



Guía de **TECHOS VERDES** en Bogotá



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.



SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE



Créditos

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE

Dr. Juan Antonio Nieto Escalante –Secretario

SUBDIRECCIÓN DE ECOURBANISMO Y GESTIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL

Arq. Juan Manuel Castañeda Vega

Contrato 1390/2011 Miguel Ángel Cárdenas, Andrés Ibáñez, Noviembre, 2011

Ing. Martha Patricia Molina León

Ing. Elizabeth Herrera Nariño

Elaboración de Fichas Material Vegetal: Lilian Rocío Bernal Guerra (SDA)
y Gustavo Morales (JB)



1. Introducción a la guía de techos verdes de Bogotá D.C.	5
1.1. Propósito	6
1.2. Antecedentes	7
1.3. Alcance y ámbito de aplicación	7
1.4. Referencias	8
1.4.1. Referencias regulatorias locales	8
1.4.2. Referencias técnicas internacionales	8
2. Definiciones	10
2.1. Definición de los sistemas de Techos Verdes	10
2.2. Componentes y elementos de un sistema de Techo Verde	10
2.2.1. Componentes de un sistema de Techo Verde	10
2.2.1.1. Componentes activos	10
2.2.1.1.1. Cobertura vegetal	10
2.2.1.1.2. Medio de Crecimiento	11
2.2.1.2. Componentes estables	11
2.2.1.3. Elementos auxiliares	12
2.3. Beneficios de los techos verdes para Bogotá D.C.	12
2.3.1. Principales beneficios ambientales que ofrecen los Techos Verdes	12
2.3.2. Principales beneficios económicos que ofrecen los Techos Verdes	12
2.3.3. Principales beneficios sociales que ofrecen los Techos Verdes	13
2.4. Tipos de sistemas de techos verdes de acuerdo a la tecnología empleada	13
2.4.1. Sistemas tipo multicapa monolíticos	13
2.4.2. Sistemas tipo multicapa elevados	13
2.4.3. Sistemas tipo receptáculo	13
2.4.4. Sistemas tipo monocapa	14
2.4.5. Sistemas aeropónicos	14
2.5. Clasificación general de las techos verdes en Bogotá D.C.	14
2.5.1. Clasificación primaria	15
2.5.1.1. Techos Verdes autorregulados	15
2.5.1.2. Techos Verdes ajardinados	15
2.5.1.1. Techos Verdes ecológicos especializados.	16
2.5.1.2. Techos huerta	16
2.5.2. Clasificación secundaria	16



2.5.2.1.	Techos Verdes livianos.	16
2.5.2.2.	Techos Verdes moderados	17
2.5.2.3.	Techos Verdes robustos	17

3. Requerimientos Técnicos **21**

3.1. Requerimientos mínimos **21**

3.1.1. Requerimientos mínimos de operatividad del sistema de techos verdes **21**

3.1.1.1.	Función 1. Estanqueidad	22
3.1.1.2.	Función 2. Drenaje	23
3.1.1.3.	Función 3. Retención de agua	25
3.1.1.4.	Función 4. Consistencia	26
3.1.1.5.	Función 5. Nutrición	27
3.1.1.6.	Función 6. Filtración	29

3.1.2. Características mínimas de desempeño requeridas con relación al techo verde implementado **30**

3.1.2.1.	Economía y eficiencia	30
3.1.2.1.	Durabilidad	31
3.1.2.2.	Estabilidad	32
3.1.2.3.	Vitalidad	34
3.1.2.4.	Continuidad operativa	35

3.1.3. Requerimientos mínimos relacionados con el inmueble a intervenir **37**

3.1.3.1.	Integridad del inmueble	37
3.1.3.2.	Compatibilidad funcional con el inmueble	38

3.1.4. Requerimientos mínimos relacionados con los componentes de la estructura ecológica principal de la cual hace parte el inmueble intervenido **39**

3.1.4.1.	Conectividad ecológica	39
3.1.4.2.	Servicios ambientales prioritarios	40

4. Prestaciones recomendadas **42**

4.1. Prestaciones especiales **42**

4.1.1.	Ligereza	42
4.1.2.	Autorregulación y bajo mantenimiento	42
4.1.3.	Aislamiento térmico especial	43
4.1.4.	Aislamiento acústico especial	44

4.2. Prestaciones avanzadas **44**

4.2.1.	Evapotranspiración	44
4.2.2.	Reducción del volumen de escorrentía	44
4.2.3.	Reducción del caudal de descarga	44
4.2.4.	Captura de CO ₂ y otros gases contaminantes	44
4.2.5.	Emisión de oxígeno	44
4.2.6.	Restauración ecológica	44



5. Fases del ciclo de vida de un sistema de techos verdes	45
5.1. Planeación de un Techo Verde	45
Esta fase comprende los estudios y diseños necesarios para selección el tipo adecuado de sistema de Techo Verde a implementar y garantizar los requerimientos mínimos de la presente guía.	45
a) Requerimientos de diseño relacionado con edificaciones nuevas y existentes:	46
b) Requerimientos de diseño relacionados con la cobertura vegetal.	47
5.2. Preparación para la implementación de un techo verde	47
5.3. Implementación de un techo verde	47
5.4. Seguimiento de un techo verde recién implementado	51
5.5. Mantenimiento de un techo verde	51
5.6. Desmonte de un techo verde	52



I. Introducción a la guía de techos verdes de Bogotá D.C.

La Secretaría Distrital de Ambiente busca promover y regular la implementación de Techos Verdes¹ en Bogotá D.C. como una estrategia efectiva y sostenible para mejorar la calidad ambiental afectada por el proceso de urbanización, haciendo uso de huella construida de la ciudad. La presente guía establece los requisitos y recomendaciones técnicas para garantizar la calidad y el buen funcionamiento de este tipo de techos en el Distrito Capital. Para ello, se han contemplado los desarrollos más avanzados en tecnologías y estándares de infraestructura vegetalizada a nivel mundial. No obstante, las presentes disposiciones fueron concebidas para atender las condiciones económicas, ambientales y sociales de Bogotá D.C., para lo cual se incorporaron aspectos característicos propios.

Principales aspectos característicos propios de la Guía de Techos Verdes de Bogotá D.C.

- Independientemente del tipo o tipos de sistemas de Techos Verdes a implementar en Bogotá, la guía establece disposiciones relacionadas con las funciones, características y prestaciones técnicas requeridas para garantizar la operatividad funcional óptima de los Techos Verdes en el Distrito Capital. De manera que no se centra en las capas o componentes como la mayoría de las principales guías a nivel mundial.

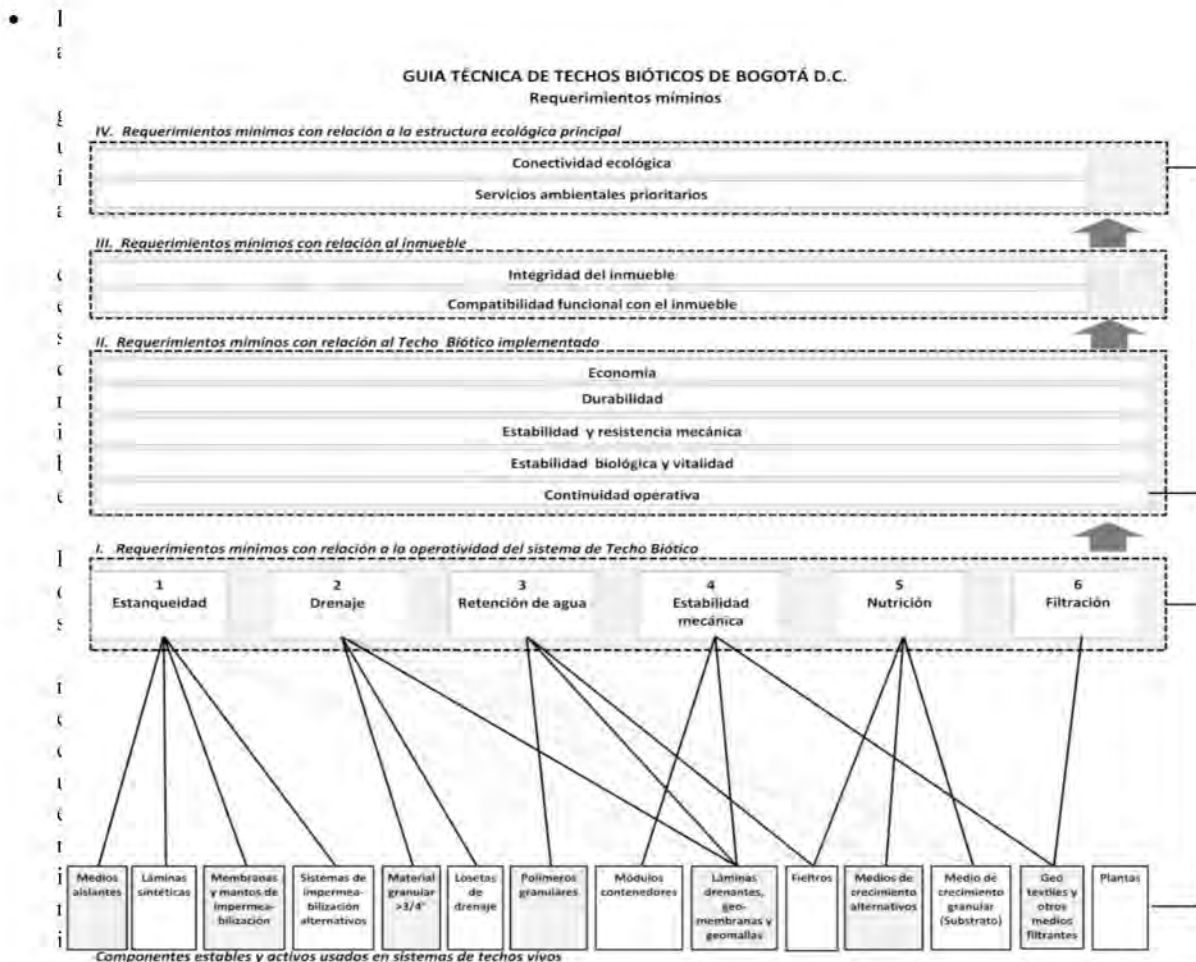
Los contenidos fundamentalmente basados en las funciones del techo y no en sus capas, son el enfoque incluyente adoptado, con el fin de promover la diversidad de tecnologías actuales, no excluir avances tecnológicos futuros, e incentivar el desarrollo de tecnologías y adaptaciones locales, siempre cuando cumplan con las disposiciones técnicas establecidas.

- La guía tiene un doble propósito: Divulgar los conocimientos técnicos generales referentes al funcionamiento óptimo de los sistemas de Techos Verdes, y presentar los requisitos técnicos de obligatorio cumplimiento, establecidos por el distrito para garantizar la calidad de la práctica en la ciudad. Por lo tanto en los contenidos de la guía se tratan:
 - a. Los requisitos mínimos obligatorios para todos los casos de Techos Verdes en Bogotá en relación con sus funciones básicas, aplicables estos en todos los casos y de cabal cumplimiento independientemente de la tecnología o el tipo de sistema empleados.
 - b. Las recomendaciones técnicas sugeridas para el cumplimiento de las funciones, teniendo en cuenta las tecnologías más ampliamente difundidas y que son consideradas como prácticas normalizadas en la mayoría de estándares, códigos y manuales a nivel mundial.
- La guía establece requerimientos en 4 escalas de aplicación de los Techos Verdes en relación con:
 1. El funcionamiento de un sistema de Techo Verde, cualquiera que sea su tecnología (Sección típica de Techo Verde).
 2. La adaptación específica del tipo de sistema de Techo Verde a un inmueble específico, y su compatibilidad funcional mutua (Totalidad del Techo Intervenido).

¹ En el título y la introducción de la presente guía se emplea el término "Techos Verdes" en alusión al término en inglés más difundido a nivel mundial "Green Roof" y en referencia al acuerdo 418 de 2009 "Por el cual se promueve la implementación de tecnologías arquitectónicas sustentables, como techos o terrazas verdes, entre otras en el D. C. y se dictan otras disposiciones". No obstante, en la mayor parte de la guía se ha empleado el término "Techos Verdes" como quiera que sea la denotación técnica correcta para este tipo de tecnología constructiva que integra elementos inertes y vivos, y que más acertadamente define su funcionamiento. Ver parágrafo 2.1



3. La Integridad estructural y funcional del inmueble intervenido. (Totalidad del inmueble intervenido).
4. La Estructura Ecológica Principal señalada por el Plan de Ordenamiento Territorial y de la cual el Techo Verde forma parte. (Entorno ecológico y ambiental del inmueble intervenido).



Andrés Ibáñez G., 2011

tos técnicos para las 5 etapas del ciclo de vida útil de los Techos Verdes: 1) Estudios y diseños, 2) preparación, 3) instalación, 4) mantenimiento y 5) desmonte; teniendo como referencia las prácticas normalizadas más difundidas a nivel mundial.

- La guía identifica las prestaciones especiales y las prácticas avanzadas relacionadas con los Techos Verdes, que en general no son tenidas en cuenta en los estándares o guías, pero cuya difusión y desarrollo son particularmente importantes dados los beneficios extraordinarios derivados de un alto desempeño técnico.

1.1. Propósito

Establecer los requerimientos técnicos mínimos y prácticas recomendadas para la correcta aplicación de tecnologías de Techos Verdes e implementación de este tipo de cubiertas en la ciudad de Bogotá D.C.

Determinar la terminología, principios fundamentales, clasificaciones y conceptos de sostenibilidad relacionados con la tecnología de vegetalización de techos aplicable a la ciudad de Bogotá D.C.

1.2. Antecedentes

Los siguientes avances realizados en Colombia a la fecha en desarrollo e implementación de tecnologías de infraestructura vegetada hacen pertinente y necesaria la regulación de esta práctica a través de la presente guía.

- Avances en investigación: Investigación experimental a nivel de postgrado pionera en evaluar la tecnología de Techos Verdes en la ciudad y determinar parámetros técnicos para su aplicabilidad, Universidad Nacional de Colombia; desde 2006 hasta 2009.
- Avances en aplicación: Instalación de varios de los primeros proyectos de Techos Verdes en la ciudad; desde 2008 hasta la fecha.
- Avances en el mercado: Acelerado surgimiento de empresas locales y extranjeras que ofrecen diseño, instalación y mantenimiento de Techos Verdes en Bogotá y el resto del país; desde 2009 hasta la fecha.
- Avances en difusión. Difusión del tema de Techos Verdes en numerosos medios de comunicación, incluyendo periódicos de circulación masiva, televisión, revistas, catálogos comerciales, programas de radio y sitios web; desde 2009 hasta la fecha.
- Avances en legislación. Acuerdo de Ley 418 de 2009 en el cual se dictamina 1) La inclusión de la Guía de Techos Verdes para Bogotá en el futuro Estándar Único de Construcción sostenible de la ciudad, 2) la incorporación de Techos Verdes en edificios públicos de la ciudad, 3) La creación de una base de proyectos locales de Techos Verdes, 4) la integración del Jardín Botánico y la Secretaría Distrital de Ambiente como entidades asesoras; 2009.
- Avances en participación internacional. Inclusión de Colombia en la Red Mundial de Infraestructura Vegetalizada (Tercer país de Latinoamérica en ser incluido después de México y Brasil); 2010. Participación de Colombia como miembro fundador y miembro de la junta directiva de la Asociación Latinoamericana de Infraestructura Vegetada; 2010. Participación de Colombia en los últimos congresos internacionales de Infraestructura Vegetada; 2010 y el presente año.
- Avances en agremiación. Creación de la Red Colombiana de Infraestructura Vegetada, RECIVE, 2011.

1.3. Alcance y ámbito de aplicación

La Guía Técnica de Techos Verdes de Bogotá D.C. deberá aplicarse en todos los casos de diseño, planeación, implementación, mantenimiento o desmonte de un Techo Verde en el Distrito, y está dirigida por profesionales, expertos, consultores, contratistas, subcontratistas, técnicos y empresas cuyo objeto social y conocimiento tenga que ver con:

- 1) Diseño, planeamiento, construcción o mantenimiento de edificios y obras de infraestructura, principalmente diferentes especialidades de la arquitectura y la ingeniería civil.
- 2) Áreas relacionadas con los aspectos biológicos o ecológicos de las especies vegetales, tales como paisajismo, horticultura, agronomía, biología y ecología.

Esta guía trata los aspectos técnicos de los Techos Verdes que contribuyen al desarrollo sostenible. Sin embargo, no se señalan estos aspectos de sostenibilidad en relación con la totalidad del inmueble y su implantación en un sitio determinado. Para ello han de seguirse las disposiciones del Estándar Único de Construcción Sostenible de Bogotá D.C.

Antes de su aplicación a nivel comercial en Bogotá D.C., los sistemas de Techos Verdes deben someterse a pruebas de laboratorio y pruebas en las condiciones medioambientales de la ciudad.

Puesto que no es su propósito, esta guía no señala todas las prácticas de seguridad, salud ocupacional e impacto ambiental que deben seguirse a lo largo del ciclo completo de planeación, implementación, uso y mantenimiento de los Techos Verdes. Es responsabilidad del usuario identificar los riesgos respectivos en cada caso, implementar los planes correspondientes, garantizar el cumplimiento de las medidas colectivas y personales de protección, y cumplir con la totalidad de las disposiciones y regulaciones aplicables, que en la mayoría de los casos comprenden trabajos en altura.

