemas complementarios de minimización en la generación y peligrosidad de los residuos.

BUENAS PRÁCTICAS ASOCIADAS

- Mantener correctamente los sistemas de desagüe y alcantarillado en cuanto a limpieza y funcionamiento.
- Verter los residuos químicos en los sitios especialmente diseñados para ello.

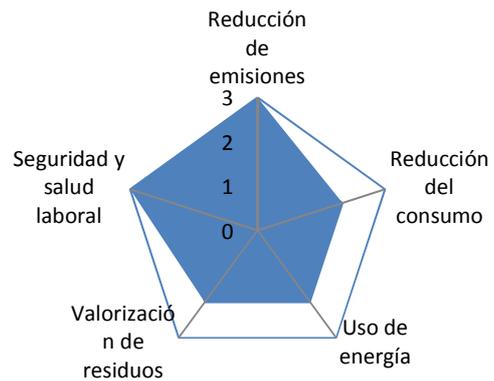
CONDICIONES DE USO

Se debe mantener la limpieza de los sistemas a fin de que los sistemas no presenten anegamientos, rebalses o se contaminen con otros vertidos o residuos.

BENEFICIOS AMBIENTALES

Disminuye el volumen de disposición de las aguas al alcantarillado y su carga contaminante

BRECHAS



VENTAJAS

Se puede incluir en el diseño de cualquier instalación.

DESVENTAJAS

Requiere de obras civiles en caso de instalaciones ya establecidas.

APLICABILIDAD

Aplicable a toda instalación con descarga al alcantarillado.

COSTOS Y AHORROS ASOCIADOS

Esta técnica es aplicable a un relativo bajo costo, involucrando el costo de bombas (en caso de ser necesario, sistema de filtrado (carbón activo, arena). Dependiendo del tamaño o capital de trabajo se puede considerar la compra de un sistema de riego automatico o bien conectar la bomba de agua directamente aun sistema pasivo de riego por goteo.

Valores referenciales

Bomba de agua según tamaño o requerimiento: \$40.000 (de 1 a 5 m³) a \$200.000 (de 5 a 50 m³)

Carbon activo para tanque purificador de agua: \$50.000 para 10 kilos

Arena \$600, independiente del volumen

Por concepto de obras civiles, se considera un gasto de 10 UF/m².

El ahorro se obtiene por concepto de disminución en el consumo de agua potable y en la reducción de los costos de alcantarillado y tratamiento en caso de que el agua sea destinada a riego.

Los costos referenciales fueron obtenidos en cotizaciones con fecha Julio 2013.

