

Manual de PAISAJISMO SUSTENTABLE



Área Técnica Chile Green Building Council

www.chilegbc.cl

PRÓLOGO

La Corporación Chilena de la Construcción y Desarrollo Sustentable, Chile Green Building Council, es una organización sin fines de lucro fundada el año 2010 y miembro establecido del World Green Building Council. Trabajamos junto a nuestros socios y aliados estratégicos promoviendo la innovación tecnológica, la creación de capacidades, la generación de políticas públicas y el desarrollo e implementación de los distintos sistemas de certificación disponibles en Chile tanto nacionales como internacionales, para fomentar el uso eficiente de recursos y mejorar la calidad de vida, salud y bienestar de las personas y sus comunidades con el objetivo de acelerar la transformación de la industria de la construcción a una más sostenible en el marco de los objetivos de las Naciones Unidas y de los compromisos de mitigación y adaptación al cambio climático.

Nuestra misión es fomentar la construcción sustentable, promover la educación y articular estrategias a lo largo del ciclo de vida de las edificaciones en Chile, asegurando el equilibrio en lo social, ambiental y lo económico, para el bienestar de las personas y comunidades. La organización es además referente en capacitaciones a distinta escala en diversas temáticas relacionadas con economía circular, salud y bienestar, sistemas de certificación para edificaciones, infraestructura y ciudades y estrategias de carbono neutralidad en el sector construcción, entre otros contenidos técnicos que buscan transferencia de conocimiento para fortalecimiento del capital humano.

Chile Green Building Council es líder a nivel regional en el desarrollo y gestión de plataformas facilitadoras de información que buscan contribuir a acelerar la implementación de soluciones de sustentabilidad y fomentar la transformación del mercado. Adicionalmente, somos miembros de Global ABC de la UNEP y somos parte activa de los proyectos globales Better Places for People¹ y Advancing Net Zero² impulsados por el World Green Building Council.

Desde octubre del 2020, trabajamos implementando a nivel local la Estrategia “Sustainable Buildings For Everyone, Everywhere”, -lanzada por el WorldGBC en septiembre del mismo año- que a través de todos los Consejos de Construcción Sustentable del mundo, hace un llamado a colaborar para acelerar la transformación de la industria a través de acciones radicales que permitan cumplir con los 3 pilares: Acción Climática, Salud y Bienestar y Recursos y Circularidad los cuales están alineados a los **Objetivos de Desarrollo Sostenible** de las Naciones Unidas que buscan desacoplar el crecimiento económico del cambio climático, la pobreza y la inequidad. De acuerdo con la Estrategia, la Construcción Sustentable: edificación, infraestructura pública y privada y planificación territorial, representan oportunidades para **11 de los 17 ODS**.

“Para 2050, la población a nivel global aumentará 27% a 9.800 millones, y el stock mundial de edificios se duplicará, catapultando a todos los impactos ambientales, sociales y económicos asociado con el entorno construido. La demanda de nuestro sector por recursos naturales alimenta la crisis climática, y la edificación ineficiente e insalubre afecta nuestra calidad de vida.

Pero el entorno construido representa una enorme oportunidad de abordar los problemas más urgentes del mundo en materia de sostenibilidad.”³

¹ <https://www.worldgbc.org/better-places-people>

² <https://www.worldgbc.org/advancing-net-zero>

³ <https://www.worldgbc.org/news/worldgbc-new-strategy>



CARTA DEL PRESIDENTE CHILE GBC



Chile Green Building Council (Chile GBC) ha sido un promotor permanente del desarrollo sostenible en el sector construcción de nuestro país, logrando articular y desarrollar importantes proyectos, promoviendo la educación y participando activamente en mesas de trabajo público – privadas.

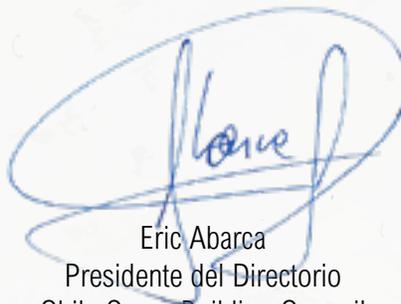
Para este 2021, nuestra estrategia ha estado fuertemente vinculada a la Estrategia del World Green Building Council (WorldGBC) “Edificaciones Sustentables para Todas las Personas, en Todas Partes”, la cual, se estructura en tres pilares: Acción Climática, Salud y Bienestar, y Recursos y Circularidad.

Dentro de los proyectos desarrollados en base a esta estrategia, se encuentra el Manual de Paisajismo Sustentable, que destaca el aporte de la infraestructura vegetal para promover la biodiversidad, reducir la isla de calor y gestionar aguas pluviales, además de proveer beneficios en términos de salud física y mental para las personas.

El Acuerdo de París hace especial énfasis en incrementar la capacidad de adaptación, fortalecer capacidad de respuesta y reducir la vulnerabilidad al cambio climático, que como ya sabemos, no solo afecta a nuestras ciudades e industrias, sino que a las poblaciones más vulnerables producto del desplazamiento masivo de personas y el incremento de la población urbana. Por ello, este documento aborda la importancia de las áreas verdes como estrategia de resiliencia y su contribución al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, siempre con foco en mejorar la experiencia humana en el medio ambiente construido, y por consiguiente mejorar la calidad de vida de personas y comunidades.

El Manual de Paisajismo Sustentable, desarrollado por el equipo técnico de Chile Green Building Council cuenta con la contribución y patrocinio del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, además de aportes de expertos y expertas de empresas socias y aliados estratégicos que han puesto todo su conocimiento al servicio de este proyecto, que tiene como objetivo ser una herramienta pública y accesible para visibilizar la importancia de certificaciones del diseño, construcción, desarrollo y mantenimiento de paisajes sostenibles, creando comunidades resilientes y protegiendo al medio ambiente y a economías locales y regionales.

Nuestro desafío es y será seguir movilizando a la industria hacia un entorno construido con cero emisiones de carbono, saludable, equitativo y justo, que conserve recursos, proteja los ecosistemas y garantice espacios saludables y seguros para las personas.



Eric Abarca
Presidente del Directorio
Chile Green Building Council

PATROCINIO

El Manual de Paisajismo Sustentable es una iniciativa de Chile Green Building Council patrocinada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

www.minvu.cl



AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración y contribución en el desarrollo de este documento a las siguientes instituciones, empresas y referentes técnicos.

GREEN BUSINESS CERTIFICATION INC. (GBCI®)

<https://gbc.org>



GBCI fue fundado el año 2008 con el objetivo de impulsar la implementación del sistema de certificación para edificios LEED® y la acreditación de profesionales. Durante más de una década, con un compromiso de calidad confiable, una certificación rigurosa y un enfoque centrado en el cliente, GBCI ha demostrado ser fundamental para garantizar que LEED siga siendo el programa de construcción sustentable más utilizado en el mundo.

Actualmente, el GBCI está a cargo de la administración de otros sistemas de calificación complementarios a LEED® como son: TRUE, SITES, WELL, PEER, RELi, ICP, EDGE.

Con la incorporación de estos programas, GBCI avanza constantemente en su estrategia para crear nuevos mercados, desarrollar capacidad y crear valor. Desde paisajes sustentables hasta diseño resiliente, sistemas de energía confiables y resilientes, las personas en los edificios: juntos, estos programas complementan el impacto de LEED y garantizan que GBCI esté abordando el amplio espectro de desafíos de sustentabilidad mientras trabaja hacia un objetivo común de garantizar un futuro sustentable, saludable, resiliente y equitativo para todos.

Agradecimientos especiales a Danielle Pieranunzi, SITES Program Manager, GBCI.

JORGE GIRONÁS LEÓN

jgironas@ing.puc.cl



Departamento Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile Centro de Desarrollo Urbano Sustentable, CEDEUS.
Centro de Investigación Nacional para la Gestión Integrada de Desastres Naturales (CIGIDEN).

Ingeniero Civil y Magister en Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Católica de Chile y Ph.D. en Ingeniería Civil y Ambiental de Colorado State University. Actualmente se desempeña como profesor asistente del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental de la Universidad Católica de Chile. Su área de especialización es la hidrología superficial y la simulación de procesos hidrológicos, particularmente en

áreas urbanas y semiurbanas. El Dr. Gironás es un especialista del modelo SWMM y es el principal autor de un manual de aplicaciones de dicho modelo para la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. En el 2005 recibió el premio SOCHID al mejor nuevo Ingeniero Hidráulico en el periodo 2003-2005. Ha publicado artículos en revistas científicas internacionales y presentado sus trabajos en Congresos Nacionales e Internacionales.

La investigación y trabajo del autor en la temática de drenaje urbano se ha desarrollado gracias a múltiples fondos, agradeciendo en forma especial al proyecto FONDECYT 1131131 y a los centros CONICYT/FONDAP/15110017 y CONICYT/FONDAP/15110020 por el financiamiento de las actividades de investigación actualmente en ejecución.

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO

<https://www.minvu.gob.cl>



El Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), tiene como mandato recuperar la ciudad, poniendo en el centro de su misión la integración social, avanzando hacia una calidad de vida urbana y habitacional, que responda no solo a las nuevas necesidades y demandas de los chilenos, sino también al compromiso con la sostenibilidad de la inversión pública, el medioambiente y la economía del país, con foco en la calidad de vida de las personas más vulnerables, pero también de los sectores medios.

En ese contexto, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo ha impulsado la incorporación de sustentabilidad en la edificación y su entorno a fin de contribuir en el ámbito social, económico y ambiental, para así mejorar la calidad de vida de las personas.

CONSULTORA PASIVA

<https://pasiva.cl>
contacto@pasiva.cl



En Pasiva Ltda. trabaja un equipo multidisciplinario de profesionales apasionados por la sustentabilidad, que busca integrar de manera armónica el desarrollo de nuestras ciudades con las personas y el medioambiente, logrando entornos más confortables para los usuarios, más rentables para los inversionistas, siempre en armonía con la naturaleza.

Con 812.000 m² asesorados, la empresa está conformada por un equipo coordinado con objetivos claros, logrando:

- Capitalizar recursos.
- Reducir horas de trabajo del equipo.
- Reducir problemas durante las obras de construcción.
- Aumentar la rentabilidad de los proyectos.

Agradecimientos especiales a Gonzalo Mut, Gerente comercial, Pasiva Ltda.

RAIN BIRD CORPORATION

www.rainbird.com



Desde 1933 Rain Bird es una empresa que fabrica y provee productos y servicios de riego. Desde sus inicios ha ofrecido la mayor gama de productos en la industria para agricultura, campos deportivos, desarrollos comerciales y desarrollos residenciales en más de 130 países alrededor del mundo haciendo de la innovación su principio y tradición.

Rain Bird está comprometida con el medioambiente a través de la manera inteligente de utilizar el agua lo cuál es su legado para diseñar y fabricar aquellos productos que cumplen con los mayores estándares de calidad.

Actualmente, los aspersores de Rain Bird, válvulas y programadores se utilizan para gestionar los riegos de jardines y parques públicos, parques temáticos, campos de deporte, campos de golf, jardines botánicos, jardines privados, viñedos, etc. a lo largo de todo el mundo.

Agradecimientos especiales a Sebastián Reyes, Senior Area Manager Latam de Rain Bird.

VERDE ACTIVO CUBIERTAS VEGETALES

<https://verdeactivo.cl>
contacto@verdeactivo.cl



Motivamos el desarrollo urbano centrado en las personas y el cuidado medioambiental, para convertir las ciudades en zonas verdes y acogedoras donde vivir.

VerdeActivo busca replantear los desarrollos urbanos incorporando la naturaleza, para lograr un enriquecimiento tanto de la calidad de vida urbana, como de la calidad del medio ambiente y su biodiversidad.

La empresa realiza acciones concretas que mejoran la calidad de vida de los habitantes de las ciudades y contribuyen a mejorar el medio ambiente, fomentando la participación de comunidades y el cuidado medioambiental, generando soluciones de impacto social, medioambiental y económico para las edificaciones actuales y los proyectos futuros.

VerdeActivo cree en el impacto social y medioambiental de sus acciones y es por eso que es Empresa B Certificada perteneciendo a la Comunidad de Empresas B del mundo.

Agradecimientos especiales a María de la Luz Barros, Directora Ejecutiva, Verde Activo.

WSP CHILE

www.wsp.com



WSP es una de las principales empresas de consultoría de servicios de ingeniería y medio ambiente del mundo, tiene presencia en 50 países y más de 50 mil empleados. Asesoramos a nuestras comunidades locales, respaldados por una robusta capacidad internacional.

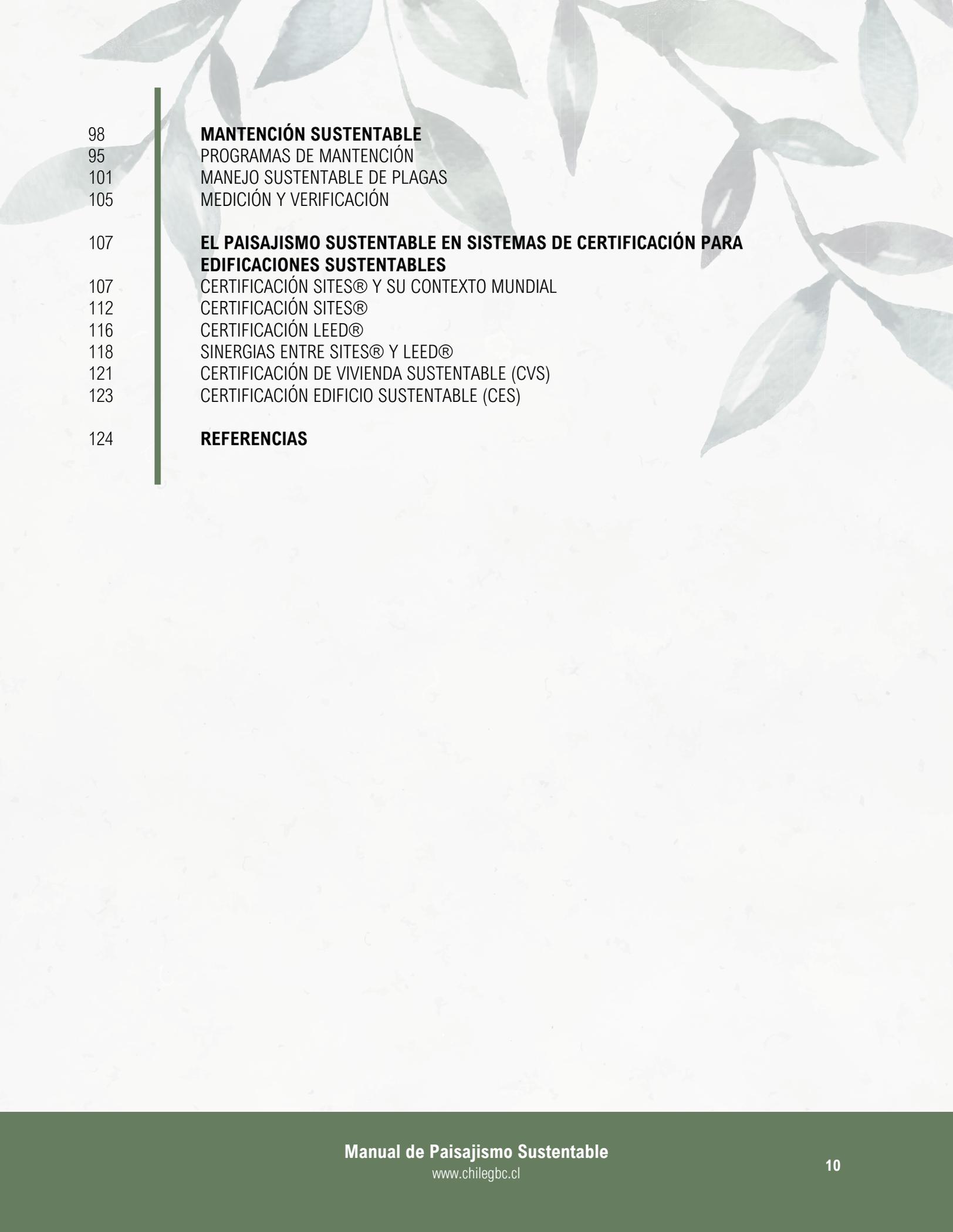
Con profesionales expertos en identificar complejidades locales, nuestros equipos planifican, diseñan, gerencian y conciben soluciones a proyectos que buscan tener un

impacto positivo a largo plazo. Nuestro propósito es diseñar edificios de alto rendimiento y que sean eficientes con la energía y los recursos, que se adapten a los objetivos del cliente y al bienestar de los ocupantes y que busquen reducir su impacto ambiental y ecológico.

Los proyectos se diseñan aplicando nuestra metodología Future Ready®, un programa de resiliencia e innovación que considera las tendencias de clima, sociedad, tecnología y recursos, de manera que las edificaciones estén preparadas para un escenario cambiante y con alta incertidumbre.

Agradecimientos especiales a Álvaro Urrutia, Arquitecto, WSP Chile.

09	ÍNDICE
01	PRÓLOGO
02	CARTA DEL PRESIDENTE CHILE GBC
04	PATROCINIO
05	AGRADECIMIENTOS
11	INTRODUCCIÓN
12	PAISAJISMO SUSTENTABLE COMO ESTRATEGIA DE REGENERACIÓN Y RESILIENCIA URBANA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO
14	VEGETACIÓN Y SUSTRATOS
15	ESPECIES NATIVAS Y ADAPTADAS
17	SUELOS
22	EFICIENCIA EN EL MANEJO DEL AGUA
24	CONSEJOS PARA DISEÑAR UN PAISAJISMO EFICIENTE EN EL USO DEL AGUA
26	REUTILIZACIÓN DE AGUAS LLUVIAS
29	CASO DE ÉXITO: TELETÓN COYHAIQUE
30	REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES
34	CASO DE ÉXITO: TELETÓN COPIAPÓ
36	SISTEMA DE RIEGO EFICIENTE
42	HERRAMIENTAS PARA CALCULAR AHORROS
43	CASO DE ÉXITO: EDIFICIO ADMINISTRATIVO PUERTO DE SAN ANTONIO
46	GESTIÓN DE LAS AGUAS LLUVIAS
52	ESTRATEGIAS DE CONTROL DE CANTIDAD Y CALIDAD DE LA ESCORRENTIA
56	SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SUSTENTABLE
64	PAVIMENTOS
68	CUBIERTAS VEGETALES
74	TECHOS VERDES
84	ASPECTOS DE DISEÑO Y TECNICOS A CONSIDERAR
87	MARCO NORMATIVO TECHOS VERDES
90	MUROS VERDES



98	MANTENCIÓN SUSTENTABLE
95	PROGRAMAS DE MANTENCIÓN
101	MANEJO SUSTENTABLE DE PLAGAS
105	MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN
107	EL PAISAJISMO SUSTENTABLE EN SISTEMAS DE CERTIFICACIÓN PARA EDIFICACIONES SUSTENTABLES
107	CERTIFICACIÓN SITES® Y SU CONTEXTO MUNDIAL
112	CERTIFICACIÓN SITES®
116	CERTIFICACIÓN LEED®
118	SINERGIAS ENTRE SITES® Y LEED®
121	CERTIFICACIÓN DE VIVIENDA SUSTENTABLE (CVS)
123	CERTIFICACIÓN EDIFICIO SUSTENTABLE (CES)
124	REFERENCIAS



INTRODUCCIÓN

Paisajismo Sustentable como estrategia de Regeneración y Resiliencia Urbana frente al Cambio Climático

El desarrollo de las ciudades ha traído consigo el aumento de superficies impermeables, aumento de las temperaturas urbanas debido al efecto isla de calor y la disminución de áreas vegetadas. A esto se suma el uso indiscriminado de agua potable, y que cerca del 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas, sin dejar de mencionar la contaminación de cuerpos de agua, producto de una mala gestión de aguas lluvias que arrastran contaminantes provenientes de las superficies de las ciudades, hechos que afectan entre otros problemas, a los ecosistemas, la salud y calidad de vida de las personas.

Se estima que actualmente se consume al año el 54% del agua dulce disponible. Según la UNESCO, a mediados del siglo XXI la población mundial alcanzará los 12.000 millones de habitantes previstos. De esta forma, la demanda de agua (para diversos usos) se habrá duplicado, y las reservas hídricas de nuestro planeta llegarán a su tope.

Para minimizar algunos de los impactos negativos del crecimiento de las zonas urbanas, se busca potenciar y fomentar proyectos de Paisajismo Sustentable, los cuales representan dentro del ecosistema urbano, áreas de naturaleza que contribuyen a la restauración del hábitat y a la biodiversidad, disminuyen el efecto isla de calor al regular la temperatura urbana, contribuyen a la reducción de la demanda de agua, a la retención y reducción de la escorrentía, al control de la contaminación, promueven a salud y bienestar de las personas, al conectarlas con la naturaleza, entre otros beneficios.

En respuesta a dicho objetivo, se desarrolla esta guía complementaria al diseño, construcción y operación de un proyecto de paisajismo, donde se describen los objetivos y estrategias para lograr un proyecto Sustentable, las que están orientadas a inspirar flexibilidad, innovación y cambio cultural, además de ser acciones a implementar de manera fácil y accesible a cualquier proyecto.



Imagen 01: Washington Canal Park. <http://www.sustainablesites.org/washington-canal-park>

¹ UNESCO, 2017.

Dentro de algunas de las prácticas descritas y recomendadas, se encuentran el aumentar la eficiencia en el consumo de agua, instalando especies vegetales con bajo consumo hídrico, además de reciclar aguas grises y aguas lluvias con fines de riego; disminuir el uso de componentes tóxicos en el paisajismo para efectos de control de plagas, de plagas y de fertilización; instalar pavimentos permeables y reflectantes que permitan por un lado la gestión de aguas lluvias y por otro lado, la disminución del calentamiento urbano.



Imagen 02: The Woodland Discovery Playground at Shelby Farms. <http://www.sustainablesites.org/woodland-discovery-playground-shelby-farms>

Este documento ha sido creado principalmente para paisajistas, (quienes diseñan e instalan) y para quienes están a cargo de la mantención de estas áreas y a la administración de los recursos, logrando así abordar todo el ciclo de vida del proyecto de paisajismo.

Finalmente, el Paisajismo Sustentable se presenta como una estrategia efectiva que genera múltiples beneficios para la población y la biodiversidad, y al mismo tiempo representa una medida confiable para fortalecer la resiliencia urbana frente al cambio climático.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UCIN) establece que *“Un paisaje natural planificado de forma estratégica para conservar y restaurar las funciones de los ecosistemas, de tal manera que generen beneficios asociados para la población, se convierte en una forma de infraestructura natural. Cuando la infraestructura construida (gris) se combina con infraestructura natural se generan soluciones más eficientes que pueden ayudar a reducir costos en las inversiones relacionadas al sector hídrico y agrícola, aumentar la resiliencia frente al cambio climático y proveer beneficios sociales, ambientales y económicos adicionales”*.

Para mayor información de alguna de las estrategias señaladas en este documento, se recomienda contactar a los expertos que podrán asesorar en la aplicación de las mismas.

² <https://www.iucn.org/es/news/américa-del-sur/201707/¿qué-son-las-soluciones-basadas-en-la-naturaleza>



VEGETACIÓN Y SUSTRATOS

Especies Nativas y Adaptadas

Una apropiada selección de las especies significa utilizar la planta adecuada en el espacio adecuado. Cuando se seleccionan plantas, se deben preferir siempre que sea posible, las que son de origen nativas o adaptadas a las condiciones locales. Existen ciertos factores que son fundamentales al momento de preferir una especie sobre otra: tasa de crecimiento, tamaño y madurez, largo de vida, fragilidad, requerimientos de agua, luz, suelo y mantención.

Instalar especies acordes a las condiciones del terreno evita problemas de estabilización y mantenimiento de las mismas. La selección y ubicación inteligente de árboles, arbustos y cubresuelos para proveer sombra y menores temperaturas ambientales pueden reducir la energía utilizada por el edificio para efectos de climatización de un modo significativo.

La selección de especies con bajos requerimientos hídricos y resistentes a enfermedades y pestes puede contribuir significativamente a un paisajismo responsable ambientalmente. Una estrategia clave para crear proyectos de paisajismo sustentable es incorporar especies nativas y/o adaptadas a las condiciones locales. Estos tipos de especies requieren menor cantidad de agua, fertilizantes y pesticidas.



Imagen 03: Especie Nativa: Alcaparra – *Senna Multiglandulosa*

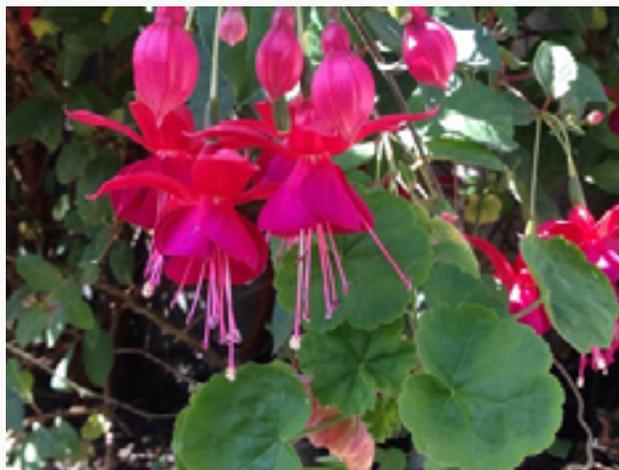


Imagen 04: Especie Integrada y Adaptada: Fuchsia Roja – *Fuchsia híbrida*

Ya se mencionaron factores de las especies que son importantes al momento de preferir unas sobre otras, sin embargo, es fundamental tener conocimiento de los factores ambientales a los que el paisajismo deberá enfrentarse para complementar la selección de las especies. Algunos de estos factores ambientales son: zona de resistencia a la plantación, precipitaciones, humedad, características del suelo, disponibilidad de agua, duración e intensidad de luz. Cada especie tolera un rango de condiciones para cada uno de estos factores. La combinación de todos estos determina los tipos de especies que son adaptables al terreno de proyecto.

¹ Los porcentajes de ahorro energético de un proyecto debido al paisajismo varían según distintas publicaciones por lo que se estipula que esta contribución dependerá de la arquitectura del proyecto, los sistemas de clima y la ubicación de los equipos y el tipo de paisajismo, su vegetación y su relación con el proyecto. Por lo que cada proyecto de paisajismo tendrá una contribución específica y personalizada hacia la eficiencia energética.



Con respecto a estos factores, las especies nativas son aquellas que crecen de manera natural en el área local por lo que son muy adaptables a las condiciones locales de crecimiento y son menos propensas a enfermedades y plagas, además de proveer un mejor hábitat para la fauna nativa que especies introducidas artificialmente. Sin embargo, es importante considerar que las especies nativas no necesariamente son adaptables, es decir, tienen una gran respuesta cuando las condiciones del proyecto son similares a sus condiciones naturales de crecimiento, pero algunas de estas especies podrían presentar problemas cuando estas condiciones varían. En estos casos se recomienda seleccionar vegetación adaptada, la clave es buscar especies que no sean invasivas, que se adapten a las condiciones de crecimiento del terreno y que provean hábitat para la fauna nativa.

Suelos

Para poder mantener o crear suelos saludables que funcionen de manera efectiva y que en el futuro sigan proporcionando nutrientes al paisajismo, se deben tener en cuenta prácticas de mantenimiento que optimicen los procesos naturales de los suelos.

Existen ciertas características que describen un buen suelo: Se siente suave y se desmiga con facilidad, drena apropiadamente y se calienta rápidamente en la primavera, no genera una capa dura luego de ser plantado, en eventos de lluvia infiltra las aguas minimizando la escorrentía, almacena la humedad para períodos de sequía, presenta pocos terrones y sin contenido arcilloso o que dificulte la excavación, resistente a la erosión y pérdida de nutrientes, con rico olor a tierra y que no requiera mayores insumos para un buen desempeño.

Catastro Especies Nativas y Adaptadas

A continuación se encuentra un listado de algunas especies nativas de Chile, introducidas y adaptadas al territorio nacional.

Especies Nativas

ÁRBOLES			
Algarrobo	<i>Prosopis chilensis</i>	Olivillo	<i>Aextoxicon punctatum</i>
Algarrobo Blanco	<i>Prosopis Alba</i>	Palma chilena	<i>Jubaea chilensis</i>
Araucaria	<i>Araucaria araucana</i>	Patagua	<i>Crinodendron patagua</i>
Belloto del norte	<i>Beilschmedia miersii</i>	Pelu-pelu	<i>Sophora microphylla</i>
Belloto del sur	<i>Beilschmedia berteroaana</i>	Peumo	<i>Cryptocarya alba</i>
Boldo	<i>Peumus boldus</i>	Pimiento	<i>Schinus molles</i>
Charñar	<i>Geoffroea decordicans</i>	Pitra	<i>Myrceugenia exsucca</i>
Espino	<i>Acacia caven</i>	Queule	<i>Gomortega keule</i>
Frangel	<i>Kageneckia angustifolia</i>	Quillay	<i>Quillaja saponaria</i>
Huingán	<i>Schinus polygama</i>	Roble de Santiago	<i>Nothofagus macrocarpa</i>
Lingue	<i>Persea lingue</i>	Sauce chileno	<i>Salix humboldtiana</i>
Litre	<i>Lithraea caustica</i>	Tamarugo	<i>Prosopis tamarugo</i>
Lleuque	<i>Prumnopitys andina</i>	Tara	<i>Caesalpinia spinosa</i>
Maitén	Maytenus boaria	Temu	<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>
Molle	<i>Schinus latifolia</i>		
Maqui	<i>Aristotelia chilensis</i>		
Naranjillo	<i>Citronella mucronata</i>		

ARBUSTOS

Abutilón de cordillera	<i>Corynabutilon ceratocarpum</i>	Escallonia rubra	<i>Escallonia rubra</i>
Adesmia	<i>Adesmia confusa</i>	Escallonia rubra rastrera	<i>var. Rastrera</i>
Ajicillo	<i>Alonsoa meridionalis</i>	Esparto	<i>Solanum maritimo</i>
Alcaparra del norte	<i>Senna cumingii</i>	Flor del minero	<i>Centaurea chilensis</i>
Algarrobilla	<i>Caesalpinia brevifolia</i>	Fascicularia bicolor	<i>Fascicularia bicolor sub bicolor</i>
Arrayán	<i>Luma apiculata</i>	Fascicularia caniculata	<i>Fasciculariaa bicolor sub caniculata</i>
Arrayancillo	<i>Myrceugenia lanceolata</i>	Guayacán	<i>Porlieria chilensis</i>
Arrayan macho	<i>Rhaphithamnusspinosus</i>	Guindilla	<i>Guindilla trinervis</i>
Atutemo	<i>Llagunoa glandulosa</i>	Haplopappus de coya	<i>Haplopapus spp.</i>
Baccharis (ex concava)	<i>Baccharis macraei</i>	Haploppapus glutinosuss	<i>Haplopapus glutinosus</i>
Baccharis de las tres esquinas	<i>Baccharis sagittalis</i>	Haplopappus integerrimus	<i>Haplopappus integerrimus</i>
Baccharis neaei	<i>Baccharis neaei</i>	Jarrilla	<i>Larrea nitida</i>
Baccharis rastrero	<i>Baccharis magellanico</i>	Lilén	<i>Azara petiolaris</i>
Barba de viejo	<i>Ageratina glechonophylla</i>	Lucumillo	<i>Myrcianthes coquimbensis</i>
Bacharris patagónico	<i>Bacharris patagonica</i>	Lucumo silvestre	<i>Pouteria splendens</i>
Baccharis rhomboidails	<i>Baccharis rhomboidaails</i>	Lun	<i>Escallonia myrtoidea</i>
Balbisia	<i>Balbisia peduncularis</i>	Maravilla del campo	<i>Flourencua thurifera</i>
Bollén	<i>Kageneckia oblonga</i>	Mayu	<i>Sophora macrocarpa</i>
Bachu, H.de cordillera	<i>Haplopappus velutinus</i>	Menta de árbol	<i>Satureja giliessi</i>
Cachicabra	<i>Haplopappus foliosus</i>	Mitique	<i>Podanthus mitiqui</i>
Carbonillo	<i>Cordia decandra</i>	Murta	<i>Ugni molinae</i>
Chagual	<i>Puya berteroniana</i>	Natre	<i>Solanum ligustrinum</i>
Chagual amarillo	<i>Puya chilensis</i>	Ochagavia	<i>Ochagavia litoralis</i>
Chagual de la costa	<i>Puya venusta</i>	Palo amarillo	<i>Berberis montana</i>
Chagualillo	<i>Puya coerulea</i>	Palo de yegua	<i>Fuchsia licioides</i>
Chamiza	<i>Bahia ambrosiodes</i>	Pata de guanaco	<i>Costanthe grandiflora</i>
Chequén	<i>Luma chequen</i>	Petrilla	<i>Myrceugenia correaefolia</i>
Chiclo rojo	<i>Fuchsia magellanica</i>	Pichi romero	<i>Fabiana inbricata</i>
Chiclo rosado	<i>Fuchsia magellanica alba</i>	Poleo en flor	<i>Clinopodium multiflorum</i>
Chupalla	<i>Eringium panniculatum</i>	Quebracho	<i>Senna candolleana</i>
Chuve	<i>Tecoma fulva</i>	Quebracho del norte	<i>Senna coquimbensis</i>

Colliguay dombeyana	<i>Colliguaja dombeyana</i>	Quilo	<i>Muehlenbeckia hastulata</i>
Colliguay integerrima	<i>Colliguaja integerrima</i>	Rumpiato	<i>Bridgesia incisifolia</i>
Colliguay odorifera	<i>Colliguaja odorifera</i>	Romerillo	<i>Baccharis linearis</i>
Coralito del norte	<i>Grabowski glauca</i>	Salvia macho	<i>Aristeguetia salvia</i>
Corcolen	<i>Azara serrta</i>	Salvia blanca	<i>Sphacele salviae</i>
Corcolen blanco	<i>Azara dentata</i>	Tabaco del diablo	<i>Lobelia plyphylla</i>
Corcolen, Lilen	<i>Azara celastrina</i>	Tabaco del diablo	<i>Lobelia tupa</i>
Corcolén integrifolia	<i>Corcolen integrifolia</i>	Tarasa	<i>Tarasa umbellata</i>
Coronilla del fraile	<i>Encelia canecens</i>	Toromiro (de semilla)	<i>Sophora toromillo</i>
Corontillo	<i>Escallonia pulverulenta</i>	Uvilla	<i>Monttea chilensis</i>
Culen	<i>Otholobium glandulosum</i>	Verónica Tierra del Fuego	<i>Hebe elliptica</i>
Dunalia	<i>Dunalia spinosa</i>	Verónica chilena	<i>Hebe concava</i>

TREPADORAS

Bomarea	<i>Bomarea salsilla</i>	Pasionaria	<i>Passiflora pinnatistipula</i>
Chupa-chupa	<i>Eccremocarpus scaber</i>	Soldaditos	<i>Tropaeolum spp.</i>
Coguilera	<i>Lardizabala biternata</i>	Voqui	<i>Cissu striata</i>