Se hará una actualización de la presente guía cada dos años.

Los proyectos que cumplan con las disposiciones de la presente guía, podrán ser incluidos en el inventario oficial de Techos Verdes de Bogotá D.C. para aplicar a futuras certificaciones y reconocimientos.

1.4. Referencias

1.4.1. Referencias regulatorias locales

El cumplimiento de las disposiciones de la presente guía por parte del usuario implica también el debido acatamiento de las siguientes regulaciones aplicables en el distrito:

- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2000). Plan de Ordenamiento Territorial- POT, Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. **Decreto Distrital 619 de 2000, Decreto Distrital 1110 de 2000, Decreto Distrital 469 de 2003, Decreto Distrital 190 de 2004 y decretos relacionados.**
- Comisión asesora permanente para el Regimen de Construcciones Sismo Resistentes (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. **Decreto 926 del 19 de marzo de 2010.**
- Consejo de Bogotá D.C. (1995). Código de Construcción del Distrito Capital de Bogotá y Estándar Único de Construcción Sostenible. Consejo de Bogotá D.C. **Acuerdo 20 de 1995, Decreto Distrital 74 de 2001, Decreto Distrital 193 de 2006, Acuerdo 323 de 2008, y decretos relacionados.**

1.4.2. Referencias técnicas internacionales

A continuación se relacionan algunas de las referencias técnicas especializadas más importantes a nivel mundial, las cuales fueron tenidas en cuenta para la elaboración de la presente guía y complementan algunos de sus contenidos. Los usuarios de la presente guía son responsables del cumplimiento prioritario de las regulaciones locales sobre las referencias internacionales, de la interpretación y aplicación de los contenidos de estas últimas en el contexto de Bogotá, así como de los trámites y permisos ante las instituciones respectivas para tener acceso los contenidos.

- American National Standards Institute, Single Ply Roofing Industry, et al. (2010). Wind Design Standard for Vegetative Roofing Systems. ANSI/SPRI RP-14. Waltham, MA, Single Ply Roofing Industry: 36.
- ASTM International (2005). Standard Practice for Determination of Dead Loads and Live Loads associated with Green Roof Systems. West Conshohocken, PA, ASTM International. **E2397-05: 4.**
- ASTM International (2005). Standard Test Method for Maximum Media Density for Dead Load Analysis of Green Roof Systems. West Conshohocken, PA, ASTM International. **E2399-05: 4.**
- ASTM International (2005). Standard Test Method for Saturated Water Permeability of Granular Drainage Media [Falling-Head Method] for Green Roof Systems. West Conshohocken, PA, ASTM International. **E2396-05: 3.**
- ASTM International (2005). Standard Test Method for Water Capture and Media Retention of Geocomposite Drain Layers for Green Roof Systems. West Conshohocken, PA, ASTM International. **E2398-05: 3.**
- ASTM International (2006). Standard Guide for Selection, Installation, and Maintenance of Plants for Green Roof Systems. West Conshohocken, PA, ASTM International. **E2400-06: 4.**



- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (2002). Guideline for the Planning, Execution and Upkeep of Green-Roof Sites. Bonn, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau: 95.
- Green Roof Organization (2011). The GRO Green Roof Code. Green Roof Code of Best Practice for the UK 2011. Sheffield, UK, Groundwork Sheffield: 26.
- Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal (2008). Norma ambiental para el Distrito Federal NADF-013-RNAT-2007, que establece las especificaciones técnicas para la instalación de sistemas de naturación en el Distrito Federal. NADF-013-RNAT-2007. Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal. Mexico D.F., GACETA OFICIAL DEL DISTRITO FEDERAL: 12-36.
- Toronto City Council (2009). Green Roof Bylaw 583-2009. Green Roof Construction Standard. 583-2009. T. C. Council. Toronto, Toronto City Council: 1-17.



2. Definiciones

2.1. Definición de los sistemas de Techos Verdes

En la presente guía se emplea el término “*Techos Verdes*” en alusión al término comercial, en inglés, más difundido a nivel mundial “*Green Roof*” y en referencia al Acuerdo Distrital 418 de 2009 “Por el cual se promueve la implementación de tecnologías arquitectónicas sustentables, como techos o terrazas verdes, entre otras en el D.C. y se dictan otras disposiciones”. No obstante se recomienda el uso del término “*Techos Bióticos*” como denotación adecuada para el tipo de tecnología constructiva objeto de la guía y que más acertadamente define su funcionamiento basado en la integración de hábitat natural y material vivo sobre los techos de los inmuebles, y que no solamente se refiere a la característica cosmética del color del techo. Se opta, sin embargo, por el uso del término “*Techos Verdes*” en el presente documento para facilidad de manejo y dada la familiaridad con el término más conocido proveniente del idioma inglés. Otros nombres que se le ha dado a esta tecnología en idioma castellano son “*Terrazas Naturadas*” o “*Vegetadas*” en México y España.

Un Techo Verde es un sistema constructivo que permite mantener de manera sostenible un paisaje vegetal sobre la cubierta de un inmueble mediante una adecuada integración entre 1) El inmueble intervenido, 2) la vegetación escogida, 3) el medio de crecimiento diseñado, y 4) los factores climáticos y ambientales. Para lograr esta integración, el sistema debe desempeñar 6 funciones básicas: 1) Estanqueidad, 2) Drenaje, 3) Capacidad de retención de agua, 4) Estabilidad mecánica, 5) Nutrición y 6) Filtración.

Se considera como techo cualquier superficie de infraestructura horizontal o inclinada con componente horizontal que cubra un espacio. Esta definición incluye terrazas, azoteas, cubiertas planas, cubiertas inclinadas, placas en espacios interiores, semi-interiores, exteriores o entrepisos de sótanos.

2.2. Componentes y elementos de un sistema de Techos Verdes

Todo sistema de Techos Verdes está compuesto por tres tipos de componentes, independientemente de la tecnología empleada: 1) Componentes activos, 2) componentes estables y 3) elementos auxiliares. El éxito de un Techo Verde depende de una correcta interacción entre estos componentes y una adecuada adaptación de los mismos al inmueble a intervenir.

2.2.1. Componentes de un sistema de Techos Verdes

2.2.1.1. Componentes activos

Son los componentes de Techo Verde que presentan a constantes cambios físicoquímicos para cumplir sus funciones durante la vida útil del sistema. Los componentes activos son elementos biológicos o elementos que soportan la vida en el sistema: *Cobertura vegetal y medio de crecimiento*. La sostenibilidad de los componentes activos depende de la capacidad de los mismos para adaptarse con éxito a las condiciones medioambientales y a las interacciones físicoquímicas que tiene lugar entre ellos.

2.2.1.1.1. Cobertura vegetal



La cobertura vegetal es el componente más activo del Techo Verde, y está compuesto por el conjunto de especies vegetales que conforma la capa superior del sistema. El objetivo principal de todo Techo Verde es propiciar las condiciones necesarias para mantener esta cobertura viva y sana durante el ciclo de vida útil del techo. Dadas las diversas condiciones climáticas y químicas a las que están sujetas las plantas en el Techo, una selección adecuada de componentes activos debe propiciar las condiciones para que la cobertura vegetal pueda adaptarse sosteniblemente a dichos cambios medioambientales.

Hay tres factores determinantes para seleccionar correctamente las especies vegetales de un Techo Verde: El tipo de Techo Verde y su propósito principal, las condiciones climáticas, y la biota local que hace parte de la estructura ecológica del lugar donde se localiza el inmueble a intervenir. En el numeral 2.5 se precisan las características que debe tener la cobertura vegetal dependiendo del tipo de Techo Verde. Estos factores deben estudiarse cuidadosamente para cada caso durante la etapa de planeación para cumplir con los requisitos de la presente guía.

2.2.1.1.2. Medio de crecimiento

El medio de crecimiento es el componente artificial del Techo Verde equivalente al suelo en condiciones naturales. Por lo tanto este componente activo debe emular las características fundamentales del suelo natural para satisfacer las necesidades básicas de las plantas seleccionadas, pero también debe tener propiedades diferentes que son necesarias en un techo: Principalmente ligereza y capacidad de drenaje adicional para garantizar flujo y evacuación efectiva del agua lluvia. Para lograr estas propiedades se deben seleccionar cuidadosamente los materiales que lo componen.

El medio de crecimiento es el componente más crítico para garantizar el éxito de un Techo Verde, ya que tiene una incidencia directa en la vitalidad o el deceso de la vegetación y usualmente es el componente que más peso aporta al sistema. El medio de crecimiento debe proporcionar anclaje físico, agua y nutrientes a la vegetación. Puede consistir en un sustrato granular de partículas cuyas propiedades se asemejan a las del suelo natural, un compuesto tejido de fibras o una lámina sintética conformada por felpa. En cualquier caso, el volumen de vacíos del medio de crecimiento deberá ser significativo para permitir la aireación de las raíces, y el paso del agua. Al mismo tiempo debe ser permeable para permitir la reserva de nutrientes y agua, y poner estos elementos a disposición de las raíces. De no contener los nutrientes necesarios para el desarrollo sostenible de la vegetación, estos deberán incorporarse de manera artificial de acuerdo a las necesidades de las especies seleccionadas. Adicionalmente el medio de crecimiento debe mantener los niveles de acidez y conductividad eléctrica óptimos para permitir la toma de nutrientes y demás procesos biológicos de las plantas. Aun cuando el medio de crecimiento esté sometido a constantes cambios inevitables en sus propiedades físico-químicas, éstos deberán mantenerse dentro de los rangos dispuestos en el numeral 3.1 a lo largo de la vida útil del Techo Verde.

La composición y características ideales de medio de crecimiento dependen de factores específicos para cada caso: Los requerimientos de la vegetación seleccionada, el propósito principal del Techo Verde, el grado de mantenimiento esperado, la capacidad estructural, los materiales disponibles y las circunstancias técnicas específicas del inmueble. Se debe tener especial cuidado con las mezclas genéricas y los suelos naturales, dado que en ambos casos varios de los factores anteriormente mencionados pueden quedar desatendidos y llevar a fallas funcionales del Techo Verde o al deceso de la vegetación.

2.2.1.2. Componentes estables



Son los componentes inertes del Techo Verde que deben mantener estabilidad química y física para cumplir sus funciones durante toda la vida útil del sistema. Los componentes estables son aquellos elementos fabricados que cumplen determinadas funciones en el sistema: *Membranas de impermeabilización, barreras anti-raíces, barreras filtrantes, losetas, medios de drenaje, elementos del sistema de irrigación* etc. La durabilidad de los componentes estables depende de la capacidad de los mismos para resistir con éxito a las condiciones ambientales, la humedad y los agentes orgánicos tales como microorganismos y hongos.

Para cada componente estable se debe conocer la función o funciones que desempeña, las propiedades necesarias para lograr dicha función y la forma como interactúa con otros componentes.

2.2.1.3. Elementos auxiliares

Son los elementos inertes estables que cumplen funciones específicas para adaptar correctamente una sección típica de sistema de Techo Verde a la estructura de un determinado inmueble, tales como: Separación, confinamiento, protección, evacuación de agua, confinamiento, tránsito, riego, iluminación, etc.

Para cada elemento auxiliar se debe conocer la función o funciones que desempeña, las propiedades necesarias para lograr dicha función y la forma como interactúa con otros componentes.

2.3. Beneficios de los Techos Verdes para Bogotá D.C.

2.3.1. Principales beneficios ambientales que ofrecen los Techos Verdes

- *Manejo sostenible del agua lluvia.* Reducción del volumen de escorrentía y atenuación del caudal.
- *Mitigación del efecto de isla de calor y reconstitución del equilibrio climático.* Refrigeración del espacio mediante el proceso de evapotranspiración de la vegetación y evaporación del agua retenida en otras capas del sistema.
- *Reconstitución del paisaje natural.* Aumento de zonas verdes.
- *Fomento de la biodiversidad.* Creación de hábitat natural para especies vegetales y animales.
- *Mejoramiento de la calidad del aire.* Captura de CO₂, partículas en suspensión y otros compuestos contaminantes y emisión de oxígeno.

2.3.2. Principales beneficios económicos que ofrecen los Techos Verdes

- *Aumento de la durabilidad de la cubierta y de la capa de impermeabilización.* La cobertura vegetal y el medio de crecimiento de la cubierta verde protegen la capa de impermeabilización y la estructura horizontal de entrepiso de los dos principales factores de deterioro: La radiación solar y las fluctuaciones térmicas. Al aumentarse la vida útil de estos componentes del edificio se logra un ahorro significativo a largo plazo en gastos de reparación o reemplazo de los mismos.
- *Incremento del valor comercial del edificio.* La cubierta verde aporta valor agregado a los atributos estéticos y funcionales del edificio.
- *Reducción del consumo energético y costos de operación:* El aislamiento térmico del sistema de cubierta verde puede mejorar el desempeño térmico de los espacios interiores, reduciendo el consumo energético de los sistemas artificiales de climatización, e incrementando las condiciones de confort.



- *Prestaciones técnicas adicionales.* Las cubiertas verdes proporcionan aislamiento acústico, son un medio captador y filtrador de agua lluvia y aumentan la eficiencia de sistemas fotovoltaicos.
- *Productividad.* Las cubiertas verdes tipo huerta están en capacidad de producir alimentos y productos agrícolas para el autoconsumo o la venta.
- *Posibles beneficios tributarios y otros incentivos públicos.* Futuros descuentos tributarios por control ambiental y manejo sostenible el agua lluvia.

2.3.3. Principales beneficios sociales que ofrecen los Techos Verdes

- Aislamiento acústico y absorción de ruido.
- Aumento del espacio utilizable y de recreación.
- Beneficios para la salud física y mental.
- Alivio visual.
- Participación.
- Educación ambiental.

2.4. Tipos de sistemas de Techos Verdes de acuerdo a la tecnología empleada

Actualmente existe un amplio espectro de tecnologías de vegetalización de cubiertas y numerosos sistemas que se encuentran en desarrollo y estudio. A continuación se identifican los tipos de sistemas de Techos Verdes de acuerdo a la tecnología empleada.

2.4.1. Sistemas tipo multicapa monolíticos

Esta tecnología es la más difundida a nivel mundial. Consiste en apoyar directamente sobre el techo impermeabilizado varias capas de componentes especializados que tienen continuidad horizontal, lo cual da como resultado un sistema que actúa monolíticamente como una unidad sobre la totalidad del área del techo o sobre una determinada área.

2.4.2. Sistemas tipo multicapa elevados

En este caso las capas especializadas se apoyan sobre pedestales que elevan el sistema del techo impermeabilizado, creando un intersticio horizontal continuo en el intermedio.

2.4.3. Sistemas tipo receptáculo

Son sistemas que consisten en apoyar sobre el techo impermeabilizado recipientes individuales que alojan el medio de crecimiento y la vegetación, y pueden lograr las funciones básicas del sistema de manera independiente y en conjunto. Estos recipientes son elementos especializados para cumplir las funciones de un Techo Verde y pueden tener forma de bandejas, materas, sacos o cajones.



2.4.4. Sistemas tipo monocapa

Son tapetes presembrados que incorporan en una sola capa los diferentes componentes estables y activos, y se deben fijar al techo impermeabilizado.

2.4.5. Sistemas aeropónicos

A diferencia de los tipos anteriores en los cuales por lo general el medio de crecimiento hace las veces de medio de nutrición y medio de soporte, en el tipo aeropónico, en ausencia de sustrato o medio sólido de crecimiento, se requiere de un mecanismo de soporte para la vegetación. En este caso, la nutrición se realiza por medio de irrigación directa en forma de líquido o vapor a las raíces expuestas de las plantas.

Cada tecnología presenta ventajas y desventajas específicas. Es responsabilidad del usuario, determinar cuál tipo de sistema es el idóneo para cada inmueble y localización en particular, o realizar los ajustes necesarios al sistema, de tal manera que mejor se garanticen los requisitos dispuestos en la presente guía.

2.5. Clasificación general de los Techos Verdes en Bogotá D.C.

Los Techos Verdes en Bogotá se clasifican de acuerdo a:

- 1) Su propósito principal y grado de seguimiento pos instalación requerido.
- 2) El grado de robustez del sistema empleado en función del porte y los requerimientos de la vegetación empleada y del peso del sistema en estado saturado.

Las funciones básicas deben garantizarse en todas las implementaciones de Techos Verdes en el Distrito Capital, por lo cual no tienen incidencia en la clasificación general.

Clasificación primaria: Propósito y uso del Techo Verde

1. Techo Verde autorregulado
2. Techo Verde ajardinado
3. Techo Verde ecológico especializado
4. Techo Verde huerta

Clasificación secundaria: Robustez del sistema de Techo Verde en función del porte y requerimientos de la vegetación empleada

1. Liviano
2. Moderado



3. Robusto

2.5.1. Clasificación primaria

2.5.1.1. Techo Verdes Autorregulados

El fin de un Techo Verde es propiciar las condiciones técnicas y fisiológicas óptimas para mantener la cobertura vegetal preestablecida sobre inmueble a intervenir. Un Techo Verde autorregulado tiene como propósito lograr este fin con el mínimo de materiales, inversión económica, y peso. Puesto que en este tipo de techo la transitabilidad no es el fin principal salvo para limpieza e inspección esporádica, el sistema empleado debe ser lo más liviano y económico posible e incorporar vegetación especializada adaptada a las condiciones ambientales del sitio, de tal forma que ésta pueda mantener su vitalidad sin necesidad de riego adicional al suministrado por el régimen de lluvias y con un seguimiento post instalación grado 1 mínimo (Numeral 5.1).