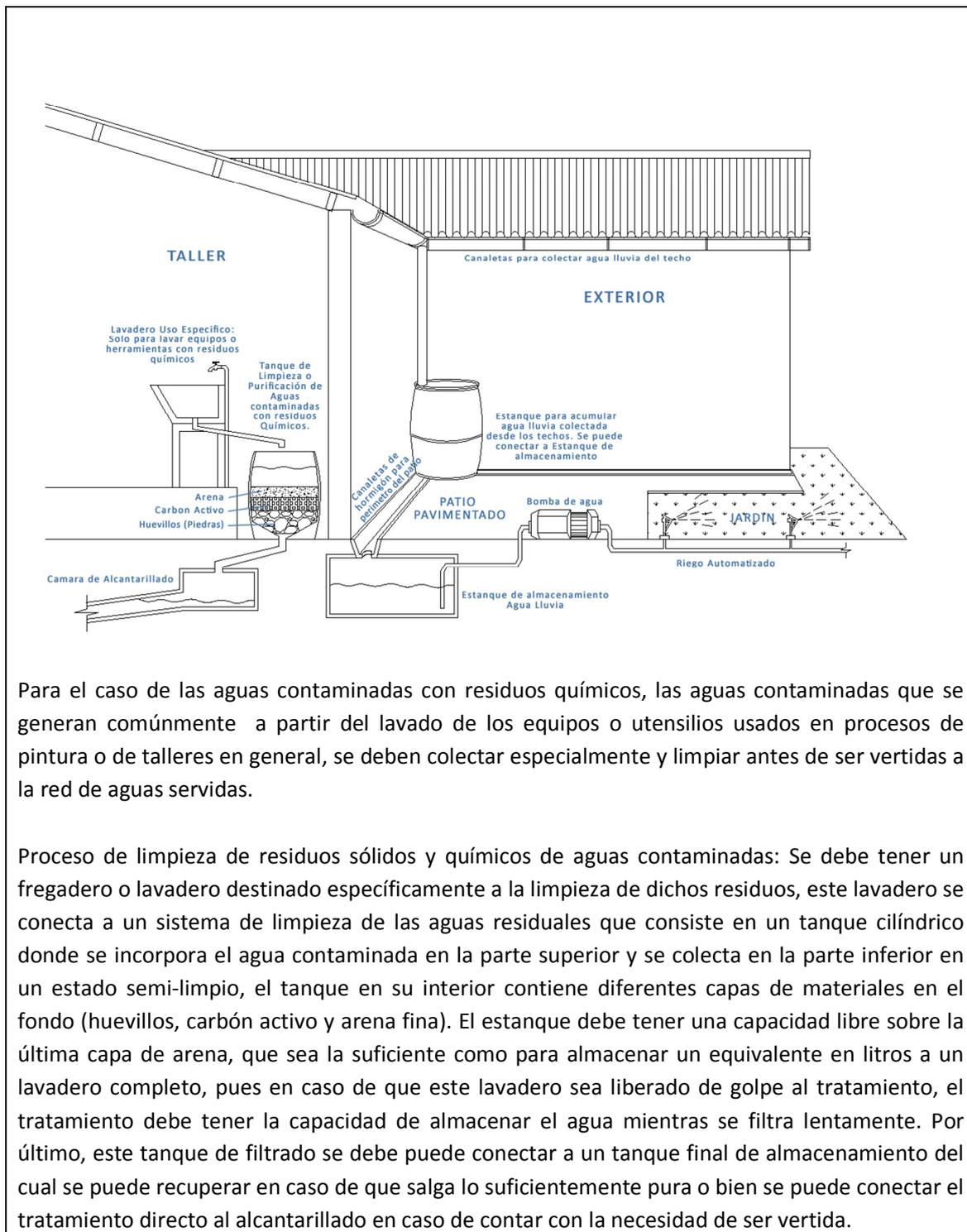
Los valores en UF se consideran al 1° de Julio 2013, con valor de UF de \$22.852,67. Consultado en <http://www.sii.cl/pagina/valores/uf/uf2013.htm>

CASO PRÁCTICO

Para una institucion, taller o laboratorio se recomienda el manejo de aguas contaminadas provenientes de las actividades de lavado o de menor carga contaminante y la recuperacion de aguas lluvias por un sistema colector en el suelo para riego y/o lavado de material o equipos.

Para el tratamiento de las aguas de baja carga contaminante (y no peligrosa) proveniente de un taller se pueden colectar las aguas provenientes de las zonas de lavado, derivados a un sistema de filtrado antes de ser dispuestas a la alcantarilla. En el siguiente esquema se muestra ambas opciones interrelacionadas para de acuerdo a lo observado en el esquema.

Para el caso de las aguas lluvias, se debe conectar directamente las canaletas de colección de agua de los tejados o de las aceras a un estanque de almacenamiento, dependiendo de la superficie del techo y de las precipitaciones, en un par de días de lluvia promedio en la zona central de Chile (quinta región) se pueden lograr volúmenes de hasta 200 L de agua recuperada. Esta puede ser utilizada para riego dentro de la misma institución y no requieren de ningún tipo de tratamiento, salvo el tener la precaución de mantener el sistema de canaletas limpio de hojas, tierra y otros, para que así, al momento de la colección de la lluvia el agua se almacene de la forma más pura posible.