HERBÁCEAS

Alstromelia aurea	<i>Alstromelia aurea</i>	Huilmo	<i>Sisyrinchium stratum</i>
Alstromelia de los molles	<i>Alstromelia pelegrina</i>	Lágrima de virgen	<i>Oziroea arida</i>
Alstromelia naranja	<i>Alstromelia ligtu simsii</i>	Libertia tricoca	<i>Libertia tricocca</i>
Alstromelia sandia	<i>Alstromelia incarnata</i>	Nalca	<i>Gunnera tinctoria</i>
Anémona	<i>Anemona multifida</i>	Ñuño	<i>Sisyrinchium arenarium</i>
Armeria	<i>Armerua maritima</i>	Plumbago chileno	<i>Plumbago caerulea</i>
Azulillo	<i>Pasithea coerulea</i>	Selliera	<i>Selliera radicans</i>
Calle calle	<i>Libertia chilensis</i>	Solidalgo	<i>Solidalgo chilensis</i>
Cotula	<i>Cotula scariosa</i>	Tiqui tiqui	<i>Phyla reptans</i>
Dedal de oro (A)	<i>Eschscholzia californica</i>	Trique	<i>Libertia sessiliflora</i>
Erigeron luxurians	<i>Erigeron luxurians</i>	Vara de mármol	<i>Francoa appendiculata</i>
Fulel	<i>Solidalgo chilensis</i>	Vira vira	<i>Gnaphalium viravira</i>
Frutilla	<i>Fragaria chiloensis</i>	Vara de mármol	<i>Francoa appendiculata</i>
Geum amarillo	<i>Geum magellanicum</i>	Verbena chilena blanca	<i>Glandularia berterii</i>
Geum rojo	<i>Geum magellanicum</i>	Verbena chilena lila	<i>Glandularia berterii</i>

PASTOS ORNAMENTALES

Cola de zorro	<i>Cortaderia rudiusscula</i>	Stipa caudata	<i>Stipa caudata</i>
Junco (asilvestrado)	<i>Scirpus nodosus</i>	Stipa del maule	<i>Stipa sp.</i>
Nasella laevisissima	<i>Nasella laevisima</i>		

Especies Introducidas / Adaptadas

ÁRBOLES

Alcornoque	<i>Quercus suber</i>	Liquidambar	<i>Liquidambar styraciflua</i>
Algarrobo europeo	<i>Ceratonia siliqua</i>	Magnolio	<i>Magnolio grandiflora</i>
Brachichito hoja entera	<i>Brachychiton populneum</i>	Olivo	<i>Olea europea</i>
Brachichito pata de gallo	<i>Brachychiton acerifolia</i>	Palmera phoenix	<i>Phoenix canariensis</i>
Ceibo	<i>Erythrina umbrosa</i>	Palmera trachycarpus	<i>Trachycarpus fortunei</i>
Ceibo enano	<i>Erythrina crista-galli</i>	Palmera washingtonia	<i>Washingtonia filifera</i>
Celtis	<i>Celtis australis</i>	Parkinsonia	<i>Parkinsonia aculeata</i>
Ciprés calvo	<i>Taxodium distichum</i>	Pimiento brasil	<i>Schinus terebinthifolius</i>
Crespón	<i>Lagerstroemia indica</i>	Plátano oriental	<i>Platanus orientalis</i>
Encino hoja ancha	<i>Quercus macrocarpa</i>	Roble nergo	<i>Quercus ilex</i>
Gingko	<i>Gingko biloba</i>	Sofora	<i>Sophora japonica</i>
Gleditzia	<i>Gleditzia triacanthos</i>	Sterculea	<i>Sterculea discolor</i>
Jacarandá	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Vilca	<i>Acacia visco</i>
Laurel de comer	<i>Laurus nobilis</i>	Zelkova	<i>Zelkova serrata</i>

ARBUSTOS

Abelia blanca	<i>Abelia grandiflora</i>	Lonicera nitida	<i>Lonicera nitida</i>
Acacia rastrera	<i>Acacia redolens</i>	Madroño	<i>Arbutus unedo</i>
Berberis hoja larga	<i>Berberis julianae</i>	Nandina	<i>Nandina doméstica</i>
Ceanoto rastrero	<i>Ceanothus sp.</i>	Pittosportum tobira	<i>Pittosportum tobira</i>
Coprosma kirkii	<i>Coprosma kirkii</i>	Pittosportum tobira enano	<i>Pittosportum tobira nana</i>
Erysimum	<i>Erysimum bowles</i>	Pittosportum tobira variegado	<i>Pittosportum tobira variegata</i>
Heteromeles	<i>Heteromeles arbutifolia</i>	Plumbago azul	<i>Plumbago capensis</i>
Hortensia	<i>Hydrangea macrophylla</i>	Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>
Laurel de flor blanco	<i>Nerium oleander</i>	Romero rastrero	<i>Rosmarinus postrata</i>
Laurentina	<i>Viburnum tinus</i>	Teucrium chamadrys	<i>Teucrium chamaedrys</i>
Lavanda francesa	<i>Lavandula stoechas</i>	Verónica verde	<i>Hebe buxifolia</i>

TREPADORAS

Agapanto azul	<i>Agapanthus africanus</i>	Crocoshia	<i>Crocoshia x crocosmiiflora</i>
Agapanto blanco	<i>Agapanthus africanus</i>	Lirio común	<i>Iris germanica</i>
Alstromelia híbrida	<i>Alstromelia spp.</i>	Tritoma	<i>Kniphofia uvaria</i>
Cilvia	<i>Cilvia miniata</i>	Zephyranthes	<i>Zyphyranthes candida</i>

Fuente: www.pumahuida.cl

Para identificar qué tipo de especie es idónea para un proyecto de paisajismo según su ubicación, se sugiere contar con la asesoría de un profesional capacitado, quien tendrá conocimientos respecto a la distribución geográfica de cada una de las especies.

A continuación, se presentan iniciativas impulsadas por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que aportan información de distintos estratos del material vegetal y contribuyen a la correcta selección de especies en proyectos de paisajismo:

- El Anexo 3.3 Especies recomendadas según zona climática, del Tomo III: Agua de los Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas del Ministerio de Vivienda y Urbanismo².
- Tomo III, Capítulo 2 Material Vegetal del Manual de Elementos Urbanos Sustentables.

Entre las iniciativas relacionadas específicamente al arbolado urbano se destaca:

- ✓ Estudio de Arbolado Urbano como elemento estructurante del paisaje natural urbano³.
- ✓ Áreas Verdes Inteligentes⁴.
- Elaboración de normas chilenas de Arbolado Urbano.
 - ✓ NCh3524 Arbolado urbano - Manejo para el árbol establecido - Requisitos y recomendaciones⁵.
 - ✓ prNCh3525 Arbolado urbano - Manejo para el árbol establecido - Recomendaciones para la etapa de diseño y planificación de la construcción y demolición.

² <https://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/EST%C3%81NDARES-DE-CONSTRUCCI%C3%93N-SUSTENTABLE-PARA-VIVIENDAS-DE-CHILE-TOMO-III-AGUA.pdf>

³ <https://www.minvu.gob.cl/ditec/infraestructura-verde-y-espacios-p%C3%9Ablicos-sustentables/>

⁴ <https://www.minvu.gob.cl/areas-verdes-inteligentes/>

⁵ <https://ecommerce.inn.cl/nch3524202179148>



EFICIENCIA EN EL MANEJO DEL AGUA

El manejo responsable del agua para irrigación tiene como objetivo primero reducir la cantidad de agua que se requiere para estos efectos y luego la eficiencia en el uso del agua.

La conservación y reutilización del agua son de suma importancia ya que, de acuerdo a datos otorgados por la EPA (U.S. Environmental Protection Agency, Water Trivia Facts, September 12, 2012) solamente el 3% del agua del planeta es agua dulce, de la cual más de 2/3 se encuentra contenida en glaciares.

En zonas urbanas, el agua potable proviene del sistema público que está lejos del terreno y el agua residual que abandona el terreno es llevada a través de cañerías a plantas de tratamiento para luego ser descargada en cuerpos de agua. Este proceso reduce el caudal de los ríos y agota acuíferos de agua dulce. A esto se suma que la energía requerida para el tratamiento de agua para que sea potable, su transporte y posterior tratamiento para disposición final, representa una significativa cantidad que no está contabilizada en el consumo energético de un edificio.

Arquitectos, especialistas y constructores pueden construir edificios que consuman considerablemente menos agua que edificios convencionales, incorporando en el paisajismo especies que tengan bajos consumos hídricos con sistema de riego eficiente, instalando artefactos sanitarios eficientes en el uso de agua y reutilizando aguas grises y aguas lluvias para usos en donde no se requiere agua potable.

Un buen diseño de paisajismo que considere la instalación de especies nativas o adaptables al lugar, con bajos requerimientos hídricos y alta tolerancia a períodos de sequía, puede reducir en gran manera, e incluso evitar la necesidad de irrigación en el proyecto, y a su vez le permitirá al edificio conectarse e integrarse a su entorno natural proporcionando biodiversidad. Otros beneficios que se obtienen al considerar vegetación nativa en el paisajismo es que esta también tiende a necesitar menos fertilizantes y pesticidas químicos, los que degradan la calidad de cuerpos de agua cuando escurren a través de las escorrentías de precipitaciones.

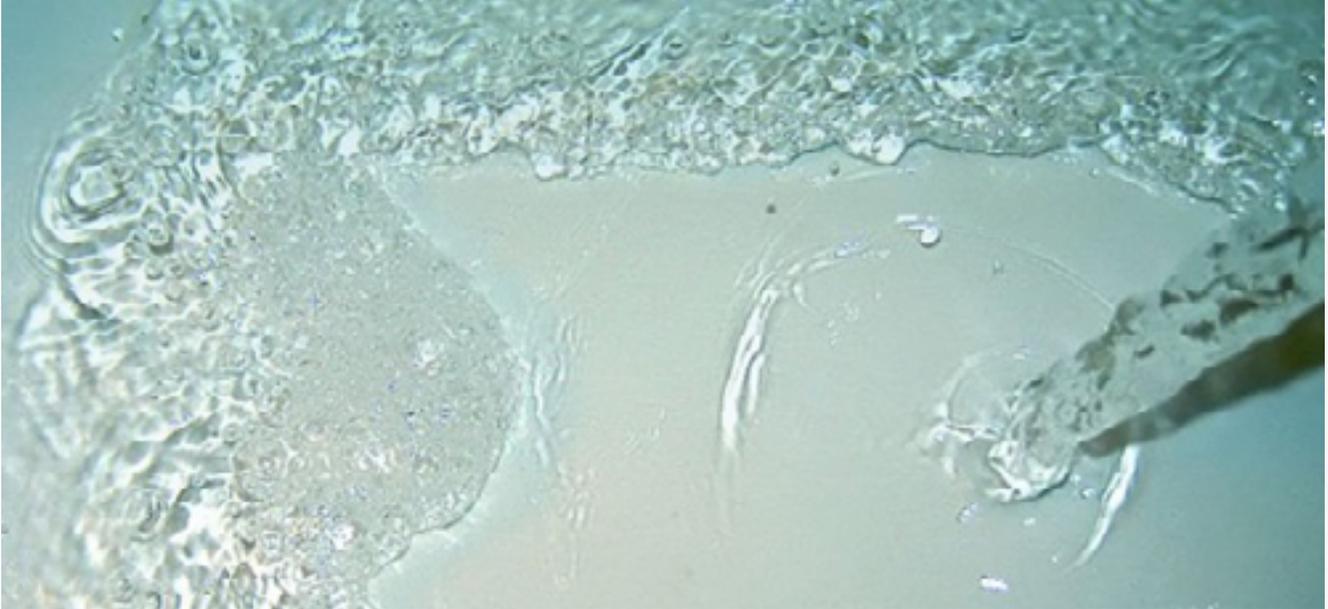


Imagen 05: <http://www.usgbc.org/articles/world-water-day-five-simple-water-saving-strategies>

Consejos para Diseñar un Paisajismo Eficiente en el Uso de Agua

Para lograr un paisajismo eficiente en el consumo de agua a lo largo de todo su ciclo de vida se deben tomar consideraciones desde el inicio del diseño del paisajismo. A continuación se entregan algunos consejos en relación a Vegetación, Sustrato y Mantenimiento del paisajismo que podrán colaborar en el Diseño de un Paisajismo Eficiente en el Uso de Agua.

La información a continuación fue obtenida de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) y puede ser revisada en el link: http://epa.gov/watersense/outdoor/landscaping_tips.html

Vegetación

Planificar con anticipación un paisajismo inteligente en el consumo de agua

Si se está diseñando un nuevo proyecto de paisajismo o replanteando uno existente, la herramienta para el presupuesto de agua de WaterSense de EPA puede ser de ayuda para planificar la eficiencia en el consumo de agua. Con dos simples entradas, tales como código postal y área de paisajismo, esta herramienta puede indicarle si se ha diseñado un paisajismo que utilizará una apropiada cantidad de agua de acuerdo al clima.

Utilizar vegetación apropiada a la región: nativa y con bajos requerimientos hídricos

Una vez instaladas, estas plantas requieren muy poca agua aparte de las precipitaciones. Además, debido a que las plantas nativas están adaptadas a los suelos y condiciones climáticas locales, rara vez requieren fertilizantes y tienen mayor resistencia que otras especies a plagas o enfermedades. Se debe tener cuidado cuando se seleccionan especies exóticas, muchas de ellas pueden ser invasivas por lo que requerirán mayor cantidad de agua y desplazarán a la vegetación nativa.

Agrupar las plantas de acuerdo a sus necesidades hídricas

Agrupar vegetación con requerimientos similares de agua en “hidro-zonas” específicas reduce la cantidad de agua utilizada y protege las plantas tanto del déficit como de exceso de agua, permitiendo así regar de acuerdo a la necesidad de cada zona.

Reconocer las condiciones del terreno y plantar de manera apropiada

Distintas áreas del mismo terreno pueden tener significativas variaciones en el tipo de suelo, en la exposición al sol y al viento, en las tasas de evapotranspiración y en los niveles de humedad. Se debe tener consciencia de la exposición del terreno a los distintos elementos y escoger especies que puedan prosperar en las diferentes condiciones.

Instalar césped de manera estratégica

En un paisajismo tradicional, el césped es el que requiere el mayor porcentaje de agua en riego. La mayoría de las variedades de césped que son utilizadas comúnmente requieren más agua que otras especies, tales como cubre suelos, arbustos y árboles. A esto se suma que las personas tienden a regar en exceso el césped. Para reducir el consumo de agua utilizada en paisajismo, se debe plantar césped sólo en lugares donde éste tenga una función práctica como áreas de juego. Elegir tipos de césped que requieran menos agua, tales como césped nativos y aquellos que puedan soportar períodos de sequía.

Suelo

Airear el suelo

El suelo puede volverse compacto durante la construcción del edificio o por el tráfico peatonal regular. Airear el suelo con un simple aireador de césped puede aumentar la infiltración de agua hacia la tierra, mejorando la llegada de agua a las raíces de las plantas y reduciendo la escorrentía de aguas lluvia.

Minimizar pendientes empinadas

Las pendientes en un terreno pueden ser un gran desafío debido a su potencial para la erosión y escorrentía. Si las pendientes no pueden ser evitadas en el diseño del paisajismo, instalar especies con raíces profundas tales como cubre suelos nativos y arbustos para proveer estabilización y prevenir la erosión.

Hacer acolchado o mulching alrededor de arbustos y plantas

Esto ayudará a reducir la evapotranspiración, inhibir el crecimiento de maleza, moderará la temperatura del suelo y prevendrá la erosión. Algunos tipos de acolchonados o mulching incluyen pedazos de corteza, retazos de césped, paja, hojas, piedras y pedazos de ladrillo. Se debe dejar un espacio de varios centímetros entre los troncos de plantas leñosas y abonos orgánicos para evitar la putrefacción.

Reciclar el césped

Dejar los despuntes de césped en el jardín luego de que se corta. Estos despuntes se descompondrán de manera rápida liberando valiosos nutrientes al suelo, reduciendo así la necesidad de nitrógeno.

Mantener el suelo saludable

Suelos saludables permiten de manera efectiva el ciclo de los nutrientes, minimizan las escorrentías, retienen agua y absorben su exceso de nutrientes, sedimentos y partículas contaminantes. Previo al diseño del paisajismo, realizar pruebas del suelo para analizar el contenido de nutrientes, pH, composición y el contenido de materia orgánica. Suelos muy arenosos, arcillosos, suelos compactados o con pH excesivo pueden influir en cuál es la variedad de especies adecuadas para el jardín. En estos casos, se recomienda pedir consejos de un vivero, horticultor u otro experto en la materia.

Mantenimiento

Elevar la altura de corte del césped

Cortar el césped muy corto y muy cerca de la tierra fomentará el crecimiento de un nuevo césped con mayor requerimiento hídrico. Tener el césped más largo permitirá raíces más profundas y una mayor resistencia a sequías. Tener las hojas de césped más largas también ayudará en el sombreado reduciendo así la evapotranspiración y minimizando el crecimiento de maleza. La altura óptima del césped es la altura máxima recomendada de corte según la especie cultivada.

Proveer mantenciones regulares

Reemplazar el acolchado o mulching alrededor de los arbustos y plantas, y remover malezas y pajas cuando sea necesario.

Minimizar o eliminar el uso de fertilizantes

Los fertilizantes fomentan mayores requerimientos hídricos causando que el paisajismo consuma agua adicional. Minimizar o eliminar el uso de fertilizantes en la medida de lo posible. Si se necesitan fertilizantes, buscar productos que contengan ingredientes naturales, orgánicos o de liberación controlada. Estos fertilizantes alimentan a las plantas de manera lenta y gradual, ayudando a que se desarrollen plantas más saludables con raíces más fuertes y largas. Además, utilizar fertilizantes de liberación controlada puede reducir el escurrimiento de nutrientes hacia la tierra o hacia aguas superficiales, protegiendo así recursos naturales.

Reutilización de Aguas Lluvia

De acuerdo al artículo 10° del DFL1122 que establece el Código de Aguas, “El uso de las aguas pluviales que caen o se recogen en un predio de propiedad particular corresponde al dueño de éste, mientras corran dentro de su predio o no caigan a cauces naturales de uso público. En consecuencia, el dueño puede almacenarlas dentro del predio por medios adecuados, siempre que no se perjudique derechos de terceros”. E incluso de acuerdo al artículo 11° del mismo documento, “El dueño de un predio puede servirse, de acuerdo con las leyes y ordenanzas respectivas, de las aguas lluvias que corren por un camino público y torcer su curso para utilizarlas. Ninguna prescripción puede privarle de este uso.”

La recolección de aguas lluvia es una forma alternativa de abastecimiento hídrico basado en la captación, almacenamiento y aprovechamiento de las precipitaciones para su futuro uso. Comúnmente se utilizan barriles o cisternas que almacenan el agua. Esta estrategia es altamente recomendable en la zona sur de Chile en donde las precipitaciones son abundantes y bien distribuidas durante todo el año.

El agua lluvia almacenada en cisternas u otro tipo de estanques puede servir de sustituto de agua potable para riego del paisajismo, supresión de incendios, descarga de artefactos sanitarios, torres de enfriamiento, entre otras. Las alternativas de almacenamiento van desde pequeños barriles hasta cisternas subterráneas que retienen grandes volúmenes de agua.

Diseño del Sistema de Reutilización de Aguas Lluvia

Lo primero que se debe considerar en el diseño del sistema de almacenamiento es la cantidad de agua que se podrá almacenar y la cantidad de agua que se demandará. Para obtener esta información se debe estudiar la pluviometría histórica de la zona y la superficie de captación del proyecto para así determinar el agua que se espera recolectar. La demanda dependerá de las necesidades y oportunidades que el sistema entregue, este análisis se debe hacer en paralelo al anterior ya que se podrán definir cambios en superficies aportantes en función de las demandas.

Con este estudio previo se obtendrá una relación directa entre oferta y demanda en donde tendrán gran incidencia el área de captación, el volumen de almacenamiento y el volumen de agua requerido. Esta información permitirá ver la factibilidad económica de instalar un sistema de reutilización de aguas lluvias, teniendo en consideración los ahorros esperados por disminución de consumo de agua potable durante la operación del proyecto lo que llevará a decidir si la propuesta es costo efectiva o no.

Para la recolección de aguas lluvia para fines domésticos, la superficie con mayor contribución es la superficie de techos. Esta captación se conoce como el modelo SCAPT (Sistema de Captación de Aguas Pluviales de Techos) y tiene como beneficio la captación de la escorrentía proveniente de techos con bajos niveles de contaminación.

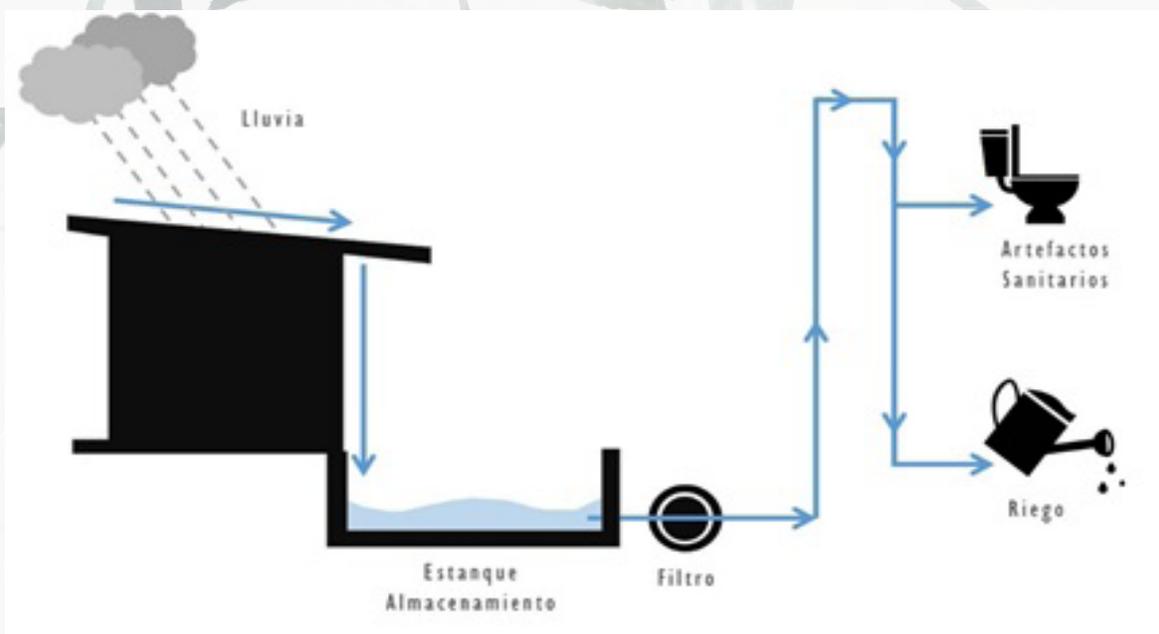


Imagen 06: Sistema de Captación de Aguas Pluviales de Techos (SCAPT), Adaptación esquema.

Componentes del Sistema

Un sistema básico de aguas está compuesto por captación, recolección, conducción y almacenamiento.

Considerando estos componentes básicos, se diseña el sistema para captar y recolectar las aguas provenientes de superficies aportantes como techos y otras superficies impermeables, las que a través de cañerías se direccionan hacia el estanque de almacenamiento previo a ser filtradas. En algunos casos se incluye también un interceptor de primeras aguas para separar las aguas que arrastran los contaminantes acumulados en las superficies aportantes. La cantidad de agua aportante de las superficies dependerá tanto del área como de la materialidad de éstas contando así con diferentes coeficientes de escorrentía que se deben considerar en el diseño del sistema. Luego comienza la conducción de las aguas lluvias recolectadas hacia el estanque de almacenamiento en donde es importante considerar las uniones y materialidad de los canales conductores para evitar filtraciones. Finalmente el agua llega al estanque de almacenamiento el que se recomienda instalar bajo tierra para así mantener el agua protegida de la luz y el calor evitando el desarrollo de algas y bacterias. Estos estanques deben ser duraderos, resistentes, fáciles de inspección y mantención, contar con protección para evitar la entrada de contaminantes e insectos y dotado con dispositivos para la salida del agua y drenaje.

Si bien, luego de ser filtradas, las aguas lluvia no son consideradas como agua potable, el uso final de las aguas lluvias almacenadas puede ser variado. En el caso de destinarlas a descarga de artefactos sanitarios o limpieza del hogar se recomienda instalar una bomba y un sistema de control automatizado que se encargará de repartir esta agua a los artefactos de la edificación y de controlar la disponibilidad del agua. En el caso de vaciarse el estanque de almacenamiento o de períodos de mantenimiento, se deberá contar con conexión a la red de agua potable para reemplazar la reutilización de aguas lluvia.

Algunas consideraciones de sustentabilidad en relación al uso de agua lluvia para riego están disponibles en el Tomo III Capítulo III: Sistemas de riego eficiente, Fichas SR 3, del Manual de Elementos Urbanos Sustentables del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Implementación en Chile

Chile es un país con alta vulnerabilidad al cambio climático, se estima que ha habido cerca de un 30% de déficit en las precipitaciones en el centro-sur del país durante la última década, afectando la cantidad de nieve caída y su tasa de derretimiento, trayendo como consecuencia la reducción de los caudales y un problema de escasez hídrica⁶.

En este contexto, reutilizar el agua se vuelve una estrategia primordial de implementar, dando pie a iniciativas locales para incentivar el ahorro en el consumo de agua potable y en muchos casos su reemplazo por aguas lluvias recicladas. Es el caso de la VI región de O'Higgins, donde se desarrolló una iniciativa encabezada por el Centro Regional de Investigación Agropecuaria, INIA Rayentué, con el apoyo de la Seremi de Agricultura de la región y financiada por el Gobierno Regional de O'Higgins. Esta iniciativa busca fomentar la agricultura a pequeña escala reutilizando aguas lluvias. Hasta mediados del 2014, en el marco de esta iniciativa ya se habían beneficiado a más de 200 productores y sus familias.

En cuanto a medidas de adaptación al problema de escasez hídrica, el Gobierno ha anunciado una serie de iniciativas, que incluyen en el ámbito jurídico, la reforma al Código de Aguas para asegurar el consumo humano y, a la vez, incentivar el acceso a nuevas fuentes de agua, como la reutilización de las aguas lluvias, la recarga artificial de acuíferos y la desalinización, entre otras. Además, se anuncia financiamiento e inversión pública y privada en riego eficiente y construcción de embalses. Estos proyectos se encuentran en distintas etapas de avances y muchos de ellos ya estaban en el Plan Nacional de Regulación de Agua. Específicamente en riego, se pretende duplicar de 1,2 millones a 2,4 millones las hectáreas regadas en nuestro país, contribuyendo a que Chile avance en su plan para convertirse en una potencia agroalimentaria.

Con esto también se busca aumentar la seguridad de abastecimiento hídrico para consumo humano; utilizar los acuíferos naturales para inyectar agua en períodos de abundancia y proteger a las personas y a la infraestructura mediante un Plan Nacional de Protección contra aluviones y crecidas.

⁶ Se entiende la escasez hídrica como la brecha entre el suministro disponible y la demanda expresada de agua dulce en un área determinada, bajo las disposiciones institucionales, incluyendo la «fijación del precio» del recurso y los costes acordados para el consumidor, y las condiciones de infraestructura existentes. La escasez se pone de manifiesto por una demanda insatisfecha, tensiones entre usuarios, competencia por el agua, sobreexplotación de agua subterránea y flujos insuficientes al entorno natural (FAO, 2013).

CASO DE ÉXITO TELETÓN COYHAIQUE

Con la contribución de WSP Chile
www.wsp.com



El Instituto de Rehabilitación Teletón Coyhaique fue diseñado en base a las condiciones locales del clima tomando ventaja de la luz natural y de la ventilación natural, obteniendo importantes ahorros energéticos. A esto se suma que gran parte del agua consumida por el centro es suministrada por un sistema de captación y almacenamiento de aguas lluvias.

La zona de Coyhaique tiene una precipitación media anual de 1.090mm, con antecedentes de agua caída en todos los meses del año, registrándose mayor precipitación entre marzo a septiembre con registros de precipitación abundante en periodo estival.

De acuerdo con esa información, se calculó que al cabo de 10 minutos de precipitaciones se almacena un volumen de aguas lluvia de 4,5m³ (4.500 litros) lo cual satisface las necesidades diarias de agua para un día de

sanitarios (3,36m³) y de paisajismo (0,53m³). Sin embargo, la capacidad de almacenamiento de aguas lluvias supera los 14 m³ lo que permite tener reserva en casos de falta de precipitaciones. Por consiguiente, existe disponibilidad suficiente para las necesidades del centro.

El sistema de reutilización de aguas lluvias se hace mediante una red de tuberías colectoras, sumideros y drenes captadores ubicados a la bajada de la techumbre y en pavimentos. El agua captada se dirige a cámaras desarenadoras y posteriormente se almacena en dos estanques subterráneos. Mediante un sistema de presurización se suministra el agua a los artefactos y riego.

El bajo consumo hídrico del paisajismo en este proyecto se debe a que la mayoría de sus áreas de vegetación no requieren irrigación, ya que las precipitaciones de la zona son suficientes para satisfacer las necesidades hídricas de estas especies. El resto del área vegetada tiene plantas nativas y adaptables con bajo consumo hídrico, para lo cual se destina parte del agua lluvia reciclada a través del sistema de captación y tratamiento de éstas, permitiendo que el sistema sea suficiente, evitando el uso de agua potable.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, además de la irrigación, el sistema de reutilización sirve a artefactos sanitarios al interior del centro, los que cuentan con tecnología de ahorro. Con esto no sólo se logra reducir la cantidad de agua potable utilizada por el proyecto, sino que también una reducción del consumo de agua global.

Reutilización de Aguas Grises en Chile

Actualmente se definen como Aguas Grises “la parte de las aguas servidas domésticas libre de materias fecales y desagües de la cocina.”⁷ Las aguas grises se distinguen de las aguas negras porque no contienen bacterias como la “Escherichia coli” (enterobacteria que se encuentra generalmente en los intestinos de los mamíferos, y por ende en las aguas servidas) ni detergentes o sustancias no biodegradables.

Para la reutilización de las aguas grises es imprescindible que éstas pasen por un tratamiento para luego poder ser utilizadas con fines en donde no es necesario utilizar agua potable, por ejemplo riego, descarga de artefactos sanitarios, climatización, procesos industriales, etc.

La descomposición de las aguas grises por lo general se hace mucho más rápido que el de las aguas negras, debido a un menor contenido de fósforo y nitrógeno, por lo que si las aguas grises quedan unos días sin tratar tenderán a comportarse como aguas servidas por la cantidad de bacterias que acumularían. En este caso se hace imposible su reutilización aún para casos en donde no se requiera agua potable.



Imagen 07: Adaptación Consejo de Producción, “Guía de Mejores Técnicas Disponibles para la Reutilización de Aguas Grises en el Sector Gastronómico y de Alojamiento Turístico”.

⁷ Dirección General de Aguas DGA: Actualización para reutilización de aguas grises del “reglamento general de alcantarillados particulares, fosas sépticas, cámaras filtrantes, cámaras de contacto, cámaras absorbentes y letrinas domiciliarias”, decreto supremo n° 236 de 1926 del ministerio de higiene, asistencia, previsión social y trabajo.

Alternativas de Tratamiento para Aguas Grises

Para poder tratar las aguas grises de un edificio o de una vivienda, es necesario contar con dos sistemas hidráulicos independientes: por un lado el de las aguas grises, es decir, el de las aguas que proceden de las duchas, lavamanos y lavaplatos (estas últimas no siempre se incluyen debido a la cantidad de grasa y detergente que contienen), y por otro lado el del agua proveniente de los artefactos de descarga o desagües, urinarios e inodoros.

Para poder optimizar la inclusión de estos sistemas independientes o diferenciados es recomendable planificar desde un inicio, en la etapa de diseño del proyecto, el tratamiento y reutilización de las aguas grises.

Las aguas grises tienen un grado de contaminación relativamente bajo, ya que son aguas provenientes de “lavados” como duchas y lavamanos. Es por esto que para purificarlas no se exige un tratamiento intensivo, sin embargo es necesario contar con la infraestructura que requiere el sistema.

- Sistema separado de Conducción de Aguas Grises y Aguas Negras: Se conectan los desagües de lavamanos, duchas y lavadoras hacia un depósito o estanque de acumulación.
- Estanque de Acumulación de Aguas Grises.
- Tratamiento de las Aguas Grises: Se realizan dos tratamientos de depuración, uno físico y otro químico. En el primero se impide el paso de partículas sólidas utilizando filtros y en el segundo se clora el agua dejándola en condiciones para ser utilizada con fines no potables.
- Estanque de Recolección de las Aguas Grises tratadas.
- Sistema de distribución según el uso: Utilizando bombas de bajo consumo que conectarán el agua con su uso final sea descarga de artefactos, irrigación, etc.
- Sistema de control: El sistema de control se encargará por un lado de abastecer con agua de la red potable el estanque de recolección en el caso de que haya déficit de agua y de entregarle agua a la red general de desagües en el caso de superar su capacidad de almacenamiento. Por otra parte, se deberá generar un sistema de control, verificar la calidad del agua y que el sistema de reutilización de aguas grises funcione de manera correcta, esto se puede limitar a una revisión anual de los filtros y del sistema de cloración.

Sistema Biofiltro o Filtro Jardinera

Este sistema consiste en un pequeño humedal artificial. En primer lugar se retienen jabones y grasas a través de una trampa de grasas formando una capa superficial y sedimentando los sólidos hacia el fondo. Cuando el agua pasa esta etapa se considera pre-tratada y es dirigida hacia una jardinera impermeable con relleno de grava en donde quedan atrapados los sólidos que no decantaron anteriormente. En este relleno se siembran plantas de pantano, las que se nutren de los detergentes y materia orgánica purificando el agua, se utiliza normalmente carrizo o poa acuática, gramínea chilena que posee importantes potenciales para el tratamiento de las aguas. Por último, en esta etapa también se forma una capa delgada de microorganismos denominada biomembrana la que se encarga de dar el tratamiento al agua.

Este recorrido dura entre 3 a 5 días siendo el principal criterio el tiempo que demoran las aguas en pasar por el material filtrante. Entre mayor sea el tiempo de retención mayor será el tratamiento. Sin embargo, es de suma importancia tener en consideración que, si bien la demora del agua en pasar por el filtro permite mejores resultados, el agua siempre debe estar en movimiento ya que si ésta se estanca por más de 12 horas puede tener efectos nocivos a la salud y de contaminación al medioambiente.

Una vez que las aguas son tratadas éstas pasan a un estanque de almacenamiento para su posterior uso en riego, artefactos sanitarios u otro uso que no requiera agua potable.