Características básicas: Autorregulación, autosostenibilidad, ligereza.

- Funciones básicas: Estanqueidad, drenaje efectivo, retención de agua, estabilidad, y nutrición.
- Prestaciones básicas: Disminución del volumen de escorrentía, atenuación del caudal de evacuación, aislamiento térmico y acústico.

Características de los componentes activos:

El espesor del medio de crecimiento oscila entre 20 y 120 mm. El espesor ideal debe ser definido principalmente en función de las necesidades de las raíces de las especies vegetales. Un Techo Verde autorregulado emplea especies vegetales de bajo porte con capacidad para sobrevivir en sustratos con bajo contenido orgánico. Altura máxima de la cobertura vegetal: 50 cm.

2.5.1.2. Techos Verdes ajardinados

El propósito principal de un Techo Verde ajardinado es crear un espacio paisajístico transitable para uso recreativo o de contemplación. Para ello se emplean especies vegetales con valor ornamental, sin restricciones de tamaño y que por lo general requieren, a diferencia de los Techos Verdes autorregulados mayor espesor de medio de crecimiento, riego y cuidado para poder mantenerse. Estos sistemas de usualmente se combinan con sistemas de pisos transitables, acabados en material granular, mobiliario y elementos singulares.

- Características básicas: Transitabilidad, accesibilidad, atributos paisajísticos.
- Funciones básicas: Estanqueidad, drenaje efectivo, retención de agua, estabilidad, y nutrición.
- Prestaciones básicas: Disminución del volumen de escorrentía, atenuación del caudal de evacuación, aislamiento térmico y acústico.

Características de los componentes activos:

Cuando el medio de crecimiento se trata de sustrato, el espesor oscila entre 120mm y 1500mm dependiendo de las especies vegetales empleadas. Un Techo Verde emplea especies herbáceas, pastos, arbustos y árboles por lo cual requiere seguimiento post instalación regular (grado 2) el cual consiste en poda e irrigación además de inspección, limpieza y deshierbe. No hay restricción en la altura de la vegetación, sin embargo la carga muerta total del Techo Verde no podrá sobrepasar los valores establecidos en el cálculo de estructural del inmueble.



2.5.1.1. Techos Verdes ecológicos especializados.

El propósito principal de un Techo Verde Ecológico Especializado es replicar y mantener sobre la cubierta un paisaje biotopo altamente especializado para conectarse con los elementos de la estructura ecológica principal y constituirse en hábitat para la fauna y flora local. Altura máxima de la vegetación: 200 cm. Peso máximo: 450 kg en estado saturado. El seguimiento post instalación especial que requiere consiste en acondicionamiento esporádico y monitoreo especial (Grado 3). La designación de Techo Verde Ecológico Especializado de un inmueble específico en Bogotá D.C. deberá estar abalada por el Jardín Botánico, la Secretaría Distrital de Ambiente o la Secretaría de Planeación Distrital.

2.5.1.2. Techos huerta

El propósito principal de un Techo huerta es la producción agrícola. Para este propósito se designan áreas de plantación y áreas de circulación que faciliten las actividades de siembra y recolección. Este tipo de cubiertas tiene mayores exigencias de estanqueidad y protección mecánica dada la mayor exposición al desgaste. Se deben emplear mecanismos de regulación ambiental (Barreras de viento, cortasoles, disipación de lluvia, etc.) y garantizar un sistema de riego de respaldo, con el fin de propiciar y mantener los parámetros ambientales requeridos para la siembra productiva. Preferiblemente se captura, trata y recicla el agua lluvia para el riego. Generalmente se incorporan estrategias de hidroponía y se realiza la siembra en contenedores, bandejas y otros elementos que facilitan la manipulación y proporcionan protección mecánica de la capa de impermeabilización. La designación de Techo Verde Huerta de un inmueble específico en Bogotá D.C. deberá estar abalada por el Jardín Botánico.

2.5.2. Clasificación secundaria

La clasificación secundaria hace referencia al grado de robustez o peso total del Techo Verde. Se debe tener en cuenta el peso total saturado y con la totalidad del agua que el sistema sin pasar por alto la inclusión de los mecanismos de hidroretención alveolares, y de aljibe, polímeros, etc.

2.5.2.1. Techos Verdes livianos

Son sistemas de Techos Verdes que cumplen la totalidad de los requisitos técnicos y el propósito de uso, empleando estrategias especiales para reducir significativamente el peso total en estado de saturación.

- *Techo Verde autorregulado liviano:* Carpeta vegetal especializada resistente a condiciones ambientales extremas con altura máxima de 20cm y peso total hasta 80 kg/m² en estado saturado.
- *Techo Verde ajardinado liviano:* Plantas ornamentales con altura máxima de 50cm y peso total hasta 150 kg/m² en estado saturado.
- *Techo Verde ecológico especial liviano:* Plantas endémicas con altura máxima de 50cm y peso total hasta 200 kg/m² en estado saturado.
- *Techo huerta liviano:* Cultivos con altura máxima de 50cm y peso total hasta 150 kg/m² en estado saturado.

2.5.2.2. Techos Verdes moderados

Corresponde a una robustez intermedia esperada con la utilización de componentes y técnicas convencionales.

- *Techo Verde autorregulado moderado:* Cobertura vegetal especializada resistente a condiciones ambientales extremas con altura máxima de 50cm y peso total de más de 80 kg/m² y hasta 120 kg/m² en estado saturado.
- *Techo Verde ajardinado moderado:* Plantas y arbustos ornamentales con altura máxima de 200cm y peso total de más de 150 kg/m² y hasta 250 kg/m² en estado saturado.
- *Techo Verde ecológico especial moderado:* Plantas endémicas con altura máxima de 150cm y con peso total de más de 200 kg/m² y hasta 300kg/m² en estado saturado.
- *Techo huerta moderado:* Cultivos con altura máxima de 100cm y peso total de más de 150 kg/m² y hasta 250 kg/m² en estado saturado.

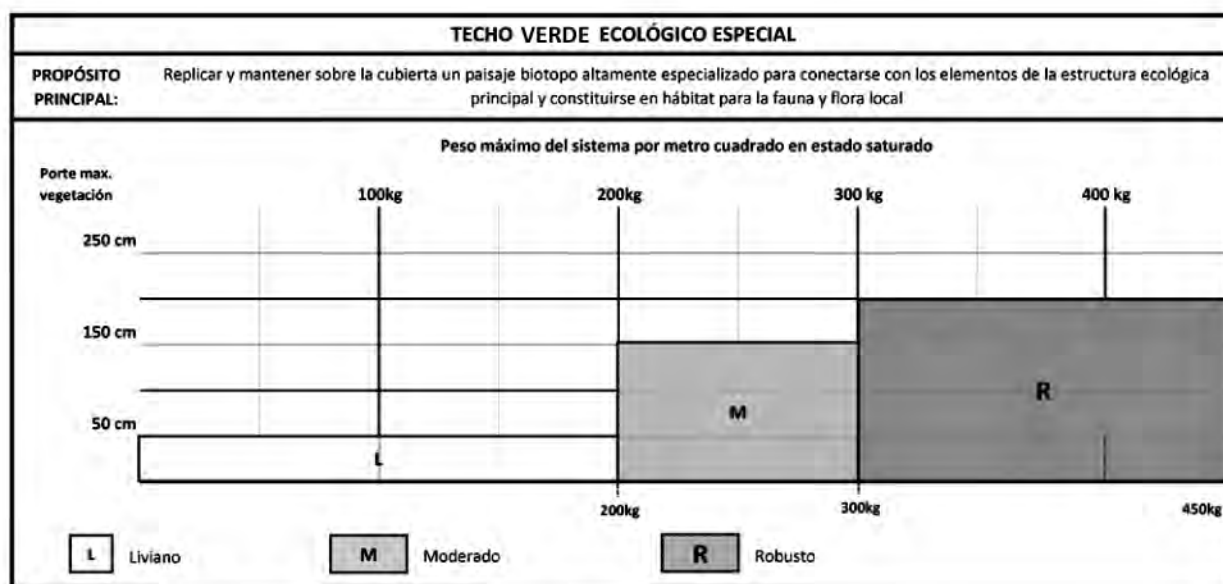
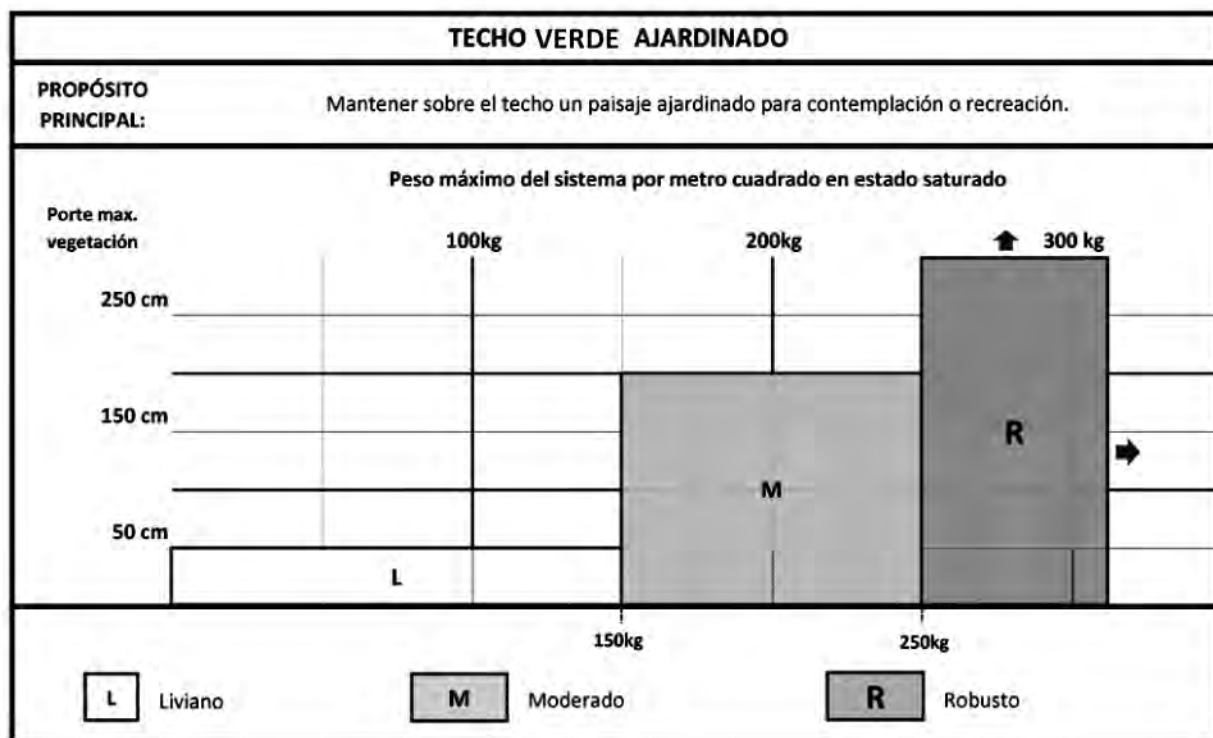
2.5.2.3. Techos Verdes robustos

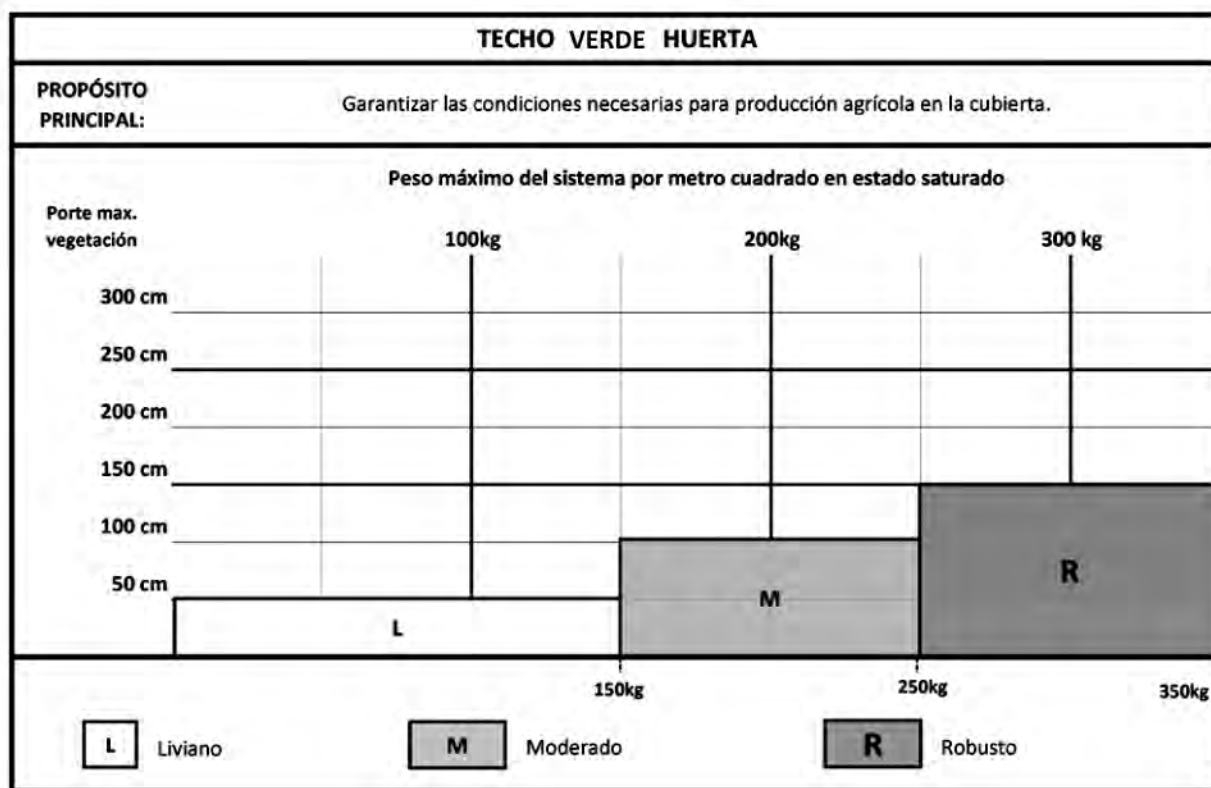
Son sistemas de Techos Verdes que presentan peso significativo mayor al de los moderados.

- *Techo Verde autorregulado robusto:* Carpeta vegetal especializada resistente a condiciones ambientales extremas con altura máxima de 50cm y peso total de más de 120 kg/m² y hasta 150 kg/m² en estado saturado.
- *Techo Verde Ajardinado Robusto:* Plantas y árboles ornamentales sin limitación de altura y sin restricción de peso.
- *Techo Verde ecológico especial robusto:* Plantas endémicas con altura máxima de 200cm y con peso total de más de 300 kg/m² y hasta 450kg/m² en estado saturado.
- *Techo Huerta robusto:* Cultivos con altura máxima de 150cm y peso total de más de 250 kg/m² y hasta 350 kg/m² en estado saturado.

VALORES DE CARGA MUERTA EN ESTADO DE SATURACIÓN DE ACUERDO A LA CLASIFICACION DEL TECHO VIVO			
CLASIFICACIÓN PRIMARIA	CLASIFICACIÓN SECUNDARIA		
	Liviano	Moderado	Robusto
Techo Biótico Ecológico	hasta 80 kg/m ²	más de 80 y hasta 120 Kg/m ²	más de 120 y hasta 150 Kg/m ²
Techo Biótico Ajardinado	hasta de 150 kg/m ²	más de 150 y hasta 200 Kg/m ²	más de 250 Kg/m ²
Techo Biótico Ecológico Especial	hasta de 200 kg/m ²	más de 200 y hasta 300 Kg/m ²	más de 300 y hasta 450 Kg/m ²
Techo Huerta	hasta de 150 kg/m ²	más de 150 y hasta 250 Kg/m ²	más de 250 y hasta 350 Kg/m ²

TECHO VERDE AUTOREGULADO						
PROPÓSITO PRINCIPAL:		Emplear el mínimo de materiales para que una carpeta vegetal especializada pueda regularse y mantenerse por sí misma sobre la cubierta.				
Peso máximo del sistema por metro cuadrado en estado saturado						
Porte max. vegetación		100kg		200kg		300 kg
300cm						
200cm						







	Características técnicas mínimas y recomendadas para implementación de Techos Bióticos en Bogotá D.C.	
Requisitos Mínimos de obligatorio cumplimiento	Operatividad del sistema de Techo Biótico	1 Estanqueidad 2 Drenaje 3 Retención de agua 4 Estabilidad mecánica 5 Nutrición 6 Filtración
	Techo Biótico Implementado	7 Economía 8 Durabilidad 9 Estabilidad y resistencia mecánica 10 Estabilidad biológica y vitalidad 11 Continuidad operativa
	Inmueble intervenido	12 Integridad del inmueble 13 Compatibilidad funcional con el inmueble
	Estructura ecológica principal	14 Conectividad ecológica 15 Servicios ambientales prioritarios
Prestaciones avanzadas recomendadas	Prestaciones avanzadas de los sistemas de Techos Bióticos	1 Ligereza 2 Autoregulación y bajo mantenimiento 3 Aislamiento térmico 4 Aislamiento acústico
Prestaciones especiales para posibles futuros incentivos	Prestaciones Especiales de los sistemas de Techos Bióticos	1 Índice de evapotranspiración 2 Reducción de volumen de escorrentía 3 Reducción del caudal de descarga 4 Captura de CO2 y otros gases contaminantes 5 Emisión de oxígeno 6 Restauración ecológica



3. Requerimientos técnicos

3.1. Requerimientos mínimos

3.1.1. Requerimientos mínimos de operatividad del sistema de techos verdes

Para cada función o característica requerida se establecen las siguientes secciones:

a. Propósito

Describe el desempeño que debe lograr la cubierta vegetada en relación a la función o característica descrita.

b. Aspectos clave

Resalta los factores de la cubierta vegetada que son determinantes para el cumplimiento de la función o característica determinada.

c. Requisitos

Se refiere a las prácticas requeridas que se deben cumplir y garantizar, independientemente del tipo de tecnología empleada.

d. Propiedades y unidades a considerar

Enuncia las propiedades y unidades que deben ser tenidas en cuenta para el diseño, cálculo o planeación del Techo Verde en relación con la función determinada.

e. Recomendaciones

Describe las prácticas que han sido reconocidas a nivel mundial como prácticas correctas para las tecnologías más ampliamente difundidas.