MTD 7: MONITOREO EN LA CONTAMINACIÓN DE LOS VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES

DESCRIPCIÓN



La monitorización de la contaminación de las aguas permite que dentro de la misma instalación, se pueden llevar a cabo modificaciones en los procesos que aumente la sustentabilidad de las actividades. Si bien existen normas que regulan los vertidos a la red, éstas generalmente son aplicadas a las salidas finales de los vertidos líquidos. La monitorización puntual de las actividades al interior de la instalación mejora el desempeño medioambiental general, ya que identifica los puntos críticos en dónde se deben centrar los esfuerzos en minimizar el flujo y peligrosidad de los vertidos. Así mismo, indica si las actividades se están realizando de la manera correcta y ayuda a prevenir accidentes potenciales por descontrol del proceso.

La técnica se basa en tomar una muestra del agua residual y analizarla en una serie de parámetros específicos que toman directa relación con la calidad del agua y su posible efecto en el tratamiento final. De manera estándar, las instalaciones toman muestras de sus residuos y las envían a laboratorios certificados para su análisis, con una periodicidad determinada por las regulaciones. El uso de equipos de monitoreo puntuales permite responder tempranamente frente a situaciones de riesgo, minimizando su impacto en el medio ambiente y abaratando costos posteriores de tratamiento y recuperación del medio. Este monitoreo toma importancia cuando existe recirculación de aguas al interior de la instalación, en especial cuando las aguas de actividades experimentales, son derivadas a procesos de riego y lavado de instalaciones.

Los principales parámetros que se monitorean en la calidad del agua son:

- Sólidos totales
- Materia orgánica (DBO₅, DQO, COT)
- Nitrógeno total (N orgánico, amonio, Kjeldhal)
- Fósforo total (orgánico, inorgánico)

- pH
- Alcalinidad - Dureza
- Cloruros
- Grasas
- Metales

Existen en el mercado medidores que evalúan de manera completa las aguas residuales, incluyendo el análisis de la mayoría de los parámetros indicados con anterioridad usando reactivos líquidos o en polvo. Además, la cantidad de reactivo está dosificada con precisión para asegurar la reproducibilidad máxima, minimizar el gasto en reactivos y la generación de residuos debido a esto.

Estos sistemas trabajan bajo la funcionalidad de un fotómetro, donde un sistema óptico combina la potencia de un emisor de luz con la precisión de un filtro de interferencia de banda estrecha. El tamaño compacto de estos fotómetros permite su fácil transporte a distintos puntos de la instalación y la libertad de movimiento al usuario. Existen equipos de dimensiones de 23 x 17 x 7 cm y un peso inferior a 700 gr.

BUENAS PRÁCTICAS ASOCIADAS

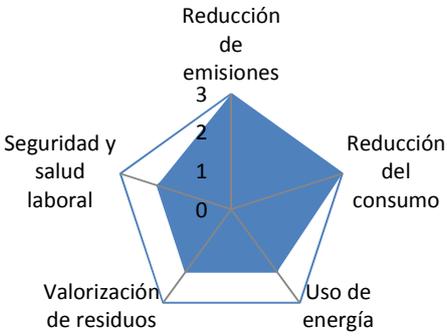
- Mantenimiento periódico del equipo de acuerdo a lo indicado por el proveedor

CONDICIONES DE USO

Son equipos de fácil manipulación y que trabajan en distintos rangos de concentración, adecuados para cualquier aplicación. En general, estos rangos son 0-150 mg/L, 0-1.500 mg/L y 0-15.000 mg/L. son compatibles con sistemas computacionales⁶.

El medidor de demanda química puede funcionar manualmente o desde el PC y los datos pueden ser transferidos para análisis y documentación mediante el programa informático.