Es fundamental determinar la cantidad o el volumen máximo de aguas grises que se tratarán para establecer las dimensiones apropiadas para el biofiltro. Luego se deberá considerar las pendientes que debe tener para que el agua no quede estancada, pero pase a una velocidad lenta para un tratamiento eficaz.



Imagen 08: Biofiltro tratamiento aguas grises. Proyecto "Fitodepuración Nilo". <https://paissano.wordpress.com/proyectos-ejecutados/proyectos>



Imagen 09 Estanque de Almacenamiento Aguas Grises tratadas. Proyecto "Fitodepuración". <https://paissano.wordpress.com/proyectos-ejecutados/proyectos>

Situación Actual en Chile

Chile es un país que vive, en la mayor parte de su territorio, una sequía aguda que se ha prolongado por años. En este escenario, son de gran importancia políticas públicas que incentiven estrategias para disminuir el consumo de agua potable en el país. Es así como cobran especial relevancia la captación, acumulación y reutilización de aguas lluvia y aguas grises.

De acuerdo a la Dirección General de Aguas (DGA) cada persona consume diariamente como promedio entre 125 - 200 litros de agua potable, consumo del cual aproximadamente la mitad se considera aguas grises y su nivel de tratamiento dependerá de la calidad requerida para un nuevo uso al que se destine.

El informe de la DGA señala respecto a la reutilización de aguas grises que “en lo referido al tratamiento propiamente tal, la bibliografía especializada muestra que en general corresponden a sistemas de tratamiento compactos que contemplan en su mayoría componentes unitarias de filtración y algunas del tipo biológico, y las componentes unitarias y equipos asociados dependen fundamentalmente de los usos a que se destinarán las aguas grises tratadas”. Se debe tener en cuenta que si las aguas tratadas serán utilizadas en o cerca de sectores donde crecen especies comestibles se debe tener especial cuidado con las aguas que contengan detergentes ásperos y de blanqueo.

Sin embargo, el Código General de Aguas chileno no distingue entre aguas grises y aguas negras, siendo ambas entendidas como aguas servidas, por lo que no se hace referencia a la implementación de sistemas de reutilización de aguas grises como estrategia para disminuir el consumo de agua potable a nivel nacional.

El año 2009 el Gobierno de Chile, a través de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, desarrolló una “Guía para la Utilización de Aguas Grises de Lavamanos en Establecimientos Educativos” en donde se incentiva a todos los colegios, liceos y escuelas especialmente aquellos insertos en el Sistema Nacional de Certificación Ambiental para Establecimientos Educativos a instalar un sistema de reciclaje de aguas grises para regadío de áreas verdes.

Actualmente existe una norma técnica de ingeniería sanitaria, Nch1105 del Instituto Nacional de Normalización (INN), en la que se reconoce el concepto de aguas grises, diferenciándola de las aguas negras. Además, en el año 2018 se promulga la ley 21075, que regula la recolección, reutilización y disposición de estas aguas, sin embargo aún falta reglamentación que permita la operatividad del sistemas. En la actualidad se encuentra disponible la Norma NCh 3456:2021, sobre directrices para el uso de aguas residuales tratadas para proyectos de riego (Partes 1,2, 3 y 4).

⁸ http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-49934_GuiaLavamanosEducacionAmbiental.pdf

CASO DE ÉXITO TELETÓN COPIAPÓ

Con la contribución de WSP Chile
www.wsp.com



El objetivo principal de la Sociedad Pro-Ayuda del Niño Lisiado para los cuatro nuevos Centros de Rehabilitación Infantil a lo largo del país - Copiapó, Calama, Valdivia y Coyhaique - fue contar con la capacidad de operar y mantener los edificios a bajos costos, sin perjuicio de la calidad.

Para todos los Centros de Rehabilitación Infantil de la Fundación Teletón se aplicaron variadas estrategias de sustentabilidad, manteniendo una gran preocupación tanto por el entorno donde se ubican las instalaciones, como por su calidad ambiental interior. Ambos temas de alta importancia para una mejor recuperación de los pacientes.

Se puso énfasis en el ahorro en los consumos de energía y agua potable en el momento de aplicar las estrategias de sustentabilidad de los centros. Por ello, se utilizaron medidas alternativas, como es el caso de Teletón Copiapó, con la reutilización de aguas grises debido a la escasez de agua en la zona norte de nuestro país.

Copiapó recibe baja cantidad de precipitaciones anuales por lo que se considera un lugar de clima árido. El paisajismo del Instituto de Rehabilitación Teletón Copiapó está diseñado con especies nativas y adaptables a las condiciones del lugar las que tienen bajo consumo hídrico. Adicionalmente, el proyecto en un esfuerzo para evitar el consumo de agua potable consideró, para fines de irrigación y otros usos, un sistema de almacenamiento y tratamiento de aguas grises el que genera entre 10.000 litros (10m³) y 15.000 litros (15m³) diarios de agua para ser usada con fines no potables. Del total del agua reciclada 4.000 litros (4m³) se destinan diariamente a irrigación logrando una disponibilidad mensual de 12.000 litros (120m³) sobrepasando con creces los 50.000 litros mensuales (50m³) que según cálculos del paisajista

son los requerimientos de agua del proyecto de paisajismo. De este modo queda agua disponible para otros fines del paisajismo como limpieza de superficies, lavado de herramientas, entre otros.

Sistema de Tratamiento de Aguas Grises

Por requerimientos del mandante se proyectó un sistema de tratamiento de aguas grises que permite su reutilización para descarga de artefactos sanitarios e irrigación.

Las aguas grises generadas por usos domésticos de agua potable tienen un tremendo potencial para ser recicladas debido a que presentan pequeñas cantidades de contenido orgánico.

Específicamente para este proyecto se estimó la recolección separada de las aguas grises provenientes de lavamanos, lavaplatos y duchas.



El primer tratamiento separa sólidos, a la vez que atrapa y remueve la grasa de las aguas con un filtro de arena. Luego el agua es transferida hacia un estanque de almacenamiento el cual abastece al centro para los usos finales. Un controlador automático y una bomba se encargan de proveer un tratamiento con cloro de manera controlada para la desinfección del agua, lo cual puede ajustarse para afinar los niveles de cloro requeridos. El estanque considera una entrada de agua potable en el caso de requerir mayor cantidad de agua.

Por tanto, el sistema de tratamiento se compone de:

- Estanque primario de aguas grises.
- Filtración.
- Estanque de acumulación de agua filtrada.
- Desinfección.

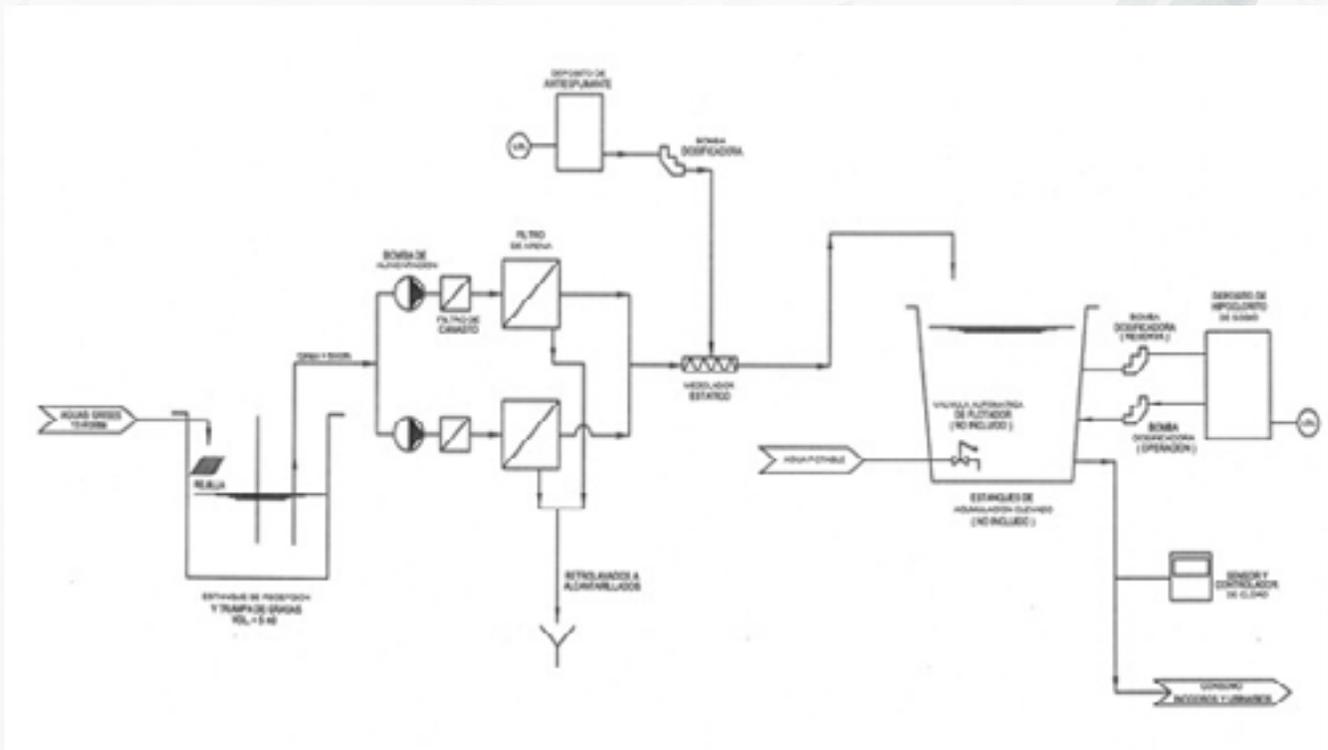


Imagen 10: Diagrama de flujo Tratamiento Aguas Grises, Gentileza de WSP.



SISTEMA DE RIEGO EFICIENTE

Diseño del Riego

La clave para asegurar el éxito de su proyecto de riego es comenzar considerando ciertas reglas técnicas previo al inicio de un proyecto:

- Desarrolle un diseño del sistema de riego acorde a su proyecto, esto le permitirá verificar cantidad de materiales, listado y posibles problemas al minuto de instalar.
- Verifique las condiciones del suelo, tipo de tierra, tipo de agua, pendientes u otra característica del terreno. Es importante medir el caudal y presión de agua disponibles para saber qué productos elegir.
- El número de rotores, aspersores o difusores determinará la uniformidad en el reparto del agua y por tanto el grado de control en el consumo del agua.
- Un mal diseño implica muchas veces errores en el reparto del agua los que normalmente se corrigen aumentando el tiempo de riego y por tanto afectan el consumo de agua.
- Las tuberías se dimensionan atendiendo al caudal necesario y a la presión requerida.

Tecnologías de Ahorro

Actualmente existen en el mercado variados productos y tecnologías que permiten ahorrar agua a través de una gestión eficaz del riego. La clave es seleccionar la tecnología más adecuada para el proyecto y preferir productos de calidad que asegurarán el buen rendimiento de estas tecnologías y evitarán problemas durante la operación del sistema de riego.

Controladores de Riego

Actualmente los controladores de riego no solo entregan tiempos de riego abriendo electroválvulas sino son una herramienta fundamental para el funcionamiento adecuado de su sistema de riego, para la elección de un controlador que se asegura ahorra agua se recomienda buscar aquellos certificados por la EPA, en el cual ya testearon ahorros superiores al 30%. Estos controladores para que cumplan el ahorro usan tecnología Wifi donde se conectan a estaciones meteorológicas locales pudiendo ajustar sus tiempos de riego según las condiciones del clima y tener un ajuste exacto con el uso de sensores meteorológicos, la selección del sensor dependerá del microclima y el factor crítico, puede ser de lluvia, temperatura, entre otros.



Imagen 11: Controlador Modular ESP Me3 con capacidad de conexión wifi, sensor meteorológico y sensor de caudal, Gentileza de Rain Bird®.

Sensores de Temperatura

Este es un tipo de mecanismo que controla la temperatura del aire para determinar en qué momento y cuanta cantidad regar.

Sensores de Humedad

Los sistemas de riego tecnificado incluyen sensores de humedad o pueden ser agregados. Este tipo de sensores permite que las plantas se rieguen de acuerdo a la necesidad al medir la cantidad de humedad en el suelo, ajustando el horario de riego o apagando el sistema en caso de exceso de humedad. Estos sensores miden la resistencia eléctrica que aumenta a medida que se seca el terreno.

Sensores de Lluvia

Los sensores de lluvia pueden ayudar a disminuir el desperdicio de agua en paisajismo apagando el sistema de riego cuando está lloviendo. La ventaja de la mayoría de estos sistemas es que son ajustables al volumen que el usuario cree que es demasiada agua lo cual avisa al controlador de riego para que se apague.



Imagen 12: Sensor de Lluvia Rain Bird, Gentileza de Rain Bird ®.

Sensores de Viento y de Heladas

Los sensores de heladas desactivan los sistemas de riego cuando las temperaturas caen hasta niveles de congelación e inferiores impidiendo que el agua circule por tuberías congeladas porque podría ocasionar roturas de las mismas y en consecuencia pérdidas de agua.

Los sensores de viento detienen el riego cuando hay vientos de alta velocidad y continúan el riego cuando la velocidad del viento baja. Se usan en climas ventosos en donde el agua se evapora o el chorro de los aspersores se distorsiona por los vientos.

Sensores de Caudal

Los sensores de caudal permiten estar verificando el caudal que está pasando por su sistema de riego, por una parte alertar por posibles roturas lo cual si no se detecta a tiempo puede ser una gran pérdida de agua como socavones o daños mayores a su proyecto de riego. Por otra parte, pueden alertar de falta de agua lo cual puede ser dado por un corte o que algunos emisores o electroválvulas están tapadas o cerradas, la falta de agua puede terminar matando nuestro paisajismo. Finalmente, estos sensores pueden medir cuantos litros por minuto pasan permitiendo al administrador del sitio cuantificar su consumo de agua y desarrollar estrategias de ahorro.

Estos sensores de caudal se pueden conectar a los controladores de riego, lo cual centralizan su información en un solo punto de control, actualmente existe tecnología que une esto a través de Wifi.

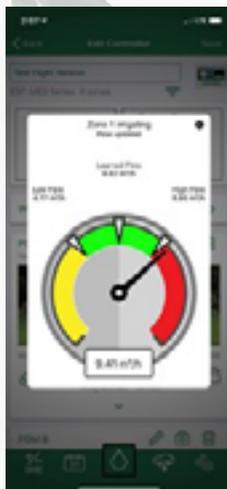


Imagen 13: Visión de una lectura en tiempo real del caudal via conexión wifi, Gentileza de Rain Bird®.

Aspersores Eficientes

Los aspersores son recomendados para pequeñas áreas de césped, lugares con flores y arbustos. Estos aspersores generalmente son emergentes y se instalan a nivel de la superficie del suelo. La presión del agua hace emerger el vástago, que se retrae una vez el riego finaliza. Algunos tipos de aspersores aplican agua de manera más eficiente que otros. Las boquillas rotativas o multichorro entregan agua en un caudal más bajo y gotas más grandes que las boquillas tradicionales asegurando que mayor cantidad de agua alcance las plantas y menos cantidad se pierda por efectos de la evaporación. Para asegurar ahorro de agua eficiente se recomienda el uso de aspersores con tecnología PRS, que regula la presión de salida entregando la exacta para que las boquillas trabajen de forma precisa. En taludes se recomienda el uso de aspersores con válvulas de retención conocidas como SAM, reduciendo erosiones y pérdida de agua.



Imagen 14: Aspersor Rain Bird con Boquilla Rotativa RVAN, Gentileza de Rain Bird®.

Rotores Eficientes

Los rotores permiten cubrir áreas más grandes, siendo esto ajustable, ideales para el riego de áreas de césped y arbustos de forma irregular, porque es fácil aumentar y reducir la distancia del riego. Por lo general existe uno para cada aplicación, tipo de presión o existencia de pendientes, exceso de viento o hasta vandalismo. Los rotores por lo general producen gotas de agua más grandes que son mucho menos susceptibles al viento y minimizan enormemente la neblina y la evaporación causada por el aire. Esto garantiza que la cantidad correcta de agua se dirija hacia donde sea necesario, para ahorrar tiempo, dinero y agua. El diseño del riego es fundamental para poder hacer los traslapes de riego generando una cortina de agua y así asegurar la eficacia.

Para asegurar ahorro de agua eficiente se recomienda el uso de rotores con tecnología PRS, que regula la presión de salida entregando la exacta para que las boquillas trabajen de forma precisa. En taludes se recomienda el uso de rotores con válvulas de retención conocidas como SAM, reduciendo erosiones y pérdida de agua.

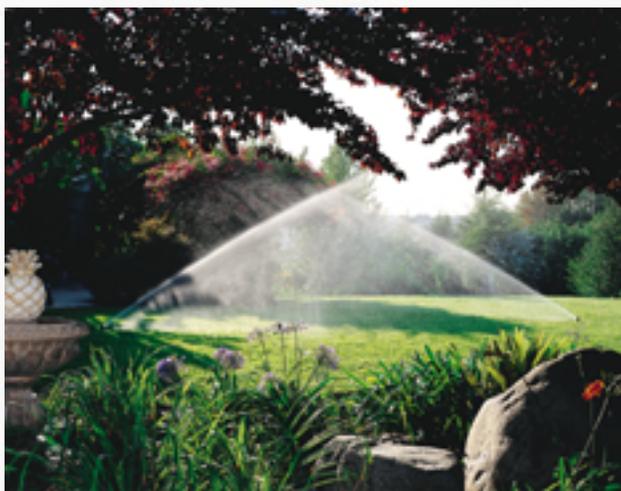


Imagen 15: Cortina de Agua con Rotor Rain Bird 5000, Gentileza de Rain Bird®.

Válvulas

Controladas por un programador, las electroválvulas se abren o cierran para suministrar el agua hasta los aspersores o las líneas de goteo, algunos permiten regular la presión de salida, independientemente de las fluctuaciones de presión de entrada. Ayuda a garantizar la presión óptima en el aspersor y así ser más eficientes.



Imagen 16: Regulador de Presión, este se coloca en la electroválvula, Gentileza de Rain Bird®.

Riego por Goteo Subterráneo

Los sistemas subterráneos son bastante eficientes ya que se evita la evaporación o hasta el vandalismo. Son ideales para techo verde o muros, jardines pequeños, estrechos y apretados, esquinas pronunciadas y todos los terrenos de césped. Existe una tecnología que usa cobre que protege al emisor frente a la invasión de raíces y crea un sistema subterráneo duradero y de bajo mantenimiento. Este sistema no necesita el uso de químicos peligrosos para el paisajismo o el ser humano.



Imagen 17: Riego Subterráneo Rain Bird XFS con protección cobre, Gentileza de Rain Bird®.

Riego de Raíces

Este sistema permite regar directamente en las raíces de árboles permitiéndole dos funciones, suministrar agua y aire necesario para las actividades de las raíces. Este sistema permite que las raíces crezcan hacia abajo sin la necesidad de que suban en busca del agua.

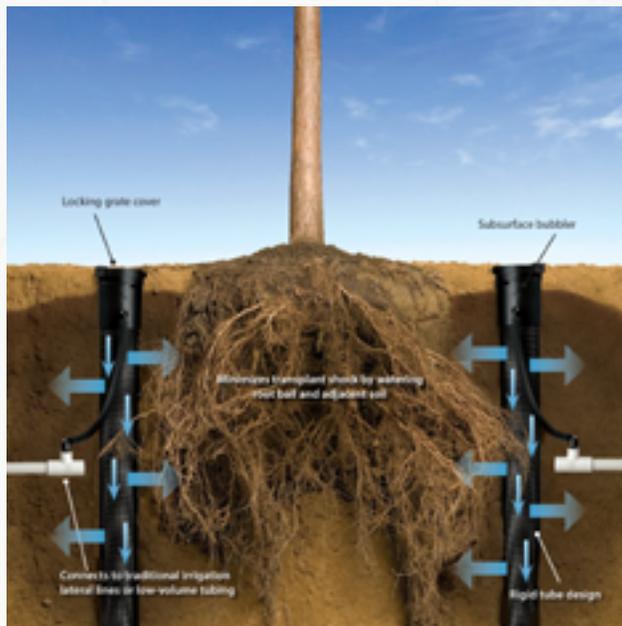


Imagen 18: Sistema de Riego Raíces RWS, Gentileza de Rain Bird®.

Micro Riego

Los sistemas de micro riego o riego por goteo son generalmente más eficientes que los aspersores comunes, esto se debe a que entregan bajos volúmenes de agua directamente a las raíces de las plantas minimizando pérdidas por viendo, escorrentía, evaporación o sobre riego. Los sistemas de riego por goteo utilizan 20 a 50% menos agua que un sistema de aspersión convencional. Considere instalar riego por goteo alrededor de árboles, arbustos y jardines en vez de aspersores. Para mayor ahorro se recomienda el uso de goteros autocompensados, lo cual permite saber exactamente la cantidad de agua por emisor que se está entregando. Para asegurar la vida útil se recomienda uso de filtros según la calidad del agua.



Imagen 19: Riego por Gotero Botón Compensado de 4 l/h, Gentileza de Rain Bird®.

Control Centralizado

Las tecnologías o estrategias de ahorro descritas anteriormente pueden ser aún más eficientes y efectivas cuando están conectadas a un sistema de control centralizado, permitiendo ajustar y controlar el funcionamiento y tiempos de los distintos componentes del sistema de riego de acuerdo a las condiciones de instalación o condiciones climáticas desde una localización central. Además, permiten monitorear de manera remota el sistema otorgando oportunidades de mayores ahorros en el consumo de agua.



Imagen 20: Sistema de Control Centralizado Rain Bird IQ, Gentileza de Rain Bird®.

Herramientas para calcular ahorros

<http://www.rainbird.com/landscape/resources/calculators.htm>

Operación

Aun cuando los sistemas de riego instalados sean eficientes y se hayan aplicado medidas de ahorro de agua en el diseño y en la elección de las especies, es importante llevar a cabo una operación inteligente y consciente del paisajismo para ser consecuentes con el objetivo de ahorro de agua y protección del medioambiente.

Horarios de Riego

Programar los sistemas de riego para que funcionen temprano en la mañana o tarde en la noche para evitar pérdidas por evapotranspiración o según las condiciones atmosféricas así como ajustar según la estación del año son medidas simples y muy eficaces. Ajustar los sistemas de riego utilizando uno o más de las tecnologías de ahorro mencionadas previamente para satisfacer los requerimientos actuales de agua de las especies permitirá ajustar las cantidades de agua consumidas en relación a las que realmente se necesitan en el momento.

Rutinas de Mantenimiento

Cualquiera sea el sistema de riego instalado en el proyecto de paisajismo, es de suma importancia realizar rutinas de mantenimiento para asegurar el funcionamiento apropiado de los sistemas y reducir el riesgo de pérdidas de agua debido a fugas o desvíos de los caudales.



Imagen 21: Mantenimiento Sistema de Riego. <http://www.asemafor.cl>

CASO DE ÉXITO EDIFICIO ADMINISTRATIVO PUERTO DE SAN ANTONIO

Con la colaboración de Pasiva
www.pasiva.cl



El proyecto se ubica en la franja costera del puerto de San Antonio en la V Región, y fue Pre Certificado CES, dónde se incorporaron todas las estrategias necesarias para el cumplimiento de los requerimientos obligatorios y voluntarios que plantea la certificación.

Particularmente para los objetivos de ahorro de agua en paisajismo, el proyecto nos ofreció la oportunidad de extender las estrategias más allá de los límites del proyecto declarados para la Certificación Edificio Sustentable hasta abarcar cerca de 3Km de borde costero.

El proyecto de paisajismo tiene como principal objetivo utilizar el proyecto de parque borde costero norte como promotor de la restauración del hábitat, para el fomento de las interacciones entre flora y fauna, a través de un espacio reservado para especies nativas, especies endémicas y especies en peligro de conservación de la ecorregión. Los territorios con bosque nativo remanente se encuentran en permanente retroceso debido al cambio climático y a la acción antrópica, especialmente por el interés inmobiliario, industrial y ganadero del borde costero de la V región, obteniendo como consecuencia especies vegetales, animales e insectos en peligro de extinción.

El proyecto promueve la utilización de plantas nativas y endémicas como parte del paisaje urbano, estas especies proveen de alimento y refugio a la fauna que habita la zona, el incremento de las interacciones entre flora y fauna tiene como beneficio la polinización de la vegetación y con ello su propagación en la ecorregión, contribuyendo a la conservación del medio ambiente natural.

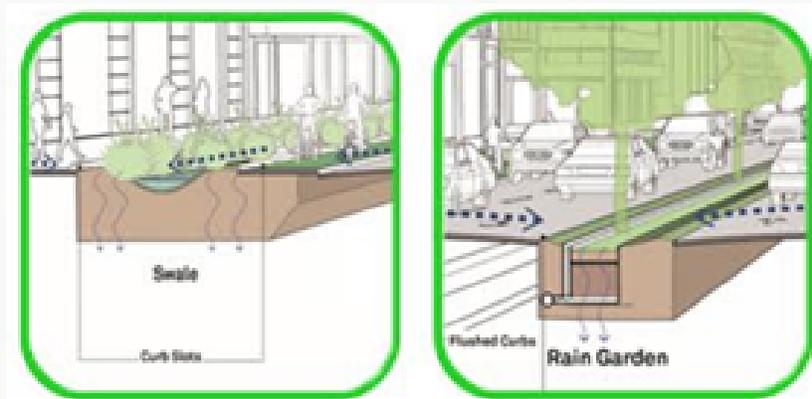
El proyecto considera algunas especies introducidas adaptadas al medio local, seleccionadas cuidadosamente para no provocar desbalances, por lo tanto, el reemplazo de cualquier tipo de planta debe ser consultado previamente. Las especies adaptadas propuestas presentan características diferentes a las locales, brindando prestaciones de ornamentación como también de mayor disponibilidad de alimento para la fauna.

El proyecto de paisajismo considera las interacciones entre las especies para determinar su localización en el paisaje, algunas de ellas contribuyen a la reducción de la erosión del terreno, afianzan la tierra y permiten el crecimiento de las plantas contiguas. Otras especies se sitúan para proveer de sombra al entorno en conjunto a rocas, permitiendo mantener mayor humedad. Otro caso es la selección de especies que interactúan por estaciones, algunas especies florecen durante la primavera y/o verano, presentan una reducción en su follaje durante el resto del año, por lo tanto, se utilizan otras especies de base que darán vida al paisaje el resto del año.

Las especies nativas y endémicas presentan múltiples beneficios en cuando a la mantención del paisaje. Mediante la interacción entre la flora y fauna, las plagas se mantienen bajo control, reduciendo la necesidad de utilizar productos químicos. La vegetación está adaptada a la zona climática, por lo que presentan un bajo requerimiento hídrico. Las especies propuestas son parte de la identidad local, el proyecto servirá de soporte comunicacional a las siguientes generaciones del aporte y diferentes usos que han tenido en el transcurso del tiempo, como por ejemplo, forrajero, medicinal, alimenticio, materia prima, entre otros.

Resumen de Estrategias:

Manejo de aguas lluvia, control de erosión y sedimentación: Se promueve la captación e infiltración de aguas lluvia para evitar inundaciones, cuidar el ciclo natural del agua, evitar contaminación de napas, reducir la carga en resumideros y bocas de tormenta, minimizar la erosión del borde costero.



Crear hábitat para fauna endémica: Mediante la selección de especies nativas vegetales y elementos construidos, se propicia la construcción del hábitat natural de la fauna de la zona costera de San Antonio, mitigando así la amenaza a las especies nativas.





GESTIÓN DE LAS AGUAS LLUVIAS

Introducción elaborada por Jorge Gironás León⁹

Actualmente el 90% de la población de Chile vive en ciudades, a la vez que se estima un 93% de población urbana para el 2050 (United Nation, 2014). Este crecimiento implica altas tasas de desarrollo urbano similares a las de la segunda mitad del siglo XX, donde sólo en Santiago se urbanizó a una tasa de 8 km²/año (Fuentes y Sierralta, 2004). Este crecimiento ha generado un cambio radical en la hidrología de las cuencas naturales al propiciarse superficies impermeables, la compactación de los suelos, la disminución de la capa vegetal, y pérdida y reemplazo de la red natural de drenaje mediante la incorporación de elementos artificiales. Estos cambios afectan el balance natural de agua en la cuenca y se traducen en problemas de anegamientos e inundación, cambios en el régimen hidrológico de los cauces, alteración de sus lechos, contaminación de cursos y cuerpos de agua receptores, y la implementación de cuantiosas obras de infraestructura para mitigar estos impactos. Adicionalmente, la ocupación territorial no planificada ha hecho que viviendas e infraestructura pública y privada se ubiquen en quebradas, cauces, humedales, zonas bajas y en las zonas inundables de cauces y ríos.

Una forma simple de visualizar el efecto del desarrollo urbano sobre el régimen hidrológico de un cauce es mediante la comparación de la curva de frecuencia de caudales máximos antes y después de urbanizar. Esta curva indica la frecuencia con la que se observan los distintos caudales máximos en el cauce que drena la cuenca cuando se producen eventos de escorrentía producto de las lluvias. La “Figura 20” muestra un ejemplo de esta comparación para una cuenca sintética en la región Metropolitana¹⁰, y permite visualizar cómo al impermeabilizar el terreno aumenta tanto la frecuencia de caudales de una magnitud dada, como el caudal máximo para una misma frecuencia. Por ejemplo, en condiciones naturales 1 vez al año se tiene una escorrentía superficial máxima de 10 l/s; al impermeabilizar ese caudal ocurre 14 veces al año aproximadamente. Más aún, el caudal que ocurre una vez al año en condiciones naturales aumenta 25 veces, hasta 250 l/s, cuando se urbaniza. La comparación de las curvas de frecuencia permite visualizar claramente otra de las características del impacto de las urbanizaciones, cual es el hecho que las mayores diferencias de caudales y frecuencias de ocurrencia con respecto a la situación natural se dan para los eventos más pequeños y frecuentes. Así entonces, un caudal que ocurre una vez cada 20 años en condiciones naturales (400 l/s) se observa una vez cada 5 años luego de urbanizar; por otra parte, el caudal que ocurre una vez cada 20 años después de urbanizar (800 l/s) es sólo el doble del generado en condiciones naturales. Por lo tanto, las superficies impermeables de la ciudad generan cambios muy sustanciales en la escorrentía superficial frente a lluvias frecuentes y pequeñas, que si bien pueden no generar grandes inundaciones y daños directos sobre personas e infraestructura, sí producen molestias y anegamientos. Adicionalmente se alteran significativamente el balance hídrico y el régimen hidrológico frecuente de los cursos receptores, lo que lleva a su erosión y degradación, y se producen otros impactos ambientales que discutiremos a continuación.

⁹ Jorge Gironás León, Ingeniero Civil y Magister en Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Católica de Chile y Ph.D. en Ingeniería Civil y Ambiental de Colorado State University. jgironas@ing.puc.cl

¹⁰ Gironás, J. y Fernández, B. (2011). Relación entre agua y ciudad. 2a Jornada Técnica Espacio Público Sustentable 2011, Espacio Público – Planificación y Eficiencia en el Consumo de Recursos (Agua), Santiago, 18 Agosto. Pp: 215-238.

Las transformaciones del balance hídrico previamente descritas se combinan con la introducción de nuevas fuentes contaminantes propias del desarrollo urbano. Por una parte, frecuentemente cuando llueve los sistemas unitarios de alcantarillado y las plantas de tratamiento de aguas servidas reciben caudales mucho mayores a los considerados en su diseño. Así entonces, estos sistemas pueden colapsar, vertiéndose directamente una mezcla de aguas lluvias y servidas sin tratar a los cursos receptores. A este fenómeno se le denomina Descargas de Sistemas Unitarios (DSU), las que también ocurren en los sistemas separados de alcantarillado, puesto que suele haber conexiones informales de aguas lluvias, o filtraciones de estas a través de grietas. Desafortunadamente, la localización, magnitud y frecuencia de los DSUs no han sido estudiadas en detalle en nuestro país, a pesar de que cada vez más son identificadas como un problema severo que afecta a muchas ciudades en ambientes húmedos, particularmente en el sur del país. Por otro lado, las ciudades son fuentes de una gran cantidad de contaminantes que son lavados desde la superficie por las aguas lluvias, siendo también transportado a los cursos de aguas. El nombre dado al deterioro de la calidad de aguas a partir del lavado superficial de contaminantes es el de "Contaminación Difusa", siendo las aguas lluvias urbanas en muchos casos el principal agente generador de este fenómeno¹¹. Esto significa el transporte de sólidos suspendidos, aceites y detergentes, residuos de la combustión de motores, metales pesados, coliformes fecales, hidrocarburos, basura, hojas y otros contaminantes a los cuerpos receptores de agua. Cada vez que llueve, y particularmente en los momentos iniciales de la tormenta, ambos problemas de contaminación (descargas de sistemas unitarios y contaminación difusa) ocurren, sin importar significativamente lo pequeño o grande que pueda ser el evento de precipitación.

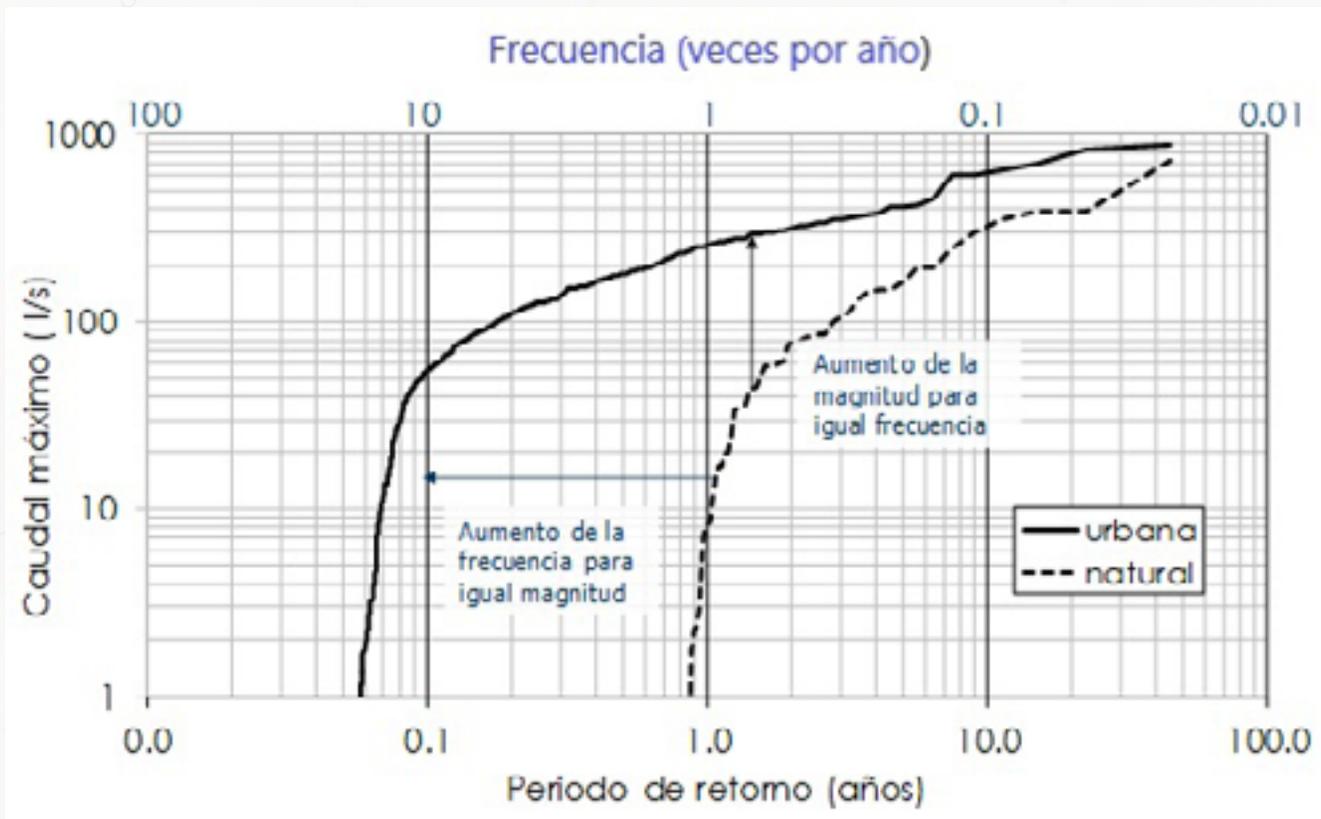


Imagen 22: Curvas de frecuencia de caudales máximos antes y después de urbanizar un terreno en la región Metropolitana (Fuente: Gironás y Fernández, 2011)

¹¹ Haster, T. W., & James, W. P. (1994). Predicting sediment yield in storm-water runoff from urban areas. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 120(5), 630-650.