Las disposiciones descritas a continuación son aplicables a todos los tipos de Techos Verdes excepto cuando se especifique lo contrario.



3.1.1.1. Función 1. Estanqueidad

a. *Propósito (estanqueidad)*

Impedir la penetración de agua a la estructura de soporte del Techo Verde y garantizar que no existan filtraciones o deterioros causados por la humedad.

b. *Aspectos clave (estanqueidad)*

- Capacidad de resistencia a la penetración de raíces.
- Tratamiento de puntos especiales (bajantes, parapetos, bordillos juntas, etc.)
- Protección de la impermeabilización ante el daño mecánico.
- Protección de la impermeabilización ante el deterioro causado por la radiación solar.

c. *Requisitos* *(estanqueidad)*

- Garantía mínima de 10 años sobre los materiales y componentes empleados para garantizar esta función.
- Garantía mínima de 3 años sobre la mano de obra de instalación de los materiales y componentes para garantizar esta función.
- Aprobación y suscripción del acta de prueba de estanqueidad después de instalada la impermeabilización y antes de la instalación del sistema de Techo Verde. Esta acta deberá contener un registro fotográfico y el protocolo descriptivo de la misma.
- Cuando el sistema de impermeabilización empleado no sea completamente sintético, será obligatorio colocar sobre éste una capa de protección independiente hecha en su totalidad con material sintético que proporcione bloqueo físico de las raíces, aun en los casos en los que estos sistemas tengan tratamiento químico para inhibición de raíz. El espesor mínimo de esta capa de protección mecánica es 0,61 mm.
- Certificado de resistencia UV para sistemas de impermeabilización parcial o totalmente expuestos a la radiación solar directa.

d. *Propiedades y unidades a considerar* *(estanqueidad)*

Espesor (mm)
 Densidad (Kg/m^3)
 Resistencia a la tracción (N/mm^2)
 Porcentaje de elongación antes de la rotura (%)
 Resistencia al punzonamiento (lb)
 Resistencia a la penetración de raíces
 Resistencia a microorganismos
 Resistencia a las variaciones de temperatura ambiental de Bogotá D.C.

e. *Recomendaciones* *(estanqueidad)*



Protección anti raíces. Se debe garantizar la estanqueidad del techo durante todo su ciclo de vida útil para impedir el paso de agua al interior de la edificación o a través de la estructura de soporte. La diferencia entre un sistema convencional de impermeabilización para un techo ordinario y un sistema de impermeabilización para un Techo Verde es que éste último debe ser resistente a la penetración de raíces. El sistema de impermeabilización empleado preferiblemente debe estar hecho de materiales sintéticos como PVC, poliéster, u otros libres de compuestos orgánicos que puedan atraer raíces y alojar microorganismos. Una vez instalada, la capa de impermeabilización debe actuar de forma monolítica y uniforme sobre la totalidad de la superficie del techo a intervenir, incluyendo las áreas de filtros, elementos singulares, zonas de tránsito u otro tratamiento de piso. La capacidad de resistencia a la protección de raíces no debe limitarse únicamente a las zonas cubiertas de vegetación, también deben hacerse efectiva en las demás zonas de la cubierta adyacentes a zonas vegetalizadas tales como bordillos, materas, filtros, zonas de tránsito, etc.

Bajo ninguna circunstancia se deberán colocar o apoyar directamente elementos que puedan generar punzonamiento sobre la capa de impermeabilización no solo en las zonas vegetalizadas sino en otras áreas de la cubierta tales como pasillos de tránsito, filtros, pasos de concreto, etc. No se deben emplear membranas de impermeabilización de menos de 12 mm de espesor. Bajo ninguna circunstancia deberá perforarse la capa de impermeabilización para anclaje de elementos auxiliares, barreras anti erosión o cualquier otro componente. El método de prueba que certifique la resistencia física a la penetración de raíces de la membrana de impermeabilización, deberá ser de largo plazo (2 años como mínimo) y bajo condiciones de campo o de laboratorio que repliquen las condiciones de campo.

Mantos de base asfáltica y bituminosos. Los mantos convencionales para impermeabilización que usualmente contienen bitumen o asfalto deben: 1) Ser tratados químicamente para inhibir la atracción de raíces, 2) incluir un refuerzo poliéster de 200gm/m², y 3) tener al menos 4 mm de espesor.

Puntos singulares. También debe garantizarse la estanqueidad en puntos especiales donde pueda existir desplazamiento o movimiento del edificio o de sus componentes, como es el caso de las juntas estructurales y juntas constructivas. En estos puntos, se deben aplicar tratamientos especiales en la instalación de la capa de impermeabilización de tal forma que se puedan producir los movimientos necesarios sin que se afecte su integridad. Esto se realiza por medio de las siguientes alternativas según lo requiera cada caso: Traslapos, excedente de material, sellado o materiales flexibles complementarios.

Protección mecánica. Cuando se emplee gravilla u otro material granular como filtro, zona de tránsito o medio drenante, se deberá proteger la capa de impermeabilización con una capa adicional que puede ser: 1) geotextil no tejido con una resistencia mínima al punzonamiento de 350 N y longitud de traslapos mínima de 10cm o, 2) lámina rígida continua de alta densidad con un espesor mínimo de 0,61mm (Calibre 24) con traslapos mínimos de 2 cm entre sí y selladas con aire caliente. En las zonas donde existan láminas plásticas de alta densidad como medio drenante y estas proporcionen protección mecánica, se podrá prescindir de la capa de protección mecánica adicional.

Deterioro por exposición a la radiación solar. Deberá evitarse la exposición directa de la membrana de impermeabilización a la radiación solar. En caso de haber exposición total o parcial se deberá certificar la resistencia UV de la membrana empleada.

Tratamientos especiales. En el evento de emplear bambú u otras especies vegetales con raíces altamente intrusivas y de crecimiento rápido, se requieren técnicas y materiales especiales de reforzamiento adicionales a los aquí especificados para evitar daños provocados por este tipo de raíces.

Sistemas tipo receptáculo. La impermeabilización para Techos Verdes con sistemas tipo receptáculo deberá cumplir con dos condiciones cuando la capa de impermeabilización no esté protegida por un material rígido y resistente como concreto, baldosas, u otro tratamiento de piso duro, y cuando no exista un sistema eficaz de fijación entre los receptáculos. Dado que en estos casos, la impermeabilización será más propensa al punzonamiento y a la exposición a la radiación solar, deberá incluirse una capa de protección mecánica con resistencia UV certificada sobre la capa de impermeabilización consistente en una lámina plástica de alta densidad o rígida con un espesor mínimo de 0,9mm (calibre 20).

Herbicidas. Debe evitarse el uso de herbicidas.

3.1.1.2. Función 2. Drenaje



a. **Propósito (drenaje)**

Permitir el flujo de agua lluvia o de riego a través del sistema, y conducirla de forma efectiva hacia los elementos de evacuación de la cubierta tales como bajantes, sumideros y canaletas. Mantener las condiciones aeróbicas del sustrato requeridas por la vegetación.

b. **Aspectos clave (drenaje)**

Permeabilidad de los componentes activos.
Volumen de aire (Macroporos).
Capacidad de drenaje requerida de los componentes estables.
Capacidad de drenaje del sistema.
Sistema de recolección y evacuación de aguas lluvias del inmueble.
Drenaje vertical a través del medio de crecimiento.
Drenaje horizontal hacia los elementos de evacuación.

c. **Requisitos (drenaje)**

- Diseño y cálculo de ubicación y distribución de bajantes y canaletas.
- Diseño y cálculo de pendientes requeridas.
- Cálculos de predimensionamiento del medio drenante considerando un escenario crítico de lluvias anual con datos históricos oficiales de la estación del IDEAM más cercana al lugar de implementación.
- No se deberá presentar escorrentía sobre la superficie expuesta del Techo Verde en techos con pendientes inferiores a 14%.
- No se deberá presentar estancamiento de agua sobre el Techo Verde.
- En ausencia de información estadística de lluvias, se deberá diseñar el sistema para drenar al menos 1.8 l/m²/seg.
- El contenido de partículas de menos de 0.074 mm (Tamiz No. 200) (limos y arcillas) no debe ser mayor al 10% con respecto a la masa total del medio de crecimiento en Techos Verdes autorregulados y 20% en Techos Verdes Ajardinados.

d. **Propiedades y unidades a considerar (drenaje)**

- Porcentaje de volumen de vacío del medio drenante en condiciones reales (%).
- Capacidad de drenaje efectiva del medio drenante en condiciones reales (l/m²/seg).
- Porcentaje máximo de limos y arcillas en el medio de crecimiento.
- Capacidad de drenaje efectiva del sistema de Techo Verde (l/m²/seg).
- Porcentaje de macroporos del medio de crecimiento (%).
- Permeabilidad del medio de crecimiento (cm/s).
- Distribución granulométrica (mm)
- Coeficiente de caudal (Kv).

e. **Recomendaciones (drenaje)**

Medio de crecimiento. El medio de crecimiento debe mantener un volumen de vacíos suficiente para 1) Permitir el flujo vertical del volumen de agua de un evento pluvial de máxima intensidad en Bogotá y, 2) Permitir la aireación de las raíces. Bajo ninguna circunstancia se debe exceder el límite máximo de retención de agua. Para el cálculo de la capacidad de drenaje necesaria, debe asumirse que la totalidad del sistema de Techo Verde está saturado antes de recibir un evento pluvial de intensidad máxima en Bogotá.

Medios drenantes. El sistema deberá contener suficiente volumen de vacíos para permitir el flujo horizontal de exceso de agua proveniente del sustrato y conducirlo hacia los sumideros, bajantes u otros elementos de evacuación. Se debe garantizar que este porcentaje de vacíos se mantenga estable durante todo el ciclo de vida útil en condiciones reales y bajo interacción con los demás componentes y capas del sistema. El medio drenante del sistema tiene una incidencia significativa en la tasa de escorrentía del techo, por lo cual debe prestarse especial atención a este componente cuando el propósito sea reducir dicha tasa.

Se podrán emplear los siguientes tipos de medio drenante de acuerdo a los materiales empleados:



- Material granular y agregados: Gravas y gravillas, arcilla expandida y otros materiales granulares de origen mineral.
- Material granular reciclado: Ladrillo triturado, escoria, lana de roca u otros materiales granulares de desecho.
- Drenaje tipo tapete: Plástico, mantos, fieltros o espumas.
- Láminas drenantes: Diferentes tipos de materiales sintéticos (por lo general plástico de alta densidad), y tener diferentes configuraciones geométricas de acuerdo a su propósito y desempeño.
- Paneles de drenaje y sustrato: Espumas modificadas.
- Geocompuestos: Compuestos conformados por al menos un material sintético.
- Medios de filamentos entrecruzados: Diferentes tipos de materiales sintéticos (por lo general plástico de alta densidad).
- Losetas porosas: Materiales granulares aglutinados o bloques porosos de concreto aligerado u otros materiales rígidos.

No se deben emplear medios drenantes cuya capacidad de drenaje en condiciones reales de instalación sea menor a $5 \text{ l/m}^2/\text{seg}$ y/o cuya altura efectiva sea menor a 2,5cm para Techos Verdes con menos de 8° de inclinación.

Medios de drenaje porosos. Si se emplean sistemas de drenaje porosos, estos deben tener tratamiento químico para inhibición de raíces o sobre ellos deberá colocarse un geotextil con resistencia a la penetración de raíces certificada. Esto con el fin de evitar el bloqueo parcial o total del volumen de drenaje por cuenta de las raíces atraídas por el agua atrapada en los poros.

Bajantes. Teniendo en cuenta que alrededor de las bajantes es donde se concentra mayor volumen y flujo de agua, las bajantes deberán estar aisladas y protegidas del sustrato mediante 1) una caja de inspección con tapa resistente a la intemperie o, 2) deberán rodearse en todo su contorno con una cama de material granular grueso de al menos 20 cm de ancho o lo que se disponga en los cálculos y diseños de la red de evacuación de aguas. En el último caso deberá colocarse geotextil no tejido con una permeabilidad mayor a 0,04 cm/s entre el material granular grueso y el sustrato, con el fin no permitir el paso de partículas finas a la cama de gravilla. La permeabilidad total del sistema de Techo Verde mínima recomendada es de $5 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$.

Contenido de partículas finas. Los macroporos pequeños creados por partículas finas (limos y arcillas) aumentan la capacidad de retención de agua y la capilaridad pero también reducen de la capacidad de drenaje a lo largo del tiempo y pueden causar taponamiento parcial o total. Dado que durante la vida útil del Techo Verde este porcentaje se puede incrementar dependiendo del tipo de vegetación y el contenido de partículas presentes en el aire en los alrededores, no se podrá superar esta proporción. Se recomiendan los medios de crecimiento libres de partículas finas, para Techos Verdes autorregulados. En Techos Verdes Huerta y Techos Verdes ecológicos especializados el contenido de partículas finas podrá ser superior al 20%, siempre y cuando se tomen las medidas necesarias para cumplir con los requisitos de drenaje y filtración. Se recomienda instalar las partículas finas y la materia orgánica en las capas superiores del sustrato.

Pendientes. Los Techos Verdes cuyos medios drenantes estén directamente apoyados sobre la impermeabilización, deben garantizar al menos 2% de pendiente mínima en todas las aéreas vegetalizadas. Los sistemas tipo receptáculo deben tener al menos 3% de pendiente para garantizar el drenaje horizontal y evitar estancamientos que motiven el crecimiento de la cobertura vegetal por fuera de los módulos contenedores, bloqueando el paso del agua.

3.1.1.3. Función 3. Retención de agua

a. *Propósito (retención de agua)* ☐

Captar y almacenar la cantidad de agua necesaria en el sistema para garantizar la supervivencia e integridad de la cobertura vegetal en Bogotá D.C.

b. *Aspectos clave (retención de agua)* ☒

Capacidad de retención de agua de los componentes activos
Capacidad de retención de agua de los componentes estables

c. *Requisitos (retención de agua)* ☒



La capacidad de retención de agua del medio de crecimiento deberá estar entre el 30% y el 60% del volumen del sustrato en estado de compactación. Sólo podrá excederse el límite máximo en casos específicos de Techos Verdes ecológicos especializados que así lo requieran

Techos Verdes autorregulados cuyo medio de crecimiento tenga una capacidad de retención de agua inferior al 40% del volumen del sustrato o las especies vegetales empleadas así lo requieran, deberán incorporar un mecanismo de retención de agua adicional.

d. Propiedades y unidades a considerar (retención de agua) ⓘ

Capacidad de retención de agua del sustrato: % con respecto al volumen del sustrato compactado

Capacidad de retención de agua del sustrato: l/m²

Capacidad de retención de agua del sistema: % de incremento de peso con respecto al peso del sistema en estado seco XXX revisar.

Peso del sistema en estado de saturación: kg/m² considerando la totalidad de los componentes en estado de saturación.

e. Recomendaciones (retención de agua) ✓

Al menos uno de los componentes del sistema de Techo Verde debe almacenar agua para satisfacer los requerimientos nutricionales de las especies vegetales empleadas (excepto en sistemas aeropónicos).

La capacidad de retención máxima de agua del sustrato sirve para identificar la capacidad de almacenamiento de agua en condición de compactación. La máxima capacidad de agua indica el contenido de agua de un material previa saturación seguido de un periodo de escurrimiento de 2 horas. La capacidad de retención de agua del medio de crecimiento depende más de la distribución granulométrica, área de superficie de partículas y porosidad efectiva del sustrato, que del espesor del mismo.

Para los cálculos de la estructura de soporte, se debe considerar el aumento de cargas ocasionado por el volumen máximo de agua retenido por la totalidad de elementos del sistema, incluyendo los diferentes mecanismos adicionales de hidrorretención.

Se debe evitar que el drenaje del agua sea excesivo, de lo contrario las plantas quedarán en situación de estrés hídrico o deceso.

3.1.1.4. Función 4. Consistencia

a. Propósito (Consistencia) □

Garantizar la estabilidad formal y dimensional del sistema de Techo Verde y sus componentes.

b. Aspectos clave (Consistencia) ⚙

- Resistencia mecánica de los componentes estables ante los esfuerzos propios del uso designado.
- Consistencia del medio de crecimiento.
- Unión y fijación de los componentes y piezas.

c. Requisitos (Consistencia) ✓

Resistencia a fuerzas de compresión de acuerdo al uso y tránsito de la cubierta. Debe considerarse una fuerza de compresión mínima de 0.9 kg/cm², para efectos de tránsito mínimo para mantenimiento.

d. Propiedades y unidades a considerar (Consistencia) ⓘ

-Resistencia a la compresión: Kg/cm²

-Resistencia al esfuerzo de corte.

