



Recomendaciones Técnicas para Proyectos de Cubiertas Vegetales



Recomendaciones Técnicas para Proyectos de Cubiertas Vegetales
Proyecto Techos Verdes

Número de Registro de Propiedad intelectual inscripción: 194632
I.S.B.N: 978-956-7911-14-1

500 ejemplares

Por favor, remitir sus observaciones a:

Grupo Técnico de Techos Verdes
Marchant Pereira 221. Oficina 11. Providencia. Santiago
Fax: (+562) 718 7503
Correo electrónico: hnoll@cdt.cl

Prohibida su reproducción total o parcial, sin citar la fuente.



Índice

Prólogo	5
Introducción	7
Glosario y Terminología.....	11
Inicio de un Proyecto de Cubiertas Vegetales	
▪ Análisis costos beneficio de un proyecto de Cubierta Vegetal..	13
▪ Determinación del tipo de Cubierta Vegetal a instalar	22
▪ Consideraciones a incorporar en el proyecto.....	24
Recomendaciones para Especificar una Cubierta Vegetal	
▪ Antecedentes generales para especificar	25
▪ Especificación del sistema de montaje	28
▪ Especificación de la estructura soportante	30
▪ Componentes integrantes de la Cubierta Vegetal	36
▪ Medio de crecimiento y Capa Vegetal.....	42
▪ Componentes opcionales	47
Recomendaciones para Instalar una Cubierta Vegetal	
▪ Antecedentes generales para instalación.....	57
▪ Componentes integrantes de la Cubierta Vegetal	60
▪ Medio de crecimiento y Capa Vegetal.....	68
▪ Componentes opcionales	74
Anexos	81
Referencias Bibliográficas.....	84





Prólogo

El Grupo Técnico de Techos Verdes se forma hacia fines del año 2008, con el fin de crear una base de conocimiento técnico que permita impulsar el crecimiento del mercado de Techos Verdes al asegurar se cuente con elementos que permitan diseñar, calcular e instalarlos considerando sus beneficios sociales y privados, en soluciones de edificios habitacionales, comerciales e industriales.

La tarea emprendida, complicada y larga debido a que este tipo de soluciones no son parte de la cultura nacional en edificaciones y a que los argumentos para lograr el crecimiento de este mercado no se encuentran en la componente técnica. Estos argumentos guardan relación con montos de inversiones, ganancias de valores públicos y privados y percepciones de los potenciales usuarios.

Investigar las causas reales del porqué esta solución, que existe en el extranjero, no es aplicada en Chile, representa un desafío previo a la redacción de este texto técnico, debido a la falta de antecedentes reales.

En la actualidad en Chile no hay un porcentaje significativo de edificios o potenciales obras que utilicen Techos Verdes.

Sin embargo, traer estos productos y su tecnología asociada representa, hoy en día, un riesgo ya que no hay normativas nacionales, no hay suficiente cantidad de conocimiento ni experiencia para su instalación y los inversionistas que optan por su uso se ven enfrentados sólo a información de catálogo.

Como una forma de subsanar lo anterior, el grupo de empresas asociadas a este proyecto manifiesta su interés en trabajar en el desarrollo de este segmento de mercado en el país, prospecta la situación de este mercado en el extranjero y analiza la posibilidad de adaptar los requisitos técnicos en Chile.

Como consecuencia de esa decisión se desarrolla un estudio de mercado, que arroja algunas conclusiones orientadas a facilitar el crecimiento de este mercado. Éstas dependen del tipo de empresa que responde a las diferentes preguntas.

De esa forma, para inmobiliarios y arquitectos los principales incentivos para incluir este tipo de soluciones en sus proyectos se concentran en la existencia de incentivos económicos o tributarios que den cuenta de la retribución por el aporte que un techo verde hace al medio ambiente. También se destaca el que sean solicitados por los clientes.

Por otro lado, las empresas constructoras centran sus incentivos en la existencia de garantías, aportes al proyecto desde la perspectiva medioambiental y la existencia de normativa.

Las empresas proveedoras de insumos y materiales centran sus incentivos en el aporte ecológico y la existencia de incentivos económicos y tributarios.

La suma de todas las respuestas indica que los dos principales incentivos se encuentran en el aporte a la ecología y a la existencia de incentivos económicos o tributarios.

Simultáneamente con el análisis de mercado, las empresas del Grupo Técnico, comienzan a estudiar en detalle los aspectos tecnológicos involucrados en el tema. Como consecuencia de ello, se decide que el nombre correcto del producto a incorporar en el mercado es de Cubiertas Vegetales.

A las empresas asociadas a este proyecto se suma INNOVA de CORFO, con un aporte financiero que permite realizar todas las actividades de prospección e investigación que generan, entre otros, la edición de este texto técnico.

Las empresas integrantes del Grupo Técnico, que participaron activamente en las actividades de redacción de este documento son:

- ✦ Hábitat Sustentable
- ✦ Productos cave
- ✦ Nochemicals Chile
- ✦ Tecpro
- ✦ Asfaltos Chilenos
- ✦ Bioarq
- ✦ Solarq
- ✦ Desarrollos Constructivos Axis
- ✦ Vicky Rojas Arquitectura

La Corporación de Desarrollo Tecnológico agradece las contribuciones y esfuerzos de cada uno de sus representantes.





Introducción

El contenido de este texto técnico se ha dividido en cuatro capítulos que contienen información útil para los diferentes segmentos de interesados en la Cubiertas Vegetales.

En efecto, el capítulo 3 contiene un glosario de terminología necesaria de conocer para poder entender con precisión cada una de las siguientes partes.

El capítulo 4, focalizado en un lector agente inmobiliario o arquitecto, presenta antecedentes que se estiman los mínimos para poder tomar la decisión de iniciar un proyecto de Cubiertas Vegetales.

En ese contexto se analizan ventajas y desventajas tanto desde la perspectiva pública como privada, mostrando aspectos que viabilizan los aportes de las edificaciones con este tipo de techumbres.

Por ejemplo, se cita desde la perspectiva pública se aprecian ahorros en los sistemas públicos de evacuación de aguas lluvia, operación de sistemas de calefacción y costos de la salud al tener áreas verdes que contribuyen a disminuir la contaminación.

Otro aspecto público destacable es la mejora de la calidad del aire al tener áreas que favorecen la captura de partículas y que también generan oxígeno en su proceso de respiración. Estudios indican que las Cubiertas Vegetales contribuyen a la regulación de la temperatura al moderar en efecto isla del calor urbano.

Sin embargo una de los beneficios que más destacan es la capacidad de retención de aguas lluvia, indicándose valores que pueden llegar hasta el 90%.

Finalmente se aprecian beneficios sociales al mejorar la estética, posibilidades de sembrar hortalizas, ganar espacios de recreación, contribución a la mantención de la flora y fauna.

En el análisis desde la perspectiva privada se destacan beneficios tales como ahorros por mayor vida útil de los materiales de cubiertas de las techumbres, ahorro del costo de calefacción y de aire acondicionado.

Asimismo, se aprecia una mejor barrera a la transmisión de sonido, mejor estética y aprovechamiento del espacio superior. En algunos casos se pueden plantar vegetales comestibles.

En este sentido, se presentan respuestas a aquellas interrogantes que permiten tomar la decisión de llevar adelante este tipo de proyectos, criterios que faciliten la elección del tipo de cubierta vegetal a instalar y definir las líneas generales que deben ser consideradas en las especificaciones técnicas.

La gran duda, relacionada con el aspecto financiero nos es abordada, sin embargo se entrega toda la información para que se pueda evaluar proyecto a proyecto. De estas evaluaciones surge la pregunta relacionada con la factibilidad de crear incentivos financieros para compensar parte de la inversión mediante instrumentos fiscales, ello habida consideración que el aporte social o público es muy grande.

El capítulo 5, presenta información necesaria para poder especificar una Cubierta Vegetal.

En este sentido la información se ha presentado dividida en dos grandes grupos, uno de especificaciones mínimas mandatorias a todo proyecto y una segunda relacionada con aspectos opcionales.

En el primer grupo se encuentran antecedentes técnicos a considerar por cargas y resistencias estructurales, considerando los pesos adicionales de una Cubierta vegetal saturada.

Posteriormente se entregan antecedentes para especificar la impermeabilización, de modo de asegurar que no existan filtraciones desde la Cubierta Vegetal hacia abajo, por lo menos en los siguientes 15 años.





Cada uno de los elementos que componen mandatoriamente una Cubierta vegetal son analizados en esta primera parte del capítulo. En cuanto a su segunda parte, se presentan antecedentes de complementos opcionales, tales como sistemas de regadío, senderos, iluminación y otros, los que dependen del diseño paisajista de cada proyecto.

El capítulo 6, presenta recomendaciones para la instalación de Cubiertas Vegetales, mostrando aspectos de detalle para lograr que las especificaciones técnicas se cumplan a cabalidad.

Los detalles de juntas, ajustes de los diferentes materiales que conforman la capa de una Cubierta vegetal, deben ser cuidadosamente instaladas, siguiendo recomendaciones dadas por los fabricantes de cada uno de sus componentes.

El texto, contiene información que facilita el desarrollo de un proyecto, desde su inicio hasta su recepción, cuidando todos los detalles que deben ser tomados en cuenta en los procesos de toma de decisiones en sus diferentes etapas.



Glosario y Terminología

Cubierta Vegetal

Manta de vegetación que se puede instalar sobre los techos de edificaciones nuevas o existentes, para impermeabilizar, aislar térmicamente, manejar las aguas lluvias, y aumentar las áreas verdes, contribuyendo así a disminuir el fenómeno de isla de calor y cambio climático de los centros urbanos.

Cubierta Vegetal Extensiva

Cubierta Vegetal no transitable, con poca vegetación, la que generalmente se compone de plantas rastreras.

Cubierta Vegetal Intensiva

Cubierta Vegetal transitable, con gran variedad de vegetación, soportando una amplia biodiversidad de plantas.

Efecto Isla de Calor Urbana

Incremento de la temperatura ambiente promedio en zonas urbanas, que se produce por el reemplazo de la vegetación natural por pavimentos, edificaciones y otras estructuras destinadas a dar un hábitat a la población.

Gestión de Aguas Lluvia

Proceso destinado a dar a las ciudades la capacidad de drenar de manera adecuada el agua procedente de fuertes precipitaciones.

Sistema de Instalación in situ

Procedimientos de instalación de la Cubierta Vegetal donde cada elemento se instala por separado sobre la estructura soportante.

Sistema de Instalación modular

Procedimientos de instalación de la Cubierta Vegetal donde los elementos se ensamblan en una planta industrial y se dimensionan de acuerdo a las necesidades del proyecto.

Estructura soportante

Superficie que sirve de soporte a la cubierta vegetal y es necesaria para poder instalar el sistema.

Impermeabilización

Conjunto de elementos que generan un sistema responsable de mantener la edificación seca y libre de humedad.

Protección Anti-raíz

Barrera física o química que previene que las raíces de las plantas traspasen la impermeabilización.

Drenaje

Conjunto de tableros de desagües y/o tubos que remueven suficiente agua de la cubierta para no comprometer el sistema de impermeabilización o la estructura soportante.

Filtro

Material liviano a prueba de putrefacción puesto sobre o incluido como parte de una capa de drenaje para prevenir que las partículas finas bloqueen el sistema de drenaje.

Medio de crecimiento

Combinación de material orgánico e inorgánico que proporciona el medio para el crecimiento de plantas generando un amarre para éstas, drena el agua del techo y preserva el crecimiento de plantas.

Capa Vegetal

Capa donde se desarrolla las plantas seleccionadas para cada proyecto.





Inicio de un Proyecto de Cubiertas Vegetales

Este capítulo presenta aquellas recomendaciones que forman parte de las actividades y tareas que permiten dar inicio a un Proyecto de Cubiertas Vegetales.

En este sentido, se presentan respuestas a aquellas interrogantes que permiten tomar la decisión de llevar adelante este tipo de proyectos, criterios que faciliten la elección del tipo de cubierta vegetal a instalar y definir las líneas generales que deben ser consideradas en las especificaciones técnicas.

La problemática, además se analiza desde la perspectiva de edificaciones nuevas y existentes.

De esta forma, el capítulo se ha estructurado en tres secciones:

- ✦ Análisis de costo beneficio de un Proyecto de Cubierta Vegetal
- ✦ Determinación del tipo de cubierta vegetal a instalar.
- ✦ Consideraciones a incorporar al proyecto.

4.1 Análisis de costos beneficio de un proyecto de Cubierta Vegetal

Son muy pocas las soluciones tecnológicas de techumbres que presentan tantos beneficios como las cubiertas vegetales.

Para facilitar el análisis de beneficios y sus relaciones con costos asociados, esta sección se ha dividido en aquellos beneficios que son públicos, privados o específicos ante solicitudes particulares.

El objetivo de esta sección es lograr que agentes inmobiliarios y financieros del sector público o privado, tengan información suficiente y técnicamente válida con el fin que su decisión de aprobar o no un proyecto de edificación con cubierta vegetal sea adecuadamente fundada.

4.1.1 Beneficios Públicos

Muchos de los beneficios que se observan en las cubiertas vegetales pueden ser catalogados como públicos. Esto se ha traducido en que muchos países han generado acuerdos entre el sector privado y gubernamental con el fin de dar mayores énfasis a este tipo de soluciones técnicas.

A la fecha de elaboración de este documento, en Chile no hay iniciativas gubernamentales destinadas a otorgar algún tipo de franquicia o beneficio a quienes invierten en este tipo de proyectos. Sin embargo, la contribución del sector privado en beneficios públicos, ha demostrado que la evaluación privada de este tipo de proyectos, es lo suficientemente positivo como para permitir futuros desarrollos.

Desde la perspectiva de beneficios públicos que se observan, se han seleccionado tres, que a juicio de los integrantes del Grupo Técnico son los que tendrían mayores aportes efectivos en nuestro país:

- ✦ Reducción del Efecto Isla de Calor Urbana.
- ✦ Mejoramiento de la calidad del aire.
- ✦ Mejoramiento de la gestión de aguas lluvia.

Reducción del Efecto Isla de Calor Urbana

El Efecto Isla de Calor Urbana (ICU) es el incremento de la temperatura ambiente promedio en zonas urbanas, que se produce por el reemplazo de la vegetación natural por pavimentos, edificaciones y otras estructuras destinadas a dar un hábitat a la población.

El impacto de la ICU tiene efectos en tres aspectos principales: la salud de las personas, el consumo energético y el medio ambiente.

Desde la perspectiva del impacto en la salud de las personas, se observa que los aumentos de temperatura generan riesgos respiratorios y cardíacos. Además, las elevadas temperaturas asociadas a la ICU aceleran reacciones químicas como aquellas relacionadas a los óxidos de nitrógeno (NOX), compuestos orgánicos volátiles y otras emisiones producto de procesos industriales.





La incorporación de vegetación en superficies expuestas directamente al sol contribuye a mejorar los procesos naturales de enfriamiento ambiental, como la fotosíntesis y evapotranspiración. Para efectos de esta sección, la fotosíntesis¹ absorbe energía que en el caso de no haber vegetación se transformaría en calor ambiente y la evapotranspiración² mantiene los equilibrios naturales de humedad ambiente.

Desde la perspectiva del consumo energético, es una de las soluciones de mayor impacto que existen a la fecha. El estudio *Mitigating the Urban Island with Green Roof Infrastructure*, realizado por en Canadá indica que para la ciudad de Toronto, la demanda de energía asociada al uso de sistemas de ventilación, enfriamiento, aire acondicionado o climatización, es de 600 MW por cada 1° C de aumento de temperatura, lo que es equivalente al 3,8% de la demanda residencial.

Como conclusión de lo indicado, se aprecia que el uso de cubiertas vegetales se enfoca en disminuir efectivamente la demanda de energía causada por el efecto Isla de Calor Urbana, en lugar de buscar fuentes alternativas de energía que tengan menor costo o sean renovables.