Tradicionalmente el manejo de aguas lluvia es abordado con cañerías enterradas, conectadas con la superficie (calles) a través de sumideros, las que evacúan la escorrentía hacia aguas abajo. Sin embargo, esta práctica significa “solucionar” un problema transportándolo hacia aguas abajo a través de una infraestructura que se vuelve obsoleta a medida que las ciudades se densifican y aumentan de tamaño, aumentando entonces los problemas de inundaciones al largo plazo. Más aún, las prácticas de evacuación están orientadas básicamente a evitar en forma segura el contacto de la población con la escorrentía urbana, pero no buscan reducir los caudales ni los volúmenes escurridos. Esto claramente tiene sentido cuando la escorrentía puede representar un riesgo para la comunidad por contacto directo, pero en poco ayuda a controlar los otros efectos previamente mencionados, ni en recuperar las condiciones hidrológicas naturales tan drásticamente modificadas según se mostró en la “Figura 20”.

Para controlar los impactos de los eventos frecuentes, particularmente los ambientales y los relacionados con molestias y disfuncionalidades urbanas, se hace necesario tener dos consideraciones en cuenta. Por un lado, es extremadamente necesario controlar los eventos frecuentes, de manera de reducir el número de situaciones de molestias, DSU y lavado de contaminantes. Por otro lado, es necesario actuar lo más cercano a la fuente, incluso en suelo privado, antes de que el control de contaminantes urbanos se haga inviable debido al volumen de agua involucrado, y antes de que la escorrentía entre en los colectores subterráneos donde cualquier control adicional se hace impracticable. Las prácticas propicias para lograr estos objetivos están basadas en la infiltración y almacenamiento de las aguas lluvias. Estas prácticas se denominan Sistemas Urbanos de Drenaje Sustentable o Sostenible (SUDS), o Técnicas de Desarrollo de Bajo Impacto (low Impact Development – LID), y buscan imitar la hidrología natural del terreno y su drenaje. En estos sistemas las aguas lluvias son entendidas como un recurso a preservar más que como un problema, y se logra controlar tanto la cantidad de los eventos de escorrentía frecuente como también la calidad de esta escorrentía, de manera de preservar la calidad de los cuerpos de agua receptores (e.g., cauces, humedales, acuíferos, lagos). Finalmente, estas prácticas ayudan a integrar plenamente la gestión de la escorrentía con el territorio urbano, tanto en suelo privado como público.

El Drenaje Urbano y las Políticas Públicas en Chile

El drenaje urbano data de inicios del siglo XIX al ser necesario solucionar el problema sanitario de las aguas servidas escurriendo por acequias abiertas. De esa época destaca el sistema de alcantarillado y de recolección de aguas lluvias del centro de Santiago construido en 1906. Posteriormente, y hasta la década del sesenta, se construyen en las distintas ciudades del país redes de colectores unitarios, calculados para evacuar conjuntamente las aguas servidas y escorrentía urbana de período de retorno importante. En las décadas de 1970, y particularmente 1980, las aguas lluvias son un problema secundario al de las aguas potable y servidas, asignándosele a las municipalidades en 1992 la gestión de éstas dada la falta de legislación al respecto.

Un hito crucial en la gestión del drenaje urbano en nuestro país es la Ley N° 19,525 de Aguas Lluvias de 1997. Esta ley declara al Estado responsable de la existencia de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias en centros poblados. Cada uno de estos sistemas se separa en una red primaria y otra secundaria, gestionadas por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) respectivamente. La ley crea la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), encargada de elaborar Planes Maestros (PMs) de drenaje urbano y revisar las conexiones de la red secundaria a la primaria. Posteriormente en el 2000 se crea la Subdirección de Aguas Lluvias (actual División de Cauces y Drenaje Urbano) con objeto de asesorar en la confección de PMs, diseño, construcción, explotación y conservación de obras de drenaje de aguas lluvias, y la coordinación entre el MOP y el MINVU.

Los aproximadamente 40 PMs ya elaborados, y otros en etapas de desarrollo, cubren las principales ciudades nacionales y otros centros urbanos que albergan alrededor del 90% de la población. Ellos se han transformado en una guía para la gestión de las aguas lluvias, principalmente desde la óptica de la red primaria. El PM define las redes primaria y secundaria, y contiene estudios básicos de hidrología e hidráulica, y el análisis técnico y económico de distintas alternativas de gestión para la red primaria. Sin embargo, tanto la gestión en general del drenaje urbano como los PMs en particular, presentan ciertas falencias muy vinculadas a la generalizada inacción en el tema previo a la ley N°19,525, y al dominio del antiguo paradigma que considera la escorrentía urbana como una molestia e incluso amenaza, y no como un potencial recurso a proteger y/o utilizar. Algunas de estas falencias son: (1) una falta de visión integral donde la cuenca, y no la unidad administrativa, es la unidad territorial relevante, (2) la carencia de objetivos ambientales propios de la realidad de cada cuenca (i.e. preservación de cauces, control de la calidad del agua de cuerpos receptores), así como el que no se considere las aguas lluvias como un residuo líquido, (3) la nula o baja integración de distintas escalas espaciales (desde la escala domiciliaria hasta la regional) en el desarrollo de alternativas de gestión de escorrentía, ya que el foco de los PMs es la red primaria, (4) el escaso uso de técnicas y obras basadas en infiltración y almacenamiento, por sobre conducción, (5) la nula o baja vinculación con los Instrumentos de Planificación Territorial (IPTs) y (6) la orientación más bien “estructural”, siendo las medidas no estructurales y la gestión de zonas de inundación sólo abordadas parcialmente.

Muchas de las falencias anteriores se relacionan con el hecho de que el sistema de drenaje urbano ha sido entendido como un conjunto de obras de carácter público destinadas a la evacuación rápida de las aguas lluvias. Estas obras forman parte del sistema primario y el sistema secundario. El primero básicamente corresponde a grandes colectores cerrados y algunos canales abiertos, mientras que el secundario corresponde a las calles, colectores subterráneos de menor tamaño y los sumideros y cámaras. En esta concepción faltan dos componentes vitales: la red domiciliaria y la red natural. La primera corresponde al conjunto de obras y prácticas en suelo privado que permiten gestionar las aguas lluvias, mientras que la segunda incluye los cursos y cuerpos de aguas receptores de la escorrentía urbana (esteros, ríos, humedales, lagos y agua subterránea) donde ésta vuelve al medio natural. La red domiciliaria es tremendamente relevante pues permite actuar in-situ sobre un gran porcentaje del agua caída sobre la ciudad (60% – 80%), antes de que esta alcance el sistema secundario donde se complica el control tanto de la calidad como la cantidad. Por otra parte el sistema natural es relevante pues siempre debiese asegurarse la preservación de la calidad del agua en este sistema así como su planicie de inundación. En otras palabras, la red natural permite fijar metas para las descargas de las aguas lluvias, mientras que la red domiciliaria permite actuar en forma simple y poco invasiva, pero espacialmente distribuida, sobre una gran cantidad del agua caída. Una vez considerada las redes domiciliarias y naturales como componentes íntegros de un sistema de drenaje (Figura 21), aparece la necesidad y posibilidad cierta de utilizar técnicas de infiltración y almacenamiento en la gestión de las aguas lluvias. Estas técnicas permiten entonces reducir las tasas y volúmenes de escorrentía, contribuyéndose entonces al control de los eventos frecuentes, que corresponden al 60 – 80% del volumen anual de escorrentía. Estos eventos se traducen en disfuncionalidades, trastornos, molestias y efectos ambientales.

En Chile poco a poco se han elaborado manuales de diseño que permiten abordar la gestión de las aguas lluvias con el enfoque integral requerido. Un hito importante es la publicación en 1996 de la guía de diseño Técnicas Alternativas para soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos, elaborada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), a través del cual se propuso por primera vez el diseño de obras de gestión de escorrentía urbana basadas en la desconexión de áreas impermeables, infiltración y almacenamiento, todas técnicas muy propicias para la red domiciliaria y secundaria. Adicionalmente este documento permitió la incorporación de elementos de paisajismo dentro de las obras propuestas.

En el 2008, el MINVU elabora la Guía de Diseño y Especificaciones de Elementos Urbanos de Infraestructura de Aguas Lluvias (MINVU), el cual está más focalizado en elementos de la red secundaria. Un tercer documento de gran relevancia corresponde al Manual de Drenaje Urbano (MDU) publicado por el MOP (MOP-DOH, 2013), el cual aborda explícitamente la gestión integrada a largo plazo del sistema de drenaje y sus distintas redes, incorporando las distintas escalas especiales y los diversos actores involucrados (i.e. privados, urbanizadores, municipios, ministerios públicos y empresas sanitarias). En este manual se incorpora en detalle elementos de paisajismo dentro de las obras, y se propone entre otras cosas una guía para la selección de vegetación aplicable a infraestructura verde de drenaje urbano. Este es un único documento aplicable a todo el país, que guía la participación de los diversos actores en la planificación, diseño, operación y conservación de los sistemas de drenaje urbano. El MDU representa el estado del arte de la gestión de aguas lluvias en Chile, por lo que sus principales planteamientos y enfoque son los que se presentan en esta sección. Por último, el 2021, se publicó la Guía de Drenaje Urbano Sostenible para la Macrozona sur de Chile, documento financiado por CORFO y elaborada por un equipo multidisciplinario que incluye a la empresa Patagua, la fundación Legado, el Centro de Desarrollo Urbano Sustentable y la Universidad Católica de Chile. Esta guía pone un especial foco en las soluciones de drenaje urbanos basadas en infraestructura verde, de manera de aprovechar espacios públicos y privados mediante un enfoque integral para el control de la escorrentía y la preservación de servicios ecosistémicos en ambientes urbanos húmedos¹².



Imagen 23: Identificación de las redes domiciliaria (rosado), secundaria (amarillo), primaria (verde) y natural (azul) en un ambiente urbano (Fuente: MOP-DOH, 2013)

¹² Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile. (2021). Ciudades sensibles al agua. Guía de drenaje Urbano Sostenible para la Macrozona Sur de Chile.

Estrategias de Control de Cantidad y Calidad de la Escorrentía

Con la colaboración de Jorge Gironás León¹³

Las 4 redes previamente identificadas pertenecientes a la red de drenaje (red domiciliaria, red secundaria, red primaria y red natural) deben ser planificadas y diseñadas para operar en forma integrada, con el objeto de lograr metas establecidas desde aguas abajo. Estas metas idealmente debiesen corresponder a objetivos de descarga, tanto en términos de caudales como de concentraciones de contaminantes, las que al ser definidas desde aguas abajo hacia aguas arriba permiten una gestión orgánica del sistema de drenaje. Una buena gestión debe considerar en cada una de las redes, medidas basadas en los tres procesos físicos relevantes en el drenaje: infiltración, almacenamiento y conducción. La relevancia de estos procesos y las opciones de las correspondientes obras se definen según el tipo de red. La Figura 18 muestra las distintas redes y los distintos elementos propios que la componen, junto con obras de drenaje propicias para cada red que son representativas de las distintas técnicas de gestión de aguas lluvia. Por ejemplo, en la red domiciliaria existen techos y pavimentos, entre otros elementos, y en términos del drenaje se puede disponer de obras de infiltración como pavimentos permeables, obras de almacenamiento como barriles de almacenamiento y obras de conducción como las bajadas de aguas lluvia. La Figura 22, muestra también como, por los motivos explicados en la sección anterior, no se recomiendan obras de infiltración en la red primaria y en la red natural.

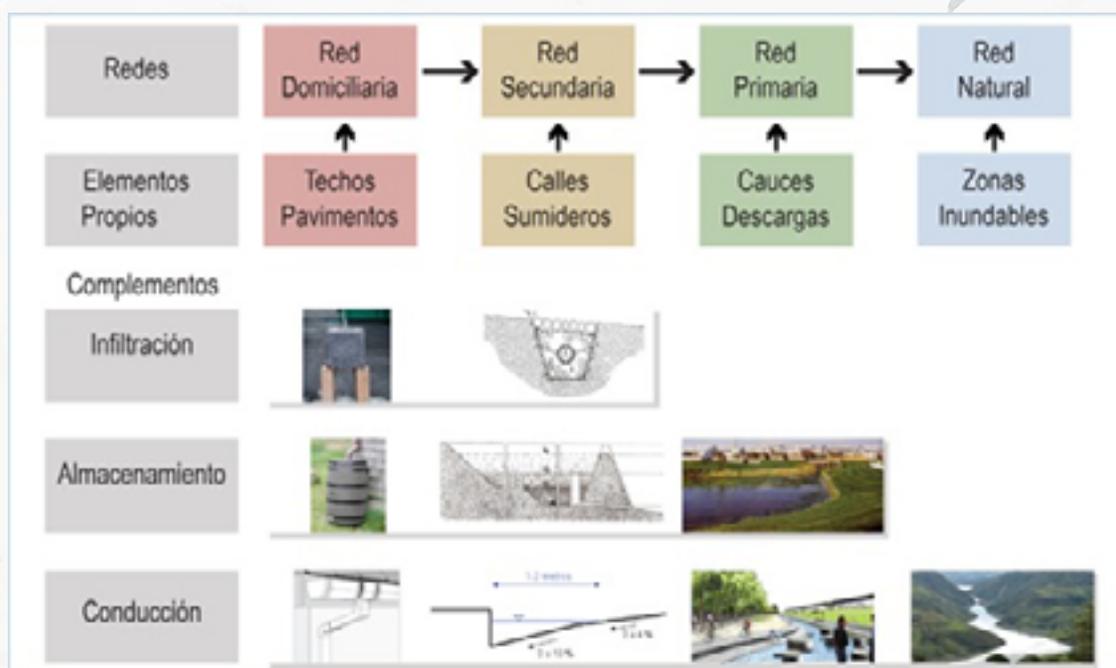


Imagen 24: Ejemplos de obras en las distintas redes de drenaje. Las distintas técnicas de gestión de aguas lluvia se plasman en obras apropiadas según la red en la que se actúa (Fuente: MOP-DOH, 2013)

Según lo presentado en el capítulo anterior, los SUDS son un conjunto de prácticas y obras que intentan imitar los procesos del ciclo hidrológico y preservar el funcionamiento natural del drenaje. Estos sistemas entonces pueden controlar la escorrentía mediante infiltración o almacenamiento, y ser dispuestas en distintas escalas espaciales o redes, dentro del sistema. Es importante recordar que los SUDS son obras de ingeniería en sí mismas diseñadas según criterios hidrológicos e hidráulicos, que se incorporan en el medio urbano según criterios paisajísticos y urbanísticos.

¹³ Jorge Gironás León, Ingeniero Civil y Magister en Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Católica de Chile y Ph.D. en Ingeniería Civil de Colorado State University. jgironas@ing.puc.cl.

Otra forma de concebir las distintas alternativas de drenaje urbano es la propuesta por Stahre (2008)¹⁴, quien identifica su implementación según su ubicación dentro del territorio urbano (Figura 23). Esta clasificación se abstrae del concepto de redes, el cual es una formalización adoptada según nuestra realidad nacional.

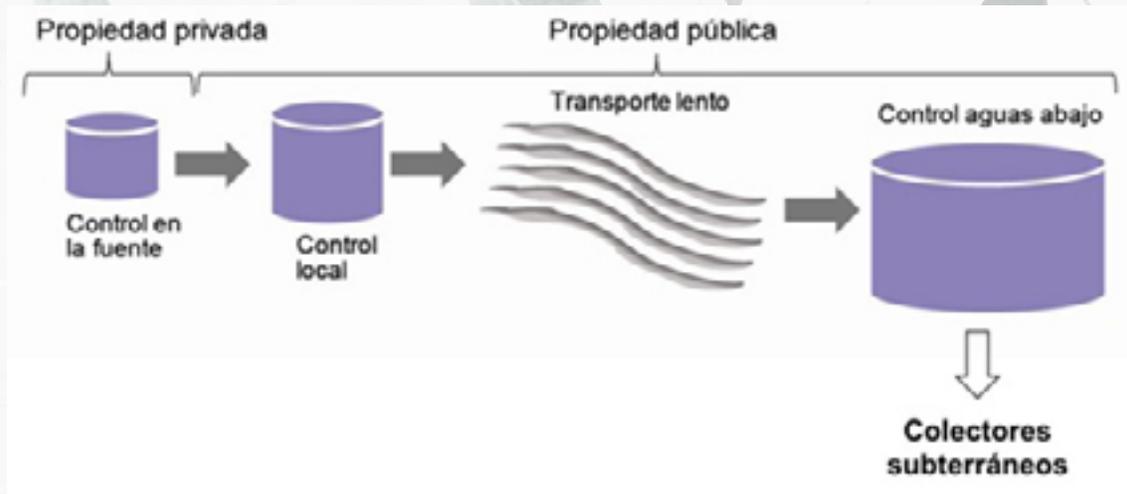


Imagen 25: Tipos de medidas para la gestión sustentable de las aguas lluvia (adaptado de Stahre, 2008)

1. Medidas de control en la fuente: Corresponden a obras menores o simples prácticas de gestión no estructurales, generalmente localizadas en la propiedad privada, y basadas en técnicas de infiltración. Ejemplos de éstas son la desconexión de techos y áreas impermeables, los techos verdes, los jardines infiltrantes y los pavimentos permeables (Figura 20). Los ciudadanos tienen un rol activo en su cuidado y mantenimiento.

2. Medidas de control local: Corresponden a obras menores de control localizadas en terrenos públicos, en las zonas altas de las cuencas urbanas antes de que la escorrentía entre en los elementos de conducción. Son mantenidas y operadas por la municipalidad u otro ente público (Figura 21). Al estar en terrenos públicos deben integrarse plenamente al funcionamiento normal de la ciudad. Ejemplos de éstas son los estanques de detención y los estanques de infiltración.



Imagen 26: Medidas de control en la fuente: (a) techo verde (www.brooklynfeed.com/2010/05/green-roof), (b) pavimento poroso en Ingeniería UC, Campus San Joaquín.

¹⁴ Stahre, P (2008). Blue-green fingerprints in the city of Malmö, Sweden. VASYD.

3. **Medidas de retardo o transporte lento:** Corresponden a obras de conducción abiertas donde se facilita el transporte lento de manera de agregar capacidad de almacenamiento antes de llegar a la red de drenaje principal (Figura 22). Cuentan con una serie de obras menores de disipación de energía, reducción de velocidades, etc. Estos elementos deben tener un uso alternativo en el ambiente urbano cuando no están transportando agua (e.g., uso recreativo, paisajístico), o al menos no interferir en el funcionamiento de la ciudad. Ejemplos de estas medidas son las zanjas verdes y pequeños canales o cauces urbanos.

4. **Medidas de control aguas abajo:** Corresponden a obras de control mayores para la detención relativamente masiva de escorrentía en las partes bajas del sistema de drenaje. Ejemplos de estas medidas son los estanques de retención, humedales y lagunas (Imagen 24).



Imagen 27: Medidas de control local: estanques de detención (cortesía de Larry Roesner)



Imagen 28: Medidas de retardo o transporte lento: (a) zanja verde, (b) cauce urbano con una obra de disipación (cortesía de Larry Roesner)



Imagen 29: Medidas de control aguas abajo: (a) laguna (b) estanque de retención (cortesía de Larry Roesner)

Sistemas Urbanos de Drenaje Sustentable¹⁵

Existen diversas alternativas de obras para una buena gestión de las aguas lluvias dentro del marco de referencia brevemente explicado. Su selección y, particularmente, su diseño e implementación dentro de un proyecto es producto de la integración de la visión de las especialidades involucradas – ingeniería, arquitectura, paisajismo, etc. – junto con criterios definidos según las condiciones del lugar y del tipo de proyecto (ver tabla A, B y C más adelante). Sólo lo anterior fomenta las sinergias adecuadas que llevan a un buen proyecto de drenaje sustentable y de positivo impacto en el medio urbano. A continuación se presentan algunas de las alternativas de gestión de aguas lluvia orientadas al control de la calidad (volúmenes y caudales) y la calidad. Se recomienda consultar el Manual de Drenaje Urbano del MOP para procedimientos de diseño, detalles constructivos, consideraciones para la operación y conservación, etc. Más aún, para efectos de este documento, es altamente recomendable consultar la guía para la selección de vegetación disponible en el Manual (Capítulo 4), la que permite identificar especies idóneas para desarrollar proyectos de drenaje sostenible más atractivos. Finalmente, se recomienda consultar la recientemente publicada Guía de Drenaje Urbano Sostenible para la Macrozona sur de Chile.

Obras para la Desconexión Áreas Impermeables

La idea principal de esta técnica es evitar la conexión directa de las superficies impermeables con el sistema de drenaje aguas abajo. Esto se logra distribuyendo las superficies permeables e impermeables de manera que estas últimas drenen hacia las primeras, previo a la evacuación hacia aguas abajo. Las zonas permeables pueden ser techos verdes, zanjas con vegetación, pavimentos permeables, entre otras.

• **Zanjas de Pasto o con Vegetación:** Canales cubiertos de pasto o vegetación que permiten infiltrar y almacenar escorrentía, a la vez que se disminuye la tasa y velocidad de los flujos que escurren aguas abajo.

• **Franja de Pasto:** Franja de vegetación densa y resistente para la infiltración y retención de aguas lluvia hasta llegar a su punto de saturación. Esta técnica es una buena solución para la desconexión de superficies impermeables y remoción de contaminantes.



Imagen 30: <https://www.pilardetodos.com.ar/sociedad/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-para-pilar>



Imagen 31: <http://pinonengranado.blogspot.com/2009/01/franjas-de-pasto-ayudan-controlar-la.html>

¹⁵ Las obras y técnicas acá presentadas fueron obtenidas del Manual de Drenaje Urbano del MOP, capítulo 5 - 2013, página 24.

• **Pavimentos Permeables:** Pavimentos que permiten la infiltración de las aguas a través de sus poros o interfaz. Este tipo de superficies se pueden instalar como desconexión de zonas impermeables o como solución general.



Imagen 32: <https://www.iagua.es/blogs/ana-abellan/drenaje-urbano-sostenible>

• **Techos Verdes:** Techos con vegetación que permiten infiltrar las aguas lluvia y retenerlas dentro de un sustrato y una capa drenante. Una buena parte de la escorrentía urbana proviene de los techos por lo que esta técnica permite reducir en forma significativa importantes contribuciones a la escorrentía a mayores escalas.



Imagen 33: <https://noti-rse.com/ambiente/techos-y-azoteas-verdes-son-ley-en-dinamarca-francia-y-suiza>

Obras de Infiltración y Filtros

La técnica de infiltración permite que el agua se infiltre en el suelo y se almacene, lo que implica disminuir tanto los caudales como los volúmenes de escorrentía. Se pueden destinar espacios en el paisajismo para este tipo de obras a las cuales llega la escorrentía desde techos y superficies impermeables. Es importante considerar una zona segura para estas obras en donde el suelo tenga gran capacidad de infiltración, con napa profunda y acuífero no vulnerable. Algunos ejemplos de estas obras son los estanques, zanjas y pozos de infiltración, los que básicamente difieren en el tamaño y la extensión de las áreas aportantes.

- **Estanques de Infiltración:** Son estanques con poca profundidad ubicados en suelos permeables que funcionan como áreas verdes para la infiltración en periodos cortos. Disponen además de una cierta capacidad de almacenamiento superficial en caso de entradas significativas de escorrentía que no pueden ser infiltradas rápidamente.



Imagen 34: http://www.warnonline.org/espanol/retentionpond_span.html

- **Zanjas de Infiltración:** Zanjas longitudinales con mayor profundidad (de 1 a 3 m). Reciben la escorrentía desde la superficie o por tuberías enterradas, lo cual permite que estén cubiertas permitiendo el aprovechamiento de la superficie. Se recomienda cubrir las zanjas con piedras, gravas u otros elementos porosos que sirvan de protección



Imagen 35: <https://www.arqhys.com/arquitectura/zanjas-drenantes.html>

- **Pozos de Infiltración:** Pozos puntuales con profundidad variable en donde se infiltra la escorrentía proveniente de la superficie. Para un correcto funcionamiento de estos, se deben considerar áreas aportantes pequeñas y fuentes de escorrentía poco contaminadas.



Imagen 36: <http://hidroextrema.blogspot.com/2008/09/pozos-de-infiltracin.html>

- **Jardines de Lluvia:** Jardines puestos en zonas bajas del terreno o al interior de estanques de infiltración. Tienen vegetación y suelo con alta capacidad de infiltración, lo que además permite controlar calidad y cantidad de la escorrentía. Almacenan una gran capacidad de agua la que luego se drena, se evapotranspira o se evapora naturalmente.



Imagen 37: <https://aodpaisajes.com>

- **Filtros:** Corresponden a medios granulares que limpian las aguas y luego las derivan hacia aguas abajo. Algunos medios usados son arena, gravilla, perlita expandida, etc.



Imagen 38: <https://www.guiadejardineria.com/10-formas-de-usar-grava-en-el-jardin/>

Detención y Retención

Las obras de detención y retención buscan almacenar agua para regular los volúmenes y atenuar los caudales de escorrentía hacia aguas abajo. El agua almacenada es liberada gradualmente o puede evaporarse de manera natural. Es importante notar que la reducción de volúmenes de escorrentía es despreciable, no así con el caso de las obras de infiltración. Finalmente, estas obras pueden y deben tener alto valor estético dentro del paisajismo, ya que en muchos casos ocupan extensiones importantes, y por lo tanto forman parte íntegra del territorio urbano.

- **Piletas:** Corresponden a la infraestructura con fines estéticos que puede proveer una capacidad de almacenamiento significativa para el control de caudales máximos provenientes de áreas aportantes pequeñas.



Imagen 39: <https://www.piedrum.cl>

- **Barriles y pequeños estanques:** Son elementos menores de almacenamiento que permiten almacenar agua, la que luego puede ser reutilizada con fines no potables como irrigación o bien pueden ser vaciados lentamente cuando las precipitaciones cesan.



Imagen 40: <https://www.duraplas-argentina.com/blog/que-tipo-de-tanque-para-agua-es-mejor-para-la-recoleccion-de-agua-de-lluvia>

- **Estanques de detención:** Corresponden a obras de almacenamiento de tamaño significativo (i.e. decenas o cientos de m²) y profundidades que pueden alcanzar 1,5 m. Estos estanques no sólo controlan los eventos frecuentes sino que además, por su tamaño, permiten controlar caudales importantes de periodos de retorno superiores a 2 años. Generalmente se integran a plazas u otras áreas verdes, de manera que se pueden ocupar y son seguros cuando no está lloviendo.



Imagen 41: <https://elements.envato.com/es/aerial-view-retention-basins-wet-pond-wet-detentio-WEPVC2E>

Selección de Técnicas Alternativas

Si bien muchas de las técnicas alternativas mencionadas anteriormente pueden ser útiles para el proyecto que se está diseñando, la selección de estas debe hacerse con conocimiento y análisis tanto del lugar como del tipo de edificación.

Tabla A → Selección de obras de infiltración por condiciones del lugar, Adaptación Tabla 6.2.2 y Tabla 6.2.3 Selección de obras de infiltración por condiciones del lugar, Manual de Drenaje Urbano MOP – 2013, Capítulo 6 página 24.

Condiciones especiales del lugar que requieren atención	Obras de Infiltración							Obras de Almacenamiento			
	Desconexión Áreas Impermeables	Techos Verdes	Jardín de lluvia	Pavimentos Permeables	Estanques	Zanjas	Pozos	Tanques pequeños y barriles	Piletas, fuentes	Estanques	Lagunas
Topográficas y Suelos											
Pendiente fuerte, sobre 5%	Si	Si	Si	Requieren colocar divisiones interiores			Si	Si	Si	Puede colocarse a lo largo de la curva de nivel	
Poco espacio en superficie	No	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	No
Poca capacidad de soporte	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Cuidar el diseño estructural de las obras anexas y muros	
Poca capacidad de infiltración	Si	Si	No	No	No	No	No	Si	Si	Si	Si
Suelo poca propicio a la presencia de agua	No	Si	No	No	No	No	No	Si	Si	No	No
Muchas redes en subsuelo	Si	Si	Prever posibles conflictos del agua infiltrada con las redes					Si	Si	Si	Si
Características de las aguas superficiales y subterráneas del lugar											
Acuífero Vulnerable	Si	Si	No	Si	No	No	No	Si	Si	Evitar la infiltración de agua al acuífero	
Nivel del acuífero poco profundo	Si	Si	No	No	No	No	No	Si	Si	Si	Si
Aguas contaminadas según norma respectiva	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Aguas con sedimentos en suspensión	No	Si	Si	No	Prever decantación antes de infiltrar			Considerar volumen de decantación y retiro de sedimentos si fuera necesario			
Sin agua disponible permanentemente	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No
Sin salida superficial por gravedad	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Otras Condiciones del lugar											
Tráfico relevante o intenso	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Clima con nieve y/o de montaña	Si	Considerar efecto de la nieve en la vegetación		Poca Experiencia	Si	Si	Si	Si	Si	Considerar efecto de la nieve en la vegetación	

Tabla B → Selección de obras de infiltración por Tipo de Construcción, Adaptación Tabla 6.2.5 y Tabla 6.2.6 Selección de obras de infiltración por Tipo de Red y Urbanización, Manual de Drenaje Urbano MOP – 2013, Capítulo 6 página 24.

Tipo de Construcción	Obras de Infiltración							Obras de Almacenamiento				
	Desconexión Áreas Impermeables	Techos Verdes	Jardín de Lluvia	Pavimentos Permeables	Estanques	Zanjas	Pozos	Tanques pequeños y barriles	Piletas, fuentes	Estanques	Lagunas	
Red Domiciliaria, Propiedad Privada												
Vivienda Aislada	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	
Vivienda Social	Si	No	No	No	No	Si	Si	Si	Si	No	No	
Edificio	Si	Si	Si	Si	Cuidar acceso para mantención y que no afecte fundaciones			Si	Si	No	No	
Comercio	Si	Si	Si	Si				Si	Si	Si	Si	Si
Industria	Si	Si	Atender calidad del agua					Si	Si	Si	Si	Si
Estacionamiento	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	

Tabla C → Selección de obras de infiltración por ubicación geográfica, macrozonas. Adaptación Tabla 6.2.8 y Tabla 6.2.9 Selección de obras de infiltración por Ubicación Geográfica - Macrozonas, Manual de Drenaje Urbano MOP – 2013, Capítulo 6 página 24.

Macrozona: Se incluyen ciudades típicas	Obras de Infiltración							Obras de Almacenamiento			
	Desconexión Áreas Impermeables	Techos Verdes	Jardín de lluvia	Pavimentos Permeables	Estanques	Zanjas	Pozos	Tanques pequeños y barriles	Piletas, fuentes	Estanques	Lagunas
Estepa de altura: Putre, Calama, San Pedro	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	No
Desierto árido: Arica, Iquique, Tocopilla, Mejillones, Antofagasta, Chañaral, Caldera, Copiapó, Huasco, Vallenar, Freirina	Prevenir colmatación, utilizar cubiertas no vegetales, de gravas o arenas gruesas							Si	No	Sin Vegetación	No
Semiárida: Vicuña, La Serena, Coquimbo, Ovalle, Illapel, Los Vilos, Salamanca, La Ligua, Papudo, San Felipe, Calera, La Cruz, Quillota, Limache, Olmué, Los Andes	No	Si	Por precipitación escasa, analizar si vegetación puede mantenerse, o seleccionar cubiertas adecuadas en base a piedras.			Preferir alimentar con agua directa desde techos o superficies impermeables limpias	Si	Si	Se puede requerir agua adicional	Si	Se puede requerir agua adicional
Mediterránea Costera: Quintero, Concón, Viña del Mar, Villa Alemana, Valparaíso, Quilpué, Casablanca, Algarrobo, San Antonio, Santo Domingo, Pichilemu, Constitución, Tomé, Talcahuano, Penco, Concepción, Coronel, Lota, Arauco, Lebu, Cañete	Si	Si					Si	Si		Si	
Metropolitana: Colina, Lampa, Renca, Santiago, San José de Maipo, Puente Alto, Pirque, Curacaví, María Pinto, Melipilla, Alhué, Peñaflo, El Monte, Talagante, Isla de Maipo, Padre Hurtado, Calera de Tango, San Bernardo, Buin, Paine	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Mediterráneo Interior: Graneros, Rancagua, Requínoa, San Vicente, Rengo, San Fernando, Santa Cruz, Chimbarongo, Curicó, Romeral, Talca, San Clemente, Cauquenes, San Javier, Linares, Parral, San Carlos, Chillán, Los Angeles, Mulchén	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Templado Lluvioso: Angol, Ercilla, Lonquimay, Victoria, Curacautín, Nueva Imperial, Temuco, Villarica, Pucón, Valdivia, Los Lagos, Panguipulli, Futrono, La Unión, Río Bueno, Osorno, Puerto Octay, Puerto Varas, Llanquihue, Frutillar, Puerto Montt, Calbuco, Castro, Ancud, Quellón, Chaitén, Futaleufú, Palena	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Evitar humedad excesiva o constante que impida otros usos	Si
Frío Lluvioso: Guaitecas, Cisnes, Aysén, Tortel, Natales, Cabo de Hornos	Si	Si	Poca experiencia con hielo	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Continental Trasandino: Coyhaique, Chile chico, Cochrane, O'Higgins, Punta Arenas, Porvenir	Si	Si		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Pavimentos

Dentro de un proyecto de paisajismo se consideran las superficies pavimentadas, también denominadas superficies duras. Estas superficies aumentan los volúmenes y caudales escurridos, y aportan con contaminantes que pueden afectar los cuerpos de aguas receptores. Otra característica negativa de las zonas pavimentadas tiene que ver con el efecto isla de calor causado por la absorción de calor durante el día el cuál es liberado lentamente hacia la atmósfera aumentando alrededor de 4°C la temperatura de las ciudades en comparación a sus entornos rurales. Actualmente existen variadas estrategias para minimizar estos impactos sin comprometer la inclusión de zonas duras en el paisajismo, como pavimentos permeables, pavimentos reflectantes, pavimentos de grilla abierta con vegetación entre medio, entre otras.