⁶ <http://www.hach-latinoamerica.com/docs/mini-process-cat-09.pdf>;
<http://www.hannainst.es/catalogo/index.php?pg=9&Familia=500&Familia2=22&CodProducto=104>

BENEFICIOS AMBIENTALES	BRECHAS
Disminuye el vertido de aguas contaminadas al alcantarillado	

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Permite monitorear la efectividad de los procesos de disminución de los contaminantes en el agua residual</p> <p>Se evitan multas por no cumplimiento de la normativa</p> <p>Se disminuyen los peligros potenciales asociados al vertido de compuestos peligrosos en el tratamiento final del agua residual, disminuyendo los costos asociados a ellos.</p> <p>Consta de mediciones simplificadas que se pueden hacer <i>in situ</i> y en tiempo real</p>	El monitoreo se hace en cada sector donde se consume y se vierte agua.

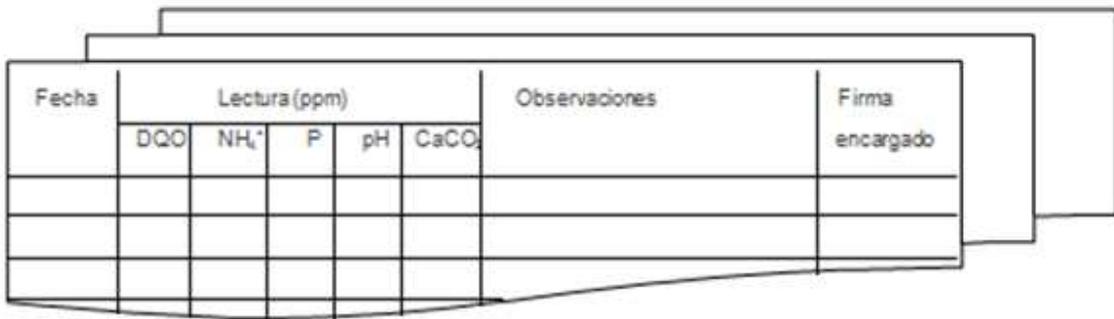
APLICABILIDAD
Aplicable a toda instalación que cuente con sistemas de vertido de aguas residuales.

COSTOS Y AHORROS ASOCIADOS
Un equipo de espectrofotometría móvil cuesta alrededor de \$500.000 a \$1.500.000 ⁷ , mientras que los kits de análisis varían en sus precios entre \$80.000 a \$150.000 dependiendo del parámetro a analizar.

⁷ Cotizado en Julio 2013

CASO PRÁCTICO

Para el control de la contaminación en el vertido de las aguas residuales, el taller o laboratorio lleva un registro de la calidad de las aguas descartadas mediante ficheros. De manera mensual, las aguas de descarte del recinto son monitoreadas de acuerdo a los parámetros de interés. La intención del registro es controlar que los procesos y actividades al interior del recinto se lleven a cabo de acuerdo a los protocolos adecuados. Esto permite que el recinto cumpla con la regulación vigente y que identifique oportunidades de mejora dentro de la actividad, minimizando el vertido de compuestos peligrosos a la alcantarilla o a otros cuerpos de aguas. A continuación se presenta un ejemplo de fichero.



Fecha	Lectura (ppm)					Observaciones	Firma encargado
	DQO	NH ₄ ⁺	P	pH	CaCO ₃		

MTD 8: XERIPAISAJISMO

DESCRIPCIÓN



Se entiende por xeripaisajismo a la modalidad de diseño de jardines y exteriores de manera sustentable, y se basa principalmente en tres elementos: El uso de plantas de bajo consumo de agua, riego eficiente y arquitectura paisajística adecuada. El xeripaisajismo se refiere a la planificación de las zonas externas que requiere una muy baja o nula irrigación. Las plantas que se consideran en este paisaje son las que tienden a adaptarse mejor a los climas secos y que usan una mínima cantidad de agua para su mantención (xerófitas, halófitas y los bulbos inactivos en el verano). Las especies más características son⁸:

- Jazmín
- Gardenia
- Cactus
- Hibisco
- Aloe Vera
- Ágave

Una de las mejoras que se considera en el xeripaisajismo es la hidrozonización, es decir, agrupar las plantas con requisitos de riego similares. Las plantas que requieren más agua (por ejemplo, las berzas, las frutas, y ciertas flores) se agrupan juntas. Estas plantas, menos eficientes con el agua disponible, se pueden también abrigar del viento y/o del sol plantándolas en sombra (debajo de árboles, al lado de una casa etc.) para disminuir la cantidad de agua que necesitan (5).