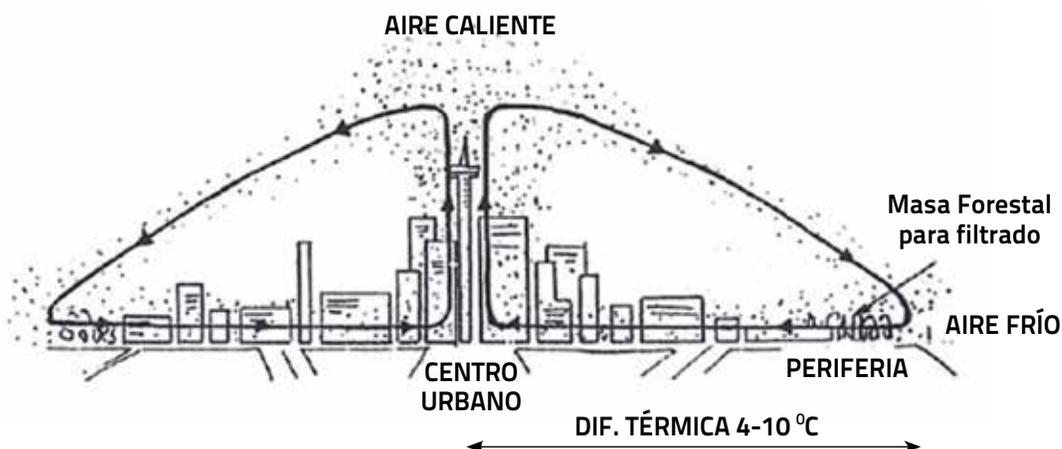


Figura 4.1

¹ La fotosíntesis es un proceso metabólico del cual se valen las células para obtener energía. Es un proceso complejo, mediante el cual los seres vivos poseedores de clorofila y otros pigmentos, captan energía lumínica para transformar agua y CO₂ en compuestos orgánicos reducidos (glucosa y otros), liberando oxígeno.

² La evapotranspiración es una medida de la cantidad de vapor de agua devuelto al aire en un área dada. Éste combina la cantidad de vapor de agua devuelta a través de evaporación (de la vegetación húmeda y las estomas de las hojas) con la cantidad de vapor de agua devuelto por transpiración (exhalación de la humedad a través de la superficie de la planta) para llegar al total.

Mejoramiento de la calidad del aire

Durante los próximos 30 años se observa que los problemas de contaminación del aire en las ciudades serán parte importante de la agenda pública, concitando el desarrollo de acciones tanto en el ámbito privado como gubernamental.

Los efectos de altas temperaturas, sumados al aumento del parque automotriz, emisiones de gases industriales y otras fuentes de contaminación incrementan en forma permanente la cantidad de contaminantes y material particulado.

A nivel global, se ha estimado que la contaminación mata a unas 800.000 personas al año (Kenworthy 2002), debido a la alta polución con presencia de dióxido de carbono, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono y monóxido de azufre que tienen una relación directa con enfermedades respiratorias y episodios de asma en niños y adultos mayores.

Una cubierta vegetal, además de contribuir a reducir la temperatura, captura dióxido de carbono y otros contaminantes presentes actualmente en un aire contaminado.

Analizando estudios realizados en el extranjero, (Josh Kidd, 2005) se puede extrapolar que un metro cuadrado de vegetación, pasto o maleza, remueve hasta dos kg de material particulado, el que queda atrapado en su follaje.

El uso de cubiertas vegetales se enfoca a la reducción de material contaminante presente en el aire de las ciudades, aportando a reducir el impacto de la contaminación en la salud de las personas.

Mejoramiento de la gestión de aguas lluvia

La incapacidad de drenar de manera adecuada el agua procedente de fuertes precipitaciones es uno de los principales problemas a los que se enfrentan hoy en día las ciudades. El origen de este problema está ligado muchas veces a la falta de previsión en la planificación de una red de drenaje. Si la red de drenaje no ha sido calculada teniendo en cuenta los caudales reales que el aumento de urbanización ha provocado, la incapacidad de la misma para absorber esos caudales provo-





cará el desbordamiento de la red en zonas situadas aguas abajo, con el consiguiente perjuicio económico y social que esto supone.

Una posible contribución a disminuir el problema indicado consiste en destinar un espacio de suficiente superficie y cierta capacidad de almacenamiento para retener parte del volumen del caudal de escorrentía y reducir, los caudales punta que se presentan, hasta un caudal máximo que se desee hacer circular, cuya magnitud está en función de la capacidad de almacenamiento, de la superficie del depósito y la capacidad de desagüe de la red existente aguas abajo. Una cubierta vegetal puede reducir hasta el 60% de la escorrentía y hasta un 85% de la evacuación de aguas durante las dos primeras horas de una lluvia intensa.

Según norma alemana DIN 1986 el coeficiente de desagüe de agua pluvial para superficies techadas ajardinadas con un mínimo de 10 cm de espesor, es de 0.3, significa que el caudal de desagüe es del 30% de la lluvia caída y el 70% queda retenida en el cubierta vegetal para ser desaguada con posterioridad o se evapora.

Por otro lado, algunos cubiertas vegetales pueden incorporarse a un sistema de aprovechamiento de las aguas, aportando a los estanques de aguas grises con el fin de ser utilizadas en dicho sistema.

El uso de cubiertas vegetales reduce el caudal de escorrentía urbana, aportando efectivamente a solucionar la problemática urbana de inundaciones o anegamientos de poblaciones.

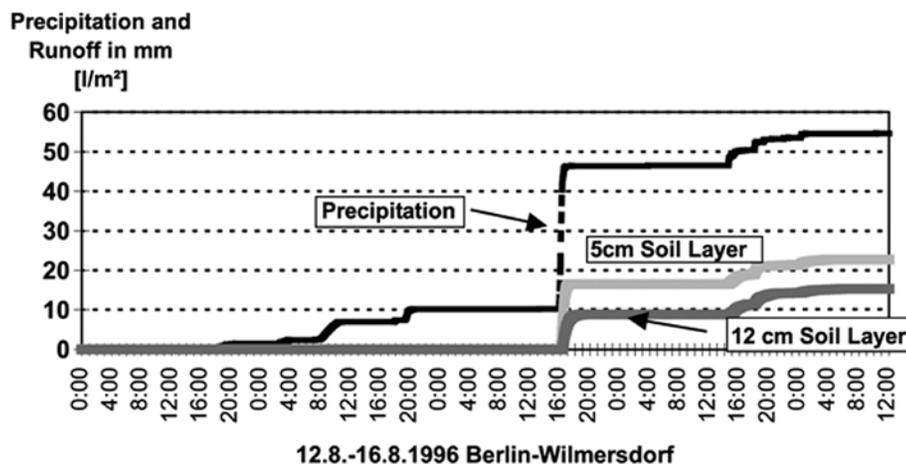


Figura 4.2

4.1.2 Beneficios Privados

Desde la perspectiva privada también se observan varios beneficios que son interesantes de destacar.

Se analizan, en este texto técnico, aquellos beneficios que se estima tienen mayor impacto en el mercado nacional, tales como:

- ✦ Mayor eficiencia energética
- ✦ Incremento de la durabilidad de la membrana impermeabilizante
- ✦ Reducción de ruidos
- ✦ Apoyo en fortalecimiento de imagen y comercialización

Mayor eficiencia energética

Las techumbres son los elementos donde se producen las mayores pérdidas de calor en invierno y, como superficie expuesta a la radiación solar s en centros urbanos, las mayores ganancias de calor en verano.

Lo anterior ha motivado a las autoridades gubernamentales a promulgar una reglamentación térmica para edificaciones que en la OGUC artículo 4.1.10 establece los requisitos para, entre otros, techumbres.

El "National Research Council de Canadá publicó en 2003 los resultados de una investigación realizada en la ciudad de Ottawa, que presenta resultados en los cuales se observa que una cubierta vegetal reduce la transmisión de calor de ganancia de la edificación (período de verano) en un 95% respecto de una techumbre normal y que dicha reducción llega a un 26% en casos de pérdidas de calor (período de invierno).

Es interesante destacar que la reducción en el gasto de energía eléctrica, por menor uso de equipos de aire acondicionado, fue equivalente a un 75%.

Por otro lado, en Florida, Estados Unidos, durante 2006 se realiza un estudio que compara techos convencionales con cubiertas vegetales y cuyos resultados se aprecian en la figura siguiente 4-3, donde se aprecia el flujo térmico para condición de invierno y verano.





En ambas curvas se observa que el efecto de la cubierta vegetal es mantener el flujo, prácticamente fijo entre +0,5 y -0,7 (BTU/pie²/hr), mientras que los flujos en techumbres convencionales van de valores de casi +3 a -2.

Se observa que resultados como los mostrados en la figura 4-3 o las reducciones de costos de energía indicados en la investigación canadiense, dependen, en general de muchos factores que deben tomarse en cuenta:

- ✿ Costo de la electricidad
- ✿ Espesor de la cubierta vegetal
- ✿ Eficiencia de los sistemas de aire acondicionado, calefacción o climatización
- ✿ Porcentaje de techo que tiene cubierta vegetal
- ✿ Espesor del medio del sustrato
- ✿ Clima

El uso de cubiertas vegetales, desde la perspectiva privada reduce sustancialmente el costo energético usado para climatizar los espacios interiores de las edificaciones.

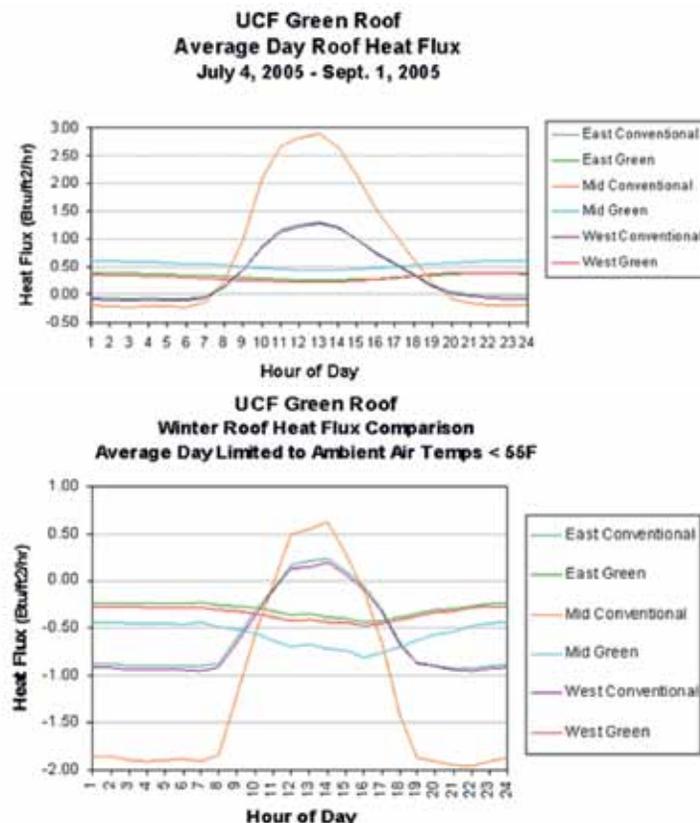


Figura 4.3 Flujos de calor comparado entre techo convencional y cubierta vegetal - Verano e Invierno

Incremento de la durabilidad de la membrana impermeabilizante

Las techumbres en promedio tienen una vida útil de aproximadamente 15 años, donde, uno de los factores que son causa de ese valor, se atribuye a las membranas impermeabilizantes.

En efecto, membranas expuestas a condiciones muy severas de variaciones de temperatura en 24 horas tienen una mayor velocidad de degradación que aquellas con variaciones menores. Por ejemplo, en una techumbre tradicional, en un período de 24 horas, las membranas impermeabilizantes pueden estar expuestas a variaciones de temperaturas que alcanzan los 45 C°, mientras que aquellas que son parte de una cubierta vegetal está expuestas a variaciones del orden de 6 C°.

En los Estados Unidos, las cubiertas vegetales tienen, en promedio, una vida útil de 25 años, lo que implica una reducción de costos por reparaciones y mantenimientos de techumbres en un 40%.

El uso de cubiertas vegetales permite reducir los costos de mantenimiento de las techumbres al incrementar la vida útil de las membranas impermeabilizantes.

Reducción de ruidos

Los cubiertas vegetales son excelentes atenuadores de ruido, especialmente a bajas frecuencias. Un techo extensivo puede llegar a reducir hasta 40 dB, mientras que un intensivo puede llegar a atenuar hasta 50 dB.

Esta característica los hace muy convenientes para edificaciones en zonas cercanas a aeropuertos o en edificaciones en las cuales se debe cuidar no contaminar acústicamente el entorno, tales como centros de eventos u otros.

En general, los factores que inciden en lograr grandes atenuaciones de ruido, dependen de:

- ✦ Vegetación seleccionada
- ✦ Superficie plantada
- ✦ Profundidad y composición del sustrato





Apoyo en fortalecimiento de imagen y comercialización

Las cubiertas vegetales no sólo proveen beneficios públicos y privados orientados a mejorar las condiciones de vida y lograr aportes por disminución de costos de energía y mantención de las edificaciones, sino que también aportan en la comercialización de los edificios y en la imagen corporativa de los inversores.

Las cubiertas vegetales permiten generar una sensación de salud y de espacios atractivos para trabajar en los grandes centros urbanos. Múltiples usos se pueden definir en los proyectos, desde una simple cubierta verde hasta zonas de descanso para las personas.

En la actualidad, aportar a mejorar el entorno es un elemento que muestra la responsabilidad social de quienes tienen a su cargo diferentes proyectos de edificaciones, públicas o privadas, y que no son ajenos a generar impactos positivos en la población.

4.1.3 Impacto de las cubiertas vegetales en el desarrollo urbano

En los párrafos anteriores se aprecian algunos de los beneficios, tanto desde la perspectiva pública como privada.

Hay que tomar en cuenta que no todos los proyectos de cubiertas vegetales son iguales y que éstos difieren mucho entre sí, principalmente por su ubicación, clima y objetivos buscados por quienes han tomado la decisión de instalarlo.

Además, de los mencionados, se puede observar un aporte a mantener la biodiversidad del ecosistema en las zonas urbanas, mejoras del entorno que producen efectos benéficos en la salud de las personas y su satisfacción personal, generar aportes en materias educacionales u otros.

La evaluación no sólo es económica directa sobre los costos del proyecto, si no que va más allá e impacta la calidad de vida de los usuarios de los edificios y de la comunidad aledaña.

4.2 Determinación del tipo de Cubierta Vegetal a instalar

Para definir el tipo de Cubierta Vegetal a instalar en un edificio, hay dos variables que deben tomarse en cuenta:

- ✦ Las características generales de cada tipo y sus diferencias comparativas.
- ✦ El uso que se pretende dar a la Cubierta Vegetal y las características generales del edificio.

4.2.1 Características y ventajas generales de los diferentes tipos de Cubiertas Vegetales

En general se observan tres diferentes tipos de Cubiertas Vegetales: Extensivos, Semi-intensivo e Intensivos. Sus características se muestran en la Tabla 4.1 y sus diferencias comparativas en la Tabla 4.2.



Tabla 4.1 Características de tipos de Cubiertas Vegetales

CARACTERÍSTICA	EXTENSIVO	SEMI-INTENSIVO	INTENSIVO
Espesor sustrato	Hasta 15 cms.	Entre 10 y 20 cms.	Mayor que 15 cms.
Cobertura Vegetal Transitable	No transitable	Parcialmente transitable	Transitable
Peso saturado	Entre 50 y 170 kg/m ²	Entre 150 y 250 kg/m ²	Mayor que 245 kg/m ²
Diversidad vegetal	Poca	Mayor	Máxima
Mantenición	Mínima	Variable	Alto
Tipo de vegetación	Rastreras	Arbustos pequeños, pastos ornamentales	Arbustos y árboles pequeños

Tabla 4.2 Diferencias comparativas por tipo de Cubierta Vegetal³

EXTENSIVO	INTENSIVO
Más liviano	Mayores posibilidades de diseño paisajístico
Apto para grandes áreas	Mayor potencial de biodiversidad
Menor mantención Puede diseñarse para no ser regado	Mayor posibilidad de uso por parte de las personas
Más recomendado para proyectos de remodelaciones	
Menor costo de inversión	

³ En la tabla 4.2 no se incluyen las diferencias comparativas de las cubiertas semi-intensivas por considerarse que este tipo es un intermedio entre aquellas cubiertas extensivas e intensivas



4.2.2 Características de edificio y uso esperado de la Cubierta Vegetal

Se recomienda que para seleccionar un determinado tipo de Cubierta Vegetal, además de considerar las características y ventajas asociadas a cada una de ellas, se analicen las propiedades del edificio donde se le pretende instalar y el uso esperado que se le dará.