Pavimentos Permeables

Los pavimentos permeables son aquellos pavimentos utilizados en caminos, estacionamientos, veredas y otras zonas duras que permiten el traspaso de agua y aire a través del mismo. El paso del agua puede ocurrir tanto a través del pavimento mismo (pavimentos porosos), o a través de perforaciones y separaciones. Aun cuando en muchos casos este tipo de pavimento se asemeja al pavimento convencional, la contribución a la generación de escorrentía es mucho menor.

La instalación de este tipo de pavimentos permite que las precipitaciones sean infiltradas en áreas que tradicionalmente serían impermeables, logrando infiltrar el agua lluvia hacia el terreno subyacente (Figura 24). La capacidad de infiltración del terreno es un factor clave a considerar en una primera instancia para determinar si se requerirá un sistema de drenaje adicional, lo que puede otorgar oportunidades para la captura y reutilización de las aguas lluvia con fines no potables como irrigación o descarga de artefactos sanitarios.

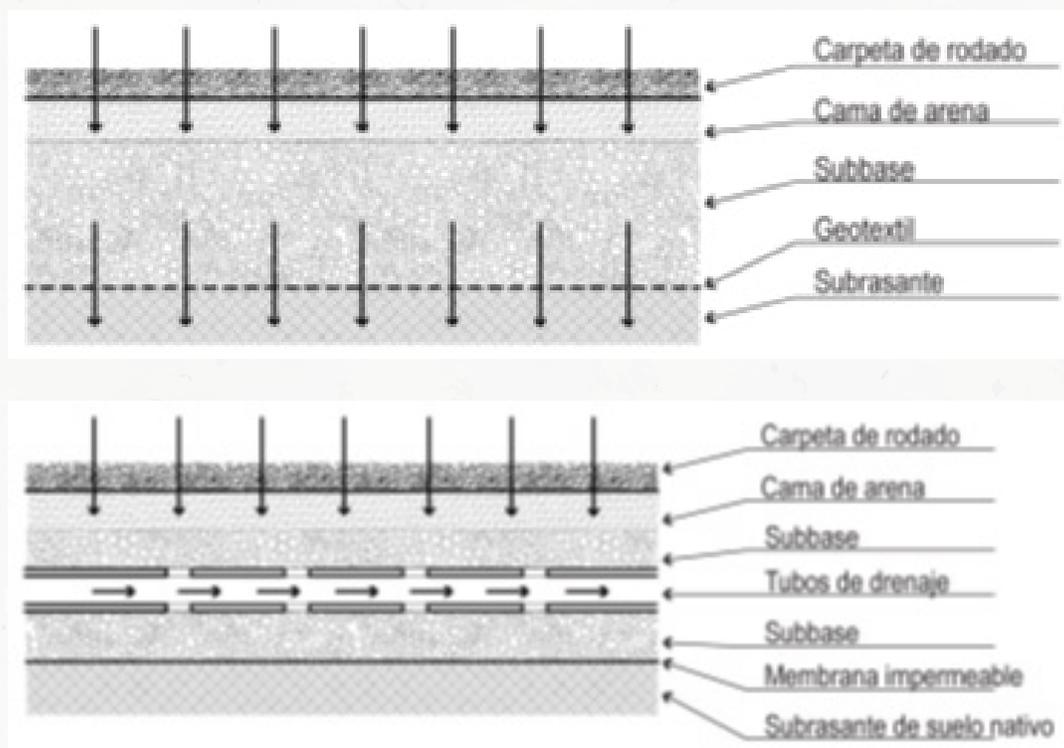


Imagen 42: Pavimentos Permeables (Fuente: MOP-DOH, 2013)

En nuevos focos urbanos, los pavimentos permeables pueden ayudar a proteger cuencas naturales mientras que, en áreas urbanas previamente desarrolladas, la remodelación o reconstrucción de superficies duras son oportunidades para una rehabilitación, donde el pavimento permeable es un componente importante para un sistema de drenaje urbano sostenible que reduce los impactos negativos de la impermeabilidad. Adicionalmente, los costos relacionados con la instalación de pavimentos permeables eventualmente pueden ser menores que implementar pavimentos tradicionales con un sistema separado de manejo de las aguas lluvia.

Existen diversos sistemas y tecnologías de superficies permeables que otorgan los beneficios descritos anteriormente en distinta medida, tales como pavimentos modulares o continuos de mezcla porosa (Figura 29), superficies con gravas (Figura 30), bloques Impermeables con uniones permeables (Figura 31), pavimentos impermeables con espacios rellenos de vegetación, grava o sin relleno (Figura 32), etc.



Imagen 43: Pavimento de mezcla porosa,
<http://www.revestimientos.ws/imagenes/hormigon-poroso.jpg>



Imagen 44: Grava,
<http://www.lahabitacionverde.es/blog/wp-content/uploads/2011/03/jardin-grava-01.jpg>



Imagen 45: Bloques impermeables con uniones permeables,
<http://www.infojardin.com/fotos/albums/userpics/crazygrass.JPG>



Imagen 46: Pavimentos impermeables con relleno permeable,
http://www.gardenista.com/files/styles/733_0s/public/img/sub/uimg/07-2012/700_700-turfstone-pavers-in-situ-700.jpg

Pavimentos Reflectantes

La utilización de pavimentos oscuros y no reflectantes para estacionamientos, caminos peatonales, caminos vehiculares y otras superficies duras contribuyen al efecto isla de calor. Además de los impactos medioambientales producto del aumento de temperatura y los efectos económicos producto de mayores requerimientos de enfriamiento al interior de edificios en verano -lo que se traduce en mayores costos de operación- el efecto isla de calor puede impactar el paisajismo ya que muchas especies son sensibles a altas fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche, y no se desarrollan adecuadamente.

De acuerdo a un estudio del calentamiento superficial resultante de la rápida urbanización en el este de China, se concluye que el efecto isla de calor es el responsable del 24,2% del calentamiento de la región¹⁶.

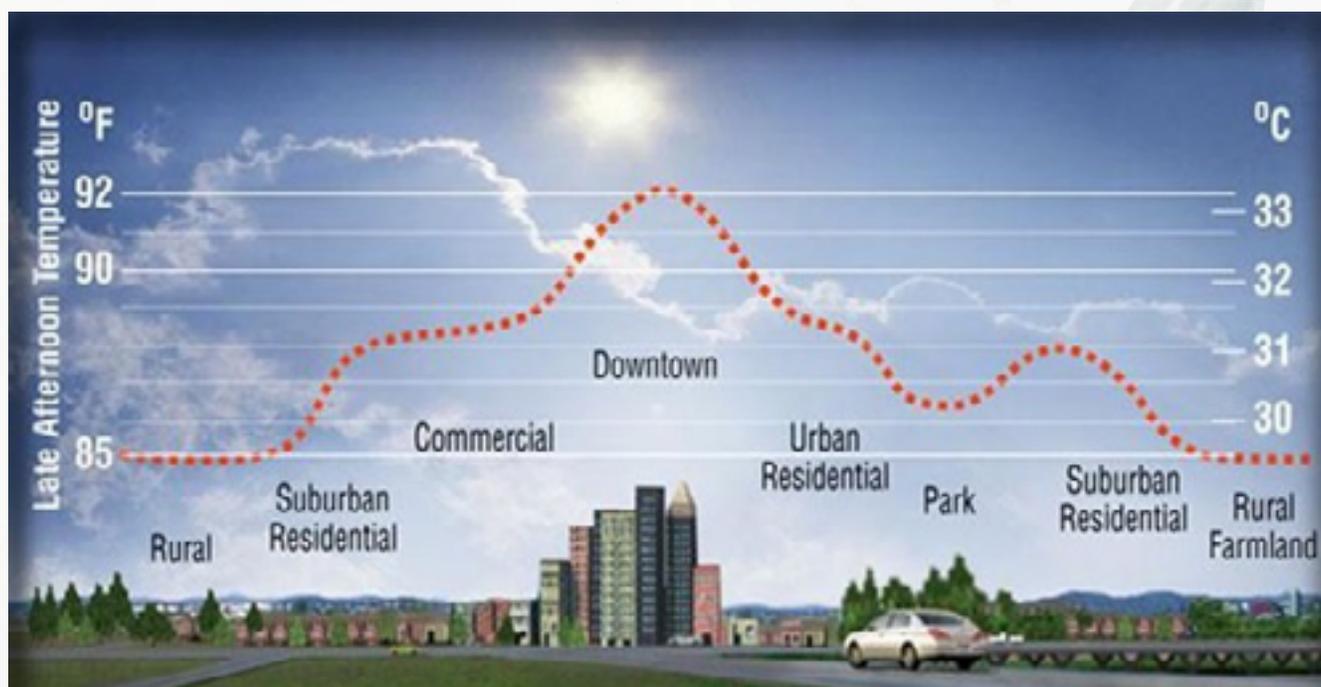


Imagen 47: Efecto Isla de Calor

<https://www.tecnocarreteras.es/2014/01/05/efectos-no-deseados-del-uso-de-pavimentos-reflectantes-para-mitigar-el-efecto-isla-de-calor-en-las-ciudades>

Si bien contar con vegetación es una excelente estrategia para disminuir la absorción de calor, generalmente se debe contar con áreas duras dentro de un proyecto de paisajismo. Por lo tanto, es importante considerar opciones para controlar el efecto isla de calor sin comprometer los requerimientos del proyecto con respecto a incluir superficies pavimentadas. Como primera estrategia se recomienda diseñar el paisajismo de modo que árboles y arbustos entreguen sombra a las áreas pavimentadas (Figura 34), de este modo los rayos solares no llegan directamente y se evita la absorción por parte de estas superficies. También se puede considerar incluir pavimentos de grilla con vegetación entre medio (Figura 35), lo que además de reducir el efecto isla de calor permitirá el beneficio adicional de la infiltración de aguas lluvia.

¹⁶ Yang, X., Y. Hou, and B. Chen, Observed Surface Warming Induced by Urbanization in East China, J. Geophys. Res., 116 (2011), D14113, doi:10.1029/2010JD015452.



Imagen 48: Sombreamiento de Árboles en Pavimento,
<http://ergogenica.blogspot.com/2009/12/el-rey-es-el-platano-oriental-y-el.html>



Imagen 49: Pavimento de Grilla abierta con Vegetación,
<https://www.mosaicosalvarez.com.ar/premoldeados>

Adicionalmente, existen en el mercado variados productos que permiten reducir el efecto isla de calor mediante la reducción en la absorción del calor por parte de las superficies, en función de reflejar la luz solar visible, infrarroja y ultravioleta (Figura 36). Los materiales oscuros generalmente presentan menores índices de reflectancia solar mientras que los pavimentos grises y blancos presentan un mayor índice de reflectancia. Es importante tener en cuenta el mantenimiento y limpieza de estas superficies para que su reflectancia no mengüe con los años.



Imagen 50: Pavimento Reflectante,
<https://www.archiexpo.es/prod/ipm-italia/product-54813-1674911.html>

Es importante notar que los esfuerzos para reducir el efecto isla de calor pueden significar mayores costos iniciales. Sin embargo, el retorno puede ser significativo ya que además de los ahorros energéticos, el pavimento reflectante también permite aumentar los niveles de iluminación general y reducir las luminarias exteriores, con los consecuentes ahorros adicionales en inversión inicial y operación.



CUBIERTAS VEGETALES



Imagen 51: <https://cadbe.es/cinco-tendencias-de-arquitectura-sostenible>

La Infraestructura verde ofrece un conjunto de herramientas para el entorno urbano, dentro de las cuales se encuentran techos, muros, jardinería interior, huertas, arboleado urbano, etc, y entrega directrices en cuanto a la selección de especies vegetales, gestión de aguas lluvias y regulación climática entre otros. Dentro de la infraestructura verde, los techos y muros verdes son cada vez más comunes en las ciudades alrededor del mundo, ya que este tipo de estructuras proveen beneficios sociales, estéticos, medioambientales y económicos.

Actualmente vivimos en ciudades en constante crecimiento lo que ha ido transformando el entorno natural en áreas con gran infraestructura y escasa vegetación, generando que entre un 20% y 26% del área urbana sean techos, es decir, espacios inutilizados²¹.

Esto sumado al aumento de la temperatura ocasionado por industrias, transporte, comercio y por el efecto isla de calor gracias a la retención de la energía solar en superficies pavimentadas, puede tener efectos negativos en la salud y bienestar de todos los habitantes urbanos. El cambio de entorno natural a entorno urbano también se traduce en gran cantidad de superficies impermeables perdiendo espacio para vegetación y su hábitat e incrementando la escorrentía de las aguas lluvia, lo que puede provocar severas inundaciones y contaminación de los cuerpos de agua. Entre un 40% y 50% del área urbana impermeabilizada son techumbres²².

Dentro de la infraestructura vegetada encontramos las cubiertas vegetales, o también llamados techos y muros verdes, que se convierten en una gran solución para agregar vegetación a las ciudades, ya sea en edificios existentes o en nuevas construcciones requiriendo muy poco espacio. De este modo se compensa la pérdida de áreas verdes en centros urbanos, proveyendo enormes beneficios en sectores donde no hay disponibilidad de espacio para otro tipo de vegetación, aumentando así los metros cuadrados de áreas verdes por habitantes. Recordemos que Chile tiene 5.5 m²/hab en las grandes áreas metropolitanas y está aún muy lejos del estándar mínimo de 9 m²/hab que establece la OMS.

Las cubiertas vegetales son un tratamiento técnico para incorporar vegetación especialmente adaptada para superficies horizontales, verticales o inclinadas de construcciones habitacionales, comerciales, privadas y públicas, que aseguran un desarrollo urbano sustentable al proporcionar beneficios recreativos, estéticos, ambientales, sociales y económicos. Este tratamiento técnico permite agregar vegetación en condiciones distintas al terreno natural, permitiendo el desarrollo de especies vegetales en ambientes complejos como lo son los techos y muros, donde existen condiciones extremas como alta radiación solar, vientos, efectos lupa de otros edificios, poca disponibilidad de sustrato, etc.

²¹ Wong, 2005

²² Dunnett and Kingsbury, 2004

En cuanto a los techos verdes, estos están compuestos por una serie de capas tecnológicas que buscan imitar las condiciones del terreno natural para permitir el desarrollo de vegetación en bajas profundidades de sustrato y con bajas cargas para la edificación. La vegetación en los techos verdes se desarrolla en sustratos especialmente diseñados para techos verdes desde 5 centímetros de profundidad hasta más de un metro dependiendo de los objetivos deseados del techo verde.



Imagen 52: Edificio Amapolas, VerdeActivo

En cuanto a los muros verdes, estos están compuestos de plantas cultivadas en un sistema de soporte vertical que generalmente va anclado al muro exterior del edificio. Como muchos techos verdes, los muros verdes incorporan vegetación, medio de cultivo, sistema de riego y sistema de drenaje dentro de un sistema único. Dentro de los muros verdes hay sistemas modulares que permiten múltiples diseños y especies vegetales hasta sistemas de tensores o estructuras para las plantas trepadoras.



Imagen 53: Muro verde exterior con sistema modular. Foto Minigarden México.

<https://www.facebook.com/greenwalldesigncr/photos/pcb.934182896688967/934180320022558>

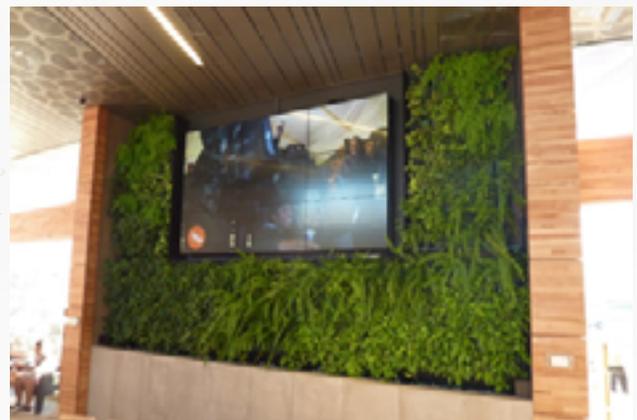


Imagen 54: Muro verde interior – San Francisco de Mostazal – Chile VerdeActivo

Una amplia gama de especies puede ser utilizada en los muros verdes, generalmente se utilizan desde cubresuelos, gramíneas y herbáceas hasta pequeños arbustos. La provisión de luz adecuada es un factor importante a considerar especialmente si se diseña un muro verde interior en donde puede ser necesario el uso de luz artificial.

Existen diversos tipos de sistemas de muros verdes disponibles en el mercado, algunos son hidropónicos y otros utilizan un sustrato para el cultivo, mientras que las estructuras de muros verdes van desde sistemas modulares hasta sistemas de placas con bolsillos de fieltro para contener las plantas. Todos los sistemas de muros verdes requieren irrigación y fertilizantes. Un buen diseño de muro verde podrá satisfacer los objetivos estéticos y funcionales proveyendo condiciones de crecimiento adecuadas a las especies seleccionadas, con larga vida útil y con una factible demanda de mantenimiento.



Imagen 55: Sistema de estructura para plantas trepadoras. Edificio Consorcio. <https://www.disenoarquitectura.cl/edificio-consorcio-santiago-de-enrique-browne-y-borja-huidobro/>

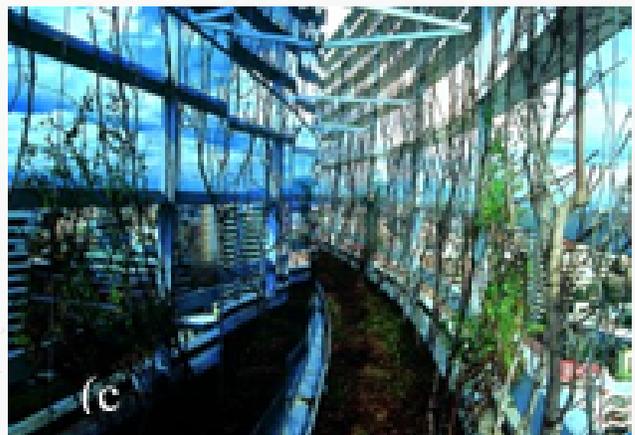


Imagen 56: Edificio Consorcio Santiago.
a) vegetación en verano. <http://www.plataformaarquitectura.cl/02-14392/edificio-consorcio-sede-santiago-enrique-browne-borja-huidobro> b) vegetación en verano. Y c) vegetación en invierno. <http://sustainablecitiescollective.com/lisatown/9144/edificio-consorcio>

Respecto a los sistemas de tensores o estructuras soportantes para enredaderas, es necesario considerar la fuerza que ejercen las plantas sobre la estructura a medida que se van enredando y creciendo y que tensan cada vez más los anclajes, que en ocasiones pueden comprometer la estructura del edificio.



Imagen 57: Huerta urbana edificio Zenteno - Santiago VerdeActivo

Los principales beneficios de las cubiertas vegetales son:

Efecto Isla de Calor: Las superficies pavimentadas en una ciudad, debido a su enorme masa térmica, absorben calor durante el día liberándolo lentamente durante la noche lo que aumenta la temperatura de las ciudades provocando el efecto isla de calor. Este impacto negativo puede ser minimizado cubriendo techos y muros con vegetación que sombree las superficies absorbentes de calor. La evapotranspiración de las plantas y evaporación del medio de cultivo también contribuye enfriando el ambiente.

Mejorar el Desempeño Energético: Techos y muros verdes tienen el potencial de disminuir los requerimientos de enfriamiento y calefacción al interior de los edificios. Las estructuras vegetadas pueden reducir las ganancias de calor en verano proveyendo sombreado directo en las superficies del edificio, además los muros verdes pueden ser instalados de manera de dejar un espacio entre el muro original del edificio y la estructura del muro verde, permitiendo que el aire caliente se mueva por convección a través de este espacio, convirtiéndose en una fachada ventilada y fomentando el enfriamiento pasivo.

Gestión de las Aguas Lluvia: Los techos verdes pueden absorber y retener aguas lluvia convirtiéndose en una buena estrategia para la gestión de la escorrentía en ambientes urbanos. Los muros verdes, a su vez, retienen agua en las hojas de las plantas, contribuyendo a controlar la escorrentía.

Promoción y Preservación del Hábitat y la Biodiversidad: Los techos y muros verdes pueden contribuir a fomentar la biodiversidad al proveer nuevos hábitats urbanos. Para que esto suceda se requiere tener en consideración el diseño para la biodiversidad, incorporando al menos 5 especies vegetales que atraigan insectos benéficos y aves.

Limpieza del Aire: Techos y muros verdes contribuyen a la remoción de contaminantes del aire, tanto MP2.5, como MP10, CO2 y otros agentes contaminantes. Este beneficio varía en relación a las especies plantadas y el área de cobertura vegetal. Especie es con follaje denso o con hojas de texturas que atrapen partículas volantes pueden ayudar a remover contaminación particulada a través de deposición seca en el follaje o mediante la lluvia. En gran escala techos y muros verdes pueden ayudar a reducir la ganancia de calor y a su vez mejoran la calidad del aire ya que, al disminuir la temperatura, se disminuyen los contaminantes fotoquímicos producidos a mayor temperatura.

Estética y Espacios Abiertos: Los techos y muros verdes pueden aumentar la comodidad y entregar oportunidades para recreación, relajación y emprendimiento comercial. En áreas urbanas con alta densidad, la contribución de techos y muros verdes aparece como opciones alternativas a parques y jardines ya que el espacio disponible para esos fines es muy limitado.

Aumento del Valor de la propiedad: En muchos casos, la instalación de muros y techos verdes se realiza para marcar una diferencia con otros edificios, otorgar un atractivo visual, aumentar el valor de la propiedad y convertir el edificio en un hito local.

Agricultura urbana: Tanto en techos como en muros, es posible cultivar una amplia variedad de hortalizas, hierbas medicinales y condimentos naturales. En los techos, además, se pueden cultivar frutales y construir invernaderos para tener cosechas todo el año. La agricultura urbana, es cada vez más relevantes en ciudades donde la urbanización va transformando áreas agrícolas en áreas urbanas y alejando los centros de cultivo de los centros de consumo. Por otro lado, la agricultura urbana provee alimentos a costos razonables, con mínima huella de carbono, sin pesticidas, orgánicos, generado oportunidades de desarrollo económico, laboral y educación medioambiental a los vecinos.



Imagen 58: Huerta Colegio San Esteban – Lo Barnechea - Santiago

TECHOS VERDES

Con la colaboración de Verde Activo Cubiertas Vegetales.

<https://verdeactivo.cl>



Un techo verde es una cubierta de edificios y otras construcciones destinadas a recibir vegetación, compuesta por un sistema de capas tecnológicas que aseguren el desarrollo de ésta y contribuyen con los objetivos ambientales que se propongan para cada proyecto, en balance con los criterios de sostenibilidad²³.

Los techos verdes traen consigo grandes beneficios medioambientales. Ofrecen hábitat para la flora y fauna local logrando que se mantengan en área urbanas, reducen la escorrentía reteniendo las aguas lluvia dentro del sitio, reducen el efecto isla de calor común en las ciudades, reducen los niveles de contaminantes en el aire y agua, mejoran la aislación acústica y la aislación térmica reduciendo así costos operacionales relacionados a climatización, protegen la impermeabilización de la exposición a los rayos UV, calor, frío y de los granizos, prolongando la expectativa de vida de estas membranas y de los techos en general, y añaden espacio valioso y habitable (en algunos casos) proveyendo beneficios sociales y económicos.

Los techos verdes pueden tener diversos objetivos tales como generar espacios para uso y goce de las personas, como componente estético del diseño arquitectónico, para agregar valor a una propiedad o para obtener beneficios particulares como captura y retención de aguas lluvia, potenciar la biodiversidad y/o aislación térmica y acústica. La NCh 3626:2020 detalla los beneficios de los techos verdes, estableciendo como objetivos transversales la restauración del habitar y la biodiversidad, y los servicios ecosistémicos. La misma norma, además detalla una serie de indicadores que inciden en el desempeño del techo verde para los diversos objetivos.



Imagen 59: Tipos de techos verdes - VerdeActivo

De acuerdo a la profundidad del sustrato, la variedad de la paleta vegetal y los requerimientos hídricos y de mantención, los techos verdes son comúnmente categorizados en extensivos, semi-intensivos e intensivos, sin embargo, cada proyecto es único y puede incorporar una mezcla de varios tipos. El objetivo del techo verde define el tipo de techo verde a instalar, lo que a su vez define la profundidad del sustrato, las características de las capas técnicas, las cargas que debe soportar la edificación y las especies vegetales utilizadas. Se define un techo verde como exitoso si al cabo de 15 meses logra un mínimo de 75% de cobertura vegetal.

²³ NCh 3626:2020

Tabla 1 - Objetivos e indicadores para techos verdes

		Objetivos de Sostenibilidad																
		Ambientales									Sociales			Económicos				
		Calidad del aire	Captura de carbono	Control de escorrentía: Volumen de escorrentía	Control de escorrentía: Calidad del agua	Ruido / Acústica	Mitigación del efecto de isla de calor	Eficiencia energética	Restauración del hábitat y biodiversidad	Eficiencia hídrica y disminución del agua potable	Servicios ecosistémicos	Áreas verdes recreacionales	Aportes terapéuticos	Organización Comunitaria	Mayor durabilidad de los sistemas de impermeabilización	Reducción de la demanda de energía para HVAC	Ahorro en los sistemas de gestión de aguas lluvias	Plusvalía y mayor velocidad de venta y arriendo
Indicadores / variables	Tipo de planta	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓						✓	✓
	Longevidad	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	
	Volumen poroso del sustrato y conductividad hidráulica			✓	✓		✓	✓	✓						✓			✓
	Máxima capacidad de retención de agua del sistema			✓	✓			✓		✓					✓			✓
	Índice del área foliar	✓	✓					✓	✓					✓				
	Cobertura vegetal	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓
	Resistencia estomática	✓	✓					✓	✓						✓			
	Evapotranspiración						✓	✓	✓						✓			
	Profundidad de sustrato		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓					✓			
	% del área del techo que corresponde a techo verde			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Calidad / origen del agua de riego				✓				✓									✓
	Almacenamiento de nutrientes del sustrato				✓													
	Desarrollo de flores							✓		✓	✓	✓					✓	
Proyecto	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Imagen 60: Objetivos e indicadores para techos verdes.

Techos Verdes Extensivos: Techos verdes livianos (hasta 220 kg/m²), con poca profundidad de sustrato (entre 5 y 15 centímetros) y con bajos requerimientos de mantención. Generalmente consumen baja cantidad de agua y utilizan especies pequeñas de crecimiento lento, particularmente suculentas, cubresuelos y algunas herbáceas. Algunos de estos techos están enfocados en el control de la temperatura urbana, promoción de la biodiversidad, restauración del hábitat y entrega de servicios ecosistémicos, siendo diseñados de modo de fomentar la vegetación nativa y de proveer hábitat a la fauna silvestre.



Imagen 61: Cubierta Extensiva, Edificio Mix, Ñuñoa Santiago de Chile. Sistema Modular LiveRoof - VerdeActivo.



Imagen 62: Edificio Conexión. Santiago Centro. VerdeActivo.

Techos Verdes Intensivos: Este tipo de techos verdes son generalmente más pesados (más de 500 kg/m²), con un medio de crecimiento más profundo (entre 30 y 1 mts de profundidad) y con una amplia variedad de paleta vegetal. Al ser estructuras más pesadas soportan de buena manera el acceso de personas convirtiéndose en espacios de calidad para el uso y goce de los ocupantes, ya que son construidos sobre estructuras con capacidad de soportar grandes cargas. Los techos intensivos son jardines sobre los techos, por lo que los requerimientos de agua y mantención están asociados al tipo de especies vegetales y son equivalente a los requeridos por un jardín a nivel de terreno natural.



Imagen 63: Cubierta Intensiva con especies vegetales del tipo huerta y arbustivas. Jardín de párvulos, METRO, Ciudad de México. Foto VerdeActivo.

Techos Verdes Semi-Intensivos: Este tipo de techos verdes considera una profundidad de sustrato entre 10 y 30 cm, con una mayor variedad de plantas que los techos extensivos, pero más limitada que los techos intensivos. Su objetivo es entregar espacios recreacionales, con bajas cargas asociadas y menores mantenciones que un techo intensivo.



Imagen 64 Cubierta semi-intensiva. Edificio Anid, Santiago de Chile. Profundidad de sustrato 11 cm.

En cuanto a las capas tecnológicas, las capas mínimas a instalar sobre la base de la cubierta son la impermeabilización anti raíces, la protección de la impermeabilización, la capa de drenaje y el filtro retenedor de finos y luego la capa vegetal conformada por el sustrato, el sistema de riego y las especies vegetales. Algunos sistemas modulares unen en una misma solución una o más capas.

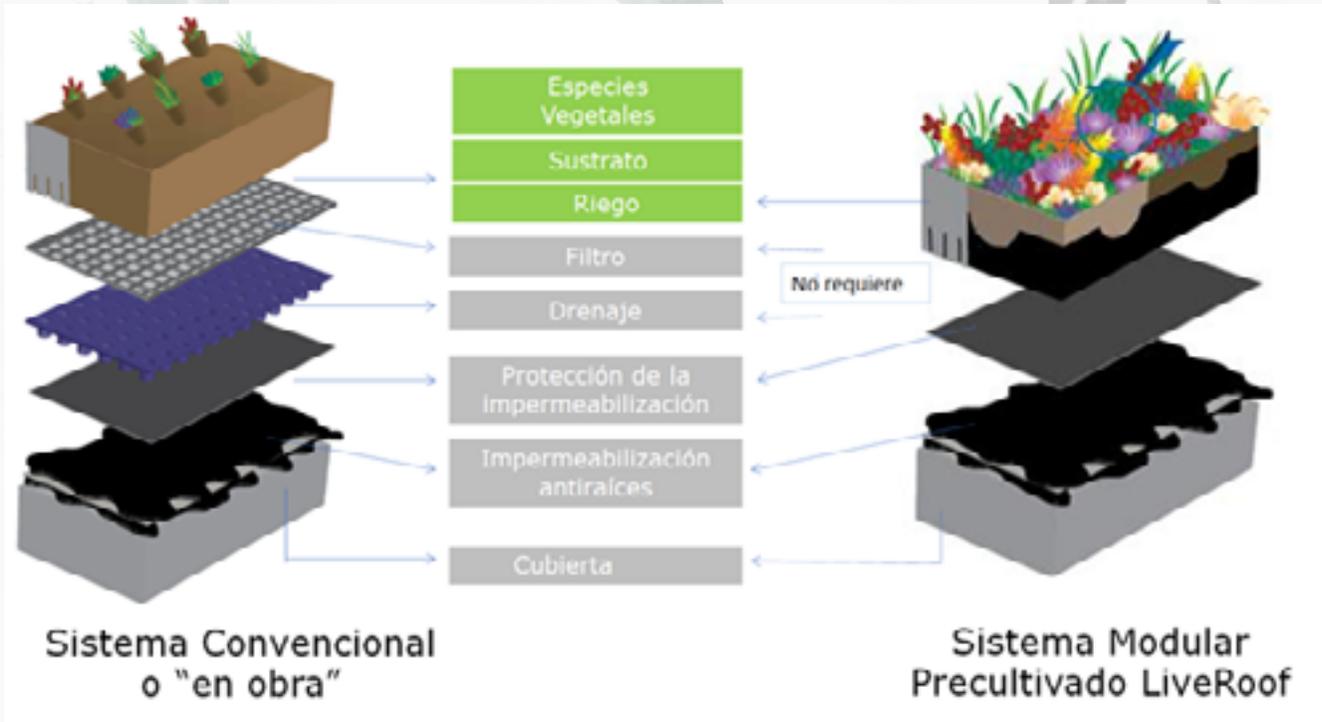


Imagen 65: Capas Techo Verde - VerdeActivo

Techos Verdes como estrategia de Resiliencia y Regeneración Urbana

Los beneficios de los techos verdes son ampliamente conocidos a nivel mundial y son la razón de que existan normativas que obliguen la incorporación de techos verdes en los nuevos edificios y en las remodelaciones de edificios existentes. Son la estrategia más completa, efectiva y rentable de resiliencia y adaptación al cambio climático, ya que su financiamiento puede ser compartido por toda la sociedad: estado, privados y sociedad civil.



Imagen 66: Evapotranspiración. <https://www.flickr.com>

Algunos beneficios de los techos verdes son:

Reducción Efecto Isla de Calor

El efecto isla de calor es la diferencia de temperatura entre áreas urbanas y los alrededores rurales. Las ciudades tienen mayores proporciones de superficies impermeables, oscuras y densas lo que tiende a absorber el calor del sol. Este calor almacenado se entrega de vuelta a la atmósfera durante la noche calentando así las ciudades varios grados más que sus alrededores resultando una variación de 4°C o más.

Los techos verdes tienen mejor desempeño reduciendo el efecto isla de calor en relación a los techos convencionales lo que permite además reducir las

ganancias de calor al interior de los edificios. Dentro de los techos convencionales existe la opción de instalar techos blancos con alto valor de albedo lo que significa la capacidad de reflejar, en vez de absorber la energía solar. Esto es una buena estrategia para disminuir el efecto isla de calor en ciudades y reducir la ganancia de calor al interior del edificio. Los techos verdes, aun cuando tienen menor albedo que techos blancos, permiten disminuir la temperatura ambiente a través de la vegetación debido a la evapotranspiración de las plantas y la evaporación desde el sustrato, lo que mantiene el techo a menor temperatura que otras superficies, traduciéndose en menores ganancias de calor que techos convencionales e inclusive que techos blancos reflectantes.

Figura 42: Evapotranspiración, <https://www.flickr.com/>

Muchos son los países que han incorporado techos verdes por ley para disminuir la temperatura urbana. Según el estudio Tyndall Centre for Climate Change, se necesita como base un 10% de vegetación en las grandes ciudades para la reducción de la isla de calor urbana. Investigadores de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica (ETSIA) de la Universidad de Sevilla (España) han publicado un estudio en el que señalan que se necesitan entre 207 y 740 hectáreas de techos verdes, dependiendo de los escenarios contemplados, para paliar los efectos del cambio climático en relación a la subida de temperaturas máximas que, en Sevilla, se estima entre 1,5 y 6 grados C a finales de siglo. Esto supondría entre el 11 y el 40% de los edificios de la ciudad.