-Resistencia al esfuerzo de flexión.



- Resistencia al punzonamiento.
- Resistencia a la tensión.
- Resistencia al rasgado.
- Elongación (%)

e. Recomendaciones (Consistencia) ✓

Componentes activos. El medio de crecimiento no debe presentar biodegradación o compresión, con el fin de evitar la pérdida de permeabilidad y las condiciones aeróbicas necesarias. No se deben emplear materiales que puedan fragmentarse con el uso del Techo Verde, condición que es más exigente en Techos Verdes transitables.

Elementos auxiliares. Los elementos auxiliares del sistema deben estar diseñados para resistir esfuerzos a los que estarán sometidos (compresión, flexión, tracción). Dichos esfuerzos deben calcularse para verificar que los elementos empleados mantendrán su estabilidad formal y dimensional al someterse a ellos. Tal es el caso de las barreras anti erosión, perfiles de transición, barreras de borde, losetas, etc.

Mantos y geotextiles. Los mantos a emplear deben estar diseñados para soportar esfuerzos de punzonamiento y rasgado de acuerdo a: El peso propio del sistema, las características formales del medio de drenaje y el grado de transitabilidad de cada Techo Verde en particular. No se recomienda el uso de geotextiles con resistencia al punzonamiento de menos de 250 N y resistencia al rasgado de menos de 200 N. La resistencia a la tensión debe ser de al menos 450 N y el porcentaje de elongación superior al 50%.

3.1.1.5. Función 5. Nutrición

a. Propósito (nutrición) □

Proporcionar el equilibrio físicoquímico y los nutrientes requeridos para mantener la cobertura vegetal viva y sana.

b. Aspectos clave (nutrición) ☉

- pH del medio de crecimiento.
- Conductividad eléctrica del medio de crecimiento.
- Contenido de nutrientes mayores y menores.
- Contenido de materia orgánica del medio de crecimiento.
- Contenido de aire del medio de crecimiento.

a. Propiedades y unidades a considerar (nutrición) ⓘ

- Contenido de materia orgánica (%)
- Contenido de aire (%)
- pH
- Conductividad eléctrica (micro S/cm)
- Contenido de nutrientes menores (%)
- Máximo contenido de finos (arcillas) (% con relación a la masa total)
- Máximo contenido de elementos extraños
- Tamaño máximo de partículas

b. Requisitos (nutrición) ☑

- Diseño de mezcla del sustrato propuesto para satisfacer los requerimientos de las funciones respectivas.
- Ensayo de curva granulométrica.



- Ensayo de laboratorio para pH, Conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica y contenido de nutrientes mayores.
- 2 muestras testigo del medio de crecimiento instalado con un volumen de al menos $8 \times 10^3 \text{ cm}^3$.

c. **Recomendaciones (nutrición)** ✓

El medio de crecimiento es el soporte físico de la vegetación en el cual tiene lugar el desarrollo de las raíces mediante el suministro de aire, agua, y nutrientes.

Tipos de medio de crecimiento. El medio de crecimiento más comúnmente empleado es un sustrato de materiales granulares. Este deberá ser capaz de alojar una concentración densa de raíces y deberá cumplir con las propiedades físicas, químicas y biológicas requeridas para el crecimiento de las plantas. Deberá ser estable y suministrar un medio de anclaje para las raíces además de cumplir los requerimientos de retención y drenaje de agua. Adicionalmente deberá tener el nivel óptimo de aire, materia orgánica, acidez, conductividad eléctrica, nutrientes mayores y nutrientes menores para el tipo de vegetación a emplear.

Materiales granulares minerales con o sin materia orgánica.

Partículas granulares de estructura porosa.

Paneles o placas de espumas de tejidos industriales minerales u orgánicos.

Espesor. El espesor del medio de crecimiento dependerá de las especies vegetales propuestas y del tipo de Techo Verde propuesto. La máxima capacidad de agua del sustrato sirve para identificar la capacidad de almacenamiento de agua en condición de compactación. La máxima capacidad de agua indica el contenido de agua de un material previa saturación seguido de un período de escurrimiento de 2 horas.

Contenido de aire. Con medios de crecimiento sólidos como sustratos, se debe tener en cuenta que la distribución granulométrica de las partículas que lo conforman permita mantener el volumen de aire suficiente entre partículas y poros para permitir el flujo y almacenamiento de agua, aire y facilitar el intercambio de gases.

Distribución granulométrica. La distribución granulométrica de las partículas del sustrato tiene efectos en varias propiedades: homogeneidad, permeabilidad, capacidad de retención de agua y capilaridad.

Tamiz No. 8: 50% partículas entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{8}$ "

Tamiz No. 200: Menos de 2%.

El diámetro máximo de partículas deberá ser de 12 mm.

Contenido mineral. El componente mineral del sustrato cumple las siguientes funciones: Conformar una estructura durable, suministrar área de superficie de partículas para retención de agua e intercambio de nutrientes con las plantas y conformar un micro hábitat para el micro biota. El contenido mineral del sustrato debe ser al menos 85% en Techos Verdes Autorregulados y 75% en Techos Verdes Ajardinados con relación la masa total del sustrato. Esta base mineral generalmente está compuesta por arenas. Deben evitarse los minerales carbonatados.

Capacidad de intercambio catiónico. La capacidad de intercambio catiónico deberá estar entre 10 y 40 me/100g para que las plantas puedan tomar los nutrientes necesarios.

Porosidad. La porosidad mínima requerida para la aireación de las raíces y para garantizar un drenaje uniforme debe ser del 10%.

Contenido de materia orgánica. Contenido de materia orgánica para regiones climáticas templadas como Bogotá en la cual la descomposición se da rápidamente en comparación con zonas áridas y secas. Entre 3 y 15% para extensivos (ASTM). Puede ser compost, humus, fibra de coco, o turba. Puesto que los nutrientes disponibles para las plantas estarán en su mayoría en los materiales minerales del sustrato, el contenido de materia orgánica del mismo no deberá superar el 20% con el fin de evitar fertilización a largo plazo una vez se degrade la materia orgánica.



Contenido de aire. Cuando el contenido de agua de los sustratos está al máximo, el volumen de aire no deberá ser menor al 10% para el clima de Bogotá

pH. El pH deberá estar entre 6,0 y 8,0. El medio de crecimiento podrá estar fuera de estos rangos únicamente en Techos Verdes ecológicos especializados.

Conductividad eléctrica. El límite superior recomendado está entre 1 y 2 mS/cm lo que equivale a 670-1340 ppm de sales totales disueltas. Por encima de este umbral las condiciones del sustrato se consideran peligrosas para las plantas.

Contenido de Nutrientes mayores: La proporción de nutrientes mayores varía en función a las especies vegetales empleadas. El contenido óptimo para cada Techo Verde debe especificarse en el respectivo diseño de mezcla del medio de crecimiento en función de la demanda las plantas. En ausencia de información sobre la demanda de las especies vegetales, se recomienda considerar las siguientes proporciones de nutrientes mayores como referencia general:

Nitrógeno (N): Igual o menor a 80 mg por litro

Fósforo (P₂O₅): Igual o menor a 200 mg por litro

Potasio (K₂O): Igual o menor a 700 mg por litro

Magnesio (Mg): Igual o menor a 160 mg por litro

Es posible que durante las etapas de crecimiento y consolidación, las cantidades de estos nutrientes requieran ser ajustadas para propiciar el desarrollo de la cobertura vegetal.

No se recomienda el uso de tierra negra o suelo natural, dado que estos generalmente tienen una proporción considerable de partículas finas y además pueden contener semillas o rizomas de especies vegetales no deseadas.

3.1.1.6. Función 6. Filtración

a. **Propósito (filtración)**

Permitir el paso del agua a través del sistema restringiendo el paso de partículas finas.

b. **Aspectos clave (filtración)**

Retención de partículas finas

Filtración mecánica efectiva

Permeabilidad al agua

c. **Propiedades y unidades a considerar (filtración)**

Peso gr/m²

Apertura efectiva mm

Resistencia a la tracción kN/m²

Resistencia a la penetración N

d. **Requisitos (filtración)**

-Continuidad de la función filtrante en toda el área de la cubierta incluyendo las zonas no vegetalizadas y elementos singulares.

-Filtración de partículas de menos de 2mm de diámetro.

-Permitividad de al menos 2 sec⁻¹.

-Tamaño de apertura aparente mínimo: 0,25mm.

-En caso de que el manto filtrante esté por encima de un punto de desagüe, la permitividad deberá aumentarse un 30%.

-En ningún caso el peso por metro cuadrado del manto filtrante deberá ser inferior a 120 gr.

-Resistencia química a microorganismos y a la humedad.



e. Recomendaciones (filtración) ✓

Continuidad. El Techo Verde debe permitir el paso de agua para que ésta pueda drenar libremente desde el medio de crecimiento al medio drenante y a los puntos de evacuación de agua del inmueble. Al mismo tiempo, el sistema debe estar en capacidad de filtrar partículas de menos de 2 mm de diámetro, con el fin de evitar segregación del sustrato, bloqueo de los elementos y componentes de drenaje, y depósito de sedimentos o materiales granulares en las redes públicas de recolección de agua. El medio filtrante más común es geotextil no tejido, pero esta función también se puede lograr con láminas compuestas multifuncionales generalmente empleadas en sistemas tipo tapete. Todas las áreas del techo intervenido deben cumplir con los requisitos de esta función en forma continua, incluso en las zonas no vegetalizadas, evitando que existan puntos sin medio de filtración por los cuales se pueda presentar escape de finos. Las secciones de geotextil otro medio drenante deben estar traslapadas entre sí al menos 10 cm. Se debe garantizar que el medio filtrante opere también a lo largo de todos los elementos de confinamiento y transición, desagües y demás puntos singulares del Techo Verde.

Sistemas tipo receptáculo. Este tipo de sistemas es el que usualmente presenta mayor deficiencia de filtración. Por ello se debe incorporar estrategia para garantizar la función de filtración en cada módulo individual y también en conjunto. Se debe garantizar la continuidad de la función de filtración entre módulos para evitar el paso de finos del sustrato por fuera de los módulos y en especial hacia los desagües. No se deberán implementar sistemas tipo receptáculo que no garanticen esta función en la totalidad de sus requerimientos.

Permitividad: Los medios de filtración deberán tener una permitividad **de al menos 2 sec⁻¹** (unidades de medida)

Tamaño de apertura aparente: La apertura aparente del medio filtrante deberá tener un tamaño de al menos 0,25mm.

3.1.2. Características mínimas de desempeño requeridas con relación al techo verde implementado

3.1.2.1. Economía y eficiencia

a. Propósito (Economía y eficiencia) □

Ahorrar el material y dinero en la implementación de Techos Verdes garantizando la calidad mediante el uso racional y eficiente de materiales y recursos.

b. Aspectos clave (Economía y eficiencia) ●

- Optimización de cantidades de materiales y componentes.
- Interacción de componentes para lograr las funciones requeridas con el mínimo de material.
- Exclusión de componentes innecesarios.
- Empleo de materiales locales, reutilizados o recuperados.
- Adaptación a las condiciones técnicas del inmueble y compatibilidad con las condiciones ambientales.
- Reducción de la huella de carbono.

c. Propiedades y unidades a considerar (Economía y eficiencia) ⓘ

- Costo directo por unidad de instalación (Pesos colombianos/m²).
- Costo directo de la adaptación e implementación a un inmueble específico.
- Costo de operación y mantenimiento. (Pesos colombianos por año).
- Huella de carbono (kg de carbono emitido/kg de material instalado).
- Valor agregado (costo de los beneficios/costo de la implementación).



d. Requisitos (Economía y eficiencia)

- Información ambiental del sitio de instalación.
- Presupuesto de instalación, seguimiento y mantenimiento.
- Memorias de cálculo y certificados para validar los indicadores requeridos para proyectos de más de 200 m².
- Planimetría detallada de la adaptación del sistema al inmueble a intervenir para proyectos de más de 200m².
- Exclusión de materiales y componentes no requeridos en Bogotá.

e. Recomendaciones (Economía y eficiencia)

La etapa de planeación y diseño incide drásticamente en el desempeño económico del Techo Verde durante todo su ciclo de vida útil. Además de reducir los costos directos de instalación, un análisis integral de diseño permite evitar costos innecesarios a mediano y largo plazo mediante un funcionamiento eficiente. Para cumplir este propósito se debe elegir correctamente el tipo de sistema de Techo Verde considerando:

- 1) Integración funcional de componentes y materiales.
- 2) Estrategias de adaptación a las condiciones técnicas particulares del inmueble a intervenir.
- 3) Aprovechamiento de condiciones macro y micro ambientales.
- 4) Exclusión de componentes innecesarios.
- 5) Reducción de costos mediante empleo de recursos locales, reciclados, recuperados o readaptados.
- 6) Reducción de riego activo y mantenimiento.
- 7) Reducción del peso del sistema para minimizar o evitar reforzamiento estructural adicional del inmueble.
- 8) Cuantificación y certificación de beneficios ambientales que puedan conducir a incentivos públicos en el futuro.

3.1.2.1. Durabilidad

a. Propósito (Durabilidad)

Garantizar la longevidad e integridad de los componentes del Techo Verde durante todo su ciclo de vida útil.

b. Aspectos clave (Durabilidad)

Resistencia a degradación por agentes externos: Biológicos, exposición a la radiación solar, humedad y microorganismos.

c. Propiedades y unidades a considerar (Durabilidad)

- Porcentaje de resistencia a la radiación UV considerando una insolación promedio de al menos 4.5 kWh/m²/día en Bogotá D.C.
- Resistencia a la humedad.
- Resistencia a corrosión.
- Resistencia a microorganismos.

d. Requisitos (Durabilidad)

- Todos los componentes, materiales y elementos estables que queden expuestos a la radiación solar deben tener protección UV.
 - Todos los componentes, materiales y elementos estables del Techo Verde deben ser resistentes a la humedad.
 - Todos los componentes estables deben ser resistentes a microorganismos y preferiblemente repelerlos.
- Menos del 20% de la masa total del medio de crecimiento de Techos Verdes Autorregulados y Ajardinados podrá estar sujeta a biodegradación o fraccionamiento.



e. Recomendaciones (Durabilidad) ✓

Protección de la impermeabilización. Cuando la capa de impermeabilización empleada no tenga protección UV, deben tomarse medidas especiales en todos los remates verticales perimetrales para evitar su exposición a la radiación solar. Estas medidas pueden ser recubrimientos adicionales compatibles aplicados directamente sobre la membrana o manto, o revestimientos rígidos.

Recubrimientos. Cuando la protección de los elementos auxiliares consista en recubrimientos, estos deberán ser compatibles con los materiales a proteger, y deberán aplicarse los recubrimientos y procedimientos de base necesarios para garantizar la adherencia y permanencia de la capa protectora.

Exposición de los componentes estables a la radiación solar. Todos los componentes estables y elementos auxiliares total o parcialmente expuestos deben cumplir con las protecciones requeridas, incluyendo aquellos que tengan solo una parte de su superficie expuesta, como es el caso de los elementos propios del sistema de Techo Verde (e.g. confinamiento y transición, desagüe) o los elementos auxiliares requeridos para la adaptación a un inmueble específico (pasarelas, barandas, redes de riego, iluminación, señalización, etc.).

3.1.2.2. Estabilidad

a. Propósito (Estabilidad)

Garantizar la estabilidad del sistema en el inmueble intervenido durante su vida útil y evitar deformación, deslizamiento o desacomodo de sus componentes.

b. Aspectos clave (Estabilidad)

- Confinamiento, transición y separación de tipos de superficies.
- Protección ante efectos de succión y desplazamiento por viento.
- Protección contra la erosión

c. Propiedades y unidades a considerar (Estabilidad)

- Lastre: Kg/m²
- Angulo de inclinación natural de materiales granulares.
- Resistencia a los esfuerzos de flexión y corte de los elementos de borde y confinamiento.
- Resistencia a la flexión de los elementos de borde y confinamiento

d. Requisitos (Estabilidad)

- Planimetría detallada de la adaptación del sistema de Techo Verde al inmueble específico a intervenir.
- Diseño de distribución e instalación de elementos de confinamiento.
- Diseño de distribución e instalación de elementos de transición.
- Inclusión de elementos de separación y confinamiento en todos los cambios de textura de piso y cambio de espesor de sustrato.
- Para los Techos Verdes livianos y todos aquellos con sistemas tipo receptáculo se debe determinar si se requiere lastre adicional u otras estrategias para evitar el levantamiento causado por corrientes de viento.