Hay que considerar además, el tener áreas mínimas del césped, usando especies de césped resistentes a la sequía donde sea necesario el césped (las áreas de juego de los niños). El paisaje se puede complementar con bordes e isletas de plantas ornamentales que sean más eficientes

⁸ Un completo listado se encuentra en <http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/of-42.pdf>

con el agua.

En cuanto al uso eficiente del agua, se preferencia la irrigación por goteo. La irrigación de aspersión (cuando sea necesario) se aplica por la mañana o la tarde, cuando es menos probable que sea dispersada por el viento o se pierda por la evaporación. Las plantas resistentes a la sequía no toman más agua sino solamente la que necesitan para permanecer en buen estado, y por supuesto el agua no debe de salpicar sobre las calzadas de cemento u otras áreas donde no sea necesaria y se pierda. Por otra parte, los suelos a los que se ha mejorado su estructura conservan mejor el agua, y la paja, hojas o cortezas añadidas, refrescan la superficie del suelo y obstaculizan la evaporación (5).

BUENAS PRÁCTICAS ASOCIADAS

- Mantener correctamente los sistemas de riego a fin de minimizar el consumo de agua al prevenir fugas

CONDICIONES DE USO

Para lograr este objetivo se debe; seleccionar las plantas adecuadas, agruparlas de acuerdo a sus necesidades de agua para facilitar el riego y hacerlo más eficiente, limitar la superficie de césped a las necesidades de uso y utilizar florales y cubresuelos de bajo consumo de agua como sustitutos. Usar sistemas de riego regulados según la temperatura y estación, regar en horas adecuadas para evitar pérdidas de agua por evaporación y evitar el uso de pesticidas y fertilizantes.

A continuación se presentan las especies ordenadas según la resistencia a la sequía y requerimiento de agua para su selección de acuerdo a la zona⁹.



Humedad costera/camanchaca: las plantas reciben agua principalmente desde el aire por condensación.

Ejemplos de Tipos de plantas apropiadas:

Arbustos: *Senecio myriophyllus*, *Alternanthera halimifolia*, (Diamante).

Cactus: *Eriosyce subgibbosa* ssp. *Subgibbosa*.

Perenne: *Phacelia brachyanta* (Cuncuna/ Té de burro).

⁹ Adaptado de http://www.chileflora.com/Florachilena/FloraSpanish/PIC_DRY.php



Áreas extremadamente áridas, con lluvias muy raras. La temporada seca dura 8 - 12 meses y es posible que en algunos años no hay precipitaciones. Precipitaciones <100 mm/ año.

Ejemplos de Tipos de plantas apropiadas:

Árbol: *Acacia, Prosopis Tamarugo, Jubae Chilensis*

Perenne: *Alstroemeria, Valeriana, Senecio*

Anual: *Tagetes Multiflora, Cristaria*



Áreas de secano, donde el período seco sin precipitaciones dura 6 - 10 meses.

Las precipitaciones alcanzan 100 - 300 mm anuales, concentrándose en invierno.

Ejemplos de Tipos de plantas apropiadas:

Arbusto: *Acacia, Adasmia, Fabiana*

Anual: *Calandrinia Compressa, Fumaria Parviflora*

Trepadora: *Mutisia*



Secano, donde el período sin precipitaciones dura 3 - 5 meses. Las precipitaciones alcanzan 400 - 600 mm anuales, concentrándose en invierno.

Ejemplos de Tipos de plantas apropiadas:

Árbol: *Acacia, Aristotalia, Citronella Mucronata, Quillaja saponaria*

Anual: *Adesmia capitellia, Collomia biblora, Madia Sativa*

Perenne: *Calceolaria, Gavilea venosa*



Áreas con constantes precipitaciones. Períodos secos cortos son posibles, pero no duran más de 1 mes.