A continuación y como ejemplo, se citan algunos aspectos a considerar para cada uno de los tópicos indicados.

Características del edificio

Se observan algunos elementos base que deben ser considerados para ser analizados en conjunto con las características y diferencias indicadas en el párrafo anterior.

Por ejemplo, se recomienda dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Es edificio nuevo o remodelación?
- ¿Su uso es comercial, industrial, habitacional u otro?
- ¿El edificio está situado en el centro de la ciudad o en un barrio?
- ¿Qué capacidad de carga es aceptable?
- ¿Zona geográfica?
- ¿Pendiente de la techumbre?
- ¿Altura?

Uso esperado de la Cubierta Vegetal

Uno de los aspectos de mayor incidencia para lograr los beneficios esperados por la Cubierta Vegetal, guarda relación con que satisfaga las condiciones de uso esperadas.

Entre estas condiciones de uso se pueden analizar, por ejemplo, algunas de las siguientes:

- ¿Se desea acceso de personas a la Cubierta Vegetal?
- ¿Se desea retener aguas pluviales y/o aportar caudal de desagüe a un sistema de aguas grises?
- ¿Se desea un costo de mantención mínimo?
- ¿Existe un interés estético?
- ¿Desea certificación ambiental?

Un análisis de los antecedentes presentados en los dos párrafos anteriores, permite tomar la decisión respecto del tipo de Cubierta Vegetal a instalar.

4.3 Consideraciones a incorporar en el proyecto

Una vez analizados los beneficios que tiene un proyecto de Cubiertas Vegetales y definido el tipo de techo a instalar, se recomienda preparar antecedentes preliminares para que el proyectista prepare las especificaciones técnicas.

En general, se recomienda elaborar un documento que contenga, a lo menos, la información que se señala a continuación:

Identificación del objetivo de la Cubierta Vegetal.

En este párrafo indique al proyectista el principal uso que desea dar a la Cubierta Vegetal o las principales motivaciones que tuvo para decidir su instalación.

Tipo de Cubierta vegetal

Indique el tipo a instalar, extensivo, semi intensivo o intensivo.

Presupuesto del proyecto y costos anuales de mantención previstos

Informe de su presupuesto, ya que permitirá al proyectista ajustar el diseño al monto indicado y diseñar sistemas de regadío y mantención más acorde a su realidad.

Retención de aguas pluviales

Informe su necesidad de retención de aguas pluviales y el peso máximo aceptable para la Cubierta Vegetal en estado saturado.

Proyectos en edificios existentes

Para proyectos de remodelaciones indique las cargas que son factibles de soportar, planos de la actual techumbre y otros antecedentes estructurales o de diseño que deberían permanecer inalterables.

Consumo energético

Indique la disminución de consumo de energía que estima apropiada para el proyecto una vez terminado.

Con los antecedentes anteriores, el proyectista de Cubiertas Vegetales, prepara las especificaciones técnicas del mismo.

Se recomienda considerar que un proyecto de este tipo requiere de la participación multidisciplinaria de varios profesionales y que de ello depende que los beneficios esperados efectivamente se satisfagan.



Recomendaciones para Especificar una Cubierta Vegetal

La variabilidad de tipos de Cubiertas Vegetales, tipos de edificación, beneficios esperados y otras variables relacionadas generan una serie de aspectos a considerar al especificar una Cubierta Vegetal.

Este capítulo recomienda una metodología para la elaboración de las especificaciones técnicas que recoge toda la información disponible al momento de decidir realizar un proyecto de este tipo.

Los pasos indicados permiten especificar adecuadamente una Cubierta Vegetal, sin que queden imprecisiones que pudieran afectar con posterioridad el normal desarrollo de la obra.

Para lograr lo anterior, este capítulo se ha dividido en seis secciones:

- ✦ Antecedentes generales para especificar.
- ✦ Especificación del sistema de montaje.
- ✦ Especificación de la estructura soportante.
- ✦ Especificación de componentes mandatorios de la Cubierta Vegetal.
- ✦ Especificación de medio de crecimiento y capa vegetal.
- ✦ Especificación de componentes opcionales de la Cubierta Vegetal.

5.1 Antecedentes generales para especificar

Para iniciar el proceso de especificar una Cubierta Vegetal es necesari-

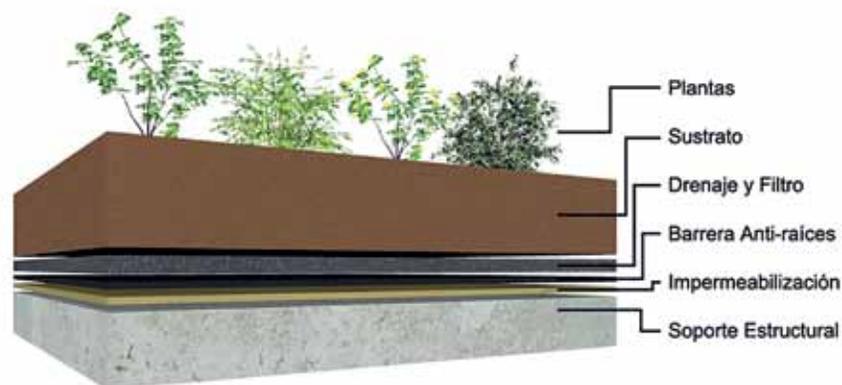


Figura 5. 1 Representación de una Cubierta Vegetal típica

rio analizar la documentación entregada por el mandante, cuyo contenido sugerido se encuentra en la sección 4.2 de este manual técnico.

Esa información le permitirá al proyectista de Cubiertas Vegetales comenzar a dimensionar el proyecto, que en lo general podría ser representado según lo que se muestra en la figura 5.1.

Es conveniente tener en cuenta que algunos componentes deben ser considerados como mandatorios para ser parte de una buena especificación técnica de Cubiertas Vegetales, mientras que otros pueden ser opcionales. Lo anterior dependerá de las características que tenga cada proyecto.



Tabla 5.1 Componentes mandatorios y opcionales para una especificación de Cubierta Vegetal

Componentes Mandatorios	Componentes Opcionales
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estructura soportante ▪ Impermeabilización ▪ Protección anti-raíz ▪ Drenaje ▪ Filtro ▪ Medio de crecimiento ▪ Vegetación 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protección de la impermeabilización ▪ Aislación Térmica ▪ Acumulador de agua ▪ Protección de Erosión ▪ Sistema de riego ▪ Retenedores perimetrales ▪ Pasarelas ▪ Barandillas ▪ Iluminación ▪ Caja Registrable

Es conveniente destacar que la gran variabilidad de condiciones que pueden ser encontradas en un proyecto de este tipo obliga a acordar con el mandante en forma muy precisa el tipo de cubierta vegetal a instalar.



Como una forma de iniciar el trabajo de definir las especificaciones técnicas, se recomienda analizar la información contenida en la Tabla 5.1, que presenta una matriz de componentes mandatorios y opcionales, los cuales son transversales para los tres tipos de cubiertas vegetales.

Las variables de costo y tiempo incidirán en la elección del sistema de montaje de la Cubierta Vegetal a instalar.

En síntesis, todos los sistemas de cubiertas vegetales contienen seis elementos mandatorios que deben ser especificados en todos los proyectos. Éstos pueden incluir varios componentes opcionales, dependiendo del diseño, los cuales pueden ser decisivos dependiendo del proyecto final. Los productos usados y los métodos de instalación pueden variar una vez conocidos los requerimientos de diseño, presupuesto y tipo de uso que se le quiera dar a la cubierta.
Recomendaciones Generales

Las soluciones para cubiertas vegetales varían según sean las necesidades de mantención, del tipo de proyecto, las condiciones climáticas, presupuesto y aislamiento térmico y acústico que se deseen obtener. Pese a esto, hay dos grandes partidas que todos los sistemas deben considerar antes de comenzar la instalación. Se trata de la carga admisible de la estructura y de la elección del tipo de impermeabilización. En el primer caso, para el diseño de la techumbre se considerará la carga que aporta la cubierta vegetal, lo que puede variar dependiendo de la densidad del medio de crecimiento que se utilice. Esta precaución es fundamental en el caso de los diseños nuevos, pero es aún más compleja cuando se trata de intervenciones sobre cubiertas ya existentes. Dependiendo del informe de cálculo entregado por el especialista, podremos pasar a evaluar cual será el sistema que se puede instalar en el proyecto. El segundo aspecto, la impermeabilización, es una partida a la cual se le debe prestar especial importancia, ya que existen varias alternativas y la elección no debe ser tomada solamente por una cuestión económica. En el mercado existen diferentes alternativas tanto de productos como de tecnologías, siendo las más comunes las siguientes: membranas, TPO, EPDM, PVC y membranas líquidas de poliuretano.

Es importante verificar la pendiente que tendrá la cubierta y especificar un drenaje adecuado para evitar la formación de charcos. Cuando se trata de cubiertas con pendiente, algunas soluciones podrían incluir soportes que apoyan en la impermeabilización y que se mantienen fijos debido al peso del sistema con el fin de escalonar el área para evitar desprendimientos masivos.

Para la elección de las especies vegetales que se instalarán en la cubierta ecológica, los especialistas recomiendan considerar que no se trata igual que a una planta en tierra firme. Por lo que se sugiere la utilización de un esquema variado de especies, aumentando la supervivencia ante agentes biológicos y climáticos.

La elección del medio de crecimiento para la vegetación también es clave para asegurar un desempeño de la cubierta en el largo plazo. Se deberá buscar una buena permeabilidad al agua, un buen anclaje para las raíces de las plantas y poca compactación. El medio de crecimiento, debe ser seleccionado en función del diseño de paisajismo creado para el proyecto.

La mantención del sistema es otra de las variables a ser consideradas. En las soluciones de poca profundidad (extensivos), generalmente se utiliza vegetación que no requiere de podas continuas, requiriendo sólo de riego programado automáticamente. El sistema intensivo exige la misma mantención que un jardín a ras de suelo, o sea, regar, cortar, desmalezar y fertilizar, cuando corresponda.

Antes de proyectar la solución, los proveedores recomiendan analizar el uso que se le dará a la cubierta, es decir, tener claro si será de alto tráfico o tendrá sólo un uso estético. Muy importante también es tener en cuenta las condiciones climáticas, las precipitaciones, las temperaturas y las sequías.

5.2 Especificación del sistema de montaje

Podemos decir que existen dos diferentes sistemas de montaje de Cubiertas Vegetales: modular o in situ.





Es posible combinar ambos sistemas en un mismo proyecto, pero hay que tener claridad sobre los objetivos que se quieren obtener.

5.2.1 Sistema de instalación in situ.

Este sistema involucra la instalación por separado de los componentes mandatorios que componen una cubierta vegetal. Los componentes pueden ser suministrados por uno o varios proveedores pero siempre buscando lograr un resultado integral como proyecto.

Este sistema de montaje o instalación requiere de mano de obra especializada y en general se deberá contratar dicho trabajo a una empresa especializada en cubiertas vegetales. En aquellos mercados donde las cubiertas vegetales ya han sido introducidas, existen empresas que son capaces de proveer del sistema in situ en su totalidad, es decir, desde el soporte estructural de la cubierta hacia arriba, incluyendo las garantías del sistema.

Sin embargo, los diseñadores pueden diseñar e instalar su cubierta vegetal con distintos elementos para poder adaptarse a las necesidades del cliente y generar un resultado único y satisfactorio.

El sistema in situ puede ser usado en todo tipo de cubiertas vegetales, pero mayoritariamente es seleccionado para proyectos de gran envergadura.

Este sistema proporciona mayor flexibilidad y oportunidades de diseños más variadas. Por otro lado, se presentan algunas incertidumbres en cuanto a plazos y costos.

La especificación de una cubierta vegetal ejecutada in situ requiere de un nivel de conocimiento acabado por parte del proyectista y del instalador de la cubierta.

5.2.2 Sistema Modular

El sistema modular se recomienda para superficies menores y cuando la instalación debe ser ejecutada por personal no especialista o cuando se quiere ejecutar un proyecto de paisajismo en un plazo muy breve.

El sistema modular es más usado en tipos de cubiertas vegetales extensivos o semi-intensivos. Ellos son plantados con anterioridad en elementos prefabricados que luego son fácilmente transportados e instalados hasta su lugar definitivo.

Es factible instalarlo directo sobre la capa de protección de la membrana de impermeabilización, lo cual permite realizar cambios o adiciones fácilmente y acceder de manera rápida a la cubierta para cumplir con labores de mantenimiento y reparaciones. Cuando se coloca ya crecido se logra un resultado estético inmediato.

Las cubiertas vegetales modulares pueden o no pueden incluir drenajes, filtro, medio de crecimiento, protección anti-raíces, bordes y plantas. Son fabricados en un sistema modular, donde se encuentran reunidas todas las capas de una cubierta vegetal.

5.3 Especificación de la estructura soportante

La estructura soportante proporciona la superficie que sirve de soporte a la cubierta vegetal y es necesaria para poder instalar el sistema.

En general la superficie debe tener una inclinación máxima de 32° y tener características que aseguren que sea un soporte adecuado al peso que implica la instalación de la cubierta vegetal.

De acuerdo a lo anterior, éstas pueden ser estructuras de manera rígida, como losas de hormigón, o flexibles como las compuestas por elementos prefabricados o placas de madera. La estructura soportante definirá cual es el peso máximo de la cubierta vegetal que podrá ser instalada.

Para sistemas semi-intensivos e intensivos, se recomienda que sean montados sobre losas de hormigón debido al alto grado de carga que aportan. Los pesos que aportan las cubiertas vegetales fluctúan entre 100 kg/m² para los sistemas extensivos, hasta 500-1000 kg/m² en los intensivos.





5.3.1 Estructuras existentes

Para edificaciones existentes no se puede hacer una especificación de la estructura soportante, sino que la recomendación consiste en contratar a un ingeniero calculista para que este determine el peso muerto que puede ser agregado sobre el soporte estructural existente.

Cada tipo de cubierta vegetal, en promedio, agrega un peso muerto determinado, el cual se muestra en la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Aporte de peso por tipo de Cubierta Vegetal

Tipo de Cubierta Vegetal	Extensivo	Semi-Intensivo	Intensivo
Peso que aporta (kg/m ²)	50 a 170	150 a 250	Mayor que 245

Los pesos indicados están calculados con sistemas saturados completamente en agua.

5.3.2 Estructuras nuevas

En el caso de estructuras soportantes de edificaciones nuevas, se recomienda determinar en conjunto con el ingeniero calculista el peso a considerar en el dimensionamiento de las estructuras del edificio.

En este sentido, y con el fin de no encarecer la estructura del edificio se recomienda el uso de losas livianas, para compensar los diferenciales de peso. Por ejemplo, 1 m² de losa tradicional pesa 336 kg/m² y en el mercado se pueden obtener soluciones de losas livianas del orden de 170 kg/m², lo que permite, para un mismo resultado de cálculo considerar una cubierta vegetal de hasta 160 kg/m². Ello implica poder instalar una cubierta vegetal del tipo extensivo sin necesidad de aumentar la estructura a diseñar.

En general, las losas livianas están compuesta de sistemas modulares elaborados a partir de espumas plásticas de Poliéstireno Expandido (EPS) de alta densidad, que pueden tener 15, 20, 25 y 29 cm de alto por 60 cm de ancho en su parte baja, con una longitud de hasta

12 m. Los paneles de EPS se pueden ensamblar lateralmente. Cada módulo de los paneles para losas aislantes cuenta en la parte interna con dos canales "C" de acero galvanizado de 0.8 mm de espesor, separados a una distancia de 30 cm a eje.