Eficiencia Energética

El ahorro energético obtenido por tecnologías de techos verdes dependerá del clima, el tipo de sistema de climatización utilizado en el edificio, la orientación, vegetación profundidad y tipo de sustrato, entre otros factores.

La mayoría de los edificios comerciales en Chile gasta más energía por aire acondicionado en Verano que por calefacción en invierno. Se ha demostrado que los techos verdes impactan de manera positiva en el consumo energético de un edificio, aun cuando este desempeño varíe de acuerdo al clima y varios otros factores relacionados con los componentes del techo verde y del edificio original. En edificios existentes comúnmente se encuentran techos con poca aislación térmica, esto lleva a tener espacios interiores con demandas excesivas de frío y calor durante el verano e invierno respectivamente. Al reequipar edificios existentes con techos verdes los consumos energéticos por climatización disminuirán. Durante el verano, la cantidad de energía solar utilizada por las plantas en el proceso de evapotranspiración y por la evaporación directa desde el sustrato reduce la temperatura del techo verde lo que conlleva a un microclima más frío, reduciendo así los requerimientos de enfriamiento artificial del edificio de una manera que es en muchos casos muy significativa. Durante los meses de invierno un techo verde puede contribuir a la aislación térmica del techo original. De todos modos, el desempeño térmico está directamente relacionado con la cantidad de agua que el techo verde retiene en su sustrato. Además, al ubicar los equipos de climatización en zonas con techos verdes, éstos toman el aire a una menor temperatura en verano y mayor temperatura en invierno, que si no hubiera áreas verdes, reduciendo el consumo de energía para climatización, efecto que es más relevante en verano. Según diversas fuentes, los techos verdes disminuyen el costo en climatización hasta en 25% en edificio del tipo “big box stores” tales como centros de distribución, bodegas y centros comerciales²⁴.

Los techos verdes son más efectivos que la aislación térmica en la reducción de las cargas de enfriamiento. La aislación térmica reduce la habilidad del techo vegetal para reducir las cargas de enfriamiento. El índice de área foliar (LAI) es el parámetro que más impacta las cargas de enfriamiento. Se pueden alcanzar ahorros de energía entre 20 a 25% en edificios con gran superficie de techos en comparación a muros²⁵.

Otro de los beneficios de la aislación provista por techos verdes es la reducción de oscilaciones internas y externas de calor. La estabilidad de la temperatura interna bajo techos verdes aumenta, contribuyendo al confort térmico a lo largo de todo el año al prevenir ganancias de calor desde el exterior en verano y reduciendo pérdidas de calor desde el interior en invierno. El techo verde actúa como una barrera de protección de la impermeabilización de la oscilación térmica entre el día y la noche, aumentando la vida útil de los sistemas de impermeabilizaciones.

Gestión de Aguas Lluvia

Las aguas lluvia caídas en superficies impermeables tales como techos y pavimentos escurren fuera del terreno yéndose al sistema de colectores de aguas lluvias, e incluso en algunos casos a los sistemas de alcantarillo urbano, pudiendo generar inundaciones y arrastrando gran cantidad de contaminantes. Un techo vegetal permite recolectar y gestionar las aguas lluvias, al absorber gran parte de las aguas lluvia, disminuyendo así la cantidad y velocidad de la escorrentía y mejorando la calidad de esta, al filtrar las aguas reteniendo materiales pesados y partículas contaminantes.

Los techos verdes almacenan el agua lluvia en las plantas y en el sustrato, devolviendo esa agua a la atmósfera a través de la evapotranspiración y evaporación, favoreciendo los ciclos hidrológicos. La cantidad de agua que no puede ser absorbida por el sustrato es drenada a capas inferiores donde puede ser almacenada en el caso de tener la capacidad para esto. La cantidad de aguas lluvia que un techo puede almacenar va a depender de la superficie, del medio de crecimiento y su profundidad, tipo de drenaje, saturación del sustrato, vegetación utilizada y clima local.

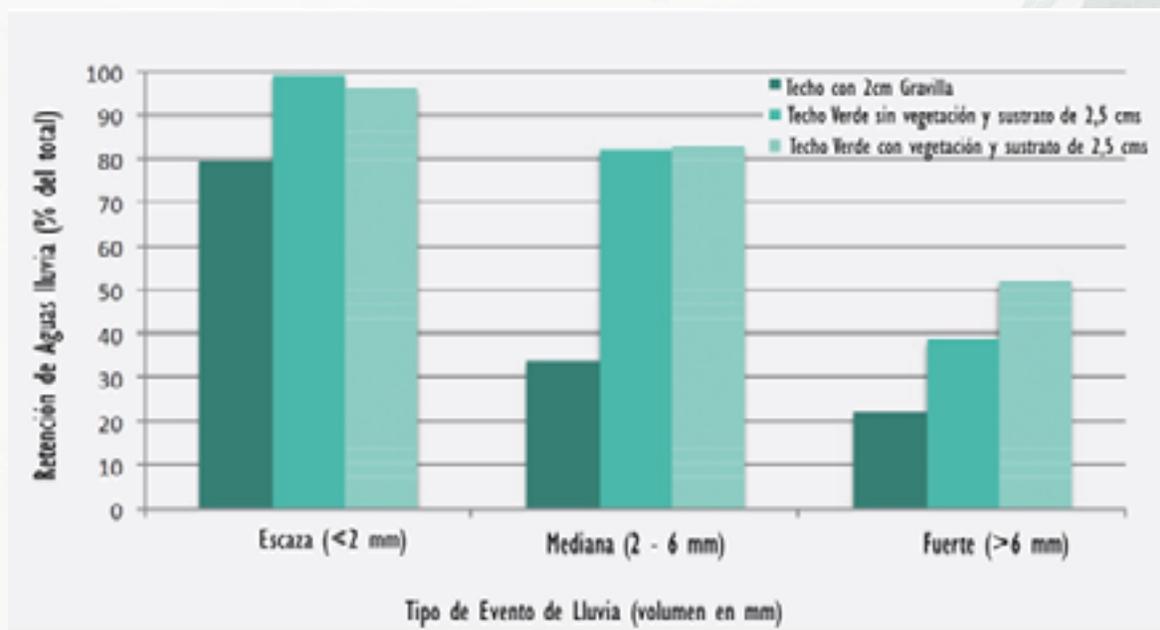
²⁴ CEDEUS, 2018; G. Wilson; Minnesota GR Council 2007

²⁵ Estudio 2014 a 2017 CEDEUS PUC

La ventaja de utilizar vegetación para la gestión de la escorrentía es que aumenta la superficie disponible para la captura de aguas lluvia lo que permite disminuir el volumen y velocidad de la escorrentía. La altura y extensión de la vegetación así como el tipo y diversidad de las especies utilizadas y la profundidad y tipo de sustrato, afectarán en la cantidad de agua que puede capturar el techo verde.

Como se analiza en el siguiente gráfico²⁶ en donde se midió la retención de escorrentía durante 14 meses con eventos de distinta intensidad para tres distintos tipos de techos: techo con cubierta de gravilla, techo verde extensivo sin vegetación y techo verde extensivo con suculentas, el último retuvo la mayor proporción de agua durante eventos de lluvia intensa. Para menores volúmenes de precipitaciones el techo verde sin vegetación y el techo con gravilla fueron igualmente efectivos.

Gráfico (1). Retención de aguas lluvia de tres tipos de techo. Adaptación de "Growing Green Guide ebook 130214, A Guide to Green Roofs, Walls & facades in Melbourne and Victoria – Australia, Feb 2014."



En cuanto a la intensidad de la lluvia, un techo verde de 10 cm de espesor con un sustrato certificado para techos verdes, es capaz de retener entre el 50% y el 90% de los eventos de lluvia menores a 50 mm en 24 horas (LIVE PUC 2015), disminuyendo los peak de escorrentía y con eso las inundaciones urbanas.

Otros estudios indican que los techos verdes disminuyen el riesgo de inundaciones urbanas al retener entre el 88% y 100% de los eventos de lluvias de menos de 25mm en 24 hrs y entre el 40 y 90% de los eventos de lluvia menores a 50mm en 24 horas²⁷.

El techo del Centro de Convenciones Javits de Nueva York, de sólo 10 cm de profundidad de sustrato, ha retenido el 66 % del agua de lluvia, disminuyendo ese flujo de las alcantarillas, evitando que colapsen²⁸.

²⁶ Van Woert ND, Rowe DB, Andresen JA, Rugh CL, Fernandez RT, Xiao L (2005) Green roof stormwater retention: effects of roof surface, slope and media depth, Journal of Environmental Quality 34:1036-1044

²⁷ LL Guidelines; Geoff Wilson; Minnesota GR Council (2007)

²⁸ Peter Olney, AIA, LEED AP, BD+C, GRP Senior Associate, FXCollaborativ.

Control de la contaminación ambiental

Los techos verdes permiten captar contaminantes tanto a través de las especies vegetales, en sus hojas y por medio de la fotosíntesis, como en el sustrato.

Según el CEDEUS de la Pontificia Universidad Católica de Chile, 1 m² de techos vegetales capta 2,5 veces más MP_{2,5} y 1,3 veces más MP₁₀ que 1 m² de arboleado urbano.

Esto implica que los 2858 m² y 1902 m² de techos verde que se necesitan para captar 1 ton de MP_{2.5} y de MP₁₀, respectivamente, equivalen a 7.145 m² y 2473 m² de arboleado urbano, respectivamente.

Fuente: Resultados FONDEF ID15I10104 Vera et al., 2018 “Desarrollo de cubiertas vegetales de edificios para la mitigación de la contaminación atmosférica urbana a través de la captura de material particulado en clima semiárido”

La vegetación de los techos verdes puede reducir significativamente los peak de concentraciones de MP_{2.5} y MP₁₀. Los techos de sedums album y s. reflexum redujeron los peak de concentraciones en 45.3% y 71.5% versus la situación sin vegetación, respectivamente. Similares resultados fueron encontrados para MP₁₀.

Fuente: Potential of Particle Matter Dry Deposition on Green Roofs and LivingWalls Vegetation for Mitigating Urban Atmospheric Pollution in Semiarid Climates. Margareth Viecco, Sergio Vera Héctor Jorquera, Waldo Bustamante, Jorge Gironás, Cynnamon Dobbs and Eduardo Leiva. CEDEUS PUC.

Según un estudio de 2017 “Si se re-convirtieran el 20% de los techos de los hospitales de Santiago en área verde, equivalente a 200.000 m² (20 ha), se generaría un ahorro de 259.000 kWh en climatización y una absorción total de 1.600 ton de CO₂ anuales. Fuente: “Cabrera, 2017. “Implementación del sistema de cubiertas vegetales y su ejecución especializada en recintos hospitalarios”. Memoria para optar al título de Constructor Civil, Universidad Técnica Federico Santa María. Departamento de Obras Civiles, Valparaíso, Chile. 2017.

Se estima que 1 m² de techo verde puede compensar las emisiones anuales de 1 auto a gasolina.

Si convertimos 220 ha de techos en áreas verdes se compensan las emisiones del 100% del parque automotriz de la ciudad de Stgo (parque de 2.197.683 autos en 2019), contribuyendo con la meta de convertir a Santiago en una ciudad carbono neutral.

Recordar que solo Pudahuel tiene 260 há de techos disponibles para convertirse en techos verdes.

Extract: *"It is estimated that 2000 m² of uncut grass on a green roof can remove up to 4000 kg of particulate matter (Johnson and Newton, 1996). In practical terms, a gasoline powered automobile produces approximately 0.01 g of particulate matter for every mile driven. If a vehicle is driven 10,000 miles per year, then 0.1 kg of particulate matter is then released annually into the atmosphere. Thus, one square meter of green roof could offset the annual particulate matter emissions of one car (City of Los Angeles, 2006). Regarding specific pollutants, Clark et al. (2005) estimates that if 20% of all industrial and commercial roof surfaces in Detroit, MI, were traditional extensive sedum green roofs, over 800,000 kg (889 tons) per year of NO₂ (or 0.5% of that areas emissions) would be removed. In Singapore, sulphur dioxide and nitrous acid were reduced 37% and 21%, respectively, directly above a green roof (Tan and Sia, 2005)."*

Promoción del Hábitat y la Biodiversidad

Los techos y muros verdes pueden contribuir a fomentar la biodiversidad al proveer nuevos hábitats urbanos. Para que esto suceda se requiere tener en consideración el diseño para la biodiversidad, incorporando al menos 5 especies vegetales que atraigan insectos benéficos y aves. Los techos permiten crear una red jardines botánicos urbanos para la conservación ex situ de Flora Nativa, en combinación con especies introducidas del clima correspondiente.



Imagen 67: Avistamiento de aves en el Edificio Anid. Techo en piso 4, rodeado de edificios de 15 pisos. Edificio Anid con sistema de techo verde extensivo. VerdeActivo

Aspectos de diseño y técnicos a considerar

Irrigación

Los techos verdes extensivos, es decir aquellos que incluyen biodiversidad, pueden prescindir de irrigación siempre y cuando estén ubicados en zonas con precipitaciones repartidas durante todo el año, condición presente en algunos sectores de la zona sur de Chile. Sin embargo, durante la etapa de establecimiento los techos extensivos deben ser regados regularmente aun cuando luego no requieran de irrigación. Los techos extensivos no debiesen requerir riego a menos que hayan períodos prolongados sin lluvia (+4 semanas) o temperaturas sobre los 20°C por más de 5 horas al día. Los techos intensivos y semi intensivos comúnmente requieren irrigación.

Vegetación

La vegetación es en gran medida lo que define o caracteriza un techo verde. El tipo y variedad de la paleta vegetal determinan el carácter y calidad del techo verde, por lo que el adecuado establecimiento de las especies es crucial para su éxito a lo largo del tiempo. La capa de vegetación potenciará los beneficios del techo verde y debe seleccionarse según los objetivos deseados para el techo verde. Las plantas protegen el sustrato de la erosión; atrapan, absorben y evaporan aguas lluvia; a través de la evaporación, transpiración y del sombreado contribuyen a enfriar la superficie de techo; proveen alimento y hábitat para la fauna silvestre; y ayudan a capturar contaminantes de la atmósfera, etc.

Se deben considerar especies adecuadas según el objetivo del techo verde y el clima y microclima local, seleccionándose una paleta vegetal adecuada, por ejemplo, en el caso de estar ubicado en sectores lluviosos, tolerante a sequías en zonas con poca disponibilidad de agua y con valor estético en el caso de ser requerido, entre otros.

El ambiente de un techo verde es particularmente difícil para el crecimiento de las plantas: medio de crecimiento poco profundo, disponibilidad limitada de agua y nutrientes, aumento en la exposición al viento y al sol, etc. sin embargo no es un ambiente imposible, es más, un gran número de especies se adaptan muy bien a estas problemáticas ya que su lugar original de crecimiento es muy similar. Las especies aptas para techos verdes extensivos deben establecerse de manera fácil y tener bajos requerimientos de mantención. Más allá de estos factores, existen muchas otras condiciones específicas que se deben tener en cuenta en el momento de elegir las plantas. Los sedums son las especies más utilizadas para techos verdes y esto tiene lógica ya que son extremadamente resistente a sequías y capaces de crecer en poca profundidad. Es más, muchos sedums crecen de manera natural en superficies rocosas, arenosas y arcillosas. Sin embargo, no son adecuados para lugares con temperaturas nocturnas superiores a 25°C y alta humedad ambiental, por lo que debe estudiarse la paleta vegetal adecuada a cada proyecto.

La selección de las especies requiere tener en consideración los elementos del sustrato, la futura mantención teniendo en cuenta lo estético y funcional del proyecto, los requerimientos de irrigación y disponibilidad de agua. Una buena manera para seleccionar las especies adecuadas al techo verde es de acuerdo a la profundidad de sustrato que estas requieren.



Imagen 68: Profundidad de Sustrato de acuerdo a tipo de Especies. Adaptación de “Growing Green Guide ebook 130214, A Guide to Green Roofs, Walls & facades in Melbourne and Victoria – Australia, Feb 2014.”

En techos extensivos, se pueden combinar los sedums con herbáceas, gramíneas, semprevivas, aliúms, crasuláceas y puyas, entre otras, en 10 a 15 cm de espesor de sustrato.



Imagen 69: VerdeActivo

Mantenición

El mantenimiento de los techos verdes es una barrera para su instalación. El calendario de mantenimiento debiese ser considerado durante el proceso de diseño cuando la demanda de mantenimiento puede ser anticipada. No existen los techos verdes sin requerimientos de mantención, aun cuando se requiera poca mantención, al menos deben ser inspeccionados un par de veces al año para limpiar canaletas y drenes de modo de remover residuos, y para revisar el sistema de riego.

Un diseño con muchas especies que forman figuras o variedad de tonalidades podría requerir una mantención mayor para mantener las especies en su espacio y no desarmar el diseño.

Por lo mismo es altamente recomendable incluir los costos de mantención dentro del presupuesto del techo verde.

A pesar de tener un mix de sedums, estos techos vegetales extensivos requiere mayor mantención para mantener las franjas de colores según el diseño inicial.



Imagen 70: LiveRoof - VerdeActivo

Problemas más comunes

Es importante tener en cuenta ciertos aspectos que pueden ser problemáticos en un proyecto de techo verde para así anticiparse a los problemas. Los tipos de problemas más comunes en los techos verdes se refieren a 3 aspectos: diseño, ejecución, mantención y post venta.

En relación al diseño, los problemas más comunes tienen relación con la selección de los componentes técnicos o capas del sistema. Hoy existen en Chile una oferta de los distintos componentes y se está desarrollando una industria que facilita las labores de diseño. Los errores más comunes son en la selección del sustrato, las especies vegetales y el sistema de riego, y en la solución de las singularidades de cada proyecto (sistema de impermeabilización, capas tecnológicas, pavimentos, revestimientos, canales y drenajes, puntos sanitarios y eléctricos, etc.). Por eso es importante asesorarse con especialistas que aseguren un correcto diseño, que más tarde, facilite la correcta ejecución. Un proyecto de techo verde deberá considerar un responsable del proyecto que se coordine con al menos un especialista en impermeabilizaciones, el calculista del proyecto, los sanitarios (punto sanitario para riego, y drenaje y evacuación de aguas lluvias) y eléctricos (conectar el programador, iluminación, etc), los especialistas en drenaje, y un especialista en la capa vegetal (sustrato, riego y plantas, o un especialista en cada elemento de la capa vegetal).

En relación a la ejecución, los problemas más comunes se refieren a errores de diseño, que dificultan o encarecen la ejecución; mala coordinación con las otras especialidades; y mala estimación de los costos de elevación de materiales e instalación, que generan costos adicionales o que el instalador abandone la obra.

Por el lado de la mantención posterior, un problema recurrente es que el diseño no considera los costos de mantención y por lo tanto son se presupuestan y se disminuyen al mínimo. Esto dificulta el desarrollo de las especies vegetales, que sobre todo en un inicio, periodo en que se requiere de mayor mantención e irrigación para su adecuado establecimiento. Otro problema es la densidad de las especies vegetales, que debería ser tal que al cabo de 15 meses se logre al menos un 75% de cobertura vegetal.

Por último, los problemas de post venta se refieren a errores en el diseño y en la ejecución, que se evidencian en forma posterior a la ejecución. Algunos problemas son mala evacuación de las aguas lluvias y aposamientos, filtraciones, problemas estructurales como grietas por exceso de cargas, fracaso de las especies por no cumplir las condiciones que se requieren, control de las raíces, entre otras. Cada uno de estos temas puede controlarse sin problema cuando se adoptan estrategias desde la etapa de diseño, de este modo se evitan sorpresas durante la ejecución y operación del techo verde.

MARCO NORMATIVO PARA TECHOS VERDES

Con la colaboración de Ministerio de Vivienda y Urbanismo
<https://www.minvu.gob.cl>



Contexto

Durante las últimas décadas se ha evidenciado una tendencia de incremento en la urbanización continua. A nivel mundial, cerca del 70% de la población se concentra en ciudades²⁹ y, en el caso de Chile, cerca del 90% de la población se concentra en áreas urbanas³⁰. Este proceso y el desarrollo de las actividades humanas propias de las ciudades, han generado un importante deterioro de las condiciones ambientales, que repercuten en un incremento en los efectos del cambio climático y, por ende, en la calidad de vida actual y futura de las personas.

Dado que Chile es un país extremadamente vulnerable al cambio climático, es importante conocer e implementar los acuerdos internacionales en esta materia, además de gestión de riesgo de desastres y sustentabilidad, ya que esto permite construir un marco de acciones que se traducen en distintas iniciativas públicas, como programas, estudios y normas técnicas, y en la promoción de iniciativas privadas que aporten a la mitigación de los efectos del cambio climático.

Entre los compromisos adquiridos por Chile está la “Contribución determinada a nivel nacional” (NDC, por su sigla en Inglés), que establece medidas de corto, medio y largo plazo para mitigar los efectos del cambio climático. Otro de los documentos guía en estos temas corresponde al “Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático”, que define un marco conceptual y lineamientos, así como planes sectoriales, entre los que se encuentra el “Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades”.

Por otra parte, en 2015 Chile adscribió al Marco de Sendai, que tiene por objetivo principal la gestión de reducción del riesgo de desastres para reforzar la resiliencia y aumentar el compromiso de mitigar las pérdidas que ocasionan los desastres, ya sea de vidas humanas, bienes sociales, económicos y/o ambientales.

En materia de sustentabilidad, la Nueva Agenda Urbana reafirma nuestro compromiso mundial con el desarrollo urbano sostenible y establece normas y principios para la planificación, construcción, desarrollo, gestión y mejora de las zonas urbanas, contribuyendo a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas.

Como respuesta a los acuerdos suscritos en esta materia, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo ha asumido diversos compromisos que buscan integrar criterios y procesos de sustentabilidad en la planificación, el diseño, la construcción y la operación de las edificaciones y su entorno.

²⁹ Banco Mundial, 2011

³⁰ Compendio estadístico 2016, INE

En el año 2014, y para guiar el desarrollo de nuestras ciudades, se promulgó la Política nacional de desarrollo urbano, que establece diversos objetivos que son importantes de relevar para entender que de este instrumento se desprende la iniciativa de Techos Verdes.

→ "Valorar la silvicultura urbana y la masa vegetal, el aporte de los árboles en la conformación del espacio público y en las condiciones ambientales del ecosistema urbano" (Objetivo 3.1.6.)

→ "Propiciar la construcción sustentable en el proceso de planificación, diseño, construcción y operación de la ciudad, las edificaciones y su entorno" (Objetivo 3.1.8.)

→ "Fomentar la incorporación en los asentamientos humanos de tecnologías de eficiencia energética y bioclimática" (Objetivo 3.3.4.) y así contribuir a mejorar las condiciones de habitabilidad urbana.

Una solución que responde a estos objetivos y que propicia diversos beneficios son los llamados techos verdes.

Fomento a los Techos verdes y vinculación con la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C)

Los llamados "techos verdes" representan una solución sustentable y amigable con el entorno urbano y que contribuyen a mejorar las condiciones de habitabilidad urbana.

En este contexto, para promover el uso de las azoteas en las edificaciones, en el año 2019 se modifica la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Esta modificación, específicamente del artículo 2.6.3 es publicada en el diario oficial mediante decreto N°58 de fecha 28 de febrero de 2019 y permite utilizar hasta un 25% de superficie en construcciones tales como servicios higiénicos, pérgolas o quinchos, y otros elementos propios de la parte superior de los edificios y el 75% restante a terrazas, vegetación, jardineras o paneles solares.

Anteriormente, solo un 20% podía ser utilizado, lo que significaba que el 80% de este espacio quedaba subutilizado.

NCh3626 Techos Verdes – Terminología, clasificación y requisitos

Durante el año 2019, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo impulsó el desarrollo de la primera norma técnica nacional de techos verdes, con el objetivo de asegurar la calidad en el diseño, construcción y operación de este sistema constructivo, y así generar múltiples beneficios en el entorno. Para ello, y en conjunto con el Instituto Nacional de Normalización (INN) se convocó a expertos del sector público y privado, la academia y otros actores relevantes para definir los requerimientos técnicos mínimos para su implementación, tomando como referencia la experiencia de otros países en la materia.

Se espera que este instrumento normativo guie el desarrollo de proyectos de techos verdes, fomentando soluciones constructivas innovadoras y estratégicas para la recuperación de espacios en desuso en nuestras ciudades, contribuyendo al desarrollo sostenible y mejorando la calidad de vida de sus habitantes.

Vinculación de Techos Verdes con Sistemas de Certificación nacional

La certificación de Vivienda Sustentable (CVS) y la Certificación de Edificio Sustentable (CES) integra el requerimiento de Reducción del efecto Isla de Calor (EIC) que reconoce la construcción de techos verdes como una estrategia de reducción del EIC y es considerada de la cobertura de especies vegetales.

Muros Verdes

Los muros verdes o muros vivos como muchos los denominan, son jardines verticales que están adheridos al interior o exterior del edificio. Se diferencian de las fachadas verdes (enredaderas) ya que las raíces de las plantas se encuentran en una estructura sujeta a la pared misma y reciben agua y nutrientes desde el interior de esta estructura en vez que desde el suelo.

Existen muchas variedades de sistemas, todos con sus cualidades y desventajas. Sin embargo, la implementación de muros verdes en edificios puede conllevar una cantidad de mejoras de calidad de vida. Si bien su introducción en el ámbito paisajístico fue inicialmente por un tema estético, el diseño e instalación de los muros verdes está evolucionando cada vez más teniendo en cuenta sus funcionalidades y beneficios.

Los muros verdes traen consigo grandes beneficios medioambientales. Ofrecen hábitat para la flora y fauna local logrando que se mantengan en áreas urbanas, reducen el efecto isla de calor común en las ciudades, pueden reducir los niveles de contaminantes en el aire y agua, pueden mejorar la aislación acústica y la aislación térmica reduciendo así costos operacionales relacionados a climatización, añaden valor estético a la ciudad aumentando en muchos casos la plusvalía de los edificios que consideran este tipo de soluciones proveyendo beneficios medioambientales, sociales y económicos.

Reducción Efecto Isla de Calor

Los sistemas de muros verdes además de proporcionar valor estético previenen ganancias internas de calor a través del sombreado de los muros y aislación térmica, proveen enfriamiento del entorno directo a través de la evapotranspiración de las plantas. Los muros vegetados son beneficiosos para cualquier muro con exposición directa al sol en donde la vegetación a nivel de suelo no puede proporcionar sombra. En muros claros la incidencia de la vegetación para minimizar el efecto isla de calor no será mucha, ya que estos no absorberán ni retendrán el calor como muros oscuros.

Eficiencia Energética

El ahorro energético obtenido por tecnologías de muros verdes será único en cada caso y dependerá de múltiples factores tal como condiciones locales de clima, viento, niveles de radiación, así como condiciones de diseño del edificio y del muro como el tipo de orientación, tipo de vegetación seleccionada, arquitectura interior, sistemas de climatización, etc.

Con respecto a los beneficios térmicos que proveen muros y fachadas verdes, existen muchos factores que influyen en la cantidad de sombreado que un muro verde ofrece, sin embargo, la disminución de temperatura en la superficie del muro varía comúnmente entre 5 y 10°C.

En España se desarrolló un estudio³¹ relacionado con la medición de temperaturas de una fachada verde a lo largo de todo un año en distintas caras de un edificio. El tipo de fachada verde utilizado para este estudio consistía en una estructura de malla de acero cubierta por Wisteria sinesis (Wisteria China), un arbusto trepador caducifolio que se cultiva como planta ornamental para cubrir pérgolas, muros y rejas. El análisis del estudio arrojó que la mayor incidencia térmica por enfriamiento de la fachada verde fue sobre la cara más expuesta la que en el caso de España es la sur-poniente. En el hemisferio norte la cara sur es la fachada más expuesta al sol, mientras que en el hemisferio sur la cara más expuesta es la norte.

Tabla E → Efectos de una fachada verde en desempeño energético del edificio. Adaptación de “Growing Green Guide (2014), A guide to green roofs, walls and facades in Melbourne and Victoria, Australia.” <https://www.melbourne.vic.gov.au/SiteCollectionDocuments/growing-green-guide.pdf>

Parámetros medidos	Resultados	Efectos de la Fachada Verde
Diferencia de temperatura al frente y detrás de la fachada.	1,4°C más frío en verano y 3,8°C más caliente en invierno (detrás).	La absorción de luz y calor del follaje mantiene a menor temperatura la cavidad entre fachada y muro.
Diferencia de temperatura superficial entre muro al descubierto y muro vegetado (en verano).	La temperatura promedio del muro al descubierto es 5,5°C más alta y su temperatura máxima 15,2°C mayor.	La cubierta vegetal provee sombreado y previene que el edificio tenga ganancias de calor.
Diferencia de humedad relativa al frente y detrás de la fachada verde.	7% mayor en verano y 8% menos en invierno.	La evapotranspiración de las hojas aumenta la humedad local (enfriando) en el verano lo que no ocurre cuando los tallos están desnudos.

Los muros verdes pueden tener un impacto positivo en el consumo energético de un edificio aun cuando este desempeño varíe de acuerdo al clima y varios otros factores relacionados con los componentes del muro verde y del edificio original. Durante el verano, la cantidad de energía solar utilizada por las plantas en el proceso de evapotranspiración reduce la temperatura alrededor del muro verde, lo que conlleva a un microclima más frío reduciendo así los requerimientos de enfriamiento artificial del edificio de una manera que es en muchos casos muy significativa además, en casos con vegetación de follaje denso el muro verde tendrá la capacidad de proveer sombra, lo que contribuye a la disminución de la temperatura superficial de muro y de la temperatura al interior de los espacios en los que el muro incide.

Con respecto al espesor del medio de crecimiento, un estudio australiano indica que al aumentar el espesor de 6 cm a 8 cm el porcentaje de ahorro energético incrementa de un 2% a un 8%³². Con un sistema completo, se puede actuar como fachada ventilada. Cuanto mayor sea el espesor del muro, mayor protección térmica otorgará a la construcción.

³¹ Pérez G, Rincón L, Vila A, González JM, Cabeza LF (2011) Behaviour of green facades in Mediterranean Continental climate, Energy Conversion and Management 52:1861–1867.

³² Ghisolfo M, Tesis de Título Diseño UDD, Muros Verdes – La Aplicación de Sistemas Verticales Vegetados en Santiago de Chile, dic. 2013.

Sistemas de muros verdes

Sistema hidropónico con fieltro

Los muros hidropónicos con fieltro pueden ser continuos o modulares.

- **Continuos:** Se constituyen de varias capas. Una capa de PVC reciclado, capas de plástico microperforado alternadas con capas de fieltro sintético y una capa de vegetación. El sistema de riego para muros continuos en general es riego por goteo instalado entre las capas para permitir un riego homogéneo. Este tipo de muros no lleva sustrato por lo que las plantas se alimentan vía el sistema de riego enriquecido en nutrientes (por lo general una mezcla NPK).

El sistema continuo en general es mejor que el sistema modular, porque permite un crecimiento libre de raíces, sin limitarlas a un espacio determinado. Además, es liviano y se puede adaptar fácilmente a distintas formas, permitiendo muchas libertades de diseño.

Sin embargo, es un sistema que no soporta heladas y consume mucha agua a menos que se instale un sistema de recirculación y solo conviene a ciertos tipos de clima.

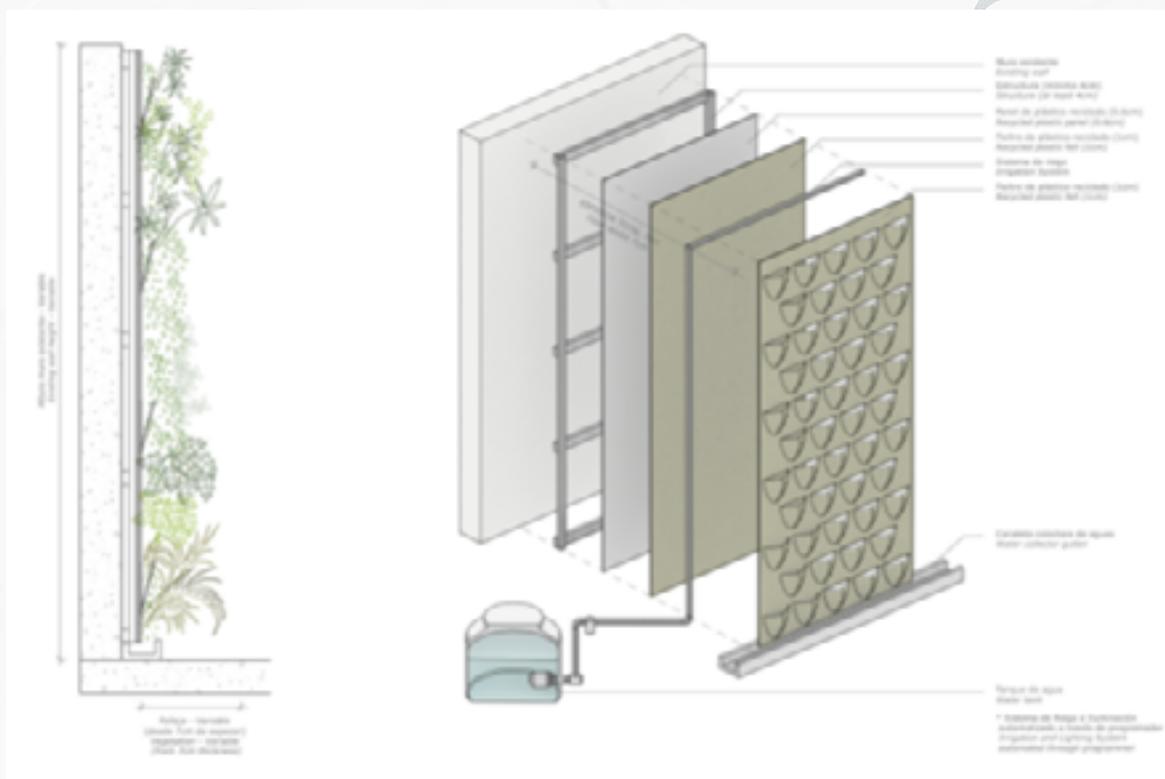


Imagen 71: Sistema Hidropónico con Filtro de plástico reciclado. http://www.verde360.cl/pdf/FT_muros.pdf

- **Modulares:** El sistema modular hidropónico funciona con el mismo principio, pero separando los paños entre sí lo que permite una instalación más fácil. Sin embargo, al ser modular, el crecimiento radicular está limitado y las plantas tienen menor esperanza de vida. Son buenos sistemas para una instalación temporaria.

Sistema con Cañerías

El sistema con cañerías o tubos de PVC consiste en instalar a intervalos regulares líneas de caños o canaletas horizontalmente o verticalmente por las cuales circula agua enriquecida en nutrientes. Se pueden implementar con o sin sustrato.