Ejemplos de Tipos de plantas apropiadas:

Árbol: *Carica papaya, Peumus boldus, Quercus robur*

Perenne: *Acaena alpina, plantago mayor*

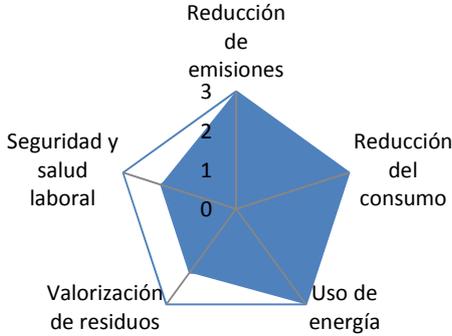


Planta crece en el agua o se encuentra con sus raíces dentro de un curso de agua permanente. Corresponde a vegas, cursos de agua, bordes de lagos, pantanos, etc.

Ejemplos de Tipos de plantas apropiadas:

Árbol: *Salix babylonica, Pivatia punctata*

Rastrera: *Arenaria serpens.*

BENEFICIOS AMBIENTALES	BRECHAS
<p>Disminución de consumos de agua y pesticidas debido al manejo sustentable del jardín.</p>	 <p>A radar chart with five axes representing different categories. The axes are labeled: 'Reducción de emisiones' (top), 'Reducción del consumo' (right), 'Uso de energía' (bottom right), 'Valorización de residuos' (bottom left), and 'Seguridad y salud laboral' (left). The chart has a scale from 0 to 3. The data points are: Reducción de emisiones (3), Reducción del consumo (2), Uso de energía (1), Valorización de residuos (1), and Seguridad y salud laboral (1). The area between the axes and the data points is shaded blue.</p>

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Menor trabajo de mantención y aprovechamiento de precipitaciones</p> <p>Ahorro de costos por riego, fertilizantes y pesticidas</p> <p>Las plantas toleran cambios en el clima ya que almacenan agua en sus raíces</p> <p>Mayor cantidad de agua disponible para otros usos</p> <p>Poco o nada de corte de césped (ahorro de energía). Los costos por riego son menores en comparación a un césped común</p>	<p>La mayor desventaja se refiere a lo estético y cultural, en vez de lo técnico.</p> <p>Puede implicar altos costos de inversión sin un retorno visible de la inversión si el área a modificar es pequeña.</p> <p>Requiere de una planificación exhaustiva, en especial si se desea un cambio de colorido a través de las estaciones</p> <p>Requiere de más trabajo de preparación del terreno que poniendo césped</p> <p>Para el aprovechamiento de las precipitaciones se necesita instalar sistemas de irrigación más complicados y planificarlo adecuadamente.</p>

APLICABILIDAD
<p>En cualquier lugar donde existan superficie disponible para ser convertida mediante paisajismo</p>

COSTOS Y AHORROS ASOCIADOS

En general, se ha indicado que los costos de implementación varían entre \$70.000 a \$12.000 por metro cuadrado, con un periodo de retorno entre 4 a 7 años. En comparación a un césped normal, se pueden esperar ahorros anuales de \$170.000 por metro cuadrado¹⁰.

Los costos por riego pueden disminuirse entre 30 a 50% en comparación a un césped normal, debido a que el uso de agua se mantiene relativamente constante a 40 - 80 L/m² durante el año, independiente de la estación, mientras que las plantas comunes de césped, necesitan entre 120 – 480 L/m², con el máximo en verano (6,10).