- Para casos en los que la cubierta tenga más de 8° de inclinación (14%), se deben incluir barreras anti erosión y diseño de mecanismos especiales de fijación para evitar deslizamientos.
- Cálculo de lastre necesario para evitar efectos de levantamiento por viento. (Se deberá tomar la medición máxima del viento en la estación meteorológica más cercana en los últimos 5 años y aplicar un factor de seguridad de 1.5).
- Cálculo de resistencia al corte y flexión en elementos de borde y barreras anti erosión para Techos Verdes con más del 14% de pendiente.

e. Recomendaciones (Estabilidad) ✓

Elementos de confinamiento. Todas las zonas de filtros, medios de crecimiento o cualquier otra área compuesta por materiales granulares sueltos, deberán estar confinadas en todo su perímetro con elementos rígidos resistentes a la humedad y a la radiación solar. Estos elementos además de confinar deben permitir el paso del volumen de agua requerido en sentido transversal, de forma que se garantice el cumplimiento de los requerimientos de drenaje. En general hay dos tipos de elementos de confinamiento: Anclados o apoyados. Los primeros son bordillos que se anclan directamente a la estructura y se protegen por la misma capa de impermeabilización del techo. Los elementos de confinamiento livianos son perfiles prefabricados que se apoyan sobre la impermeabilización y mantienen su posición gracias al peso de los materiales granulares que descansan sobre aletas en la parte inferior del perfil.

Elementos de transición. Cuando se presenten cambios de materiales en la superficie del techo, o cambio de espesor o tipo de sistema de Techo Verde, se deben incorporar elementos de transición con las mismas características de los elementos de confinamiento.

Protección contra erosión por viento. Recién instalado el Techo Verde, este es más susceptible al riesgo de erosión del medio de crecimiento por efecto del viento. Este riesgo disminuye en la medida en que la cobertura vegetal se va consolidando. Antes y durante la consolidación de la cobertura vegetal, deben instalarse mallas sobre el medio de crecimiento expuesto para evitar su erosión. Se recomienda el uso de mallas de materiales biodegradables o fotodegradables. En caso de emplear mallas sintéticas, estas deben retirarse una vez se consolide la cobertura vegetal. No es necesario el uso de estos mecanismos de protección en sistemas precultivados. Se recomienda el empleo de especies vegetales con sistemas radiculares superficiales y/o fasciculados y tendencia a extenderse lateralmente. Este tipo de plantas se extiende con relativa rapidez, acortando el lapso de exposición del sustrato a los efectos erosivos del viento. Las especies con reproducción vegetativa tienen la capacidad de auto regenerarse y extenderse, por lo cual reducen las posibilidades de que queden zonas de sustrato expuestas.

Erosión y deslizamiento por pendiente. Techos Verdes con más de 8% de pendiente deben tener barreras anti erosión o geomallas que eviten el deslizamiento y la segregación del sustrato. Estas deben ser resistentes a la radiación solar y a la humedad, y deben permitir el paso del agua en sentido transversal para cumplir con los requisitos de las funciones de drenaje y retención de agua. No podrá perforarse la membrana de impermeabilización ni interrumpir su continuidad para anclar estas barreras. La fijación debe hacerse a elementos estructurales perimetrales pre dimensionados para resistir los empujes producidos por el deslizamiento. Dependiendo del porcentaje de pendiente se recomiendan diferentes estrategias para garantizar la estabilidad:

- Empleo de barreras perimetrales de soporte y confinamiento en cubiertas de más de 5° de inclinación.
- Cuando hay pendiente de más de 10° se debe emplear medio de crecimiento monocapa, en caso de que este sea granular, de lo contrario se deberán emplear y validar técnicas de estabilización de suelos.
- Empleo de estrategias anti erosión y protección contra efectos de deslizamiento causados por efectos gravitacionales en cubiertas con 14° de inclinación o más.
- Empleo de barreras de cortante en cubiertas con 30° de inclinación o más.

Caída de elementos. Bajo ninguna circunstancia se podrá permitir la caída de componentes o elementos del Techo Verde a los niveles inferiores. Para esto se deben emplear sistemas de confinamiento perimetrales u otras estrategias que garanticen la permanencia de todos los componentes de la cubierta en su debida posición.

Protección contra efectos de levantamiento por viento. Las corrientes de viento pueden crear efectos de succión sobre el Techo Verde y levantar sus componentes. Los puntos más susceptibles a estos efectos de succión son las esquinas, parapetos, y equipos, en las cuales se produce turbulencia. En las áreas centrales de Techos Verdes con sistemas monolíticos la posibilidad de



afectación por presiones de levantamiento por viento es generalmente baja en razón a que el follaje de la vegetación y la permeabilidad del medio de crecimiento reducen en gran medida estas presiones. Sin embargo para determinar la fuerza de levantamiento real efectiva se deben considerar varios factores: El tipo de sistema de Techo Verde y su peso propio, la altura y forma del edificio, la volumetría de los alrededores, la topografía, las direcciones predominantes del viento y sus velocidades máximas. Para los Techos Verdes livianos y todos aquellos con sistemas tipo receptáculo, se debe efectuar un cálculo de presiones de succión para determinar si existe riesgo de levantamiento. Este cálculo debe ser avalado por un ingeniero civil. En el evento de que se identifiquen posibles afectaciones por succiones de viento, se deben diseñar estrategias preventivas para garantizar la estabilidad del Techo Verde. Para el cálculo se debe considerar el Techo Verde en estado seco y no se debe incluir la masa de la vegetación como un componente de lastre.

3.1.2.3. Vitalidad

a. *Propósito (vitalidad)*

Garantizar la vitalidad de la cobertura vegetal del Techo Verde durante su vida útil.

b. *Aspectos clave (vitalidad)*

- Adaptabilidad de las especies vegetales seleccionadas al medio ambiente del techo a intervenir.
- Compatibilidad biológica del medio de crecimiento y las especies vegetales.
- Nutrientes mayores y menores.
- Proceso de consolidación total de la carpeta vegetal.
- Irrigación.
- Fertilización y resiembras.
- Resistencia a plagas y ataques biológicos.

El medio de crecimiento deberá mantener su composición granulométrica y debe evitarse la segregación de sus componentes y la pérdida de finos. Para este propósito se debe garantizar la continuidad de la función filtrante en todas las áreas de intervención con cobertura vegetal.

Se debe evitar la exposición directa a la radiación solar de los componentes estables. Los elementos auxiliares deben ser resistentes a la humedad y a la radiación solar.

c. *Propiedades y unidades a considerar (vitalidad)*

- Porcentaje de cobertura de la vegetación.

d. *Requisitos (vitalidad)*

- Porcentaje de área y periodos máximos de consolidación de la cobertura vegetal: Al menos el 25% del área al momento de instalación, 75% del área antes de un año y el 100% del área verde consolidada a los dos años de haber efectuado la instalación.
- Es responsabilidad de los instaladores hacer el seguimiento durante los primeros seis meses.
- Plan de operación y mantenimiento después de los dos primeros años de consolidación de la cobertura vegetal.
- No se deben emplear plantas invasivas.
- Plantación con semilla: Al menos 300 semillas/m²
- Plantación con esqueje: Al menos 100 grm/m² y no menos de 16 plántulas.

e. *Recomendaciones (vitalidad)*



Las recomendaciones establecidas en la presente guía para la selección de la cobertura general son únicamente disposiciones generales, por lo cual deben vincularse profesionales idóneos con experticia en implementación de tecnologías de Techos Verdes y conocimiento de especies vegetales para este fin.

La mayoría de techos están expuestos a condiciones ambientales inestables; Vientos variables, exposición directa a la radiación solar, lluvia variable, contaminación, fluctuaciones de temperatura, presión y humedad relativa. La vitalidad de un Techo Verde depende principalmente de:

- 1) Una adecuada elección de especies vegetales que puedan adaptarse a las condiciones ambientales.
- 2) La interacción con los demás componentes del sistema y particularmente el medio de crecimiento.
- 3) Riego y cuidado humano.

En Techos Verdes autorregulados el paisaje vegetal inicial se autotransforma para ajustarse a las condiciones ambientales locales cambiantes, y tiene lugar un proceso de competencia entre especies vegetales. De esta transformación constante se deriva su valor estético y vitalidad. En los casos de cubiertas ajardinadas se requiere de la intervención humana para evitar estas transformaciones y mantener el paisaje inicial propuesto.

Sistema de riego de respaldo. Para cubiertas de más de 50 m² se recomienda diseñar e instalar un sistema de riego de respaldo en épocas de sequía excepcional aun en los Techos Verdes autorregulados.

Factores ambientales microclimáticos. Además de las condiciones macro climáticas, las condiciones del microclima del techo deben ser tenidas en cuenta en la selección y planeación dado que estas afectan el desarrollo y la vitalidad de las plantas. El microclima se ve afectado por los siguientes factores a considerar: Edificios aledaños, nivel del techo, topografía, pendiente, orientación, localización de equipos y puntos de salida de extracción de gases, extractores, etc. La presencia y disposición de estos elementos puede influir en las siguientes condiciones ambientales: Sombra, grado de exposición a la radiación solar, humedad relativa, velocidad y patrón de comportamiento del viento, calidad del aire.

Los techos verdes autorregulados deben emplear especies vegetales especializadas de bajo porte con capacidad de retención de agua y supervivencia con irrigación pasiva y en medios de crecimiento livianos, tales como: Suculentas, musgos, pastos, gramas y plantas rastreras.

Debe conocerse el ciclo de vida de las especies vegetales y prever el momento de su reemplazo y los métodos y procedimientos de replantación.

Se debe prestar atención a las especies con alta velocidad de propagación y consolidación de la carpeta vegetal, dado que pueden ser especies invasivas. Se debe evitar el uso de especies invasivas.

3.1.2.4. Continuidad operativa

a. *Propósito (Continuidad operativa)*

Garantizar la operatividad funcional del Techo Verde implementado en un inmueble específico a lo largo de toda su vida útil mediante el diseño y la ejecución de un plan de seguimiento post instalación de acuerdo al tipo o tipos de Techo Verde.

Aspectos clave (Continuidad operativa)

Seguimiento postinstalación

Monitoreo

Inspeccionabilidad



Actividades y frecuencia de mantenimiento
Reparaciones

b. Propiedades y unidades a considerar (Continuidad operativa)

Cumplimiento continuo del conjunto de requerimientos técnicos de la presente guía y sus respectivos indicadores.

c. Requisitos (Continuidad operativa)

- Manual técnico de operación y mantenimiento.
- Plan de seguimiento post instalación.
- Garantías.
- Acta de compromiso de operación y mantenimiento.

Con la entrega a satisfacción del Techo Verde implementado, el contratista deberá entregar también:

- 1) Manual técnico de operación y mantenimiento para el sistema de Techo Verde instalado.
- 2) Plan de seguimiento post instalación requerido por el tipo o tipos de Techos Verdes implementados durante al menos los primeros tres años de operación del techo, constados a partir de la fecha de suscripción del acta de entrega.

Estos documentos deben considerar las disposiciones del parágrafo 5.5 sobre el grado de seguimiento post instalación aplicable a cada caso. Se debe identificar y describir para cada Techo Verde implementado: Protocolos de actividades de seguimiento habituales, frecuencia, e instrucciones detalladas para atender problemas comunes e imprevistos relacionados con el funcionamiento del Techo Verde. Debe anexarse un acta de compromiso de operación y mantenimiento en el que se designe el responsable de efectuar el plan de seguimiento post instalación durante al menos los tres primeros años.

- 3) Garantías de funcionamiento. El contratista instalador del Techo Verde debe entregar al dueño del inmueble las garantías de funcionamiento, la cuales deben incluir al menos los siguientes aspectos: la durabilidad del sistema empleado, garantía de consolidación y supervivencia de la cobertura vegetal y garantía de que el sistema instalado no causara efectos adversos al techo o fallas en su sistema de drenaje.

d. Recomendaciones (Continuidad operativa)

Desagües. Los puntos que más comúnmente se son susceptibles a presentar fallas en su operación son los desagües. Se debe asegurar que todos los puntos de drenaje tengan un tratamiento especial que consiste en una caja de inspección que permita la inspeccionabilidad, y una rejilla tipo cúpula que atrape hojas u otros elementos extraños sin que se obstruya el paso del agua. Las tapas y rejillas se puedan remover en caso de que se requieran reparaciones futuras. Además deberán protegerse para evitar taponamiento u obstrucción por la acumulación de basura o residuos vegetales. No se podrán emplear rejillas planas convencionales.

Detección de filtraciones. Se deberá facilitar la detección de los posibles puntos de filtración en caso de que se lleguen a presentar. Se pueden emplear mecanismos eléctricos de detección de filtraciones, pero el método más económico y viable consiste en disponer y separar claramente zonas de desagüe mediante el desarrollo de pendientes, de tal manera que en el evento de que se dé una filtración, se pueda delimitar la zona de búsqueda y facilitar la ubicación del punto exacto por el que se presentó para efectuar las respectivas reparaciones. En cubiertas verdes con pendientes menores a 2% y/o zonas de desagüe con un área mayor a 100 m² la detección de filtraciones se dificulta, por lo cual en estos casos se recomienda el empleo de mecanismos eléctricos de detección de filtraciones.

Reparaciones. Cuando se practiquen reparaciones, se deben emplear materiales compatibles con los materiales originalmente instalados. Se debe garantizar que después de hechas las reparaciones, la totalidad del Techo Verde continuará operando con un desempeño óptimo.



3.1.3. Requerimientos mínimos relacionados con el inmueble a intervenir

3.1.3.1. Integridad del inmueble

a. *Propósito (Integridad del inmueble)*

Garantizar que el Techo Verde no afecte la integridad estructural y física de la totalidad del inmueble.

b. *Aspectos clave (Integridad del inmueble)*

- Capacidad estructural del techo del inmueble.
- Capacidad estructural del inmueble.
- Cargas vivas y cargas muertas del Techo Verde en estado saturado.
- Prevención de incendios.

c. *Propiedades y unidades a considerar (Integridad estructural del inmueble)*

- Capacidad de carga de la estructura del techo (kg/m^2).
- Capacidad de carga de elementos estructurales principales (kg , kg/m).
- Cargas muertas de cada tratamiento de piso del Techo Verde en estado saturado por unidad de superficie (kg/m^2).
- Cargas muertas puntuales de elementos individuales pesados del Techo Verde (kg).
- Cargas vivas del Techo Verde (kg/m^2).
- Cargas de uso del Techo Verde (kg/m^2).
- Aislamiento de la vegetación de posibles fuentes de ignición (m).
- Barreras corta fuego (m).

d. *Requisitos (Integridad estructural del inmueble)*

-Cálculo de cargas vivas y muertas totales del Techo Verde a implementar en estado saturado. Se debe considerar el peso de todos los componentes estables y activos a emplear, y el incremento de carga viva producido por el agua almacenada en la totalidad de componentes y capas del sistema. En ausencia de información sobre la densidad de los materiales del sustrato a emplear se debe asumir un valor de 2.000 kg/m^3 sin compactar y en estado seco.

-Para edificaciones nuevas: Cálculo estructural de la estructura del inmueble para soportar las cargas del Techo Vivo propuesto en cumplimiento con las disposiciones de la Norma NSR10.

-Planos de distribución del Techo Verde sobre los elementos estructurales de la cubierta.

-Para edificaciones existentes: Valoración estructural por parte de un ingeniero o arquitecto quien debe determinar la viabilidad de la implementación del Techo Verde. Para la validación de la implementación se deberá tener el cálculo de las cargas en estado saturado. En caso de que el techo no sea transitable se debe considerar al menos una carga viva de 180 kg/m^2 para las actividades de mantenimiento. El profesional a cargo deberá realizar como mínimo una inspección presencial al inmueble y analizar los planos record de construcción de la estructura de la cubierta en caso de que los hubiere. Si el profesional lo considera necesario por ausencia de información, se podrán practicar ensayos físicos no destructivos o destructivos dependiendo de las características de la edificación, garantizando siempre la integridad del inmueble y los usuarios y cumpliendo con las medidas respectivas de seguridad y protección. La validación de la implementación debe realizarse por escrito en los siguientes casos:



- Para todos los inmuebles anteriores a la NRS-98 que implementen de manera total o parcial un Techo Verde. Se exceptúan los Techos Verdes autorregulados livianos y moderados.
- Para inmuebles declarados patrimonio arquitectónico que implementasen de manera total o parcial un sistema de Techo Verde, sin importar el tamaño del área de intervención.
- Para todos los inmuebles existentes que implementasen de manera total o parcial un sistema de Techo Verde ajardinado, Techo huerto o Techo ecológico especializado.

En caso de que el concepto estructural sea desfavorable, se podrá implementar un Techo Verde, únicamente después de efectuados los cálculos respectivos y trabajos de refuerzo necesarios a la estructura del inmueble en conformidad con la norma sísmica colombiana NSR10.

-Inclusión de gárgolas o rebosaderos en todos los Techos Verdes implementados en Bogotá D.C, para evitar superar las cargas previstas en el cálculo estructural en el evento de presentarse inoperatividad de los desagües. La localización de dichos rebosaderos y la disposición de las aguas evacuadas por este medio son responsabilidad del diseñador del Techo Verde y del usuario de la presente guía.

-Prevención y control de incendios. Los materiales empleados en las superficies de las zonas duras requeridas y los filtros perimetrales deberán ser materiales no combustibles. En caso de que existan equipos o elementos inflamables en el techo, la cobertura vegetal deberá separarse al menos 2 metros de estas fuentes y en el medio se deberá emplear un tratamiento de piso no combustible, o en su defecto deberán emplearse barreras corta fuego para aislar la fuente de la cobertura vegetal. En el evento de emplear vegetación resinosa o pastos en zonas propensas a incendios naturales, deberán incluirse barreras corta fuego cada 40 metros lineales. Las barreras corta fuego pueden ser muretes de ladrillo o concreto que separen los elementos del sistema, o superficies horizontales no vegetadas de al menos 1 metro de ancho.

e. **Recomendaciones (Integridad del inmueble)** ✓

Componentes activos. Para evitar la propagación del fuego en el techo se debe evitar instalar medios de crecimiento con alto contenido de materia orgánica. En áreas donde se han registrado incendios forestales, se recomienda emplear plantas suculentas no inflamables y evitar el uso de pastos y plantas resinosas.