Estos sistemas son livianos y económicos. Por lo general, estos sistemas funcionan en climas cálidos y húmedos, pero tienen una mantención alta porque, eventualmente, las raíces terminan ocupando todo el espacio y obstruyendo los circuitos del agua de riego.



Imagen 72: Sistema de Muro Verde con Cañerías. <http://blog.vivanuncios.com.mx/decoracion/diy/jardin-vertical-en-tu-propio-hogar>

Sistema Modular con Sustrato

Existe una gran variedad de sistemas modulares con sustrato. Por lo general, se puede tratar de maceteros de plástico, madera, tela o metal. Puede variar la forma del macetero o receptáculo, pero la función es la misma. Permiten plantar verticalmente u horizontalmente.

Tienen sistema de riego por goteo incorporado, con o sin nutrientes. El sustrato permite a la planta más autonomía que el sistema hidropónico ya que retiene más agua. El riego en general es automatizado y depende de un programador. Estos sistemas por lo general son fáciles de instalar y pueden ser pre-cultivados.

La dificultad con estos sistemas reside en la restricción de la cantidad de sustrato por cada receptáculo. Después de un tiempo, las raíces consumen todo el sustrato y se quedan sin nutrientes. El hecho de pre-cultivar los módulos puede ser problemático en el momento del traslado o de la instalación por el estrés de las plantas. La calidad del sustrato también es determinante para este tipo de sistemas.



Imagen 73: Sistema Modular con Sustrato (a y b). <http://blog.is-arquitectura.es/2012/01/07/tournesol-vgm-sistema-modular-de-muros-vegetales>

Sistema con Sustrato Continuo

El sistema con sustrato continuo es un sistema que combina las ventajas del sistema continuo y del sistema con sustrato. Permite una gran autonomía de las plantas, por lo cual genera muy bajos costos de mantención. Tiene por lo general muy bajo consumo de agua lo que puede ser satisfecho a través de un riego interno por goteo de agua sin nutrientes.

Son estructuralmente robustos y otorgan así buena aislación térmica y acústica. También pueden ser un elemento constructivo y reemplazar fachadas. Si bien son uno de los sistemas más duraderos, las desventajas son el peso (en general 4 a 6 veces más pesados que los otros sistemas) y el tiempo de instalación, ya que se tienen que plantar in situ. El precio inicial es en general más alto que el de otros sistemas, pero se compensa por los bajos costos de mantención.

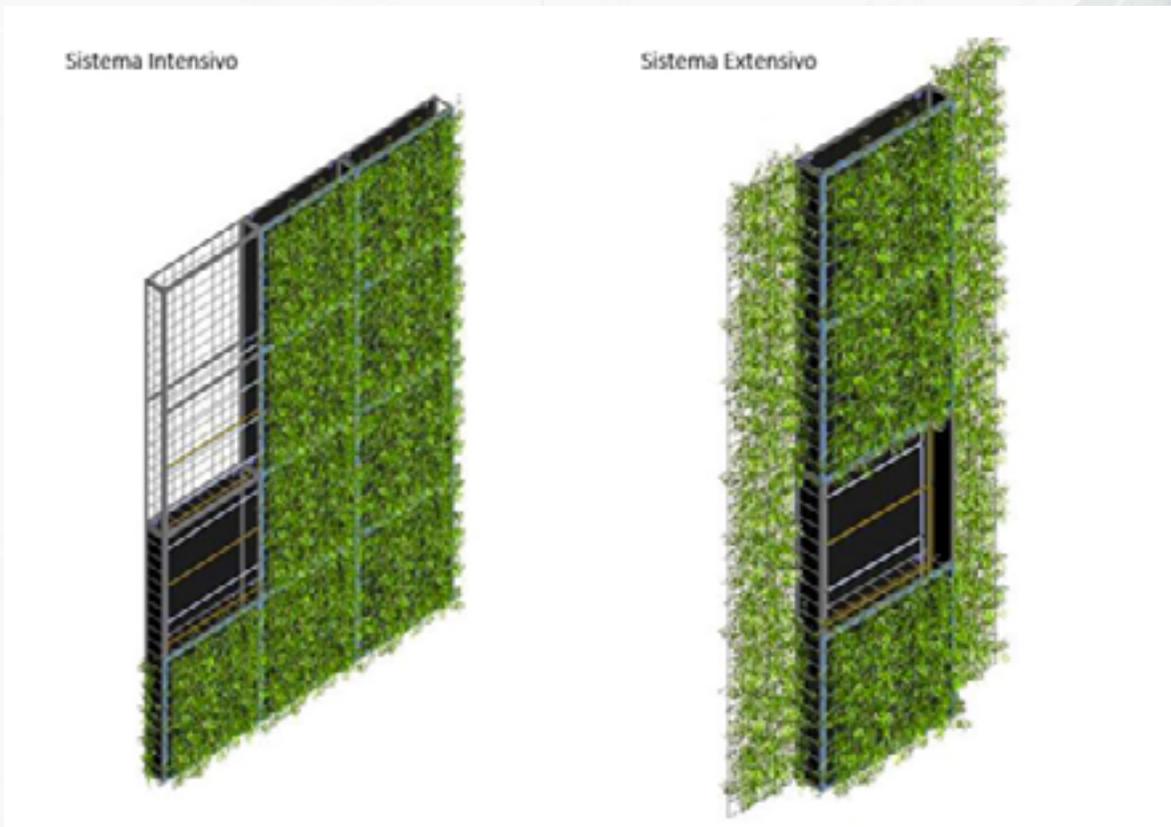


Imagen 74: Sistemas Continuos Intensivos y Extensivos. <https://www.plataformaarquitectura.cl/catalog/cl/products/1992/jardines-verticales-intensivos-y-extensivos-canevaflor-hidrosym>

Sistema con Enredaderas en Estructuras

Otro sistema de muros verdes consiste en guiar enredaderas por vías diseñadas, que pueden ser cables, enrejados, mallas de madera, etc.

Estos sistemas por lo general requieren una cantidad importante de sustrato para que se desarrollen las enredaderas. Se considera que las mismas tienen un crecimiento similar a la vista que el crecimiento radicular.

Estos sistemas permiten generar sombra en verano y dejan pasar la luz en invierno al caerse las hojas. Sin embargo, tiene que estar bien pensado el sistema y adaptado a las condiciones climáticas, para que las trepadoras crezcan. En ciertos casos, el efecto está muy bien logrado, pero no siempre se garantiza el resultado.



Imagen 75: Sistema Muro Verde con Enredaderas en Estructura (a y b. <https://ecoosfera.com/2017/09/hacer-muro-verde-en-casa-te-mostramos-3-ideas-faciles>)

Riego

Los sistemas de riego para muros verdes son en general sistemas de riego por goteo, conectados a un programador. Las diferencias en la eficiencia del riego dependerán del sistema de muro verde, pero también de la complejidad del sistema de riego.

Existen programadores básicos que riegan regularmente la misma cantidad de agua cada cierto tiempo. Estos programadores son viables cuando la pluviometría y generalmente las condiciones climáticas del lugar de instalación son poco variables.

También existen programadores de riego “inteligentes”, es decir, conectados a sondas de temperatura, humedad, presión, caudal, evapotranspiración, entre otras. Estos sistemas más complejos permiten una optimización de la gestión del agua de riego, para brindar a las plantas solo el agua requerido para su desarrollo.

En un sistema de vegetación vertical, el agua tiende a juntarse en las zonas bajas por un tema de gravedad. Esto es una variable que hay que tomar en consideración a la hora de diseñar e instalar el sistema de riego.

Mantenimiento

La mantención de los muros verdes es un tema muy importante a considerar cuando se trata de superficies grandes y principalmente en altura con difícil acceso. Por ende, se tiene que elegir el mejor sistema para cada caso específico. Se aconseja preferir un sistema con la mayor autonomía posible y una baja mantención para lugares de difícil acceso. Según el sistema, pero también según el clima, varía mucho la intensidad de mantención y por ende los costos relacionados.

Selección de Especies

Los jardines verticales implican para las plantas cierto estrés, ya que pasan de una posición horizontal que les es natural a una posición vertical, lo que afecta sus condiciones naturales. Por ende, ciertas plantas se adaptan mejor que otras.

Para la selección de las especies se deberá tomar en consideración las condiciones y exposición del lugar de instalación como altura, luz, exposición solar, viento, contaminación acústica, contaminación del aire, entre otras, así como los requisitos hídricos de cada planta para agruparlas por zonas en el muro.

Dependiendo de la escala del muro, las especies pueden variar desde rastreras o cubresuelos a herbáceas de mayor tamaño, arbustos o incluso árboles pequeños. La selección de las especies debe tener como consideración inicial el resultado esperado, algunas plantas serán mejores para la estética y el diseño, otras tolerantes a sequías, purificadoras de agua, filtradoras de aire, etc. es importante tener en cuenta la forma de crecimiento de las especies y la exposición al sol, a la sombra y al viento. Preferir especies que tengan raíces poco profundas y fibrosas para promover un anclaje adecuado al limitado medio de cultivo disponible, para esto es recomendable investigar especies que crezcan naturalmente en condiciones expuestas como acantilados o zonas rocosas.

La selección de especies debe adaptarse al sistema particular de muros verdes instalado ya que no todas las especies crecen de buena manera en cada sistema.

Los requerimientos de agua pueden ser minimizados al seleccionar especies con bajos requerimientos hídricos y reconociendo que en la mayoría de los sistemas de riego, la mayor cantidad de agua se encontrará en la base del muro, por lo que se deben seleccionar e instalar las especies considerando las diferencias de humedad que existirán dentro del muro.



MANTENCIÓN SUSTENTABLE



Imagen 76: <https://eljardinero.cl/mantenccion-de-jardines-y-espacios-verdes>

Una vez diseñado e instalado el paisajismo, el proyecto entra en la fase de la operación. Para poder mantener el desempeño esperado, además de usar sistemas de riego eficiente y sensores de riego se deben realizar tareas de mantenimiento rutinarias.

Como cualquier proyecto, el paisajismo a lo largo de su vida requiere de mantención e inspección. Los equipos de riego se desgastan y necesitan de reparaciones o sustituciones. Las especies crecen y requieren de podados e incluso algunas requieren de ciertos cuidados especiales.

Previo al comienzo de la operación, se recomienda el desarrollo de programas para la mantención de los jardines, estos programas deben considerar tareas de mantenimiento rutinarias y personal responsable a cargo.

Programas de Mantención

Medición y Verificación de Sistemas de Riego

Inspecciones de rutina y programas de mantención de los sistemas de riego son fundamentales para el cuidado del agua potable la cual se está volviendo escasa a nivel mundial. Un programa de gestión de las instalaciones reducirá los costos operativos relacionados con el consumo de agua con el simple hecho de verificar que los sistemas estén funcionando de manera efectiva y que alguna falla o fuga sea rápidamente detectada y reparada.

Mantención del Paisajismo

El uso de especies autóctonas puede reducir costos asociados a la mantención del paisajismo ya que son especies que utilizan menos fertilizantes y requieren de menores cuidados.

Otro tema importante para tener un paisajismo saludable es desarrollar e implementar un plan de manejo sustentable e integrado de plagas (IPM por sus siglas en inglés). Esto permitirá minimizar el impacto negativo que tienen las prácticas de mantención del paisajismo en el medioambiente y también reducirá la exposición de usuarios y personal de mantenimiento a potenciales contaminantes químicos, biológicos y de partículas.

Capacitaciones

No todos los profesionales de la jardinería son expertos en diseño, instalación y mantenimiento sustentable de los mismos. En instancia de diseño se recomienda preferir profesionales expertos en diseño de jardines con especies autóctonas y resistentes a la sequía, en sistemas eficientes de riego, entre otras prácticas sustentables en paisajismo.

Para la etapa de operación y mantención de los jardines, en el caso de contar con personal experto en paisajismo sustentable, se pueden implementar programas de capacitación y entrenamiento. Esto es clave para cambiar el comportamiento de las personas involucradas en el diseño y operación del paisajismo, incorporando así conceptos de sustentabilidad en su funcionamiento cotidiano. La calidad y cantidad de capacitaciones dependerá de la complejidad del proyecto y del presupuesto con el que cuente, siendo esto último tema importante de discusión ya que aun cuando se deba invertir en capacitaciones, el buen funcionamiento de los sistemas de riego y el mantenimiento de las especies permitirá ahorrar mucho dinero a lo largo de toda la vida del jardín.

Tabla F → *Tareas Básicas de Mantención para Jardines Particulares. Adaptación de "Rain Bird Corporation, La Guía para Diseño de Jardines de bajo Consumo para Particulares, capítulo 4, página 15".*

Consejos para el Mantenimiento de Plantas y Riego	Tareas de Mantenimiento de los Sistemas de Riego
Regar antes de las 10 am, cuando hay menos viento, menores temperaturas y menos luz solar reduce la pérdida de agua por evaporación.	Examine su sistema cuando está en funcionamiento, busque encharcamientos, hojas marchitas o caídas, difusores con fugas y emisores atascados.
Riegue con la suficiente profundidad como para alcanzar la zona de las raíces y riegue con menor frecuencia para fomentar el crecimiento de las raíces profundas.	Ajuste el programa de riego mensualmente o, como mínimo, cuando cambie la estación.
Si tiene césped instalado, manténgalo largo (7 cm) para dar sombra al terreno y conservar el agua.	Limpie las acumulaciones de impurezas de la zona radicular dos veces al año regando con mayor profundidad, si la lluvia no ha hecho este trabajo por usted.
Compruebe regularmente los niveles de humedad. Asegúrese de que las zonas radiculares están saturadas: Normalmente entre 15 y 30 cm de profundidad para el césped, flores y vegetales; 60 cm para arbustos y cubresuelos; 90 cm para árboles. La saturación por debajo de la zona radicular no es efectiva.	Limpie el filtro dos veces al año en sistemas de riego localizado.
Oxigene el terreno, especialmente en terrenos arcillosos, una vez al año para reducir la compactación de la superficie y permitir una mejor penetración del agua.	Retire las tapas finales y limpie los sistemas de goteo dos veces al año.
Las plantas cubresuelos y árboles retienen la humedad del terreno, evitan la aparición de malas hierbas, proporcionan nutrientes y evitan la compactación del terreno.	Añada, suprima o mueva los emisores de goteo anualmente para acomodarlos al nuevo crecimiento.
Fertilice dos veces al año, una en primavera con un fertilizante nitrogenado de liberación lenta y en otoño con uno de liberación rápida.	Siga los programas de riego y las restricciones impuestas por su proveedor de agua o por las autoridades locales.

Manejo Sustentable de Plagas



Imagen 77: <http://buildipedia.com/at-home/landscaping/natural-pest-control-a-guide-to-integrated-pest-management>

De acuerdo al Decreto Supremo DS N° 157: Reglamento de Pesticidas de uso sanitario y doméstico, se entiende por plaga o peste “cualquier biotipo o microorganismo vegetal o animal dañino para personas, animales, plantas, semillas u objetos inanimados” y por plaguicida o pesticida “cualquier sustancia, mezcla de ellas o agente destinado a ser aplicado en el medio ambiente, animales o plantas, con el objeto de prevenir, controlar o combatir organismos capaces de producir daños a personas, animales, plantas, semillas u objetos inanimados”.

El plan debe implementar mejores prácticas de mantenimiento que, siendo económicamente costo-efectivas, reduzcan de manera significativa el uso de químicos peligrosos, el desperdicio de energía y agua,

la contaminación del aire, generación de residuos y el escurrimiento de químicos. Es así como a través de un manejo integrado de plagas se protege la salud de los usuarios, trabajadores y se protege el medioambiente.

Crterios a Considerar

- El plan de manejo integrado de plagas busca utilizar pesticidas menos tóxicos y minimizar el uso de químicos usándolos sólo en lugares específicos y sólo para especies específicas. Se deben considerar rutinas periódicas de inspección y monitoreo.
- Control de la erosión y sedimentación, prevenir la contaminación del aire por polvo o material particulado y restaurar zonas erosionadas.
- Reutilización o reciclaje de los residuos de paisajismo a través de acolchado, compostaje u otros medios de bajo impacto ambiental.
- Minimizar el uso de fertilizantes químicos instalando vegetación nativa y adaptable, o bien utilizar otras alternativas de bajo impacto que no contengan químicos artificiales.

Componentes básicos de un Manejo Integral de Plagas

Niveles Aceptables de Plagas

La idea principal es controlar no erradicar. Erradicar una plaga es prácticamente imposible e intentar hacerlo es sumamente costoso económicamente, insalubre y generalmente no funciona. Antes de llevar a cabo cualquier acción de control de plaga se deben establecer umbrales de acción y aplicar pesticidas en el caso de que la plaga exceda esos parámetros. El nivel al cual las plagas se convertirán en una amenaza económica es un buen criterio para establecer estos umbrales.

Monitoreo e Identificación de Plagas

Monitorear de manera constante es fundamental para un manejo integral de plagas. Para este propósito, lo primero es identificar con precisión las plagas que queremos controlar ya que muchos organismos son inofensivos e incluso pueden ser beneficiosos para el paisajismo.

Una vez identificadas las plagas, se implementa un sistema de monitoreo para verificar los niveles, esto se puede realizar a través de observación o trampas de esporas, de insectos, entre otras. Es esencial conocer el ciclo reproductivo y el comportamiento de las plagas consideradas.

El monitoreo e identificación sirve para determinar el momento óptimo de erupción de una plaga específica, de este modo se elimina la posibilidad de utilizar pesticidas cuando en realidad no son necesarios o bien utilizar tipos de pesticidas erróneos.

Prácticas de Prevención

La primera práctica de prevención es seleccionar especies apropiadas a las condiciones locales (nativas o adaptadas) y mantenerlas saludables a través de diversos métodos como retirar las plantas enfermas para evitar que se propague la plaga convirtiéndose en una amenaza. Estos métodos de prevención pueden ser muy efectivos económicamente y presentan bajo o incluso ningún riesgo para la salud de las personas y el medioambiente.



Imagen 78: Observación de plagas. <http://www.ipm.ucdavis.edu>

Control

Una vez que el monitoreo, la identificación y los umbrales de acción indican que se requiere pasar al control de plagas y los métodos preventivos ya no son efectivos, entonces se evalúa el método apropiado de acuerdo a eficacia y riesgo.

- **Control Mecánico:** Si una plaga entra en un nivel inaceptable, el control mecánico es la primera medida en implementarse. Esta medida consiste en simplemente cogerlos con la mano, utilizando trampas o barreras, aspirando y arando para impedir su reproducción.
- **Control Biológico:** Los procesos y materiales biológicos proveen control con bajo impacto ambiental y a menudo a menores costos. La técnica principal es promover los insectos beneficiosos que ataquen la plaga. Estos pueden ser microorganismos, hongos, nematodos, parásitos y predadores naturales.
- **Control Químico:** Pesticidas sintéticos son utilizados como último recurso, luego de que los otros tipos de controles no hayan funcionado. Estos pesticidas deben ser aplicados en cantidad y momento adecuado para tener un gran impacto en el ciclo de vida de la plaga.

Aplicación de Controles



Imagen 79: Aplicación Plaguicidas. <http://creapaisaje.cl>

De acuerdo al Decreto Supremo DS N° 157: Reglamento de Pesticidas de uso sanitario y doméstico, todo pesticida que sea utilizado deberá contar con registro sanitario para ser comercializado o distribuido y será responsabilidad del Instituto de Salud Pública (ISP) realizar el registro de pesticidas de uso sanitario y doméstico

Aplicación de Plaguicidas de Venta Especializada

La aplicación de plaguicidas de venta especializada, sólo podrá ser realizada por empresas autorizadas por la autoridad sanitaria. Antes de cada aplicación de plaguicida, la empresa autorizada deberá hacer un diagnóstico identificando la plaga y determinando el producto apropiado a utilizar.

Durante la ejecución de los trabajos, antes y después inclusive, la empresa autorizada deberá adoptar todas las precauciones necesarias contra riesgos de intoxicación de los aplicadores, de los ocupantes y de animales domésticos así como también evitar el derrame del producto a suelos, plantas, aguas y/o cualquier otro elemento que pueda ser contaminado.

Notificaciones Universales

Cuando la aplicación de plaguicidas sea en lugares de uso público deberá señalarse la actividad mediante letreros que indiquen “cuidado, aplicación de plaguicidas” con signo de una calavera con dos tibias cruzadas, además se debe agregar la fecha, hora, duración de la aplicación, período de reentrada y teléfono para consultas. Cuando la aplicación sea en lugares residenciales se deberá, además del requerimiento anterior, notificar con 48 horas de antelación mediante volantes que contengan la información de los letreros a cada una de las residencias.



Imagen 80: Notificación Universal. <http://sustainability.yale.edu>

Medición y Verificación

El objetivo principal de la medición y verificación es apoyar el buen manejo del agua e identificar nuevas oportunidades para el ahorro de agua a través del seguimiento de los consumos de agua.

Para esto se deben instalar medidores permanentes en el proyecto, la información recolectada debe analizarse semanal o mensualmente y luego compararla con el consumo esperado, de este modo se puede tomar medidas correctivas o de reparación en el caso de que haya algún mal funcionamiento.

A menudo existen diferencias entre la manera en la que los proyectos son diseñados para operar y el desempeño real. Al recolectar y analizar datos de consumo se pueden comparar estas diferencias y mejorar el desempeño real.

Lo primero que se debe hacer es identificar todos los usos de agua potable en el proyecto. Luego determinar cantidad, ubicación y tipo de medidores a instalar. Una vez instalados los medidores, se debe hacer un registro de los consumos para finalmente analizarlos y tomar medidas en el caso de encontrar discrepancias con lo esperado o de enfrentar nuevas oportunidades de ahorro.

Beneficios de la Medición y Verificación

Cuando un proyecto se compromete a reducir costos energéticos y a proteger el medioambiente, es importante medir los resultados de estos esfuerzos para así medir beneficios a largo plazo y determinar el retorno de las inversiones además de continuar con el ahorro de recursos. En el caso de que los resultados no sean los esperados, el monitoreo puede identificar las razones de los déficit y ayudar a mejorar el desempeño durante la operación.

Muchas de estas medidas son relativamente fáciles de cuantificar, como lo es el ahorro de agua ya que provee costos asociados a fin de mes por lo que reducciones en estos costos serán rápidamente determinados. En cambio niveles de contaminantes pueden ser medidos, pero determinar el costo-beneficio será menos sencillo. Muchos beneficios de la medición y verificación no son rápidamente cuantificables como la durabilidad, mantención, tolerancia a sequías, entre otras, sin embargo, permitirá que se detecten fallas en los sistemas o déficit en los desempeños ahorrando en soluciones posteriores.



EL PAISAJISMO SUSTENTABLE EN SISTEMAS DE CERTIFICACIÓN PARA EDIFICACIONES SUSTENTABLES

Un Sistema de Certificación para Edificaciones Sustentables, es una herramienta que permite evaluar, calificar, verificar y validar diversos criterios vinculados con sostenibilidad, ya sea desde el diseño y construcción, hasta la operación, mantención y renovación de edificios y su entorno, otorgando espacios interiores y exteriores más saludables, seguros y confortables para las personas y sus comunidades.

A continuación, se describen cuatro Sistemas de Certificación, nacionales e internacionales, y de qué manera estos abordan la incorporación del paisajismo dentro de sus requerimientos, fomentando la contribución de la Infraestructura verde como estrategia de Resiliencia y Desarrollo Urbano Sustentable.

Certificación SITES® y su contexto mundial



Con la Colaboración de Danielle Pieranunzi, SITES Program Manager, GBCI.
Traducción: Chile Green Building Council



Imagen 81: The University of Texas at El Paso's Campus Transformation Project is the first SITES certified project under v2 of the rating system. Photo credit: Adam Barbe

Desde paisajes urbanos y parques hasta campus corporativos e instituciones educativas, los paisajes entrelazan el tejido de nuestras comunidades y proporcionan la base de nuestra propia forma de vida. Determinan qué tan rápido nos recuperaremos de los efectos del cambio climático, proporcionan sistemas naturales para limpiar nuestro aire y agua y mantienen nuestras ciudades frescas, teniendo un impacto positivo tanto en nuestra salud mental como física. SITES ayuda a las comunidades a garantizar que estos sistemas naturales continúen respaldando nuestro sustento para proveer aire y agua limpios, apoyarnos y protegernos durante eventos climáticos extremos y construir un sentido de comunidad que contribuya a nuestro bienestar.

El programa SITES se centra en promover el desarrollo sustentable y resiliente del suelo, conectando el diseño con la ecología y las personas con el lugar. Reconectar a los seres humanos con la naturaleza no solo se provee beneficios para la salud y el bienestar, sino que también fomenta la gestión ambiental en las generaciones presentes y futuras.

SITES se compone de estrategias y métricas de mitigación, adaptación y resiliencia. Incluye créditos que promueven la captura de carbono, como la conservación de los sistemas naturales existentes, la restauración del suelo, la optimización de la biomasa (por ejemplo, árboles, arbustos, pastos) y la restauración del hábitat nativo. SITES también promueve estrategias que reducen las emisiones de carbono, como la selección de materiales con bajo contenido de carbono incorporado, la reducción del uso de agua en exteriores, la promoción de equipos eléctricos y de bajo consumo de combustible durante la construcción y el mantenimiento, el uso de energía renovable entre otros. El sistema de clasificación aborda el carbono en cada etapa del proceso de desarrollo, desde el diseño previo hasta el mantenimiento.

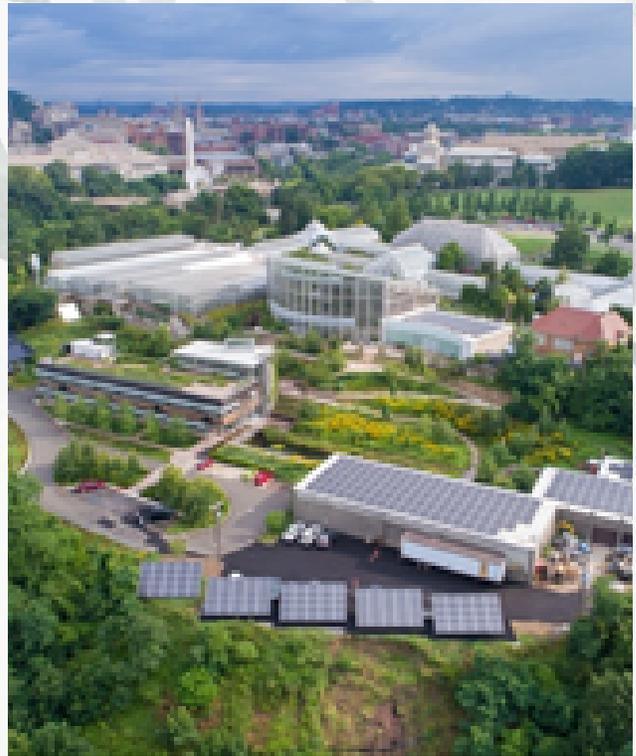


Imagen 82: Phipps' Center for Sustainable Landscapes. <http://www.sustainablesites.org/hipps-center-sustainable-landscapes>

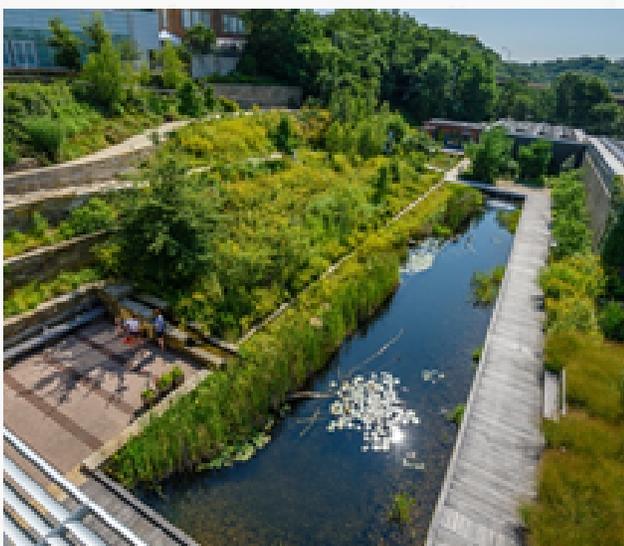


Imagen 83: Phipps' Center for Sustainable Landscapes. <http://www.sustainablesites.org/hipps-center-sustainable-landscapes>

La infraestructura verde, como los techos con vegetación, jardines de lluvia y las drenajes sostenibles (bioswales), se utilizan cada vez más para abordar el cambio climático y los problemas urbanos, como la escorrentía de las aguas lluvias y la isla de calor urbana, y para proveer una multitud de otros beneficios a una comunidad. Un enfoque que requiere de la coordinación de diversos sectores e involucra a varias profesiones. La infraestructura verde se optimiza con proyectos que utilizan SITES, ya que requiere que se implemente un proceso de diseño integrado para cualquier proyecto. Esto significa que se incluyen diversos conocimientos y perspectivas a lo largo del proceso de diseño y desarrollo, particularmente en las primeras etapas antes de diseñar el sitio, y al final cuando se considera el mantenimiento de la infraestructura verde.



Imagen 84: Xuhui Runway Park. <http://www.sustainablesites.org/xuhui-runway-park>

El uso del sistema de certificación SITES, ayuda a facilitar la planificación y el desarrollo de infraestructura verde y de hermosos espacios al aire libre que también son funcionales y resistentes.

Un objetivo fundamental para el programa SITES, es movernos hacia una cultura más restauradora, que conecte el diseño con la ecología y las personas con el lugar. El Sistema de Certificación SITES es un mecanismo para celebrar el liderazgo y promover este importante trabajo, impulsando la práctica profesional y la industria hacia un diseño positivo para el clima.

A la fecha, más de 200 proyectos y más de 740 millones de pies cuadrados brutos de espacio al aire libre se han

registrado o certificado con SITES, cubriendo 38 estados de Estados Unidos y Washington, D.C. y 15 países. El 2020, celebramos el primer proyecto SITES precertificado en América Latina: Maraey, un proyecto de desarrollo de uso mixto, que se construirá en Maricá, una ciudad en la Costa del Sol de Río de Janeiro.

A pesar de la pandemia del COVID-19, los proyectos desde Maine hasta Alabama y California continúan certificando SITES, demostrando el valor que brinda la sustentabilidad en nuestros paisajes. El 2020, proyectos emblemáticos obtuvieron la certificación SITES, como el primer proyecto SITES v2 de la Administración de Servicios Generales de EE. UU. (GSA), el puerto de entrada terrestre de Columbus en Nuevo México, los primeros parques en Dallas, Texas y Atlanta, Georgia y el segundo proyecto en Canadá en la Universidad de Columbia Británica. Proyectos en Japón, China, Brasil y Estados Unidos también obtuvieron la precertificación, una nueva vía de SITES que se lanzó este año.



Imagen 85: Columbus US Land Port of Entry Expansion. <http://www.sustainablesites.org/columbus-us-land-port-entry-expansion>

SITES cuenta con el apoyo de una comunidad en crecimiento de más de 500 profesionales. Los estudiantes han dado un paso adicional para mostrar su compromiso con los lugares sustentables y resilientes, al convertirse en Profesionales Acreditados (Accredited Professional) SITES. Actualmente, existen profesionales acreditados SITES en más de 20 países de todo el mundo, incluidos México, Colombia, Perú y Panamá. Sabemos que con el apoyo de nuestros amigos y socios de Chile GBC, estaremos celebrando nuevos profesionales y proyectos SITES en Sudamérica en un futuro cercano.

Texto original: GBCI.



From streetscapes and parks to corporate campuses and educational institutions, landscapes knit together the fabric of our communities and provide the foundation for our very way of life. They determine how quickly we will recover from the effects of climate change, provide natural systems for cleaning our air and water and keeping our cities cool and positively impact both our mental and physical health. SITES helps communities ensure these natural systems continue to support our

livelihood to provide clean air and water, support and protect us during extreme weather events and build a sense of community that contributes to our wellbeing.

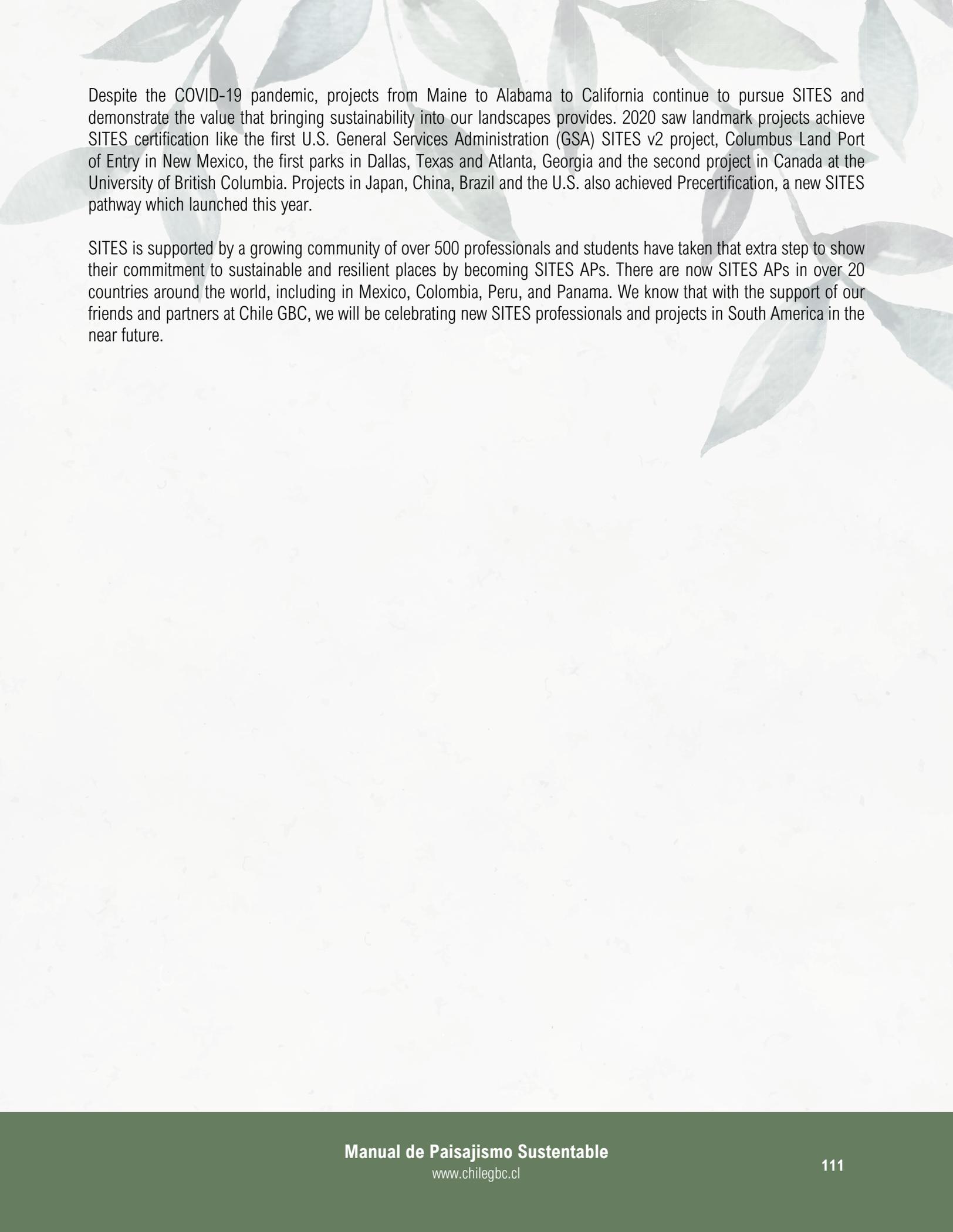
The SITES program focuses on promoting sustainable and resilient land development by connecting design with ecology, and people to place. Reconnecting humans with nature not only provides health and wellness benefits that come from that connection, it also encourages environmental stewardship in present and future generations.