A continuación se incluye cuadro referencial de características de la estructura de losa liviana con Panel de Entrepiso Aislante:

Altura de Panel Aislante (cm)	15	20	25	29
Altura de Losa Total (cm)	20	25	30	34
Cantidad de Hormigón (m ³ /m ²)	0,07	0,08	0,09	0,10
Peso Propio (Kg/m ²)	175	200	225	250
Peso Propio Adicional (Kg/m ²)	125	125	125	125
Peso Propio Total (Kg/m ²)	300	325	350	375



Armadura Inferior del Panel

Altura de Panel 15 (cm)		Distancia entre Apoyos (m)				
PP (Kg/m ²)	SC (Kg/m ²)	2,0	2,5	3,0	3,5	3,8
300	100	2Ø8	2Ø8	2Ø10	2Ø10	2Ø12
300	150	2Ø8	2Ø8	2Ø10	2Ø12	2Ø12
300	250	2Ø8	2Ø8	2Ø10	2Ø12	2Ø16
300	350	2Ø8	2Ø10	2Ø12	2Ø16	2Ø16

Altura de Panel 20 (cm)		Distancia entre Apoyos (m)				
PP (Kg/m ²)	SC (Kg/m ²)	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
325	100	2Ø8	2Ø8	2Ø10	2Ø12	2Ø12
325	150	2Ø8	2Ø10	2Ø10	2Ø12	2Ø16
325	250	2Ø8	2Ø10	2Ø12	2Ø16	2Ø16
325	350	2Ø10	2Ø12	2Ø16	2Ø16	2Ø16

Altura de Panel 25 (cm)		Distancia entre Apoyos (m)				
PP (Kg/m ²)	SC (Kg/m ²)	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
350	100	2Ø10	2Ø10	2Ø12	2Ø12	2Ø16
350	150	2Ø10	2Ø10	2Ø12	2Ø16	2Ø16
350	250	2Ø10	2Ø12	2Ø16	2Ø16	2Ø16
350	350	2Ø12	2Ø12	2Ø16	2Ø16	2Ø18

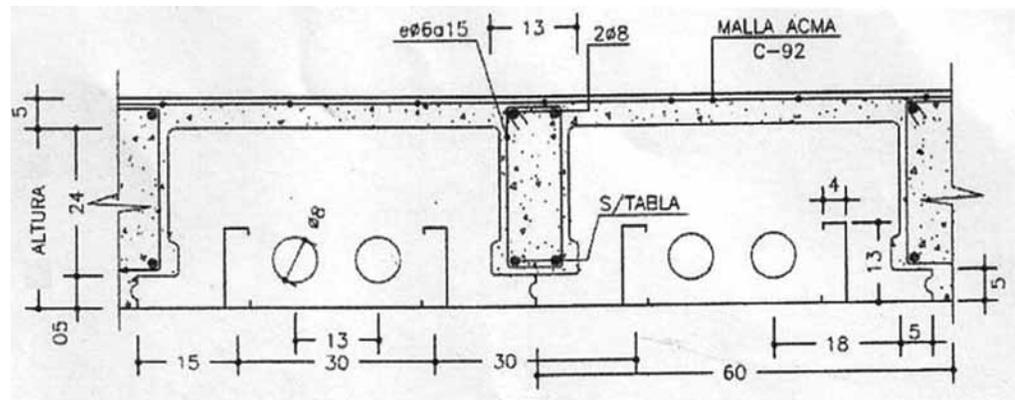


Altura de Panel 29 (cm)		Distancia entre Apoyos (m)				
PP (Kg/m ²)	SC (Kg/m ²)	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
375	100	2Ø10	2Ø12	2Ø12	2Ø16	2Ø16
375	150	2Ø10	2Ø12	2Ø16	2Ø16	2Ø16
375	250	2Ø10	2Ø16	2Ø16	2Ø16	2Ø18
375	350	2Ø16	2Ø16	2Ø16	2Ø18	2Ø18

Armadura Superior 2Ø8

Estribos Ø6 @15

Acero Refuerzo $F_y=4200$ (Kg/cm²), Hormigón $f_c=200$ (Kg/cm²)



Corte transversal de losa liviana con Panel de Entrepiso Aislante – Deck.

La solución total de Cubierta Vegetal considerando una losa tradicional resulta ser cerca de 48% más pesada que si se construyera en base a una losa liviana con Panel de Entrepiso; y si se considera solo como estructura de losa soportante, su peso es un 98% superior.

Ambas soluciones pueden cubrir una luz de aproximadamente 3,8 m.

Paneles de entrepiso Aislante.

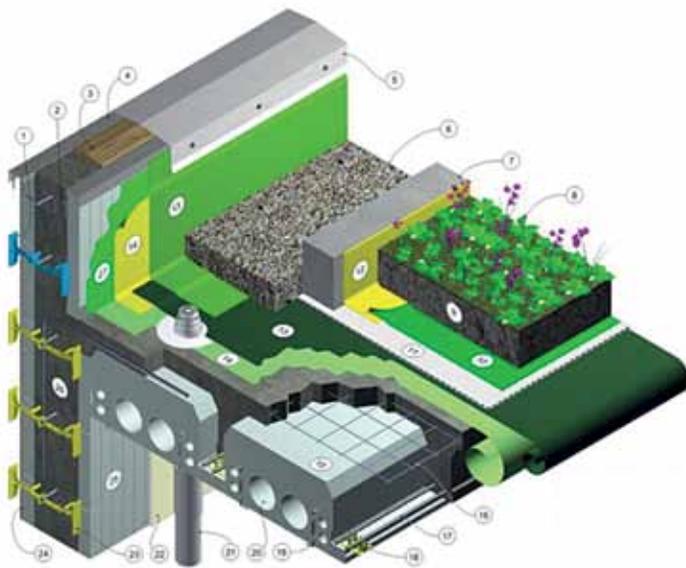


Figura 5. 2 Representación de Cubierta Vegetal sobre sistema de losa liviana.

Los paneles de EPS se fabrican mediante la expansión de perlas de poliestireno en forma continua. Los paneles tienen una densidad nominal de 20Kg/m³.

La forma particular de los módulos y la configuración que generan al ser interconectados, proporcionan el espacio para formar vigas integradas a la capa de compresión del sistema, por lo que se conforman como vigas tipo "T".

Los canales "C" tienen 6 o 13 cms de altura y son troquelados de manera que el poliestireno pase de un lado a otro formando una sola pieza en forma solidaria. Estos perfiles "C" son colocados en el panel al mismo tiempo que se inyecta la espuma de poliestireno, con el fin de servir como soporte del sistema para recibir el peso del hormigón al ser colocado, además de funcionar como soporte para la capa de acabado que se requiera por la parte inferior (cielo).



ESQUEMA DESCRIPTIVO

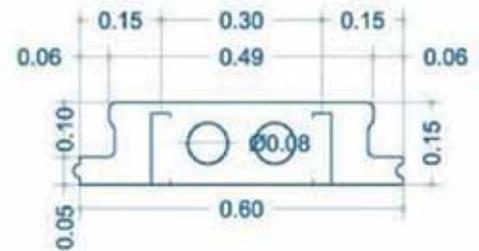


Figura 5.3 Esquemas de losas livianas.

El panel cuenta también con dos orificios de 8cm de diámetro cada una para pasar instalaciones hidráulicas o eléctricas.

Las principales ventajas de este sistema son:

- ✦ Construcción rápida, sencilla y limpia (Se coloca más material en menos tiempo)
- ✦ Aislación térmica
- ✦ Aislación acústica
- ✦ Protección contra la humedad
- ✦ Flexibilidad de construcción (Los paneles se despachan en largos requeridos por el cliente hasta 12mts)
- ✦ Facilidad para las instalaciones
- ✦ Menor riesgo de accidentes en obra. Paneles ligeros que facilitan su acarreo .
- ✦ Ahorro en el proceso de armado y materiales como moldajes y alzaprimas.

Análisis

La losa o estructura sobre la que se instalará la cubierta verde debe estar libre de fierros y elementos que puedan punzonar la membrana de impermeabilización. Cuando se trata de losas de hormigón, se recomienda dejar curar al hormigón por a lo menos 28 días. La superficie no puede tener membranas de curado u otros productos que pudieran interferir con la adecuada adherencia de la membrana.

5.4 Componentes integrantes de la Cubierta Vegetal

5.4.1 Impermeabilización

Definición

El sistema de impermeabilización es extremadamente importante porque es el responsable de mantener la edificación seca y libre de humedad. Los problemas de filtración de agua al interior de una estructura no son aceptados y una inapropiada elección puede causar problemas a los inquilinos y generar grandes gastos por concepto de reparación.

Como es el primer componente de una cubierta vegetal, es en consecuencia el de más difícil acceso si hablamos de reparaciones.

Descripción del Material

Existen varias tecnologías que han permitido crear membranas para impermeabilización usadas en sistemas de cubiertas vegetales. Detallaremos las usadas actualmente en el país:

- ✦ Membrana de EPDM.
- ✦ Membrana de TPO.
- ✦ Membrana Líquida de Poliuretano.
- ✦ Lámina de PVC.

Las membranas fabricadas a base de elementos orgánicos (Asfalto o alquitrán) deben ser separadas debidamente de la capa vegetal porque las raíces suelen ser atraídas por estos componentes.

Membrana de EPDM (Etileno propileno dieno termopolimero)

Este tipo de membranas se asocian con una prolongada vida útil, ya que son de un caucho sintético que alcanza un 300% de elasticidad, por lo que asume cambios de temperatura y dilatación de los materiales. Esta variedad brinda una solución integral y armónica pues incluye todos los componentes necesarios para la instalación, como bandas perimetrales, uniones en las esquinas y retornos.





Lámina adherida de TPO (Polioléfina termoplástica combinada con caucho de propileno y etil-propileno)

El producto es armado con malla de poliéster, reúne la resistencia a las condiciones meteorológicas propias del caucho con la capacidad de soldadura por calor de un termoplástico. Su formulación sin cloro, sin halógenos y el hecho de que las juntas se suelden con aire caliente, lo convierten en un sistema amigable con el medio ambiente.

Membrana Líquida de Poliuretano

Estas alternativas se colocan mediante una aplicación líquida y en frío mediante rodillos o escurridores de goma dentados, creando una membrana única, sin uniones ni traslapos. Los espesores se pueden medir usando calibradores dentados que son insertados cuando la membrana aún está en su estado líquido. La característica más sobresaliente es su fácil instalación en diferentes sustratos, y se recomiendan para lugares de difícil acceso. Una vez curados quedan como una goma que no presenta costuras, quedan totalmente adheridos al sustrato, siempre y cuando el sustrato se encuentre suficientemente limpio y se haya aplicado una imprimación adecuada, aunque hay soluciones que no necesitan de este procedimiento.

Actualmente ya existen productos innovadores que pueden ser aplicados incluso sobre un sustrato húmedo. Cuando se emplean membranas líquidas de poliuretano en cubiertas vegetales se recomienda que estas sean aplicadas hasta lograr un espesor de 3 mm.



Imágenes gentileza Tecpro

Lámina de PVC

Las membranas de PVC constituyen otra alternativa de impermeabilización, utilizada en cubiertas. Estas láminas se componen de materiales de cloruro de polivinilo (PVC), sus espesores varían entre 0,5 y 3mm y se distribuyen en rollos de diferentes anchos. Las membranas de PVC son muy flexibles y resistentes a la intemperie. Una membrana tipo es de 1,5mm de espesor a base de PVC plastificado, fabricada mediante calandrado en dos capas y reforzada con una armadura de fibras sintéticas a base de poliéster. Ésta contiene policloruro de vinilo y plastificantes no migratorios, que garantizan una alta impermeabilidad y una completa ausencia de poros. No necesita mantención y se utiliza para realizar un aislamiento impermeable flexible con capacidad para resistir la presión del agua en cubiertas de edificios.

La desventaja de las membranas de PVC es que para su fabricación se utiliza una gran cantidad de cloro, por lo tanto dentro de la industria no son consideradas un material "verde" por ser tan contaminante su proceso de elaboración.

Análisis

Las cubiertas vegetales prolongan la vida útil de la impermeabilización, ya que quedan protegidas de la intemperie y del eventual tránsito de personas.

En el diseño, elección, instalación y recepción de la membrana de impermeabilización se debe tener mucho cuidado. Cualquier problema con esta capa afecta a todos los componentes del sistema, ya que hacer reparaciones de ésta puede ser muy costoso y requerir coordinación con los responsables de las otras capas del sistema, a diferencia de lo que sucedería con un sistema de cubierta tradicional.

5.4.2 Protección Anti-raíz

Definición

Es una barrera física o química que previene que las raíces de las plantas traspasen la impermeabilización.





Descripción del Material

Esta barrera protectora está generalmente fabricada con materiales plásticos o polímeros artificiales, actuando comúnmente como barrera mecánica y en algunos casos como barrera química. Las más comúnmente utilizadas son fabricadas con HDPE (High Density Poly Ethilene o polietileno de alta densidad).

El PVC puede ser una buena alternativa ya que es económico, es durable y resistente, pero actualmente son cuestionadas por instituciones asociadas al cuidado y protección del medio ambiente debido a la contaminación que generan debido a la alta cantidad de cloro y aditivos que son usados durante su proceso de fabricación.

Análisis

Cuando el proyecto contemple una cubierta vegetal del tipo intensivo, se debe evaluar la colocación de doble protección anti raíces, por que la fuerza destructiva de las raíces de las plantas puede dañar no solo la impermeabilización, como también las otras capas componentes del sistema. También es importante considerar que las membranas de impermeabilización con HDPE (High Density Poly Ethilene) y de TPO son por si solas barrera contra raíces, por lo que al aplicar estos productos se cumple una función doble.



Imágenes gentileza Tecpro

5.4.3 Drenaje

Definición

Capa compuesta por tableros de desagües y/o tubos que remueven suficiente agua de la cubierta para no comprometer el sistema de impermeabilización o la estructura soportante, y promueve la no saturación de agua en el medio de crecimiento medio de crecimiento de las plantas y permite que suficiente agua permanezca en el sistema para sustentar la vida de ellas. Los sistemas de drenajes pueden trabajar como una parcial barrera contra raíces o una membrana de protección. Aumenta la compresión y la capacidad térmica de la capa de aislación y/o almacena agua.

Descripción de material

Las capas de drenaje pueden estar hechas de cualquier combinación de los siguientes elementos.

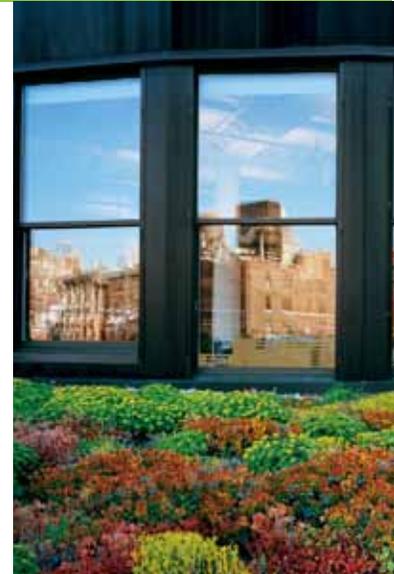
- ✦ Esterillas porosas hechas de plástico, poliestireno y a veces incluso esterillas de coco.
- ✦ Medio granular.
- ✦ Tablero rígido de drenaje (con frecuencia usado como base de sistemas modulares).
- ✦ Drenajes de techado (ej: cubierta circular, en cúpula, con cumbre plana, lateral, y de flujo controlado)
- ✦ Canaletas.
- ✦ Tuberías de drenaje.
- ✦ Tableros de retención de humedad.

Análisis

Depende de la naturaleza del proyecto, los sistemas de drenajes pueden variar entre simples y complejos.

Los techos con pendiente dependen de la gravedad, canaletas de drenajes y un sistema básico de canal, mientras que los techos planos necesitan más elementos que deben ser coordinados con otros sistemas del edificio para la evacuación del exceso de agua.