Granizo. Después de un evento pluvial con un volumen significativo de granizo se pueden afectar el drenaje y la vitalidad del Techo Verde. En estos casos se recomienda realizar irrigación activa sobre la cubierta para acelerar el proceso de descongelamiento del granizo y reducir los posibles daños. Aunque no se requiere irrigación activa en Techos Verdes autorregulados, se recomienda instalar una red que opere únicamente en estos casos o en épocas de sequías excepcionales. Esta red de riego debe estar diseñada para que el Techo Verde pueda quedar totalmente saturado en un lapso de tres horas.

Gárgolas o rebosaderos. La altura de desagüe de los rebosaderos deberá ser el nivel en el cual la cantidad de agua retenida supere la hipótesis de carga considerada para el diseño estructural o por debajo del nivel de rasante del medio de crecimiento. En los planos de construcción deberá indicarse el nivel de referencia sobre un elemento o punto fijo del inmueble.

3.1.3.2. Compatibilidad funcional con el inmueble

a. **Propósito (Compatibilidad funcional con el inmueble)** □

Evitar que el Techo Verde interfiera con el funcionamiento óptimo del inmueble y demás componentes técnicos del techo.

b. **Aspectos clave (Compatibilidad funcional con el inmueble)** ●

- Evacuación de aguas lluvias.
- Acceso y tránsito para el sistema de limpieza de fachadas.
- Áreas libres para instalación de los equipos necesarios.
- Acceso y tránsito para la instalación y el mantenimiento de equipos en cubierta.



-Compatibilidad con otros requerimientos funcionales específicos de cada inmueble.

c. Propiedades y unidades a considerar (Compatibilidad funcional con el inmueble) ⓘ

- Cantidad y tipo de puntos de desagües requeridos.
- Áreas de equipos requeridas.
- Áreas de tránsito requeridas (m²).

d. Requisitos (Compatibilidad funcional con el inmueble) ✓

- Cálculo y diseño de la red de evacuación de aguas. Se debe garantizar el correcto desempeño del sistema de evacuación de aguas lluvias de la cubierta mediante la ubicación estratégica de bajantes y canales, y el correcto desarrollo de las pendientes teniendo en cuenta el área de intervención, la capacidad de drenaje del sistema y la máxima intensidad de lluvia.
- Planimetría de distribución de equipos en el techo.
- Planimetría de distribución de áreas de tránsito requeridas para mantenimiento de equipos y fachada del inmueble.

e. Recomendaciones (Compatibilidad funcional con el inmueble) ✓

Se deben tomar las medidas necesarias para prevenir daño para cualquier componente del Techo Verde por descarga de líquidos empleados para el mantenimiento de equipos o de la fachada. Se recomienda aislar el Techo Verde con zonas de tránsito duras con un ancho de al menos 80 cm. No se deben emplear elementos químicos fitotóxicos.

3.1.4. Requerimientos mínimos relacionados con los componentes de la estructura ecológica principal de la cual hace parte el inmueble intervenido

3.1.4.1. Conectividad ecológica

a. Propósito □

Integrar ecológicamente el Techo Verde a los elementos de la estructura ecológica principal establecidos por el POT

b. Aspectos clave ☀

- Integración ecológica con la fauna y la flora local.
- Adaptación a las condiciones locales ambientales.

c. Propiedades y unidades a considerar ⓘ

- Extensión de hábitat natural para la biota local (m²).

d. Requisitos ✓

- Las especies vegetales que conforman la cobertura vegetal del Techo Verde deben ser endémicas o adaptadas, con el fin de propiciar el equilibrio ecológico.



-Para intervenciones cuya carpeta vegetal sea de más de 1000 m² se deberá realizar un estudio de impacto ecológico que analice los aspectos de integración ecológica mencionados.

e. Recomendaciones ✓

Los Techos Verdes son pequeños ecosistemas inducidos que deben integrarse armónicamente al macro ecosistema local y a la estructura de zonas verdes y elementos naturales de la ciudad. La cubierta verde deberá diseñarse para propiciar impactos positivos en los ecosistemas de los cuales hacen parte mediante la reconstitución de los microclimas naturales, la creación de hábitats para la flora local y la articulación con los corredores de vida silvestre de la ciudad. Se deberá dar mayor prioridad a las especies locales en riesgo de extinción y desplazadas por procesos de urbanización o cualquier actividad humana.

Se deben evitar a toda costa, las especies vegetales invasivas tanto foráneas como endémicas. Aunque muchas especies CAM no son endémicas, algunas adaptadas se consideran adecuadas para su uso en Bogotá dado que no son invasivas y no tienen capacidad para competir con las especies endémicas por fuera de las condiciones especiales de los Techos Verdes. Incluso si estas especies salen del techo, es muy poco probable que puedan establecerse. Profesionales con experticia y experiencia en vegetación para Techos Verdes deben asesorar la elección de dichas especies.

No todas las especies vegetales endémicas son apropiadas desde el punto de vista la biodiversidad, dado que algunas de ellas pueden presentar comportamiento invasivo y por su adaptación especializada al medio ambiente local tienen ventaja sobre otras especies.

3.1.4.2. Servicios ambientales prioritarios

a. Propósito □

Priorizar la generación de servicios ambientales de acuerdo a las deficiencias ambientales del área urbana donde se localiza el inmueble.

b. Aspectos clave ●

Identificación y priorización de las problemáticas ambientales.

c. Propiedades y unidades a considerar ⓘ

Efecto de isla de calor
Contaminación del aire por material particulado.
Contaminación del aire por gases nocivos.
Exceso de aguas de escorrentía.
Exceso de ruido.

d. Requisitos ✓

Identificación y priorización de las problemáticas ambientales y diseño del Techo Verde para priorizar las funciones que generan servicios ambientales que solucionan estas problemáticas.

Efecto de isla de calor: Estrategias para aumentar el índice de evapotranspiración del Techo Verde.



Contaminación del Aire: Maximización del área a vegetalizar en el Techo y empleo de especies vegetales con alta cantidad de superficie foliar

Exceso de aguas de escorrentía: Estrategias para aumentar la capacidad de retención de agua del Techo Verde y reducir el caudal.

Exceso de ruido: Empleo de materiales y especies vegetales fono aislantes.



4. Prestaciones recomendadas

4.1. Prestaciones especiales

4.1.1. Ligereza

a. *Propósito (Ligereza)*

Prestación de los Techos Verdes autorregulados cuyo peso total en estado saturado es inferior a 80 Kg/m². Esta prestación especial se encuentra recomendada para la implementación en edificaciones con restricciones en su capacidad estructural o en aquellas donde se desconoce el panorama de cargas original de la edificación y se realiza la valoración de un ingeniero o arquitecto con conocimientos de cálculo estructural.

b. *Aspectos clave (Ligereza)*

Densidad de materiales a emplear.

Espesor de los componentes y de los sistemas de Techo Verde en conjunto

c. *Propiedades y unidades a considerar (Ligereza)*

Capacidad de resistencia a la compresión Kg/m²

d. *Requisitos (Ligereza)*

Validar el peso de cada uno de los componentes en su estado crítico y procurar el empleo de materiales ligeros en cada uno de los componentes independiente del tipo de sistema de Techo Verde implementado.

e. *Recomendaciones*

Se recomienda el desarrollo del medio de crecimiento en donde es necesario emplear agregados minerales livianos e.g. piedra pómez, escoria, arcilla expandida, perlita expandida, vermiculita entre otros, y cuya capacidad de absorción y retención de agua se baja. El volumen de agua en exceso se recomienda que sea evacuado de manera efectiva y en el menor tiempo posible, no se recomienda el estancamiento de agua como medio de hidrorretención.

4.1.2. Autorregulación y bajo mantenimiento

a. *Propósito (Autorregulación y bajo mantenimiento)*

La autorregulación es una prestación especial que hace referencia a la capacidad que tiene un Techo Verde para regularse así mismo con base a la relación establecida entre los componentes activos y estables de un sistema. El propósito de esta prestación es obtener durante el ciclo de vida del Techo Verde una baja demanda de mantenimiento relacionado con los procesos de riego, fertilización, poda, resiembra entre otros.



b. Aspectos clave (Autorregulación y bajo mantenimiento)

Demandas hídricas según especie vegetal.
Estrategias morfo-fisiológicas para tolerancia al estrés hídrico
Estrategias de reproducción vegetal
Evolución y estabilidad físico-química de los sustratos en el tiempo.

c. Propiedades y unidades a considerar (Autorregulación y bajo mantenimiento)

Volumen de agua requerido (lts) y valores nutrientes mayores y menores.

d. Requisitos (Autorregulación y bajo mantenimiento)

Es necesario un conocimiento de las propiedades y características de los componentes activos del sistema (*cobertura vegetal y medio de crecimiento*) de Techo Verde que permitan una estabilidad de las condiciones físico-químicas en el tiempo y reduzca las demandas hídricas y de fertilización.

e. Recomendaciones (Autorregulación y bajo mantenimiento)

Se recomienda el empleo de especies vegetales que tengan desarrolladas estrategias morfo-fisiológicas que le permitan tolerar el estrés hídrico y estrategias de reproducción y crecimiento vegetal que faciliten su establecimiento continuo durante el ciclo de vida del Techo Verde.

4.1.3. Aislamiento térmico especial

a. Propósito (Aislamiento térmico especial)

Emplear sistemas de Techos Verdes como estrategia bioclimática para aumentar la resistencia térmica de la cubierta y evitar ganancias térmicas al interior de las edificaciones. El propósito de esta prestación evitar el consumo energético en sistemas mecánicos de acondicionamiento de temperatura al interior de los edificios.

b. Aspectos clave (Aislamiento térmico especial)

Conductividad térmica de los componentes del sistema de Techo Verde
Resistencia térmica de los componentes y del sistema
Espesor del sistema de Techo Verde

c. Propiedades y unidades a considerar (Aislamiento térmico especial)

Conductividad Térmica: $W/m^2\ ^\circ C$ (Sistema internacional), $Btu / Ft^2 h\ ^\circ F$ (Sistema ingles)
Resistencia Térmica (R): $m^2\ ^\circ C / W$ (Sistema internacional), $Ft^2 h\ ^\circ F / Btu$ (Sistema ingles)

d. Requisitos (Aislamiento térmico especial)



5. Fases del ciclo de vida de un sistema de Techo Verde

5.1. Planeación de un Techo Verde

Esta fase comprende los estudios y diseños necesarios para selección el tipo adecuado de sistema de Techo Verde a implementar y garantizar los requerimientos mínimos de la presente guía.

Se considera un proceso necesario para áreas de intervención de más de 100m². Esta etapa consiste en mediciones, ensayos, recopilación de información, especificaciones del sistema seleccionado y la información planimétrica necesaria para ejecutar la instalación. Se deberá coordinar información de diferentes disciplinas con el fin de validar las decisiones técnicas tomadas para cumplir con el propósito del Techo Verde, y garantizar su correcto funcionamiento bajo las condiciones ambientales presentes y las características del edificio u obra de infraestructura a intervenir. La coordinación se debe realizar con los siguientes diseños y estudios técnicos de la edificación:

- Diseño arquitectónico
- Diseño estructural
- Diseño hidrosanitario.

Pueden realizarse coordinaciones complementarias con otros estudios como lo son diseño bioclimático, diseño de aire acondicionado, diseño paisajístico, entre otros.

Para proyectos de más de 1000 m² deben existir especificaciones que expliquen el cumplimiento de los requerimientos y características técnicas objeto de la presente guía según el tipo de sistema de Techo Verde a implementar.

Disciplinas involucradas en el proceso: El personal mínimo requerido para la intervención estará conformado por un responsable de la parte técnica del inmueble y un responsable del funcionamiento del sistema del Techo Verde y la cobertura vegetal. Para cumplir dicho objetivo el personal idóneo que pueden estar involucrado puede tener las siguientes profesiones o especialidades: Arquitecto, Paisajista, Ecólogo o Biólogo, Ingeniero Civil o Hidráulico. En caso de tener otra profesión o especialidad se deberá certificar experiencia en la ejecución de proyectos de estas características.

Los estudios preliminares y especificaciones acá referidas, deberán garantizar la compatibilidad del sistema de Techo Verde con 1) el edificio, 2) el propósito del sistema y 3) las condiciones climáticas y medioambientales en el lugar de instalación.

Información previa requerida

En la etapa de estudio preliminar se deberá recolectar la siguiente información del inmueble a intervenir, el propósito del Techo Verde y los factores ambientales del lugar de implementación como se relaciona a continuación:

- a) Características técnicas del inmueble a intervenir.
 - Generales
 - Localización y fecha de construcción
 - Uso del edificio
 - Periodo de vida útil del edificio
 - Accesibilidad
 - Área a intervenir
 - Requerimientos para edificaciones existentes
 - Futuras intervenciones o ampliaciones al inmueble.



- Estática.
 - Posibilidades de implementación del sistema de Techo Verde de acuerdo al tipo de sistema estructural del edificio.
 - Requerimientos de la NSR-10 o norma sísmica vigente en la construcción.
 - Ubicación de elementos estructurales de la cubierta
 - Capacidad de carga de la estructura de soporte
 - Carga máxima admisible
 - Cargas muertas
 - Cargas vivas
 - Posibles movimientos del edificio
 - Tipo o sistema constructivo de cubierta.
 - Pendiente de la cubierta.
 - Accesibilidad a la cubierta.
 - Red de suministro de agua.
 - Red eléctrica.
 - Red de evacuación de aguas lluvias.
 - Orientación y asolación
 - Construcción
 - Altura del nivel de instalación
 - Rutas de acceso a la cubierta.
 - Requerimientos de seguridad industrial.
 - Equipo requerido
 - Secuencia de construcción
- b) Propósito del Techo Verde:
- Clasificación primaria y secundaria
 - Tiempo de vida útil esperada
 - Transitabilidad
 - Perfil del usuario
 - Requerimientos de mantenimiento
 - Elementos complementarios requeridos (mobiliario, áreas o superficies transitables, etc.)
- c) Factores climáticos y medioambientales:
- Intensidad y duración de exposición solar
 - Precipitación anual y mensual
 - Intensidad de lluvia
 - Cantidad de eventos de lluvia al año
 - Temperatura promedio del aire mínima y máxima
 - Humedad relativa
 - Frecuencia dominante del viento
 - Velocidad del viento
 - Mes del año con mayor número de días de lluvia
 - Mes del año con menor número de días de lluvia

La información recopilada en el estudio preliminar deberá definir requerimientos de diseño para el sistema de Techo Verde como se indica a continuación:

- a) Requerimientos de diseño relacionado con edificaciones nuevas y existentes:



- Hipótesis de carga admisible.
 - Pendientes requeridas.
 - Estanqueidad.
 - Manejo de aguas lluvias.
 - Estrategias anti-erosión por deslizamiento y viento para sistemas de Techo Verde planos e inclinados
 - Acceso para actividades de mantenimiento de la cubierta, equipos o fachadas.
- b) Requerimientos de diseño relacionados con la cobertura vegetal.
- Porte (Altura de crecimiento).
 - Profundidad de medio de crecimiento requerido.
 - Crecimiento y reproducción.
 - Sistema radicular.
 - Requerimientos nutricionales
 - Requerimientos hídricos
 - Periodo de tolerancia a la sequía

5.2. Preparación para la implementación de un Techo Verde

Esta fase debe verificar las propiedades y características de los materiales y componentes especificados, la preparación de los componentes compuestos y la selección y producción de la cobertura vegetal.

Comité pre-construcción.

- Presentar al equipo técnico y los expertos de las diferentes disciplinas. Al menos, un arquitecto o ingeniero, y un experto en horticultura o vegetación o biólogo.
- Revisión de la documentación técnica: Planos y especificaciones técnico constructivas. Desarrollar, identificar y resolver conflictos, contradicciones u omisiones en la documentación técnica.
- Plan del sitio (Campamento, acopio, acceso, personal, cronograma, horario de trabajo, retiro de materiales de desecho etc.)
- Garantizar que las actividades civiles han finalizado antes de comenzar la instalación de la cubierta verde
- Estrategias para garantizar la integridad de la membrana de impermeabilización durante la construcción.

5.3. Implementación de un Techo Verde

La fase de instalación define la secuencia de actividades en sitio que deben desarrollarse para la puesta en funcionamiento del sistema de Techo Verde especificado. Existen cuatro sistemas de instalación de cubiertas verdes desarrollados a nivel internacional, 1) Sistema de instalación multicapa monolítico o elevado, 2) Sistema de instalación tipo receptáculo o modular, 3) Sistemas de instalación tipo monocapa (presembrados), 4) Sistemas aeropónicos. Sin importar la clasificación, el proceso de instalación de la cubierta verde debe garantizar la correcta interacción de los componentes y elementos para lograr los requerimientos mínimos y la compatibilidad con el inmueble y los factores ambientales y debe cumplir la secuencia de actividades indicadas en la presente guía. Se excluye de esta secuencia los sistemas aeropónicos actualmente no desarrollados en la ciudad de Bogotá.

- a) Requisitos previos de seguridad.