A continuación se muestra un ejemplo de los costos involucrados

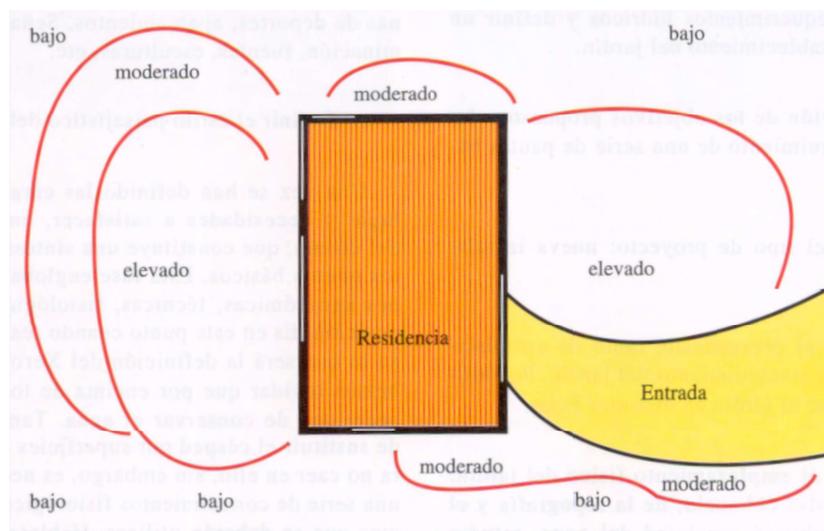
ítem	Costo aprox.	Descripción
Diseño del paisaje	0,5 UF/m ²	Considera la selección de plantas adecuadas según las condiciones geográficas, incluyendo el diseño arquitectónico según el paisaje y el cálculo y diseño de sistemas de riego por goteo.
Construcción del patio		Considera la ejecución completa de la obra, preparación del terreno, adquisición e instalación de plantas y árboles
Arboles	\$60.000/Unidad	Arboles de especies de rápido crecimiento (de 3 años altura entre los de 1,8 a 2,5 metros)
Arbustos	\$5.000/Unidad	Arbustos ornamentales de un año (especies típicas de la zona donde se realice el proyecto)
Plantas rastreras	\$1.500/Unidad	Plantas rastreras de 1 año (especies típicas de la zona)
Grava, Gravilla o ripio. Tierra o arena	\$12.000/m ²	
Chips de madera	15.000	
Sistema de riego	18.000 CLP	Valor por metro lineal de riego por goteo (considera valores de los puntos de riego o gotero y válvulas entre otros)
Rocas o artefactos ornamentales	\$ 10.000 CLP	
Mobiliario	\$220.000/Unidad	Banca de madera reciclada
Mantenimiento	\$1.000 /m ² -mes	Considera mantenimiento mensual de los sistemas de riego, aseo y poda (ocho visitas en un mes)

¹⁰ http://www.thelivinghome.ca/index.php?option=com_content&task=view&id=117&Itemid=159

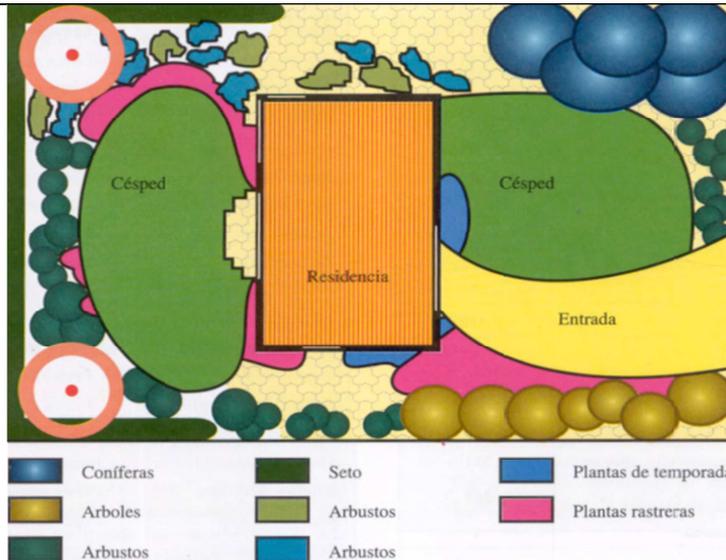
CASO PRÁCTICO

La realización de un mapa para el diseño del jardín debe considerar la zonificación de especies de acuerdo a sus requerimientos de riego. Para minimizar el uso de agua se deberán agrupar las plantas que necesiten condiciones similares de luz y agua para vivir y colocarlas en zonas que coincidan con esos requisitos. Las plantas que consuman mayor agua deberán de colocarse cerca de salidas de agua en zonas que se encuentren a una elevación menor que el desagüe y en la sombra de otras plantas. Las áreas secas, soleadas y lejos de una salida de agua son las ideales para colocar plantas xerofitas que crezcan naturalmente en nuestra región.