Pequeñas porciones de cubierta vegetal extensiva pueden ser diseñadas de tal manera que eliminen la necesidad de drenajes interiores, particularmente si el terreno permite el drenaje sobre los bordes





del techo y la infiltración por debajo. Grandes proyectos intensivos pueden requerir variadas áreas de drenajes distintas que utilicen una gran variedad de drenajes que transporten agua a las tuberías de bajada. Muchos tableros de drenajes que se encuentran hoy en el mercado se asimilan a la forma de una caja de huevos los cuales retienen agua para minimizar la pérdida de las precipitaciones. Y así puede reducir o eliminar completamente la necesidad de un permanente riego.

Al seleccionar una capa de drenaje es muy importante que los materiales a usar no se degraden, y así pierdan capacidad de drenaje y obstruyendo el sistema, y que no colapsen al momento de la instalación. Los códigos de construcción local especificaran los requerimientos de drenaje y almacenamiento que se deben cumplir las techumbres.



Imágenes gentileza Tecpro

5.4.4 Filtro

Definición

Debe ser un material liviano a prueba de putrefacción puesto sobre o incluido como parte de una capa de drenaje para mantener el medio de crecimiento en su lugar y asimismo prevenir que las partículas finas bloqueen el sistema de drenaje.

Descripción

- ✦ Material paisajístico no tejido y no biodegradable.
- ✦ Alfombras de fibras de poliéster livianas y resistentes al agua.
- ✦ Alfombras de polietileno-polipropileno.

Análisis

Es una parte importante del sistema de drenaje porque cumple muchas funciones. Mantiene el medio de crecimiento en su lugar e impide que la materia particulada obstruya el sistema de drenaje que se encuentra debajo. El filtro debe permitir que pasen las pequeñas partículas, y prevenir que partículas más grandes obstruyan la capa de drenaje.

Además también puede cumplir la función de barrera de raíz adicional, protegiendo la membrana de especies invasivas y también la función de protección de membrana durante la instalación de la capa de drenaje.

El filtro es relativamente barato y puede también venir unida a la capa de drenaje.

Se deberían considerar filtros múltiples dependiendo de los requerimientos de diseño.



5.5 Medio de crecimiento y Capa Vegetal

5.5.1 Medio de crecimiento

Definición

Es una combinación de material orgánico e inorgánico que proporciona el medio para el crecimiento de plantas generando un amarre para éstas, drena el agua del techo y preserva el crecimiento de plantas.

Descripción

El medio de crecimiento está compuesto por cuatro elementos:

- ✦ Material inorgánico o "agregados" (vermiculita expandida, gránulos de arcilla liviana expandida, roca volcánica, piedra pómez, arena, zeolita, perlita expandida, arena gruesa, trozos de tejas, diatomita, huevillo, gravilla y lana de roca.
- ✦ Material orgánico (paja orgánica, madera, césped, hojas, pasto cortado, residuos de agricultura, turba o turba de musgo, abono. (Tierra de hoja)
- ✦ Agua
- ✦ Aire



Análisis

El medio de crecimiento generalmente tiene dos funciones aparentemente contradictorias: drenar el agua desde el techo y mantener las plantas vivas. Está diseñado para satisfacer las propiedades de ingeniería y requerimientos de función agronómica. La composición del medio de crecimiento variará de acuerdo a las necesidades de cada proyecto. Puede ser diseñado enfocado a características particulares, dependiendo de las necesidades del proyecto y debería poseer las siguientes propiedades:

- ✦ Contribución mínima a la carga de peso.
- ✦ Retención de nutrientes/humedad.
- ✦ Ofrecer un radio de vacío alto (volumen del aire) cuando se sature.
- ✦ Suficientemente poroso para aireación interna.
- ✦ La habilidad de prevenir movimiento rotacional, encogimiento y compactación.
- ✦ Resistente al calor y putrefacción.
- ✦ La habilidad de sujetar las plantas.
- ✦ Fácilmente drenable.
- ✦ Libre de material que se pueda degradar, obstruir o corroer la capa de filtro, capa de drenaje o el sistema de impermeabilidad.

Material Mineral

El componente agregado del medio de crecimiento mantiene la vida de las plantas y provee a la superficie porosa de aire, agua e intercambio de gases. También debe cumplir otras funciones para asegurar su mantención las cuales incluyen una capacidad de intercambiar cationes (ej. Proceso en el cual iones positivamente cargados de un químico son reemplazados preferentemente por iones positivos de otro químico), una habilidad de amortiguar y resistir los cambios los cambios de los niveles de PH y bioremediar los contaminantes cuando se requiera.

Los factores que afectan la selección de material inorgánico incluyen:

- ✦ Distribución de tamaño de grano específico (Ej. Permeabilidad, capacidad de contención de agua, fuerza y estabilidad)
- ✦ Densidad
- ✦ Peso
- ✦ Costo

Descripción del Material

El componente orgánico contribuye al crecimiento de las plantas por su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del medio de crecimiento, directamente o indirectamente afectando la disponibilidad de los nutrientes. Además actúa como pegamento, estimulando la estructura de suelo y biología de suelo sano.

El porcentaje de materia orgánica (MO) es a menudo más alto durante las etapas tempranas de una cubierta vegetal para facilitar el establecimiento de las plantas (Skinner 2006). Una vez establecido, lo más probable es que el porcentaje se estabilice en un 2-5% del volumen total. En casos de crecimiento de plantas sanas y rotación de biomasa normal (Beatty 2004). Los suelos naturales generalmente tienen entre 2-5% MO por masa, mientras que un medio de crecimiento de cubierta vegetal extensiva puede tener 3-6%. Demasiado contenido orgánico puede conducir a problemas con el drenaje y la reducción en el volumen total, y por lo tanto puede requerir niveles más altos de mantención y reabastecimiento más frecuente.

Mientras que el medio de crecimiento de contenido orgánico a menudo provee el nivel necesario de nutrientes para las plantas, al pasar el tiempo el nivel disminuirá y las plantas pueden requerir fertilización para aumentar esos nutrientes. En regiones húmedas los compuestos orgánicos se descompondrán más rápido que en climas áridos. Por lo tanto el porcentaje MO del volumen total debería ser más bajo (10-20%) en áreas húmedas que en las áridas (<40%); las proporciones variarán de proyecto a proyecto. (Friedrich 2005) La proporción de MO en medio de crecimientos estándar es sujeto de gran discusión en la industria.

El porcentaje de material orgánico está determinado por:

- ✦ Las plantas que se usen.
- ✦ El clima (temperatura promedio y precipitaciones)
- ✦ Disponibilidad local.



5.5.2 Capa Vegetal (Plantas)

Definición

Se entiende por la capa donde se desarrolla la vida vegetal. La elección de éstas va a depender principalmente del clima al cual serán expuestas. Donde afecta esencialmente los cambios de temperaturas, las precipitaciones, el viento y la altura de la cubierta vegetal.

Descripción

Las plantas pueden ser perennes, bienales o anuales y se dividen en tres grupos principales:

- ✦ Monocultivos.
- ✦ Combinaciones simples de plantas.
- ✦ Comunidades de plantas.

Los sistemas de cubierta vegetal extensivos se basan principalmente en plantas perennes y su elección requiere un análisis cuidadoso, con estas variedades hay menos margen de error de diseño debido a que soportan condiciones climáticas más duras.

En los sistemas de cubiertas intensivas se pueden utilizar una paleta más amplia de plantas, su elección solo será limitado por el clima, disponibilidad y requerimientos de mantención.

Sugerencias de tipología de plantas y cantidad de medio de crecimiento necesario para su crecimiento.



Imágenes gentileza Tecpro

Tabla 5.3 Selección de Plantas y accesibilidad/visibilidad de la cubierta

Espesor medio de crecimiento	Inaccesible/ Invisible	Inaccesible/ Visible desde una distancia lejana	Inaccesible/visible desde una distancia cercana	Accesible
0 – 5 cm	Comunidades simples de sedum y musgo.	Comunidades simples de sedum y musgo.	Comunidades simples de sedum y musgo.	Comunidades simples de sedum y musgo.
5 – 10 cm		Gramíneas, vegetación alpina, y bulbos pequeños que resisten la sequía.	Gramíneas, vegetación alpina, y bulbos pequeños que resisten la sequía.	Gramíneas, vegetación alpina, y bulbos pequeños que resisten la sequía.
10 – 20 cm			Mezcla semi extensiva de gramíneas y árboles de tamaño bajo que resisten la sequía. Arbustos pequeños y césped.	Mezcla semi extensiva de gramíneas y árboles de tamaño bajo que resisten la sequía. Arbustos pequeños y césped.
20 – 50 cm				Pequeños arbustos, plantas comestibles, plantas perennes y césped.
50 + cm				Pequeños árboles de hoja caduca y coníferas.



Las plantas se pueden montar en el medio de crecimiento mediante distintas formas:

- ✦ Aplicación de semillas y esquejes.
- ✦ Plantas en bandeja.
- ✦ Plantas en maceta.
- ✦ Plantas en alfombra.

Análisis

Las plantas son el componente más visible de una cubierta vegetal y son a menudo usadas para medir el éxito de un proyecto. Como resultado las expectativas de los clientes necesitan ser manejadas, especialmente durante los primeros años de asentamiento. El sistema de cubierta vegetal y su plan de mantenimiento deberían ser diseñados para asegurar la salud y vitalidad de las plantas. Las plantas necesitan ser cuidadosamente seleccionadas para que asegurar que



sobrevivirán a las difíciles condiciones de la cubierta. Hay un número de compensaciones entre los tipos de plantas y el rendimiento de la cubierta vegetal. Por ejemplo algunas especies atraerán aves migratorias mientras otras especies tendrán un mayor impacto en la velocidad de evacuación de aguas lluvias.

La vegetación puede cumplir varias funciones en una cubierta vegetal, incluyendo:

- ✦ Estética (Visual, sonidos, aromas).
- ✦ De aislación térmica.
- ✦ Ayuda al manejo de aguas lluvias.
- ✦ Biodiversidad y protección de hábitat.
- ✦ Resistencia al fuego.
- ✦ Filtra la contaminación del aire.
- ✦ Sombra.
- ✦ Transpiración.
- ✦ Reducir el CO₂.
- ✦ Producir oxígeno.
- ✦ Proteger la alimentación.
- ✦ Proteger del viento.

5.6 Componentes opcionales

5.6.1 Protección de la impermeabilización

Definición

Esta es una capa u otro componente usado para proteger la membrana impermeabilizante de daños durante la construcción de otros elementos del edificio o de la cubierta vegetal.

Descripción

Los materiales típicos usados son:

- ✦ Geotextil resistente al punzonamiento y tracción mecánica.
- ✦ Termoplástico sintético/membranas termoestables.
- ✦ Colchonetas de espuma termoplástico reciclado.
- ✦ Alfombra de caucho de compuestos reciclados.
- ✦ Compuestos de fibra de cementos.
- ✦ Red compuesta de polietileno.

Análisis

Es necesaria alguna forma de protección de la membrana durante la construcción para proteger la impermeabilización de daños por el tráfico y materiales de construcción (por ejemplo aceites y residuos) Esta puede ser una capa de protección especialmente diseñada o un componente de la cubierta vegetal. (Por ejemplo la capa drenaje o la aislación). Independientemente de que material se utiliza, debe tener una alta resistencia a la compresión adecuada para resistir la presión ejercida por equipos de construcción y otros componentes de la cubierta vegetal.

5.6.2 Aislación Térmica

Definición

La Aislación térmica es un componente instalado entre la estructura soportante y la impermeabilización para reducir la transferencia de temperatura, ya sea frío o calor, desde el exterior al interior y viceversa.

Descripción

La aislación térmica puede ser de los siguientes materiales:

- ✦ Poliestireno expandido o extruido de alta densidad
- ✦ Polyisocianurato

Poliestireno expandido o extruido de alta densidad

El poliestireno expandido es una espuma rígida de color blanco de gran trabajabilidad, caracterizada por un termoplástico celular de baja densidad y alta resistencia físico-mecánica en relación a su reducido peso aparente. Está constituido por un sin número de celdas cerradas, solidariamente apoyadas y termo-soldadas tangencialmente entre sí, las cuales contienen aire quieto ocluido en su interior.

Características importantes del poliestireno expandido son su ligereza, resistencia a la humedad y capacidad de absorción de los impactos.

Otra de las aplicaciones del poliestireno expandido es la de aislante térmico y acústico, utilizándose como tal en fachadas, cubiertas, suelos, etc.





Requisitos Obligatorios

Para actividades relacionadas a la aislación termo-acústica, debe verificarse el cumplimiento de la reglamentación térmica contenido en el artículo 4.1.10. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Para los efectos de cumplir con las condiciones establecidas se podrá optar entre las siguientes alternativas:

Mediante la incorporación de un material aislante etiquetado con el R100 correspondiente a la Tabla que se presenta a continuación.

Se deberá especificar y colocar un material aislante térmico, como es el caso del poliestireno expandido, incorporado o adosado, al complejo de techumbre, al complejo de muro, o al complejo de piso ventilado cuyo R100 mínimo, rotulado según la norma técnica NCh 2251, de conformidad a lo indicado en la Tabla siguiente:

REQUISITOS TÉCNICOS TECHUMBRE							
EMISOR: MINVU							
Referencia: Art. 4.1.10.O.G.U.C							
Según NCh 2251: R100 = valor equivalente a la Resistencia Térmica X 100 R100 mínimo del material aislante térmico, rotulado según norma técnica NCh 2251:							
Zona (*)	1	2	3	4	5	6	7
Techumbre Resistencia Térmica Mínima (RT (m ² k / W)	1,19	1,67	2,13	2,63	3,03	3,57	4,00
Material Aislante R 100 mín	94	141	188	235	282	329	376

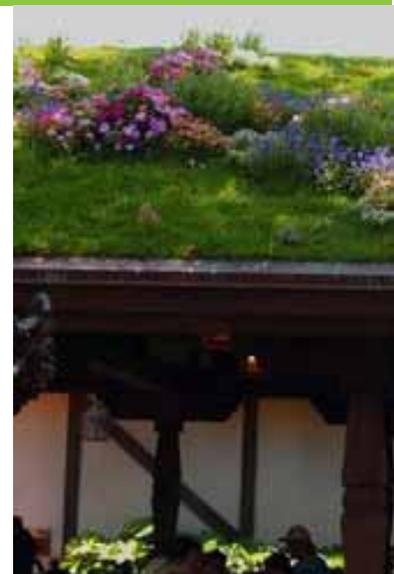
(*) Las zonas geográficas se encuentran definidas en el Manual de Aplicación Reglamentación Térmica.

Requisitos Normados

CLASIFICACIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO	
Referencia: INN - NCh 1070 Of.84	
Tipo A	Poliestireno expandido en perlas o granulado, compresible, de grado incapaz de recibir carga, para usar colocado en cavidades o extendido sobre la superficie del elemento a aislar; este material presenta densidades entre 8 a 10 kg/m ³ .
Tipo B	Poliestireno expandido en planchas o bloques, compresible, capaz de recibir carga moderada, por ejemplo, para uso bajo la cubierta de techo; este material presenta densidades de 10 a 20 kg/m ³ .
Tipo C	Poliestireno expandido en planchas o bloques, compresible, capaz de recibir cargas mayores, para aplicaciones especiales. Por ejemplo, para uso bajo losas flotantes cargadas; presenta densidades sobre 20 kg/m ³ .

FORMA, DIMENSIONES Y DENSIDAD	
Referencia: INN - NCh 1070 Of.84	
Placas y planchas	Deberán tener aristas rectas y paralelas.
Estructura y espesor	Las planchas deben poseer una estructura y espesor uniformes. En el caso de planchas perfiladas, el perfil deberá ser uniforme, sobre toda la superficie y/o arista.
Rectangularidad	Las planchas deberán ser rectangulares y sus superficies planas. Los requisitos de rectangularidad se cumplen si en el ensayo respectivo, la desviación de cada una de las medidas individuales no sobrepasa los 3 mm para una arista de 500 mm.
Tolerancia de Dimensiones	El material suministrado en forma de láminas, planchas y bloques en los tipos B y C debe cumplir con las tolerancias dimensionales indicadas en la siguiente tabla: Ancho y Largo: ± 1% ó ± 10 mm Espesor Hasta 50 mm: ± 2 mm Espesor Sobre 50 mm: ± 3 mm.
Densidad Aparente	El Poliestireno Expandido en planchas y bloques se fabricará en las densidades aparentes nominales que se indican: 10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 kg/m ³ . El poliestireno expandido a granel, en perlas o granulado se fabricará en densidades entre: 8 a 15 kg/m ³ . Valores de dimensiones individuales no diferirán más allá de menos 10% del valor promedio.