SITES is embedded with mitigation, adaptation, and resilience-based strategies and metrics. It includes credits that promote carbon sequestration like conserving existing natural systems, restoring soil, optimizing biomass (e.g., trees, shrubs, grasses), and restoring native habitat. SITES also promotes strategies that reduce carbon emissions like selecting low embodied carbon materials, reducing water use outdoors, promoting electric and fuel-efficient equipment during construction and maintenance, using renewable energy, and much more. The rating system addresses carbon at every stage of the development process from pre-design through maintenance.

Green infrastructure like vegetated roofs, raingardens and bioswales is increasingly used to address climate change and urban issues, such as stormwater runoff and the urban heat island, and to provide a multitude of other benefits to a community. An approach that requires coordination across many sectors and involves various professions, green infrastructure is optimized with projects use SITES as it requires that an integrative design process be in place for any project. This means that diverse expertise and perspectives are included throughout the design and development process, particularly in the early stages before the site is designed and at the end when considering maintenance of green infrastructure features. Using the SITES Rating System helps to facilitate the effective planning and development of green infrastructure and beautiful outdoor spaces that are also functional and resilient.

Fundamental to the SITES program is the intention to move us toward a more restorative culture - one that connects design with ecology and people to place. The SITES Rating System is a mechanism to celebrate leadership and propel this important work forward pushing professional practice and the industry toward climate positive design.

To date, over 200 projects and more than 740 million gross square feet of outdoor space have registered or certified with SITES, covering 38 U.S. states and Washington, D.C. and 15 countries. In 2020, we celebrated the first pre-certified SITES project in Latin America – Maraey, a mixed-use development project, which will be built in Maricá, a city on the Sun Coast of Rio de Janeiro.



Despite the COVID-19 pandemic, projects from Maine to Alabama to California continue to pursue SITES and demonstrate the value that bringing sustainability into our landscapes provides. 2020 saw landmark projects achieve SITES certification like the first U.S. General Services Administration (GSA) SITES v2 project, Columbus Land Port of Entry in New Mexico, the first parks in Dallas, Texas and Atlanta, Georgia and the second project in Canada at the University of British Columbia. Projects in Japan, China, Brazil and the U.S. also achieved Precertification, a new SITES pathway which launched this year.

SITES is supported by a growing community of over 500 professionals and students have taken that extra step to show their commitment to sustainable and resilient places by becoming SITES APs. There are now SITES APs in over 20 countries around the world, including in Mexico, Colombia, Peru, and Panama. We know that with the support of our friends and partners at Chile GBC, we will be celebrating new SITES professionals and projects in South America in the near future.

CERTIFICACIÓN SITES®

www.sustainablesites.org



SITES es un marco de trabajo centrado en la sostenibilidad que lleva a los arquitectos paisajistas, ingenieros y otros hacia prácticas que protegen los ecosistemas y mejoran el mosaico de beneficios que brindan continuamente a nuestras comunidades, como la regulación del clima, el almacenamiento de carbono y la mitigación de inundaciones. El sistema de certificación SITES, y específicamente sus puntos de referencia de rendimiento específicos del sitio, se basan en el concepto de “servicios eco sistémicos”; la comprensión de los procesos naturales; las mejores prácticas en arquitectura del paisaje y la restauración ecológica.

Los objetivos de esta certificación radican en crear sistemas regenerativos y fomentar la resiliencia, garantizar el suministro de recursos futuro y mitigar el cambio climático, transformar el mercado mediante prácticas de diseño, desarrollo y mantenimiento y mejorar el bienestar humano fortaleciendo a la comunidad.

Los paisajes certificados por SITES ayudan a reducir la demanda de agua, filtran y reducen la escorrentía de aguas lluvia, proporcionan un hábitat para la vida silvestre, reducen el consumo de energía, mejoran la calidad del aire, mejoran la salud humana y aumentan las oportunidades de recreación al aire libre.

El sistema de clasificación SITES aplica a nuevos proyectos de construcción, así como a sitios existentes que incluyen renovaciones importantes. SITES se puede aplicar a una variedad de proyectos (con o sin edificios), entre los cuales se incluyen:

- Espacios abiertos: parques locales, estatales y nacionales; jardines botánicos; arboretos.
- Paisajes urbanos y plazas.
- Proyectos comerciales: áreas comerciales y de oficinas; campus corporativos.
- Proyectos residenciales: barrios o patios individuales.
- Proyectos educativos e institucionales: campus públicos y privados; museos; hospitales.

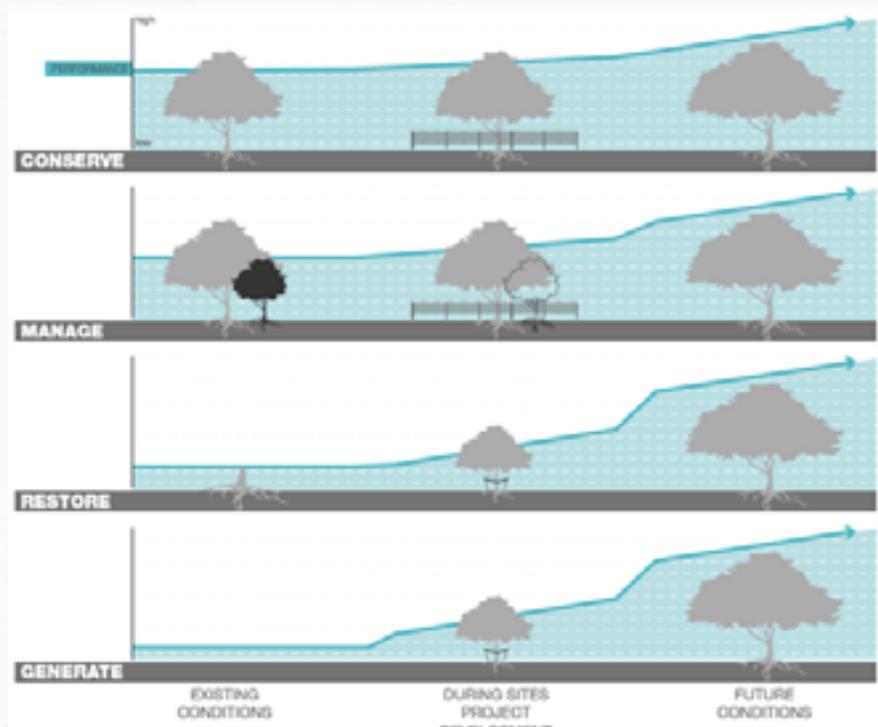


Imagen 86: <http://www.sustainablesites.org/certification-guide>

Paisajismo en SITES

El paisajismo es abordado por esta certificación en distintos aspectos descritos a continuación:

Gestionar las Precipitaciones en el Sitio

Reducir los impactos negativos en los ecosistemas acuáticos, la morfología de los canales y el flujo base de clima seco replicando las condiciones hidrológicas naturales y reteniendo la precipitación mediante la infiltración, la evapotranspiración y la reutilización en el sitio.

Reducir el uso de agua para riego

Conservar los recursos hídricos y minimizar el uso de la energía reduciendo el uso de agua potable y las extracciones de agua de superficie natural y de agua subterránea para el riego del paisaje después del periodo de arraigo, ya sea reutilizando las aguas lluvia, aguas grises, mejorando la capacidad de retención de agua del suelo a través del compostaje, utilizando vegetación nativa, o instalando sistemas de riego eficientes, entre otras prácticas recomendadas.

Controlar y tratar plantas invasivas

Eliminar aquellas especies invasivas que se encuentren en el sitio. Mediante el control y la gestión, la diseminación de especies invasivas ampliamente establecidas se puede lentificar y su impacto se puede reducir.

Utilizar plantas apropiadas

Mejorar el desempeño del paisaje y reducir el uso de recursos instalando solo plantas que sean adecuadas para las condiciones, el clima y el propósito de diseño del sitio. Utilizar plantas de vivero, plantas legalmente cosechadas o plantas recuperadas para su reutilización dentro o fuera del sitio, evitar especies invasivas que puedan poner en riesgo los ecosistemas locales.

Conservar suelos sanos y vegetación apropiada

Mantener los servicios ecosistémicos existentes, reducir el uso de recursos y proteger la salud del suelo limitando la alteración de plantas adecuadas existentes y suelos saludables.

Conservar la vegetación en situación especial

Proteger los servicios ecosistémicos existentes identificando y conservando toda la vegetación en el sitio designada como en situación especial por las entidades locales, estatales o federales.

Conservar y utilizar plantas autóctonas

Promover el hábitat para la vida silvestre autóctona, que es necesario para la reproducción de plantas, conservando o instalando plantas autóctonas en el sitio.

Conservar y restaurar comunidades de plantas autóctonas

Contribuir con la diversidad regional de la flora y proporcionar un hábitat para la vida silvestre nativa conservando las comunidades de plantas nativas existentes e instalando vegetación que contribuya a las comunidades de plantas nativas de la ecorregión.

Optimizar la biomasa

Conservar o restaurar la biomasa de vegetación en el sitio a un nivel adecuado para la región a través de muros verdes, utilización de árboles, techos verdes o estructuras con vegetación para cubrir las superficies sin vegetación como senderos, techos o estacionamientos. Seleccionar métodos basados en la vegetación para lograr objetivos de gestión de aguas pluviales para el sitio.

Reducir los efectos urbanos de la isla de calor

Minimizar los efectos en el microclima y el hábitat humano y de vida silvestre utilizando materiales reflectantes y vegetación que de sombra en áreas pavimentadas, instalar macetas con vegetación, pavimentos de grilla abierta, entre otras estrategias.

Utilizar vegetación para minimizar el uso de energía en el edificio

Instalar vegetación o estructuras con vegetación en ubicaciones estratégicas alrededor de edificios ocupados habitualmente para reducir el consumo de energía y los costos asociados con el control climático interior, ya sea a través de sombra, como barrera contra el viento, techos y muros verdes.

Apoyar la sustentabilidad en la producción de plantas

Identificar y seleccionar plantas de viveros que implementen activamente mejores prácticas de negocios para reducir el daño en el entorno y conservar los recursos.

Apoyar la restauración mental

Contar con acceso a la naturaleza afecta positivamente la salud mental y facilita la conexión social. Estos efectos son esenciales para el hábitat saludable de las personas.

Apoyar la conexión social

Fortalecer la comunidad y promover las conexiones sociales proporcionando espacios de reunión al aire libre con vegetación para que las personas se reúnan, coman, trabajen y jueguen juntas.

Proporcionar producción de alimentos en el sitio

Mejorar la salud humana y el bienestar, la participación de la comunidad y la educación sobre nutrición y producción de alimentos diseñando y controlando la producción de alimentos en el sitio, ya sea dedicando una parte del área de vegetación para su producción (huertas comunitarias) o a través de diversos métodos de jardinería (invernaderos).

Restaurar suelos alterados durante la construcción

Mantener plantas saludables, comunidades biológicas, almacenamiento de agua e infiltración mediante la restauración de suelos alterados durante la construcción.

Proceso de Certificación SITES



1.- Registra tu proyecto en SITES online.



3.- El proyecto se revisará durante un máximo de 20 a 25 días hábiles.



2.- Recopila la información de respaldo y envía a GBCI para revisión.



4.- Al finalizar el proceso, se deberá aceptar el informe final.

Imagen 87: Información obtenida del Manual Sites Rating System descargable desde el link: <https://www.sustainablesites.org/resources>

LEADERSHIP IN ENERGY & ENVIRONMENTAL DESIGN - LEED®

Con la colaboración de US Green Building Council
www.usgbc.org



LEED® es el acrónimo para Leadership in Energy and Environmental Design (Liderazgo en Energía y Diseño Medioambiental). Es un Programa de Certificación voluntario y consensado para Edificación Sustentable, que reconoce las mejores estrategias y prácticas de construcción. Esta herramienta, tiene su génesis el Año 2000 y su desarrollo fue gatillado por el USGBC (United States Green Building Council) en conjunto con actores y profesionales relevantes de la industria de la construcción. Actualmente, el sistema para mayor consistencia global se apoya en el trabajo de voluntarios que prestan servicio en comités y grupos consultivos de todas partes del mundo de forma de asegurar no solo su aplicabilidad internacional, sino también su rigurosidad y relevancia en el mercado.

El objetivo de esta Certificación es, mejorar la forma de diseñar, construir, operar y mantener nuestras edificaciones con miras a disminuir los impactos ambientales resultantes durante su ciclo de vida y a obtener espacios más saludables, seguros y confortables para ocupantes y trabajadores en tanto se disminuyen los costos asociados a la fase de uso de uso de distintos tipos de proyectos arquitectónicos. La importancia de contar con un sistema de certificación era la seriedad y confianza que otorga la verificación por parte de un tercero y el uso de los estándares más exigentes de forma de lograr que los proyectos certificados, tengan un desempeño medioambiental muy por sobre sus pares y que, a su vez, este sea certificado por una entidad independiente.

Paisajismo en LEED

El paisajismo es abordado por esta certificación en distintos aspectos descritos a continuación:

Proteger y Restaurar el Hábitat

Promover la biodiversidad utilizando vegetación nativa y/o adaptada. Además, restaurar todos los suelos compactados o perturbados que serán revegetados.

Al situarse en terrenos previamente desarrollados, el equipo de proyecto debe considerar la restauración del suelo, restauración de la hidrología y la instalación de especies nativas lo que en conjunto mejoran la viabilidad de comunidades ecológicas, gestionan e infiltran aguas lluvia y cumplen otras funciones del ecosistema.

Espacios Abiertos

Crear espacios abiertos exteriores que fomenten la interacción con el medioambiente, la interacción social, la recreación pasiva y actividades físicas. Para esto se propone proporcionar espacios abiertos que incluyan un mínimo de área vegetada. Estos espacios tienen que ser físicamente accesibles y cumplir con alguno de los siguientes criterios:

- Área peatonal que fomenta actividades sociales exteriores.
- Área recreacional que fomenta actividades físicas.
- Espacio para jardín con diversos tipos y especies vegetadas que presenten interés visual a lo largo de todo el año.
- Espacio de jardín dedicado a la comunidad o huertos urbanos.
- Espacio que cumpla con criterios de protección y restauración del hábitat y además presente elementos de interacción con el ser humano.

Cuando los ocupantes de edificios tienen la oportunidad de conectarse con el exterior mejoran su bienestar y productividad. Los espacios abiertos también proveen muchos beneficios medioambientales, creación de hábitats, conexión de hábitats en áreas urbanas, aumento de la infiltración de aguas lluvia y reducción del efecto isla de calor.

Manejo y Gestión de las Aguas Lluvia

Reducir el volumen de la escorrentía y mejorar la calidad del agua replicando la hidrología natural y el balance acuático en el terreno basándose en condiciones históricas y ecosistemas regionales sin desarrollo, para lo cual se propone gestionar las aguas lluvia con Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) e infraestructura verde.

El desarrollo convencional de los terrenos interrumpe los sistemas hidrológicos naturales y sus cauces producto de la inclusión de superficies impermeables, compactación de suelos, pérdida de vegetación y pérdida de patrones de drenaje natural. La infraestructura verde o sistemas de drenaje urbano sustentable imitan la hidrología natural del terreno en donde las aguas lluvias son tratadas como un recurso más que un problema.

Efecto Isla de Calor

Minimizar los efectos del desarrollo de ciudades en microclimas y hábitats reduciendo la isla de calor.

Las superficies oscuras y no reflectantes utilizadas en estacionamientos, caminos, techos, veredas y otras áreas absorben el calor del sol el que luego irradian creando islas de calor.

Para minimizar estos efectos negativos se propone entre varias estrategias la instalación de vegetación en los techos y en el suelo, se recomienda sombrear con vegetación o estructura vegetada las superficies pavimentadas. Además, se puede utilizar pavimentos reflectantes o pavimentos de grilla con vegetación en los espacios interiores.

Reducción del Consumo de Agua Exterior

Disminuir el consumo de agua potable en el exterior para lo cual se propone instalar vegetación que no requiera irrigación luego de estar establecida o reducir la cantidad de consumo de agua a través de especies con bajos requerimiento hídricos, sistemas eficientes de riego y reutilización de aguas (aguas grises, aguas lluvia, condensación de equipos de clima).

Medición del Consumo de Agua

Apoyar la gestión de agua e identificar oportunidades para ahorros adicionales de agua al rastrear el consumo. Para esto se requiere instalar medidores permanentes para varios subsistemas entre los que se encuentra irrigación.

Vistas de Calidad

Entregar a los ocupantes del edificio conexión con el entorno natural exterior proveyendo vistas de calidad. Las vistas de calidad tienen que cumplir con varias características entre las que se encuentran vistas hacia flora, fauna o cielo.

Los ocupantes de edificios que puedan visualmente conectarse con el ambiente exterior mientras desarrollan sus tareas habituales obtienen mayor satisfacción, atención y productividad. Las vistas exteriores que incorporan elementos de la naturaleza ofrecen mayor atractivo visual. En centros de salud proveer a pacientes de vistas y acceso a la naturaleza puede acortar los tiempos de estadía en los hospitales y reducir estrés, depresión y el dolor.

Lugares de Respiro y Acceso Directo al Exterior (Sólo Centros de Salud)

Proveer a pacientes, trabajadores y visitantes los beneficios saludables del entorno natural creando espacios exteriores de respiro. Estos espacios deben ser exteriores o ubicados en atrios interiores, invernaderos o espacios condicionados. Además, deben considerar un porcentaje mínimo de área vegetada (no se considera pasto).

El acceso a aire fresco, luz natural y vegetación exterior puede entregar importantes beneficios a la salud. Elementos naturales permiten a pacientes, visitantes y trabajadores conectarse con la naturaleza permitiendo disminuir el estrés y aumentar el bienestar.

Información obtenida de la Guía de Referencia LEED Reference Guide for Building Design and Construction v4:
<http://www.usgbc.org/resources/leed-reference-guide-building-design-and-construction>

Sinergias entre SITES® y LEED®

Traducción: Chile Green Building Council

Los sistemas de Certificación SITES® y LEED® son complementarios y se pueden utilizar de forma independiente o en conjunto. El documento Sinergias entre SITES y LEED (Synergies between SITES and LEED document³³) publicado en octubre de 2016 describe las sinergias entre los dos programas.

El USGBC y el GBCI llevan mucho tiempo comprometidos con el desarrollo sustentable de sitios. Desde su origen, LEED ha contenido créditos de Sitios Sustentables los que están diseñados para garantizar que el entorno natural de un proyecto sea valorado y respetado en cada paso del proceso de construcción, desde la planificación hasta la construcción y la gestión.

El programa SITES llena un vacío importante en el mercado, abordando adecuadamente el espacio exterior y entre los edificios, al alentar a los proyectos a integrar prácticas de desarrollo sustentable del paisaje al inicio de un proyecto, durante el diseño, y luego en la finalización del proyecto y la gestión del sitio. SITES también va más allá, enfatizando la importancia de los servicios ecosistémicos y los beneficios de estar al aire libre.

El sistema de certificación también está disponible para proyectos sin ningún edificio ya que, si bien cada edificio tiene un paisaje, no todos los paisajes tienen un edificio.

La herramienta de preparación LEED to SITES (LEED to SITES Readiness Tool) se ha desarrollado para fortalecer aún más las sinergias entre los programas LEED y SITES. La herramienta es una actualización del documento del 2016 y agiliza los créditos LEED que tienen sinergias con los créditos SITES. Se ha creado para ayudar a los equipos de proyectos LEED a evaluar rápidamente su preparación (y brechas) para lograr la certificación SITES, según los créditos LEED logrados o anticipados. La herramienta proporciona una vista rápida del cuadro de mando de las sinergias disponibles entre los dos programas e incluye sinergias entre créditos, identificadas recientemente.

Los proyectos con edificios pueden usar la herramienta de preparación LEED to SITES para evaluar la preparación de su proyecto LEED para la certificación SITES e identificar estrategias para mejorar aún más la salud y la resiliencia en un proyecto de desarrollo, mientras se preserva y restaura la integridad ambiental de los paisajes asociados.

³³ <https://www.usgbc.org/resources/synergies-between-sites-and-leed>

Si se obtiene algún crédito LEEDv4 (o LEED v2009) de los que se enumera a continuación, obtendrá automáticamente el crédito o componente SITES v2 correspondiente (enumerados en el documento Sinergias entre SITES y LEED). Sólo necesitará documentar el crédito una vez en el proyecto LEED. Además, si se obtiene un crédito SITES v2, se obtendrá automáticamente el crédito LEEDv4 correspondiente. Solo necesitará documentar el crédito una vez en el proyecto SITES.

LEEDv4 Credits	LEED v2009 Credits
Location and Transportation & Sustainable Sites	
LTc Sensitive Land Protection*	
LTc High Priority Site	SSc3 Brownfield Redevelopment
LTc Surrounding Density and Diverse Uses	SSc2 Development Density and Community Connectivity
LTc Access to Quality Transit*	SSc4.1 Alternative Transportation - Public Transportation Access
LTc Bicycle Facilities*	SSc4.2 Alternative Transportation - Bicycle Storage and Changing Rooms*
LTc Reduced Parking Footprint	SSc4.4 Alternative Transportation - Parking Capacity
LTc Green Vehicles	SSc4.3 Alternative Transportation - Low-Emitting and Fuel-Efficient Vehicles
SSp Construction Activity Pollution Prevention	SSp1 Construction Activity Pollution Prevention
SSc Site Assessment*	SSc1 Site Selection*
SSc Rainwater Management*	SSc6.2 Stormwater Design - Quantity Control*
SSc Heat Island Reduction	SSc7.1 Heat Island Effect - Nonroof
	SSc7.2 Heat Island Effect - Roof
SSc Light Pollution Reduction*	SSc8 Light Pollution Reduction*
Water Efficiency	
WEc Outdoor Water Use Reduction*	WEc3 Outdoor Water Use Reduction*
Materials and Resources	
MRc Construction and Demolition Waste Management	MRc2 Construction Waste Management
MRc Building Life-Cycle Impact Reduction	MRc3 Materials Reuse
MRc Building Product Disclosure and Optimization - Environmental Product Declarations*	MRc4 Recycled Content
MRc Building Product Disclosure and Optimization - Sourcing of Raw Materials*	MRc5 Regional Materials
MRc Building Product Disclosure and Optimization - Material Ingredients*	
Indoor Environmental Quality	
EQp Environmental Tobacco Smoke Control*	EQp2 Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control*
Innovation	
IN Community Outreach and Involvement	IDc1 Community Outreach and Involvement (LEED-ND NPDc12)
IN Local Food Production	IDc1 SSp82 Local Food Production

Texto original: LEED

The SITES and LEED rating systems are complementary, and can be used independently or in tandem. *The Synergies between SITES and LEED document*³⁴ published in October 2016 outlines the synergies between the two programs.

USGBC and GBCI have long been committed to sustainable site development. Since its origination, LEED has contained Sustainable Sites credits which are designed to ensure a project's natural environment is valued and respected through every step of the building process from planning to construction to management.

The SITES program fills an incredibly important gap in the market, properly addressing the space outside of and between buildings by encouraging projects to integrate sustainable landscape development practices at the onset of a project during design and then into project completion and site management. SITES also goes further, emphasizing the critical importance of ecosystem services and health benefits of being outdoors. The rating system is also available for projects with no buildings at all because while every building has a landscape, not every landscape has a building.

The LEED to SITES Readiness Tool has been developed to further strengthen the synergies between the LEED and SITES programs. The tool is an update to the 2016 document and streamlines LEED credits that have synergies with SITES credits, and has been created to assist LEED project teams to quickly assess their readiness (and gaps) toward achieving SITES certification, based on the LEED credits achieved or anticipated. The tool provides a quick scorecard view of the available synergies between the two programs and includes newly identified credit synergies.

Projects with buildings can use the LEED to SITES Readiness tool to assess their LEED project's readiness for SITES certification and identify strategies to further enhance health and resilience on a development project while preserving and restoring the environmental integrity of associated landscapes.

³⁴ <https://www.usgbc.org/resources/synergies-between-sites-and-leed>

CERTIFICACIÓN DE VIVIENDA SUSTENTABLE - CVS

<https://cvschile.cl>



La Certificación de Vivienda Sustentable CVS es un sistema voluntario de certificación ambiental que evalúa el desempeño de los proyectos residenciales a nivel nacional. Es aplicable a cualquier tipo de vivienda nueva, ya sea pública o privada, y busca incentivar la mejora de la calidad, a través de la verificación de la correcta implementación de buenas prácticas de diseño y construcción, que permiten, entre otras ventajas, reducir los costos de operación y mantenimiento de los hogares, cuidar el medio ambiente, y mejorar la calidad de vida de las personas.

Mediante la CVS se espera mejorar, de manera continua y permanente, el estándar de construcción de viviendas a nivel nacional, promoviendo criterios de sustentabilidad, e impulsando la transformación del mercado de la construcción, hacia uno de orden más sostenible en toda su cadena de valor.

Esta herramienta es parte de las iniciativas nacionales para reducir los impactos ambientales del sector construcción y el efecto de Cambio Climático.

Paisajismo en CVS

El paisajismo es abordado por esta certificación en distintos aspectos descritos a continuación:

Paisajismo de Bajo Requerimiento Hídrico

Reducir el consumo de agua para riego en áreas verdes a través de la reducción de la evapotranspiración de las especies, calculada a partir de factores de especie, densidad y microclima de la zona.

Riego Eficiente

Reducir el consumo de agua para riego, a través de la instalación de un sistema de riego eficiente.

Reutilización del agua

Implementar sistemas de reutilización de agua, entre ellas la reutilización de aguas grises, servidas o negras para riego de paisajismo.

El alto contenido en fósforo, potasio y nitrógeno de las aguas grises permite que éstas puedan utilizarse de manera beneficiosa como excelentes nutrientes para las plantas cuando dichas aguas se utilizan como agua de regadío o de limpieza de zonas exteriores.

Efecto Isla de Calor

Contrarrestar el fenómeno de aumento de temperatura en zonas altamente urbanizadas, producto de la elevada absorción de radiación solar (entre otros factores) en superficies de baja reflectancia y alta masa térmica. Durante la noche, estas superficies liberan lentamente el calor acumulado.

El aumento de temperatura afecta negativamente a los ecosistemas, las condiciones de confort térmico y el consumo de energía para enfriamiento.

Vistas al Exterior

Dar acceso a vistas sin obstrucciones hacia el cielo, naturaleza u objetos en movimiento con la finalidad de garantizar confort visual de alta calidad para los ocupantes.

Información obtenida del Manual CVS descargable desde el link: <https://cvschile.cl/#/downloads>

Categorías evaluadas para la CVS:



**SALUD Y
BIENESTAR**



ENERGÍA



AGUA



**MATERIALES Y
RESIDUOS**



**IMPACTOS
AMBIENTALES**



**ENTORNO
INMEDIATO**

Imagen 88: <https://cvschile.cl/#/home>

CERTIFICACIÓN EDIFICIO SUSTENTABLE - CES

www.certificacionsustentable.cl



La Certificación Edificio Sustentable (CES) es un sistema nacional, que permite evaluar, calificar y certificar el grado de sustentabilidad de edificios de uso público en Chile, entendiéndola como la capacidad de un edificio de lograr niveles adecuados de calidad ambiental interior, con un uso eficiente de recursos y baja generación de residuos y emisiones. El sistema fue desarrollado por el Instituto de la Construcción con el apoyo y la participación formal de 13 instituciones públicas y privadas, reunidos con el objetivo de incentivar el diseño y la construcción de edificios con criterios de sustentabilidad, y estimular al mercado para que valore este tipo de edificación.

Paisajismo en CES

El paisajismo es abordado por esta certificación en distintos aspectos descritos a continuación:

Disminución de la evapotranspiración del proyecto de paisajismo

Reducir el uso de agua para riego, sea esta potable o de otras fuentes, en base a reducir la necesidad de agua de las especies vegetales del proyecto de paisajismo.

Para lograr esto, se debe considerar como indicador la disminución de la evapotranspiración para lo cual se calculan los requerimientos hídricos de cada especie, el factor de densidad y el factor de microclima.

(Se considera vegetación en techos verdes mientras sean accesibles y en muros verdes si estos son accesibles visualmente por los ocupantes del edificio).

Eficiencia Hídrica del Sistema de riego

Reducir el consumo de agua para riego en áreas verdes de todo el proyecto a través de la instalación eficiente de riego.

(Se considera la eficiencia del sistema de riego y sus controladores).

Información obtenida del “Manual de Evaluación y Calificación” descargable desde el siguiente link: <https://certificacionsustentable.cl/documentos/?dir=77>



REFERENCIAS

A

✓ Akan, A. O. and Houghtalen, R. J. (2003). Urban Hydrology, Hydraulics and Stormwater Quality, John Wiley & Sons, New Jersey, USA.

B

✓ Bertrand, A. (1908). Saneamiento de Santiago de Chile. Memoria presentada al ministerio del Interior sobre los antecedentes de la licitación y contratación del alcantarillado actualmente en construcción.

✓ Bravo, M. Revista Sustentabit, Contexto Legal Reutilización de Aguas Grises.

✓ BREEAM, Manual Técnico para Nuevas Construcciones Internacionales.

<http://www.breeam.org/BREEAMInt2013SchemeDocument>.

✓ BREEAM. www.breeam.org

C

✓ Código de Aguas DFL1122. <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5605>

✓ Consejo de Producción, “Guía de Mejores Técnicas Disponibles para la Reutilización de Aguas Grises en el Sector Gastronómico y de Alojamiento Turístico”.

<http://www.turismochilesustentable.cl/wp-content/uploads/GMTD-Reutilizaci%C3%B3n-de-Aguas-Grises-en-el-Sector-Gastron%C3%B3mico-de-Alojamiento-Tur%C3%ADstico.pdf>

D

✓ Decreto Supremo N° 157: REGLAMENTO DE PESTICIDAS DE USO SANITARIO Y DOMESTICO.

<http://www.leychile.cl/N?i=262263&f=2007-06-30&p=>

✓ Dirección General de Aguas – DGA: Actualización para Reutilización de aguas grises del “Reglamento General de Alcantarillados Particulares, Fosas Sépticas, Cámaras Filtrantes, Cámaras de Contacto, Cámaras Absorbentes y Letrinas Domiciliarias”, decreto supremo N° 236 de 1926 del Ministerio de Higiene, Asistencia, Previsión Social y Trabajo. Santiago de Chile, Diciembre 2010.

✓ Dodson, R. D. (1999). Storm Water Pollution Control - Municipal, Industrial and Construction NPDES Compliance, McGraw-Hill, New York, USA.

✓ Dvorak, B. Sustainable Green Roof for Texas-BEC_dvorak_handout.

E

✓ EPA, Manejo Integrado de Plagas. <http://www.epa.gov/pesticides/factsheets/ipm-sp.html>

✓ Estelle L., Gironás, J., Fernández, B. (2012) Fundamentos del drenaje urbano e inundaciones. XII Jornadas Francisco Javier Domínguez. Valparaíso.

F

✓ Froehlich, D. (2009). Graphical Calculation of First-Flush Flow Rates for Storm-Water Quality Control, Journal of Irrigation and Drainage Engineering 135(1), 68-75.

✓ Fuentes, L y Sierralta, C (2004). Santiago de Chile, Ejemplo de una reestructuración capitalista.

G

✓ Green Roof Guidelines, types of green roofs. <http://www.greenroofguide.co.uk>

✓ Growing Green Guide (2014), A guide to green roofs, walls and facades in Melbourne and Victoria, Australia. www.growinggreenguide.org

✓ GUÍA DE DISEÑO PARA CAPTACION DEL AGUA DE LLUVIA - Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural (UNATSABAR). <http://www.aguasinfronteras.org/PDF/AGUA%20DE%20LLUVIA.pdf>

M

- ✓ Manual de Evaluación y Calificación. http://www.certificacionsustentable.cl/documentos_sitio/27310_Manual1_Evaluacion&Calificacion_v1.1_2014.05.28.pdf
- ✓ Ministerio de Obras Públicas (MOP) (2013) Manual de Drenaje Urbano.
- ✓ Ministerio de Obras Públicas-Dirección de Obras Hidráulicas (MOP-DOH) (2013). Manual de Drenaje Urbano.
- ✓ Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) (1996). Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos – Guía de Diseño, Gobierno de Chile, Santiago, Chile.
- ✓ Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) (2008). Guía de Diseño y Especificaciones de Elementos Urbanos de Infraestructura de Aguas Lluvias.
- ✓ Manual de Elementos Urbanos Sustentables del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Tomo III, Capítulo 2 Material Vegetal. Disponible en <https://www.minvu.gob.cl/ditec/infraestructura-verde-y-espacios-publicos-sustentables>

N

- ✓ Nehrke, S., Roesner, L.A. (2004). Effects of design practice for flood control and best management practices on the flow-frequency curve 130(2), 131–139.
- ✓ Norton, B., Bosomworth, K., Coutts, A., Williams, N., Livesley, S., Trundle, A., Harris, R., McEvoy, D. PLANNING FOR A COOLER FUTURE: GREEN INFRASTRUCTURE TO REDUCE URBAN HEAT, October 2013

P

- ✓ Programa Watersense de la Agencia de Protección Ambiental de EEUU.

S

- ✓ Stahre, P (2008). Blue-green fingerprints in the city of Malmö, Sweden. VASYD.
- ✓ Sustainable Landscape, Practices and Guidelines: City of Cape Town Facilities Management.

T

- ✓ The Rain Bird Corporation, La Guía de Diseño de Jardines. <http://www.rainbird.fr/files/rainbird-es/iuow-particulares-es.pdf>

U

- ✓ USGBC, LEED Reference Guide for Building Design and Construction v4. <http://www.usgbc.org/resources/leed-reference-guide-building-design-and-construction>
- ✓ USGBC. www.usgbc.org
- ✓ USGBC. LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction v2009.

W

- ✓ www.certificacionsustentable.cl
- ✓ www.diarioviregion.cl/noticias/8126-a-capturar-el-agua-lluvia
- ✓ www.drenajeurbanosostenible.org
- ✓ www.epa.gov/watersense/outdoor/landscaping_tips.html
- ✓ www.greenovergrey.com



info@chilegbc.cl
www.chilegbc.cl

#Súmate