El siguiente esquema entrega un mapa referencial sobre cómo distribuir las especies a fin de mantener el diseño adecuado del paisaje sin comprometer la eficacia del diseño en la minimización en el consumo de agua para riego.



De acuerdo a esta zonificación por necesidad de riego, se eligen las especies que mejor se van a desempeñar para lograr el objetivo propuesto. En el siguiente esquema se entrega una guía de selección de las especies más adecuadas para su distribución en el diseño paisajístico.



Para el caso de un jardín exterior de 10 x 20 m², se tiene el siguiente análisis de costo:

Consideraciones¹¹:

Costo total de las plantas y árboles: \$2.500.000 (109 UF)

Costo artefactos y otros ornamentales: \$1.000.000 (44 UF)

Diseño del paisaje: \$2.300.000 (101 UF)

Costo mensual de mantención: \$1.000/m² (0,05 UF/m²)

Periodo: 7 años

Tasa de interés: 10%

Línea base considerada como césped tradicional

Consumo promedio del césped tradicional: 5 L/m²-d

Costo mensual de mantención de césped tradicional: \$3.500/m² (0,15 UF/m²)

Frecuencia de riego: diario por 8 meses al año considerando pluviometría en la zona central

Costo del agua potable para riego: \$0,3/L

Ahorro en el consumo de agua: 50%

En la evaluación, como ingresos se considera el ahorro por mantención y por consumo de agua en riego.

Resultados:

VAN: \$ 23.629.592 (1.000 UF)

TIR: 104%

PRI: 1 año

¹¹ Los costos referenciales fueron obtenidos en cotizaciones con fecha Julio 2013. Los valores en UF se consideran al 1° de Julio 2013, con valor de UF de \$22.852,67. Consultado en <http://www.sii.cl/pagina/valores/uf/uf2013.htm>

6. REFERENCIAS

1. Guía del usuario. El ahorro de agua doméstica. Disponible en <http://www1.diba.cat/liblioteca/pdf/49525.pdf>
2. Manual para el uso eficiente y racional del agua. 2003. IMTA, Coordinación de Tecnología Hidráulica Disponible en <http://www.waterymex.org/contenidos/rtecnicos/Reduccion%20de%20la%20Demanda/Manual%20Uso%20eficiente%20y%20racional%20del%20agua.pdf>
3. Catálogo de tecnologías ahorradoras. Documento técnico de tecnologías ahorradoras de agua para viviendas y edificios de uso público. Disponible en http://www.ecodes.org/component/option,com_phocadownload/Itemid,2/download,21/id,19/view/category/.
4. Sistema de captación y filtrado de aguas lluvias. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/texcom/desastres/coltasas/cap1.pdf>
5. Xeriscape. A guide to developing a water-wise landscape. The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences. Disponible en <http://www.marex.uga.edu/advisory/Library/CSCPpdfs/Xeriscape.pdf>
6. Sovocool (2005) Xeriscape Conversion Study Final Report. Disponible en http://www.allianceforwaterefficiency.org/xeriscape_water_savings.aspx
7. Control de procesos – FACET. Tema 3 – Criterio de selección de caudalímetros. Disponible en http://www.herrera.unt.edu.ar/controldeprocesos/tema_3/tp3b.pdf
8. Guía del usuario. El ahorro de agua doméstica. Disponible en <http://www1.diba.cat/liblioteca/pdf/49525.pdf>
9. Catálogo de tecnologías ahorradoras. Disponible en http://www.ecodes.org/component/option,com_phocadownload/itemid,2/download,21/id,19/view/category/
10. Water efficient landscaping: FSU's commitment to xeriscaping. Disponible en <http://www.sustainablecampus.org/water-efficient-landscaping.pdf>