VALORES NORMALES DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD (a 20 °C)	
Referencia: INN - NCh 1070 Of.84	
Densidad: δ [kg/m ³]	Conductividad Térmica: λ [W/(mK)]
10	0,036
15	0,035
20	0,035
25	0,034
30	0,034





RESISTENCIA MECÁNICA	
Referencia: INN - NCh 10 70	
Tipo	Valor en N/mm ²
B	0,10
C	0,15

ESTABILIDAD DIMENSIONAL TÉRMICA DE LOS AISLANTES DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, POR TIPO	
Referencia: INN - NCh 10 70	
Tipo	Deben presentar estabilidad dimensional a:
A	70°C, bajo ensayo descrito en NCh 1905
B	80°C, bajo ensayo descrito en NCh 1905
C	70°C, bajo ensayo descrito en NCh 1905

Análisis

La aislación térmica ayuda a prevenir que la humedad presente en las capas de la cubierta vegetal entre en contacto con la estructura soportante y genere un enfriamiento de esta, afectando a las condiciones de acondicionamiento térmico interno del edificio. Como también puede ayudar a reducir la demanda de aire acondicionado en los meses de verano. La aislación térmica puede ser instalada arriba o debajo de la impermeabilización. En los casos en que está por encima de la membrana puede ser utilizada como membrana de protección, siempre que tenga suficiente resistencia a la compresión y su uso como tal, es recomendado por el fabricante.

Como no se encuentra en el mercado un medio de crecimiento (medio de crecimiento) estándar, se sugiere cuando se vaya a construir proyectos de gran envergadura la posibilidad de ensayar una muestra del medio de crecimiento para obtener el dato de cual es su capacidad de aislación y así lograr un ahorro en este ítem. Esto correspondería a la aplicación de un método alternativo

Para los proyectos pequeños se recomienda cumplir con los productos certificados por el MINVU referente al cumplimiento de la normativa de la reglamentación térmica contenido en el artículo 4.1.10. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

5.6.3 Acumulador de Agua

Definición

Es una capa instalada para aumentar la capacidad de retención de agua de un sistema de cubierta vegetal.

Descripción

Existe una amplia gama de productos tales como:

- ✦ Láminas de plástico con depresiones en forma de copa.
- ✦ Packs de Hidrogel.
- ✦ Colchonetas de espuma de uretano.
- ✦ Absorbente Polar.

Análisis

Esta capa puede aumentar la capacidad de retención de agua de la capa de drenaje, así como el desempeño del sistema de riego. Capta el agua de lluvia y repone la humedad del medio de crecimiento a través de la evapotranspiración.

5.6.4 Protección de Erosión

Definición

Una capa de protección contra la erosión se utiliza para proteger el medio de crecimiento cuando se queda sin sembrar durante largos períodos de tiempo y durante el establecimiento de plantas.

Descripción

Los materiales típicos utilizados son:

- ✦ Tela no tejida de protección / colchonetas.
- ✦ Láminas de protección.
- ✦ Mantillo.
- ✦ Mantas fotodegradables.

Análisis

El medio de crecimiento, por lo general se mantiene en su lugar por las raíces de plantas, pero puede sufrir de la erosión del viento cuando se deja expuesto y durante el período de establecimiento de las plantas. Los proyectos que están expuestos a fuertes vientos, como el techo inclinado, puede requerir el uso de una capa de protección contra la erosión.





5.6.5 Sistema de Riego

Definición

Los sistemas de riego permiten el control de agua en el medio de crecimiento para facilitar el crecimiento de las plantas.

Descripción

Hay muchos sistemas diferentes de riego utilizados en aplicaciones de cubiertas vegetales:

- ✦ Elevados.
- ✦ Rociadores.
- ✦ Goteo (Superficial o cerca de la superficie).
- ✦ Por capilaridad.
- ✦ Base goteo.
- ✦ Con manguera.

Análisis

Los sistemas de riego son fundamentales para el desarrollo inicial de las plantas y son requeridos por muchas especies para asegurar su supervivencia a largo plazo. En los sistemas de cubiertas vegetales extensivos son a menudo diseñados para funcionar sin agua suplementaria después de un período inicial de asentamiento de 1 a 2 años. En las cubiertas vegetales intensivas, por el contrario, en general requieren de riego en curso, porque las plantas seleccionadas generalmente demandan niveles superiores de cuidado y con frecuencia se espera que sea hermosa en todo momento.

5.6.6 Pasarelas

Definición

Son caminos diseñados para guiar el tráfico peatonal son necesarios para el mantenimiento de la cubierta vegetal.

Descripción

Existe una amplia gama de productos tales como:

- ✦ Adoquines prefabricados de concreto.
- ✦ Piedra natural.
- ✦ Grava.
- ✦ Madera
- ✦ Rocas de fibra de vidrio.

- ✦ Cubiertas de plástico reciclado.
- ✦ Placas de cemento.

Análisis

Son aceras y zonas libres de vegetación, se utilizan para controlar el movimiento de los usuarios sobre las cubiertas vegetales y accesibles para permitir el acceso fácil para hacer mantenimiento a los equipos mecánicos y los componentes del sistema.

5.6.7 Retenedores perimetrales

Definición

Los retenedores perimetrales separan las áreas con vegetación de los componentes estructurales de cubierta tales como los antepechos, drenajes, tragaluces y senderos.

Descripción

Hay un conjunto de productos, incluyendo:

- ✦ Retenedores de hormigón prefabricados.
- ✦ Borde de aluminio.
- ✦ Borde de madera.
- ✦ Maceteros.
- ✦ Retenedores de productos reciclados.

Análisis

Los retenedores perimetrales también pueden ser utilizados para separar áreas con vegetación, suplementando protección al fuego o protección del viento particularmente en las esquinas. También pueden ser incorporados en sistemas modulares.



Imagen gentileza Tecpro



5.6.8 Barandillas

Definición

Son obstáculos consistentes en barras y soportes situados en el perímetro de la cubierta.

Descripción

Hay muchas tecnologías de barandilla en el mercado.

Análisis

Las barandillas, a menudo son un requisito, como importante medida de protección de caídas y seguridad durante la construcción o si la cubierta es accesible. Detalles de los requerimientos para barandillas se encuentran en el capítulo 4 de la Ordenanza General de Urbanismo y construcciones. Para la seguridad de los trabajadores se debe considerar un sistema de anclaje durante la ejecución de la cubierta vegetal.

5.6.9 Iluminación

Definición

Son fuentes de luz exterior diseñadas para iluminar las zonas oscuras o añadir enfoque a elementos de diseño.

Descripción

Hay muchas tecnologías de iluminación disponibles en el mercado.

Análisis

Las cubiertas vegetales que serán usadas de noche deben tener un sistema de iluminación para garantizar la seguridad de los usuarios. Las luces pueden servir a las necesidades funcionales y estéticas del proyecto.

5.6.10 Caja Registrable

Definición

Son marcos como una caja sin fondo y con tapa que permite inspeccionar los puntos de desagüe y mantenerlos limpios.

Descripción

Generalmente son construidos con los siguientes materiales:

- ✦ Acero Inoxidable
- ✦ Aluminio

Análisis

La altura del marco de estas cajas es en general la misma del medio de crecimiento y se instalan sobrepuestas sobre los puntos de desagüe.



Imágenes gentileza Tecpro

Recomendaciones para Instalar una Cubierta Vegetal

La variabilidad de tipos de Cubiertas Vegetales, tipos de edificación, beneficios esperados y otras variables relacionadas generan una serie de aspectos a considerar al momento de instalar una Cubierta Vegetal.

Este capítulo recomienda una metodología para el montaje de un proyecto de este tipo.

Los pasos indicados permiten instalar adecuadamente una Cubierta Vegetal, sin que queden imprecisiones que pudieran afectar con posterioridad el normal funcionamiento de la obra.

6.1 Antecedentes generales para instalación

Para iniciar el proceso de instalación es necesario tener en cuenta el diseño de la cubierta vegetal y las recomendaciones técnicas que entrega el fabricante de cada uno de los componentes.

Esa información le permitirá al instalador de Cubiertas Vegetales comenzar a dimensionar el proyecto, y los cuidados que deberá tener en la instalación de cada una de las capas componentes del sistema.

A continuación se muestran distintas propuestas de montaje y ordenamiento de los capas componentes de una cubierta vegetal, cada una respondiendo a las necesidades detectadas en el momento de especificación y diseño de ésta.

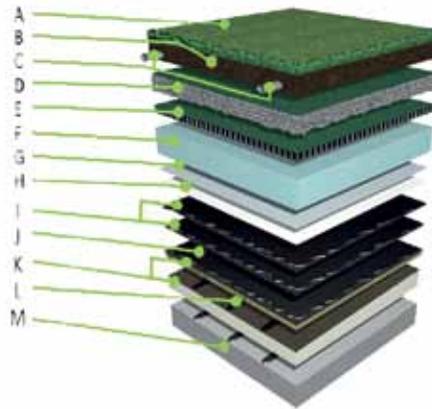


Imagen 6.1 Ejemplo de cubierta vegetal Intensiva sobre hormigón. (Gentileza Tremco Roofing.)

Recomendaciones para Instalar una Cubierta Vegetal

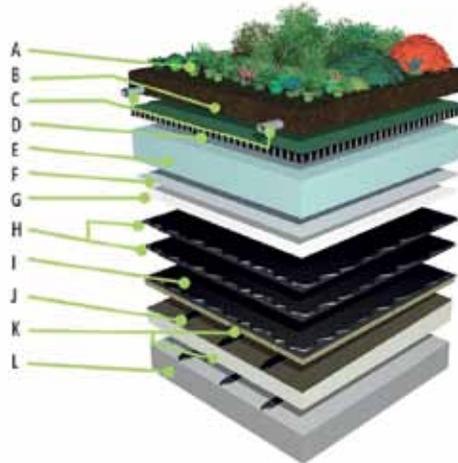
EXTENSIVO CÉSPED

- A. Pasto
- B. Medio de crecimiento
- C. Capa opcional de irrigación bajo superficie
- D. Agregado
- E. Rollo de drenaje
- F. Aislación de poliestireno extruído
- G. Lámina de protección de membrana
- H. Barrera termoplástica (barrera contra raíces TPA soldada con calor
- I. Membrana base de 2 capas
- J. Asfalto modificado frío o caliente
- K. Capa de aislación con pendiente para techos planos
- L. Adhesivo
- M. Losa de hormigón



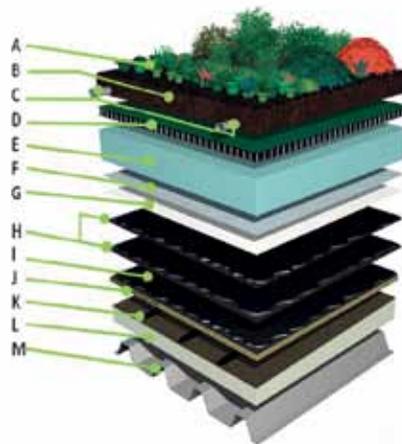
EXTENSIVO HORMIGÓN

- A. Capa de vegetación
- B. Medio de crecimiento
- C. Capa opcional de irrigación bajo superficie
- D. Rollo de drenaje
- E. Aislación de poliestireno extruído
- F. Lámina de protección de membrana
- G. Barrera termoplástica (barrera contra raíces TPA soldada con calor
- H. Membrana base de 2 capas
- I. Asfalto modificado frío o caliente
- J. Adhesivo
- K. Capa de aislación con pendiente para techos planos
- L. Losa de hormigón

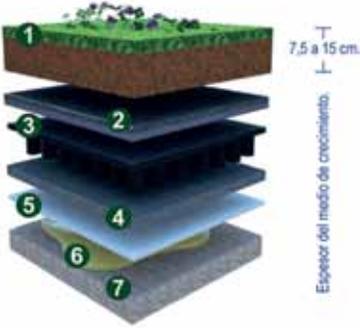


EXTENSIVO METAL

- A. Capa de vegetación
- B. Medio de crecimiento
- C. Capa opcional de irrigación bajo superficie
- D. Rollo de drenaje
- E. Aislación de poliestireno extruído
- F. Lámina de protección de membrana
- G. Barrera termoplástica (barrera contra raíces TPA soldada con calor
- H. Membrana base de 2 capas
- I. Asfalto modificado frío o caliente
- J. Cubierta de fibra de madera de alta densidad
- K. Adhesivo
- L. Capa de aislación con pendiente para techos planos
- M. Losa de hormigón

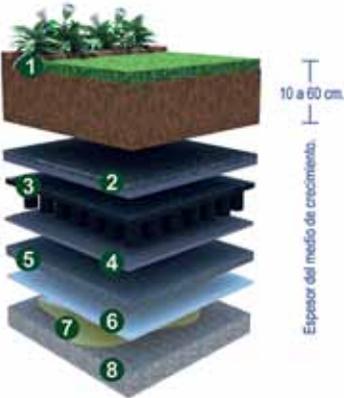


Imágenes 6.2 Ejemplos de cubiertas vegetales (Gentileza Tremco Roofing)

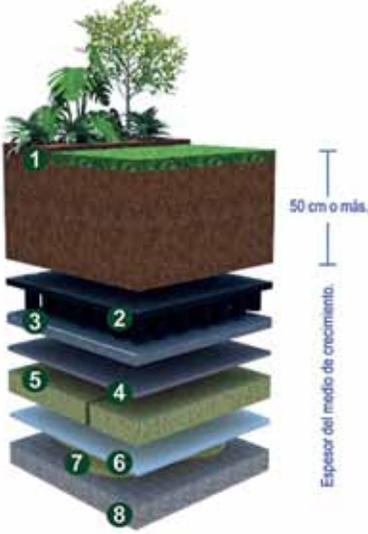
MONTAJE EXTENSIVO

1. Medio de Crecimiento
2. Geotextil retenedor de Humedad
3. Filtro Drenante
4. Geotextil de protección a los agentes corrosivos al punzonamiento
5. Impermeabilización
6. Adhesivo especial (Imprimante)
7. Estructura Soportante



MONTAJE INTENSIVO

1. Medio de Crecimiento
2. Geotextil retenedor de Humedad
3. Filtro y drenante
4. Geomembrana HDPE anti-raíz
5. Geotextil de protección a los agentes corrosivos al punzonamiento
6. Impermeabilización
7. Adhesivo especial (Imprimante)
8. Estructura Soportante



MONTAJE PROFUNDO

1. Medio de Crecimiento
2. Filtro y drenante
3. Geotextil de protección a los agentes corrosivos al punzonamiento
4. Geomembrana HDPE anti-raíz
5. Poliestireno con canales de desagüe para aislación térmica
6. Impermeabilización
7. Adhesivo especial (Imprimante)
8. Estructura Soportante

Imágenes 6.3 Ejemplos de cubiertas vegetales (Imágenes gentileza Asfalchile)

6.2 Componentes integrantes de la Cubierta Vegetal

6.2.1 Impermeabilización

Membrana de EPDM (Etileno propileno dieno termopolimero)

Recomendaciones

Preparación de superficie:

La superficie a cubrir debe encontrarse limpia y seca, el uso de este tipo de membranas, reduce el porcentaje de pendiente, por lo que la superficie puede tener un techo completamente plano e impermeable.

Aplicación:

Posteriormente limpiar la membrana con limpiador especial recomendado por el fabricante, extenderla sobre la superficie y dejarla reposar, hasta que esta se adecue completamente a la superficie.

Una vez terminada la superficie de techo e instalado el aislamiento termo acústico, la membrana se instalará de forma flotante siendo anclada perimetralmente, más los refuerzos indicados, según el tamaño de la superficie a instalar.

Para la unión de membranas, esta debe ser limpiada con limpiador de EPDM para membranas (indicado por el fabricante), posterior a ello empalmar membranas con los tapajuntas (cinta russ o pegamento entre membranas) de EDPM, los que se adhieren de forma rápida y segura.

Para otras terminaciones se puede utilizar gravilla rodada por sobre la membrana, entregándole a esta una superficie más atractiva y una mejor resistencia al viento. Además esta membrana es posible adherirla completamente a la superficie, con pegamento de sustrato.





Lámina adherida de TPO (Poliolefina termoplástica combinada con caucho de propileno y etil-propileno)

Recomendaciones

Preparación de superficie:

Verificar que la superficie a instalar se encuentra con el aislamiento termo acústico indicado, y que la superficie se encuentre plana, además de esto identificar previamente para una mejor cubicación de material todos aquellos elementos que se encuentren fijos en la superficie o que produzcan situaciones particulares.

Aplicación:

Teniendo preparada la superficie e identificadas las particularidades, tales, como equipos, tuberías, ventilación, canaletas y desagües, instalar el refuerzo perimetral con la misma membrana TPO, la distancia perimetral con respecto a la resistencia al viento, es un 40 % de la altura del edificio.

Este refuerzo anclarlo en el perímetro según la indicación específica, reforzando las esquinas interiores y exteriores, sellando la membrana con masilla de poliuretano indicada por el fabricante, en los lugares donde este deje expuesto el poliéster interior.

Posterior a ello instalar las membranas, siempre dejando el traslape en contra del lado de la pendiente, en el caso de no existir pendiente, siempre instalar traslapando el mismo lado en el sentido más favorable al proyecto. Termofusionar los traslapes y piezas especiales con Soldadora Termofusión, Manuel o de carro regulable.

Para solucionar los encuentros con tuberías o perfiles metálicos utilizar cinta de TPO no reforzado fácilmente moldeable con calor, que entrega una superficie continúa.

Membrana Liquida de Poliuretano

Recomendaciones

Preparación de superficie:

Para la aplicación el sustrato debería encontrarse limpio, seco si es que la membrana no puede ser aplicado en presencia de humedad y perfectamente uniforme. Idealmente si la superficie es de hormigón emparejado con una pasada de helicóptero sin pulir. Las bajadas de agua deben estar perfectamente instaladas así como cualquier elemento que atraviese o vaya fijo a la losa o sustrato. Puede ser aplicada sobre hormigón, madera, metal y fibrocemento, siguiendo siempre las instrucciones del fabricante, En algunas ocasiones es necesario aplicar imprimante sobre la superficie, también para ello es necesario seguir las recomendaciones del fabricante.

La superficie debe estar libre contaminantes, como grasas, pinturas, etc. En el caso de losas de hormigón curadas con membranas químicas esta deberá ser removida mediante hidrolavado o raspaje mecánico.

Todos los ángulos deberán estar bien perfilados, nidos de piedra u otras fallas deberán ser retapados.

Aplicación:

Verificada la limpieza o lavado idealmente con soplado y aspirado, se procede a realizar el refuerzo de todas las singularidades, mediante selladores de poliuretano o bien la versión densa del producto aplicar (singularidades se refiere a bajadas de agua, ángulos generados por cambios de planos, refuerzos de grietas, elementos que atraviesen la losa o anclados a ellas y canaletas)

El tratamiento de detalle se deberá dejar secar por al menos 24 horas, para luego proseguir con la instalación de la membrana en el espesor o cantidad de manos que indique el fabricante.

Comenzando con la aplicación en los retornos para luego proceder ordenadamente abarcando la totalidad de la superficie. Se debe tener en consideración el que no existan posibilidades inminentes de





precipitaciones y que las temperaturas de ambiente fluctúen entre lo indicado por el fabricante al momento de aplicar la membrana y que exista el debido resguardo de otras faenas o personas que participen de la obra, de tal forma de evitar la caída de elementos o basura que pudieran causar daño al material fresco o recién aplicado.

Culminado ese proceso se deberá dar el tiempo de cura indicado por el fabricante el cual generalmente fluctúa entre las 24 y 48 horas.

Una vez curado se deberá proceder con una prueba de agua por inundación por al menos 24 horas o utilizar equipos electrónicos especializados para verificar que no existan filtraciones.

Si la membrana es en base solvente se deberá tener cuidado de no producir molestias en recintos aledaños, idealmente seleccionar productos con bajo voc (particular orgánicas volátiles) o bien aquellos amigables con el medio ambiente.



Imagen 6.4 Aplicación de Membrana de Poliuretano (Imagen gentileza Tecpro)

Lámina de PVC

Recomendaciones

Preparación de superficie:

La base sobre la que se aplicará la lámina de PVC, debe estar libre de protuberancias o irregularidades que puedan dañarla. Los bordes, esquinas y protuberancias deberán ser redondeados, con un radio mínimo de 5 cms. Los daños que existan deben ser reparados con mortero.

La superficie debe estar seca, limpia y libre de impregnaciones de aceite, grasa y restos de elementos incompatibles. Como capa separadora, anticontaminante o de protección, se puede utilizar geotextiles o láminas de polietileno.

Aplicación:

La lámina se extiende sobre la superficie ya preparada, el fabricante indicará si hay diferencia entre tus caras de que forma se debe instalar. Debe tener un traslapeo mínimo de 5 ó 10 cm según tipo de fijación, tanto longitudinal como transversalmente. Este traslapeo se limpia y se suelda por fusión con aire caliente, presionando en seguida con un rodillo de caucho sintético. Cualquier poro o rasgadura es fácilmente reparada con un trozo de lámina superpuesto y soldado. Una vez concluida la unión debe hacerse un riguroso control de la misma.

En paramentos verticales se adhiere a la superficie por medio de adhesivos especiales, soldando los traslapesos con el sistema normal. Las juntas entre la membrana de PVC y cualquier elemento de metal pueden ser pegadas y/o selladas con pegamento especial para PVC.

Las juntas entre PVC y plástico, hormigón, etc. se deben sellar con un producto especial indicado por el fabricante. Las juntas de dilatación de losa se deben tratar con un "fuelle" de lámina, relleno con espuma de poliuretano. Se debe cuidar de proyectar las juntas de dilatación de la sobrelosa, en coincidencia con las de la losa y sellarlas con sellante elástico para juntas.





En zonas tránsito deben diseñarse protecciones adecuadas para evitar daños mecánicos. Puede ser aplicado sobre planchas de poliestireno expandido o poliuretano rígido, colocando una capa separadora de polietileno.

6.2.2 Protección Anti-raíz

Recomendaciones

Como no están diseñadas para la exposición permanente a la luz del sol o del tráfico peatonal, debe ser cubierta con los otros componentes adecuados para el sistema de cubierta vegetal. Además no se pueden combinar con elementos de instalación en caliente ni aplicar adhesivos bituminosos.

Preparación de superficie:

El sustrato debe estar debidamente inclinado, lisa, seca, limpia de la suciedad y de escombros antes de la instalación de la barrera anti-raíz.

La impermeabilización como la aislación térmica si es que hubiera, deben encontrarse perfectamente instaladas, antes de la colocación de la barrera anti-raíz.

Aplicación:

En aplicaciones horizontales, inicie en el extremo inferior de la cubierta e instalar directamente al sustrato especificado. La superposición de bordes y los recubrimientos longitudinales deben ser mínimo de 50 mm y deberán idealmente ser termofusionados o bien sellados con un tape especialmente diseñados para esta situación.

Se debe retornar en todos los elementos que vayan a quedar en contacto con el medio de crecimiento de la vegetación.

También recortarla en los sectores de desagüe para permitir el paso sin obstáculos del agua teniendo cuidado en que las uniones sean limpiamente resueltas.



Imagen 6.5 Instalación de Protección Anti-raíz (Imagen gentileza Tecpro)



6.2.3 Drenaje

Recomendaciones

No se recomienda su utilización en conjunto con materiales a base de solvente bituminoso; o esperar a que éstos estén totalmente curados.

La estructura soportante debe ser suave y con pendiente adecuada para drenar antes de la instalación de de la capa drenaje.

Preparación de superficie:

El sustrato debe estar debidamente inclinado, lisa, limpia de la suciedad y de escombros antes de la instalación de la capa de drenaje. En caso de existir la instalación de aislante térmico ya sea poliestireno extruido o vidrio celular puede ser especificada por debajo o por encima de la capa de drenaje. En cualquiera de los casos revisar con la sugerencia del fabricante del producto (drenaje) a utilizar.

Aplicación:

Normalmente se instala de forma que los conos de extrusión se vean como una taza boca abajo y viene unido a una lámina de fieltro para proteger capa inferior. Algunos productos del mercado tienen también incorporada una barrera anti-raíz, en esos casos, este elemento debe quedar lo mas cercano el medio de crecimiento,



así como también se puede encontrar en el mercado drenajes que funcionan también como acumulador de agua, donde no se elimina toda el agua si no el exceso que no es capaz de retener.

Para su instalación se debe comenzar por la parte más baja de la cubierta desde donde se comienza a desplegar los rollos.

Luego se corta el drenaje y la tela de fondo en los sectores donde existan desagües para mejorar el flujo de agua.

También de deben colocar elementos tipo tela (pertenecientes al sistema) en todos los bordes.

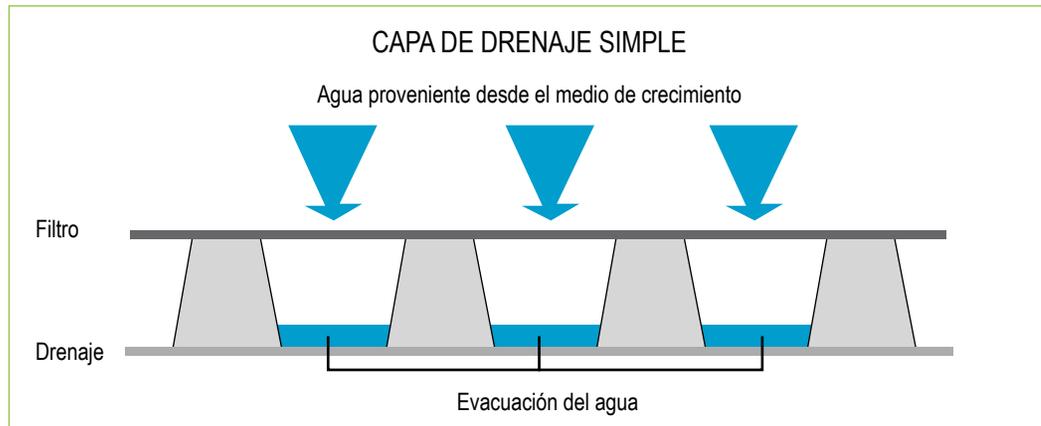


Imagen 6.6 Diagrama de montaje y funcionamiento de la Capa de Drenaje.



Imagen 6.7 Instalación de la capa de Drenaje (Imagen gentileza Tecpro)

6.2.4 Filtro

Recomendaciones

La mayoría de los productos disponibles en Chile comprenden esta capa en es sistema de drenaje. Si se instalara por separado se deberá tener el cuidado de dejarlo traslapado al menos 10cm en sus uniones.

6.3 Medio de crecimiento y Capa Vegetal

6.3.1 Medio de crecimiento

Recomendaciones

Hay que ser fiel a las recomendaciones del tipo de medio de crecimiento a utilizar, ya que la modificación de los porcentajes (volúmenes) de elementos orgánicos e inorgánicos pueden afectar directamente al desarrollo de las especies seleccionadas (plantas) para la cubierta vegetal.

Aplicación

Se debe proteger la mezcla de medios de cultivo durante el almacenamiento para evitar la desecación del suelo o de la separación, como también de la lluvia para evitar la contaminación con semillas de malezas.

No acopiar en lugares donde los suelos estén congelados, mojados o con lodo. El material debe estar en lugares donde no afecte su contenido de humedad.

Estando almacenado, proteger los suelos de los medios de comunicación que puedan absorber el exceso de agua como también, de la erosión en todo momento. No almacene materiales protegidos frente a las fuertes lluvias. Si el agua se introduce en el material después de almacenamiento, permitir que el material drene o airear para volver al contenido óptimo de humedad necesario para su compactación.

Es importante la limpieza de los utensilios de instalación antes de su uso para evitar la contaminación de las semillas de malezas.





Debe estar bien instalado el geotextil de protección antes de hacer extensiva la mezcla del medio de crecimiento.

Después de colocar la mezcla de el medio de crecimiento en la profundidad especificada, se debe revisar que no hayan espacios menos compactados donde se pueda acumular más agua de lo necesario, para ello si es preciso se rellenan las áreas con más material de medio de crecimiento.

Hay que tener especial cuidado de no mover lo retenedores y que cualquier elemento sobrepuesto se mantenga en su lugar.

Repetir el proceso de compactación hasta que el espesor necesario sea constante.

Instale vegetación en la densidad de plantación especificado.

Utilizar protección contra la erosión si es necesario para evitar que el viento socave la superficie. Riego y fertilización pueden ser necesarios en base a las recomendaciones de los arquitectos paisajistas del proyecto.

6.3.2 Capa Vegetal (Plantas)

Recomendaciones

Se adjunta cuadro con recomendaciones para el montaje de las especies de la capa vegetal, según su metodología de siembra.

Tabla 6.1 Características generales de los diferentes métodos de plantación.

Método de siembra	Descripción	Tipo de Cubierta vegetal	Tasa de supervivencia	Trabajo (Cuidado)	Gasto	Establecimiento y mantenimiento	Consejos
Auto siembra	Semillas trasladadas con el viento y se les permite echar raíces en el medio de crecimiento.	Extensivo	Baja	Cero	Cero	Crecimiento y periodo de establecimiento extendido. Mayor desarrollo de maleza. Es posible una mayor erosión de viento/agua en el medio de crecimiento. Poco control estético.	El follaje se establecerá por si solo por un largo tiempo. Para resultados inmediatos usarlo en conjunto con otros métodos.
Siembra	Semillas seleccionadas premezcladas con el medio de crecimiento o son aplicadas después de instalado el medio de crecimiento.	Extensivo	Buena, con apoyo	Bajo	Bajo	Crecimiento y periodo de establecimiento extendido. Mayor desarrollo de maleza durante el establecimiento. Es posible una erosión de viento/agua en el medio de crecimiento.	El follaje se establecerá por si solo por un largo tiempo. Para resultados inmediatos usarlo en conjunto con otros métodos.
Hidro siembra	Una mezcla de abono, semillas, fertilizantes y agua que se rocía en la parte superior del medio de crecimiento.	Extensivo	Buena	Bajo	Bajo	Crecimiento y periodo de establecimiento extendido. Mayor desarrollo de maleza durante el establecimiento. Puede proveer una control del aerosion provocada por viento/agua.	Recomendado para ser usado en sitios por sobre los 1.000 m ² .

Recomendaciones para Instalar una Cubierta Vegetal

Método de siembra	Descripción	Tipo de Cubierta vegetal	Tasa de supervivencia	Trabajo (Cuidado)	Gasto	Establecimiento y mantenimiento	Consejos
Esquejes	Pequeños trozos de hojas tallos y raíces de plantas – a menudo sedum – que son premezclados con el medio de cultivo o lanzados al boleó.	Extensivo – semi intensivo	Buena	Bajo	Bajo	Establecimiento acelerado de cubrimiento de plantas. Mayor probabilidad de erosión de suelo debido al desarrollo lento de la raíz.	Recomendado para ser usado con plantas pequeñas. Solo puede ser usado con ciertas plantas. Limitado para suculentas Funciona bien en conjunto con Hidro sembrado.
Plantas de raíz desnuda	Plantas que se envían al sitio sin el medio de crecimiento.	Semi intensivo o Intensivo	Alta	Mediano	Bajo	Si crece en el mismo medio de crecimiento donde se sembraron las plantas pueden ser trasplantadas sin ningún problema.	Recomendado para ser usado con plantas pequeñas. Plantar de inmediato para evitar daño al sistema de raíces. Podar raíces dañadas. Recomendado para ser usado en pastos y especies perennes.
Plugs	Son cultivadas en el vivero y enviadas al sitio en bandejas.	Extensivo, semi intensivo	Alta	Mediano	Bajo-Medio	Es limitado porque no se puede trasplantar. Relativamente rápido periodo de establecimiento. Plantadas a mano.	Recomendado para ser usado como cubresuelo y en proyectos que no requieren follaje instantáneo. Una buena manera de optimizar la supervivencia y minimizar los costos y pedidos de plug es pedir un conteo específico de plug por bandeja, especificando un tamaño de plug.

Tabla 6.1 Características generales de los diferentes métodos de plantación.

Método de siembra	Descripción	Tipo de Cubierta vegetal	Tasa de supervivencia	Trabajo (Cuidado)	Gasto	Establecimiento y mantenimiento	Consejos
Contenedor de plantas cultivadas	Las plantas se cultivan en un vivero de contenedores, y por lo tanto tienen raíces pequeñas.	Extensivo, Semi intensivo o Intensivo	Alta	Alto	Medio	Si crece en el mismo medio de crecimiento donde se sembraron las plantas pueden ser trasplantadas sin ningún problema. Ayuda a estabilizar el medio de crecimiento.	Requiere soporte durante el desarrollo de la raíz. Requiere un tratamiento adecuado de las plantas con raíces atadas.
Láminas de sedum	Cortes de Sedum sin raíz prensados en papel como láminas de tela de almidón bordeadas con malla de algodón.	Extensivo	Buena	Bajo	Medio-alto	Debe ser regada por al menos diez días para que los cortes saquen raíces y comiencen su establecimiento.	Es recomendado que se sujeten con láminas para que no se vuelen. Puede ser difícil conseguirías.
Esteras vegetales	Cubiertas de tierra convertido en el medio de cultivo y drenaje. Las esteras se cortan en pequeños cuadrados y enrollado para su transporte al sitio.	Extensivo	Buena	Bajo		Como las esteras vienen pre crecidas su supervivencia es alta y ya están establecidas. Fácil de instalar.	Entrega el efecto de cubierta vegetal instantáneo.

Método de siembra	Descripción	Tipo de Cubierta vegetal	Tasa de supervivencia	Trabajo (Cuidado)	Gasto	Establecimiento y mantenimiento	Consejos
Sistema modular	Las unidades que incluyen capa de drenaje, los bordes, el medio de crecimiento, y las plantas en recipientes metálicos o de plástico reciclado.	Extensivo	Alta	Mediano	Alto	Igual a la mayoría de los tipos de cultivos extensivos. Pre crecido en condiciones de vivero y generalmente son bien establecidos cuando son enviados al sitio. Rápido periodo de instalación. Niveles bajos de mantenimiento inicial si las plantas son pre-crecidas.	Recomendado para clientes que desean follaje instantáneo. Se limita al riego por módulo.
Balled-and-Burlap Plants	Las plantas son cultivadas en el suelo, exhumadas y enviadas, con el cepellón envuelto, al sitio.	Extensivo	Alta	Alto	Lo más alto	Plantas de éste tamaño tienden a requerir tierra en vez de medio de crecimiento. Sin embargo si las plantas pueden crecer en medio de crecimiento antes de ubicarse en la cubierta, la planta no experimenta gran estrés.	Se recomienda plantar en otoño, invierno y primavera porque demanda baja transpiración y su potencial de generar raíces es alta. Primordialmente se usa para árboles: va a requerir apostado.



Imágenes 6.8 Instalación de la Capa Vegetal (Imágenes gentileza Tecpro)

6.4 Componentes opcionales

6.4.1 Protección de la impermeabilización

Recomendaciones

Geotextil de gran calidad fabricado de propileno reciclado para retener humedad y al mismo tiempo como capa de protección para eventuales punzonamientos y tracción mecánica.

Aplicación

Debe tener mínimo 10 cm. Solapamiento entre cada capa. Se instala sobre la membrana antiraíz o el impermeabilizante antiraíz. Para su instalación se debe comenzar por la parte más baja de la cubierta desde donde se comienza a desplegar los rollos.

Luego se corta el drenaje y la tela de fondo en los sectores donde existan desagües para mejorar el flujo de agua.

6.4.2 Aislación Térmica

Recomendaciones

Se colocan una plancha junto a la otra hasta cubrir toda la superficie, se debe recortar en todas las pasadas de ducto de ventilación o elemento que emerjan de la cubierta.

Existen varias formas de colocar la aislación térmica dentro de la cubierta vegetal:



Si queda libre dentro del sistema idealmente utilizar poliestireno extruido o poliisocianurato cuya característica principal es que no absorben vapor de agua como lo hace el poliestireno expandido.

Al elegir poliestireno expandido se recomienda proteger la aislación, está se instala sobre la impermeabilización y sobre ella una sobre losa para el manejo de pendientes y luego otra capa de impermeabilización, así se asegura protección de la capa de aislación térmica.

6.4.3 Acumulador de Agua

Recomendaciones

Generalmente viene incluido en el drenaje y tiene que ver con la decisión del sistema a utilizar. Cuando son sistemas más complejos se utiliza una capa de drenaje más una de acumulador de agua, su instalación es similar a la capa de drenaje común ir a punto 6.2.3.

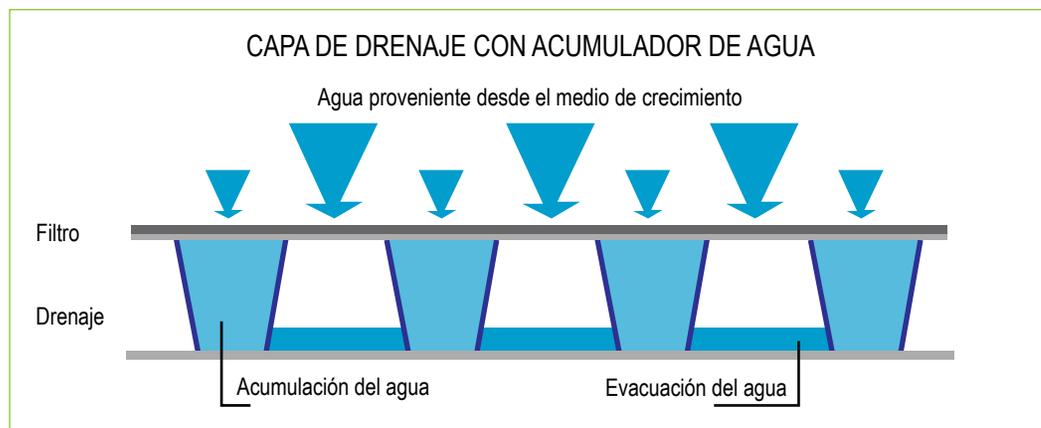


Imagen 6.9 Diagrama de funcionamiento y montaje de la capa acumuladora de agua.



Imagen 6.10 Instalación de la capa de acumulador de agua (Imagen gentileza Tecpro)

6.4.4 Protección de Erosión

Recomendaciones

Se coloca sobre el medio de crecimiento, generalmente son mallas elaboradas con fibras de elementos naturales. Luego de su colocación se procede a la instalación de las plantas o siembra.

6.4.5 Sistema de Riego

Recomendaciones

Lo más importante antes de instalar el sistema de riego es que la matriz de agua esté instalada antes de la impermeabilización, el diseño del sistema de riego debe ser hecho por un especialista según todas las variables existentes (clima, tipo de plantas, etc)

Todo el sistema de cañerías y válvulas que requiera el sistema deben ser sobre puestos sobre la capa de Drenaje de tal manera de no interferir con el correcto funcionamiento ni dañar el resto de los elemento de la cubierta vegetal.

6.4.6 Pasarelas

Recomendaciones

Si el diseño contempla pasarelas con estructura que sean pesadas, sus elementos de apoyo deberán ser anclados sobre el soporte estructural para ser impermeabilizados.

Elementos livianos así como caminos de baldosas, madera o piedras livianas podrán ser instalados sobrepuestos encima del drenaje.

6.4.7 Retenedores perimetrales

Recomendaciones

En general se recomienda utilizar como retenedores elementos de acero inoxidable o aluminio, o bien plásticos de alta resistencia. Para seleccionar la altura del retenedor se deberá tener en cuenta que su lado vertical debe tener al menos la misma altura del medio de crecimiento. Estos elementos van sobrepuestos sobre la capa de drenaje y se fijan mecánicamente las uniones entre ellos para dar rigidez a





estos marcos. De ninguna manera deberán ser anclados mecánicamente a la estructura soportante, a no ser que existiera un elemento previamente instalado y correctamente sellado e impermeabilizado especialmente previsto para eso.



Imagen 6.11 Instalación de Retenedores perimetrales (Imagen gentileza Tecpro)

6.4.8 Barandillas

Recomendaciones

Si el diseño contempla barandillas con estructura que sean pesadas, sus elementos de apoyo deberán ser anclados sobre el soporte estructural para ser impermeabilizados.

6.4.9 Iluminación

Recomendaciones

Lo más importante antes de instalar el sistema de iluminación es que las cañerías de alimentación queden instaladas antes de la impermeabilización, el diseño del sistema de iluminación debe ser hecho por un especialista.

Todo el sistema de cañerías que requiera el sistema deben ser sobrepuestos sobre la capa de Drenaje de tal manera de no interferir con el correcto funcionamiento ni dañar el resto de los elemento de la cubierta vegetal.

6.4.10 Caja Registrable

Recomendaciones

La caja registrable está compuesta por elementos que van sobrepuestos sobre la capa de drenaje y alrededor de un desagüe, o elementos que deban ser registrados. Sus elementos se fijan mecánicamente entre ellos para dar rigidez a estos marcos, sobre ellos va una tapa removible. Es necesario recortar la capa de drenaje bajo la caja para mejorar el escurrimiento de las aguas al desagüe.



Imágenes 6.12 Instalación de la caja registrable (Imágenes gentileza Tecpro)





Imágenes 6.13 Ejemplo cubierta vegetal en Chile (Imágenes gentileza Tecpro)



Imágenes 6.14 Ejemplo cubiertas vegetales (Imágenes gentileza Tremco Roofing)



Anexos

A continuación se adjuntan cuadros con las características técnicas requeridas para la selección de ciertos materiales componentes de una Cubierta Vegetal.

Características técnicas Membranas líquidas de Poliuretano

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES	
ASTM C836 250GC	Requirements
Material	Debe curar y mantener el sello contra el agua
Estabilidad (80°F / 26.7°C)	Tiempo de almacenaje: 6 meses
Pérdida de peso	80% Mínimo de Sólidos
Baja temperatura	Ten cycles -15°F / -26°C (0 – 1/3, 1/3-0 = 1 ciclo / 0-3.2mm, 3.2mm-0 = 1 ciclo)
Flexibilidad y puenteo de grietas	No hay pérdida de adherencia
Adherencia y resistencia al despegue, después de inmersión en agua (sin imprimación)	1 lbf/in (4.4N)
Elongabilidad después de envejecimiento con calor	Membrana debe puenteo grieta de 1/4" (6,4 mm)



Características técnicas de Lámina Adherida de TPO

Lámina TPO Reforzada		
Espesor sobre tejido: mm (Pulgada)	ASTM D 4637 Método Óptico	0,015 80,381) ± 10%
Reflectancia Solar (albedo x 100) (%) Mín. para aprobación ENERGY STAR es 65 %	Reflectómetro de Espectro Solar	Blanco -75 mín, 87 típica
Fuerza de rotura: lbpie (kN)	ASTM D 751 Método de Agarre	225 81,09 mín 340 (1,5) típica
Límite Elástico a rotura de tela (%)	ASTM D 751	25 típica
Fuerza de Desgarro: lbpie (N) Muestra de 8x8 Pulgadas	ASTM D 751 Método de desgarro en tiras B	55 (245) mín 130 (578) típica
Punto de Rotura: °F (°C)	ASTM D 2137	- 40 (- 40) máx - 50 (46) típica
Cambio Lineal Dimensional (contracción) : %	ASTM D 1204	--
Resistencia al Ozono: 100 pphm *, 168 hs	ASTM D 1149	Sin rajaduras
Resistencia a Absorción de Agua Resistencia a Absorción de Agua Cambio de masa: %	ASTM D 471	--
Resistencia a crecimiento microbiano en superficie: Clasificación (1 es muy pobre, 10 es sin crecimiento)	ASTM D 3274 2 años Sur de Florida (Estados Unidos)	--
Fuerza de junta en extensión : lbpie/ pulgada (kN/m)	ASTM D 1876	40 (7,0) mín 60 (10,5) típica
Hermanen de vapor de agua : Perms	ASTM E 96	0,10 máx 0,05 típica
Resistencia al Punzonado: lbpie (N)	FTM 101 C Método 2031	250 (1110) mín 300 (1339) típica 350 (1560) típica 0,060
Resistencia a interperie ² , Arco de Xenón, 5040 kJ/m ² de Exposición total de Irradiación, Condición visual a 10X	ASTM G 26 0,70 W/M ² 80° temperatu- ra de panel negro	--

Las condiciones de envejecimiento son 28 días a 240 °F (116 °C) equivalente a 400 días a 176°F (80°C) para fuerza de rotura límite elástico, fuerza de tracción, cambio lineal dimensional, resistencia a ozono y punzónado.

² Aproximadamente equivale a 8000hs. De exposición a 158°F (70°C) de temperatura de panel negro.

* pphm: partes por cien millones.



Características técnicas de Membrana de EPDM

EPDM		
Propiedades Físicas	Método de prueba	ASTM SPEC.(Pass)
Tolerancia en espesor Nominal	ASTM D 412	± 10
Resistencia a la tensión destrucción, psi (MPa)	ASTM D 412	1305 (9)
Máxima Elongación, min, %	ASTM D 412	300
Resistencia a las gotas, destrucción, ibf/in (kN/m)	ASTM D 624 (troquel C)	150 (26.3)
Resistencia de fábrica a las fisuras, destrucción	Modificación ASTM 816	Rotura Membrana
Resistencia al envejecimiento por calor* Propiedades a las 4 semanas @ 116 ° C (240° F) Resistencia a la tensión, destrucción, psi (MPa) Máxima Elongación, destrucción, % Resistencia a la permeabilidad, dest, ibf/in (kN/m) Cambio de dirección lineal máxima %	ASTM D 573 ASTM D 412 ASTM D 412 ASTM D 624 ASTM D1204	8.3 (1205) 200 21.9 (125) ± 1.0
Resistencia al Ozono * Condición de exposición después de 100 pphm Aire con Ozono por 168 horas @ 40° C (104 ° F) Muestra tensada al 50%	ASTM D1149	No fisurado
Fragilidad / Temperatura, máxima, en grados C° (F°)	ASTM D 746	- 45 (- 49)
Resistencia a la absorción de agua * Luego de 7 días inmerso @ 70° C (158 ° F) Cambio de Masa, máximo, %	ASTM D 471	2.0
Permanencia de vapor de agua Máxima permanencia	ASTM E 96 (Proc. B o BW)	1,0
Resistencia a la intemperie (UV) * Ceno _ Arco, 7560 Kj/ m2 exposición total a radiación a 70W/m5 irradiado, 80° C (176° F) en panel negro de temperatura	ASTM G 155	No figurado Sin grietas



Referencias Bibliográficas

- ✦ ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PARA LA INSTALACIÓN DE CUBIERTAS VEGETALES – EMPRESA TECPRO. [Versión Julio 2010]
- ✦ FICHAS TÉCNICAS DE PRODUCTOS TREMCO. [Versiones 2010]
- ✦ FICHAS TÉCNICAS DE PRODUCTOS ASFHALCHILE-CARLISLE. [Versiones 2010]
- ✦ GREEN ROOF DESIGN 101 INTRODUCTORY COURSE - Participant's Manual Presented by Green Roof for Healthy Cities. [Second Edition]
- ✦ INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION, IGRA (2010) International Green Roof Association. <http://www.igra-world.com> [Acceso 22 de Julio del 2010]
- ✦ REVISTA BIT 71- SCANNER TECNOLÓGICO: Membranas impermeabilizantes, protegiendo superficies de Paula Chapple [Marzo 2010]
- ✦ SISTEMA DE BIOTECHO – HABITAT SUTENTABLE [Versión 2010]