Todas las actividades de instalación de sistemas de Techos Verdes en la ciudad deben cumplir con los protocolos de seguridad industrial exigidos en la construcción, el personal debe contar con la dotación de Elemento de Protección Personal- EPP, y las



actividades que tengan un riesgo de caída de una altura mayor a 1.5m., deberán cumplir con procedimientos y medidas de seguridad colectivas e individuales para trabajos en altura. Aplican todas las normas nacionales o distritales en la materia.

b) Requisitos previos a la instalación.

Acabados de placa o superficie de instalación.

El acabado de la placa o superficie sobre la cual se va a instalar la membrana debe ser homogéneo, sin sobresaltos o fisuras que puedan generar daño mecánico a la capa de impermeabilización o producir estancamientos o infiltraciones de agua.

Pendientes

Con el fin de garantizar un adecuado drenaje del sistema y evitar posibles estancamientos de agua que pudiesen afectar los puntos críticos de la impermeabilización, es indispensable tener pendientes hacia los desagües de al menos 2%. Estas pendientes pueden ser logradas mediante la inclinación de la placa o superficie de soporte o mediante mortero de nivelación el cual deberá ser reforzado y deberá tener dilataciones con el fin de evitar agrietamientos producto de los cambios dimensionales como resultado de fluctuaciones de temperatura. En caso de que el sistema de Techo Verde no solicite este requisito previo para su instalación, el instalador deberá presentar carta de responsabilidad sobre las cargas vivas adicionales que por concepto de agua puedan generarse en la cubierta.

Red de evacuación de aguas lluvias

La red de evacuación del agua lluvia de la cubierta estará conformada por desagües puntuales en el caso de sifones o desagües lineales en caso de canales o vigas canales. Para las dos situaciones se debe evitar que la cobertura vegetal tenga acceso a ellas y generar los medios para su inspección periódica. Se deberán prever soscós o rejillas de protección a los desagües para evitar el ingreso de materiales a la red que puedan ocasionar taponamiento. Para los sistemas lineales de desagüe se deben contemplar la instalación de reboses como medida complementaria de evacuación en caso de colmatación por granizo en las canales.

c) Instalación.

Impermeabilización y barreras anti raíz

Previo a la instalación de la membrana de impermeabilización anti-raíz se debe hacer una revisión del estado de la placa o superficie de soporte, revisando las características de acabado, las áreas perimetrales de remate vertical, medias cañas o chaflanes, juntas de construcción o dilatación entre otros. La capa de impermeabilización deberá instalarse de manera monolítica y uniforme a lo largo de la superficie total del techo a intervenir, incluso en las áreas no vegetalizadas. El sistema de impermeabilización recomendado deberá ser de material sintético y preferencialmente ausente de asfalto y bitumen, ya que estos materiales usualmente contienen materia orgánica que atrae las raíces, generando futuras perforaciones a la capa de impermeabilización. En el evento de existir contenido de asfalto será necesario que el manto impermeabilizante esté tratado químicamente con un inhibidor de raíces o incluir barreras de protección anti-raíz que protejan la membrana o sistema de impermeabilización.

La capa de impermeabilización deberá instalarse cuando se hayan culminado otras actividades que puedan significar tránsito por la cubierta. No se deberán efectuar otras actividades de construcción de manera simultánea a la instalación de la impermeabilización, esto con el fin de evitar daños mecánicos.

Después de instalado el sistema de impermeabilización es necesario efectuar una prueba que permita garantizar la estanqueidad en todas las áreas de la cubierta, incluso en las zonas no vegetalizadas de filtros y recorridos de mantenimiento. La prueba deberá realizarse antes de la instalación de las rejillas de protección en los desagües y antes de la instalación del cielo raso en el piso inferior.

Antes de realizar la prueba se deberá hacer una inspección visual de toda la cubierta para identificar y reparar posibles deficiencias en la instalación o daños ocurridos durante la misma.

Después de la inspección visual, se deberán bloquear y sellar con tapones temporalmente todas las bajantes de la cubierta y se procederá a inundar con agua hasta alcanzar una altura de la lámina de agua de 5 cm por encima de los puntos más altos del mortero de pendiente. Este nivel de inundación no podrá superarse porque esto puede significar un sobrepeso que supere las hipótesis de carga contempladas en el diseño estructural. El agua deberá mantenerse en la cubierta durante 48 horas. Durante estas 48 horas se deberá realizar un seguimiento riguroso de las condiciones meteorológicas y en el evento de presentarse lluvia



se deberán quitar los tapones para permitir la evacuación del agua lluvia y evitar sobre inundaciones y sobrecargas a la estructura. Se realizarán inspecciones visuales en el piso inferior para identificar filtraciones y efectuar las reparaciones respectivas.

Se debe consignar el protocolo de la prueba, los resultados y los responsables presentes en un formato que será firmado por los profesionales involucrados en el desarrollo de esta actividad.

Elementos auxiliares y protección de desagües

Se deberán instalar elementos auxiliares que permitan la transición entre las aéreas con cobertura vegetal, las áreas transitables y los filtros de desagües o elementos emergentes en la cubierta. Estos elementos deben estar realizados en materiales resistentes a condiciones de intemperie y humedad y deben cumplir las siguientes funciones:

- Contención del sistema de Techo Verde
- Separación entre diferentes tratamientos de acabado en cubierta

Los elementos auxiliares deben evitar perforaciones en la membrana de impermeabilización y en caso de requerir algún tipo de fijación a la cubierta se debe tratar como punto singular de impermeabilización y garantizar que no se darán filtraciones en estos puntos.

Medios de drenaje

El medio de drenaje se instala sobre la membrana de impermeabilización y bajo el área ocupada por el medio de crecimiento de manera continua, si se desea también puede extenderse a las áreas perimetrales de material de filtro. Se debe garantizar que en la instalación de estos componentes no se generen obstrucciones en la evacuación del agua lluvia. Dependiendo del tipo de medio de drenaje se debe prever los cuidados respectivos del tránsito para la instalación de las capas superiores.

Barreras filtrantes

El geotextil o barrera filtrante deberá extenderse en franjas garantizando traslapes de mínimo 15 cms. En los bordes y remates laterales conformados por perfiles de transición o cajas de protección de sumideros el geotextil deberá ajustarse a lo largo de la estos elementos.

Las franjas de geotextil instaladas deberán lastrarse temporalmente con sacos de arena o gravilla para evitar efectos de desplazamiento o succión causados por el viento.

Medios de crecimiento

El sustrato deberá fabricarse en conformidad con la dosificación y granulometría adecuada de cada componente y deberá mezclarse en estado seco con medios mecánicos para garantizar uniformidad y distribución granulométrica homogénea.

Por cada 5 m³ de sustrato fabricado se deberán tomar dos muestras de 3 kg. Las muestras deberán marcarse con la fecha de recolección, el tipo de sustrato, la dosificación de componentes y el área de la cubierta verde donde será instalado. Una de las muestras deberá ser sometida a ensayos para verificar niveles óptimos de Ph, Conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, volumen de aire, nutrientes mayores y nutrientes menores. La muestra restante deberá almacenarse como testigo para futuros análisis o como reserva en caso de pérdida de los resultados del análisis de laboratorio de la primera muestra.

El sustrato se deberá colocar y distribuir en dos capas sin compactar en cada una de las áreas a vegetar. La profundidad de esta capa dependerá del tipo de Techo Verde a instalar y el volumen de raíces de las especies seleccionadas en la cobertura vegetal. La primera capa se instala sin ningún proceso de compactación y puede ser equivalente a 1/2 o 1/3 de la profundidad total. Una vez se compacte de manera natural, se aplicará la segunda capa cuya altura será variable y dependerá del grado de asentamiento y compactabilidad del sustrato de tal forma que se obtenga la profundidad necesaria para la siembra de la cobertura vegetal.

Cobertura vegetal

La plantación de las especies designadas según el tipo de Techo Verde podrá realizar por alguno de los siguientes medios:



1. Plantación por esqueje.

Este medio de plantación deberá realizarse durante la etapa de colocación del sustrato como se describió anteriormente. En este caso se deberán colocar esquejes o tallos sanos entre la primera y segunda capa del sustrato, es decir, a 1 cm aproximadamente por debajo de la rasante. Se colocarán mínimo 20 esquejes por cada metro cuadrado según la especie vegetal seleccionada.

2. Plantación por siembra de plantas.

Para esta actividad, el sustrato deberá estar humedecido. La plantación por siembra de plantas deberá hacerse después de finalizada la actividad de colocación del sustrato. Ésta consistirá en practicar orificios con un diámetro y profundidad acorde al tamaño y profundidad de las raíces de la planta. Se deberá colocar la planta en el orificio y fijarla llenando con el sustrato extraído. Bajo ninguna circunstancia se deberá perforar o rasgar el geotextil con las herramientas empleadas.

Según el tamaño de las plantas se deberá determinar la densidad de plantas por m² a sembrar. El proceso de siembra deberá realizarse desde el centro del área hacia los extremos de forma que no exista necesidad de transitar por encima de las plantas sembradas. Durante la siembra, el tránsito no deberá hacerse directamente sobre el sustrato. Los instaladores deberán caminar sobre tablas de mínimo 30 cms. de ancho apoyadas sobre el sustrato para distribuir la carga de manera superficial. Esto evitará que el sustrato se desnivele, y prevendrá daños causados al geotextil. Las plantas deberán tener un proceso de crecimiento previo de mínimo un mes y medio, tener un conjunto de raíces formadas; para su siembra no debe tener la raíz expuesta.

3. Plantación por semilla

La plantación por semilla es una actividad en la cual se esparce un porcentaje en peso de semillas por m² según la especie vegetal y debe ser ligeramente cubierta con sustrato equivalente a 1 ó 2 veces el tamaño de semilla. En el evento de emplearse especies con reproducción por semilla, es necesario emplear mallas plásticas de protección para evitar que las aves o el viento remuevan las semillas. El sustrato debe tener buenas condiciones de humedad durante la siembra y debe ser regada moderadamente durante el proceso de germinación.

En este tipo de plantación se pueden requerir varias semanas o meses antes de que emerja la planta, dependiendo de las condiciones climáticas, las especies propuestas y los niveles de nutrientes mayores y menores en el sustrato.

4. Plantación por medio de tapetes vegetales pre-cultivados.

Este medio de plantación consiste en instalar un tapete compuesto por una estructura de fijación (mallas de soporte) sobre la cual se encuentra una capa de 3 a 4 cm espesor de sustrato sembrado con vegetación de bajo porte. El tapete se debe encontrar en un 75% mínimo de consolidación antes de ser trasladado al lugar final de plantación. En sitio el tapete debe ser instalado sobre una capa de sustrato con buenas condiciones de humedad.

d) Protocolo de entrega instalación sistema de techo verde

Después de instalado el sistema de Techo Verde se deberá protocolizar mediante una ficha técnica que incluya la siguiente información:

Información clave (Ficha Técnica):

- Proveedor del sistema y contacto
- Diseñador y contacto
- Contratista instalador y contacto
- Dueño u Operador responsable del inmueble
- Localización
- Nombre del inmueble y uso
- Tipo de Techo Verde
- Indicar si es transitable o no
- Elementos principales de la estructura ecológica principal más cercanos y localización con respecto al Techo Verde.
- Fecha de prueba de estanqueidad u otro método válido para detección de filtración o fugas en la membrana de impermeabilización



- Grado de mantenimiento requerido – Acuerdo de mantenimiento y periodicidad.
- Fecha prevista de consolidación
- Responsable del mantenimiento
- Resumen del panorama de cargas
- Cuadro de especies vegetales.
- Cumplimiento con las disposiciones de la presente guía

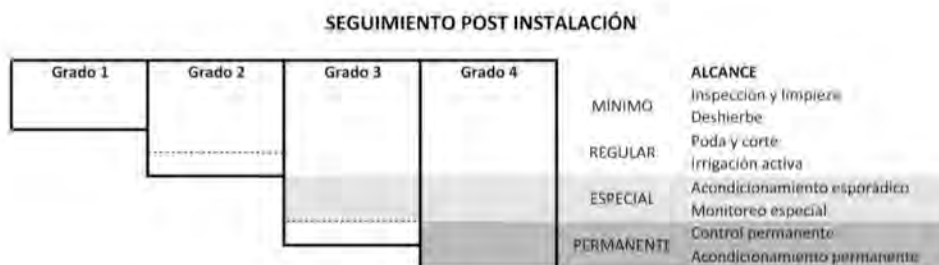
5.4. Seguimiento de un Techo Verde recién implementado

La fase de seguimiento post instalación se realiza desde el momento de entrega del Techo Verde instalado hasta la consolidación de la cobertura vegetal y servicio postventa. El propósito de esta fase es verificar la evolución de las funciones básicas relacionadas con los requerimientos de operatividad del sistema de Techo Verde, las características mínimas de desempeño y su relación con la estructura ecológica principal.

5.5. Mantenimiento de un Techo Verde

La fase de mantenimiento define las actividades de mantenimiento después de la etapa de seguimiento que se encuentran definidas en el manual de operación y mantenimiento que debe ser entregado por el proveedor del sistema de techo verde. Dicho manual debe incluir como información básica los siguientes componentes:

- Requerimientos para la inspeccionabilidad: Accesibilidad y tránsito, iluminación, medidas de seguridad.
- Actividades de mantenimiento y frecuencia.
- Tiempo mínimo de seguimiento post-venta.



Se pueden determinar los grados de mantenimiento según el tipo de actividades que se realizan y como se indica a continuación:

- Seguimiento post instalación grado 1, **mínimo**.
 - Inspección y limpieza mínima esporádica principalmente la revisión de los sumideros, desagües relacionados con la red de evacuación de aguas lluvia. Aplicable a todos los tipos de Techos Verdes.
 - Deshierbe es considerado una actividad de supervisión para la no aparición de especies vegetales no deseadas especialmente durante los primeros meses después de la instalación del sistema de techo verde. Aplicable a todos los tipos de Techos Verdes.
- Seguimiento post instalación grado 2, **regular**.
 - Poda y corte, cuando la vegetación seleccionada tenga un crecimiento que exceda las condiciones previstas en el diseño, o cuando por condiciones de patología deban suprimir las partes enfermas y seguir a la regeneración de sus follajes. Aplicable a todos los tipos de Techos Verdes.
 - Irrigación, debe ser realizada de acuerdo a las demandas hídricas de la cobertura vegetal seleccionada y puede realizarse a través de sistemas de goteo, micro-aspersión o nebulización. El caudal de agua



suministrado a través de este medio no debe superar la capacidad de absorción del medio de crecimiento, esto con el fin de evitar encharcamientos o apozamientos que deterioren los sistemas radicales de la cobertura vegetal. Aplicable a todos los tipos de Techos Verdes.

c) Seguimiento post instalación grado 3, **especial**.

- Acondicionamiento esporádico, cuando se requieren actividades de poda y corte, riego y fertilización de manera esporádica. Estas actividades son propias de los Techos Verdes Ajardinados.
- Monitoreo especial, cuando se requiere un seguimiento especial a las condiciones de fertilización, riego de la cobertura vegetal. Estas actividades son propias de los Techos verdes ajardinados o tipo huerta.

d) Seguimiento post instalación grado 4, **permanente**.

- Acondicionamiento permanente cuando se requieren actividades periódicas de poda y corte, riego y fertilización.
- Fertilización es el proceso mediante el cual se mejoran las capacidades nutricionales del sustrato. Por las profundidades variables de los diferentes tipos de Techos Verdes se recomienda que estos procesos de fertilización sean disueltos en agua.

El manual de mantenimiento debe establecer los procedimientos necesarios y las características de los componentes activos para garantizar la continuidad operativa y la vitalidad del sistema. Debe contemplar procedimiento de replantación, reparación o reemplazo de cualquiera de sus componentes en caso de que sea necesario, también procedimientos para detectar filtraciones.

5.6. Desmonte de un Techo Verde

Procedimiento de desmonte y disposición final de los componentes del Techo Verde deberán realizarse realizando la secuencia de las siguientes actividades:

- Medidas preventivas de seguridad: Garantizar todas las condiciones de seguridad industrial establecidas para la fase de instalación.
- Desmonte y separación de los componentes: Se debe realizar de manera separada iniciando desde la cobertura vegetal hasta llegar a la membrana de impermeabilización. Se debe garantizar que en el proceso de desmonte la cobertura vegetal no quede con las raíces expuestas. Durante el proceso de desmonte se debe prever procesos de clasificación y embalaje para cada uno de los componentes del sistema de Techo Verde.
- Disposición final de los componentes: Cada uno de los componentes puede ser reutilizados más de acuerdo al material en el que se encuentren fabricados.
 - Cobertura vegetal retirada del proceso del desmonte o de los procesos de poda, puede ser reutilizada para repoblar otros techos verdes en la ciudad o zonas verdes a nivel de espacio público.
 - Medio de crecimiento, puede ser enlonado y pasar por un proceso de solarización para eliminar rastros de semillas o insectos que pueden encontrarse en el sustrato desmontado. Este medio de crecimiento puede ser reutilizado en otros Techos Verdes o en otras actividades de siembra.
 - Medio filtrante, por las condiciones de degradación o deterioro que puede tener, este elemento puede ser empleado, según su estado, como elemento de embalaje y separación en el proceso de desmonte.
 - Medio de drenaje, de acuerdo al material en el que se encuentre fabricado este material puede ser reutilizado; en el caso de los medios de drenaje fabricado en plástico reciclable (polipropileno, polietileno, entre otros) pueden ser peletizados para producir nuevos elementos plásticos.

Los restantes componentes del sistema de Techo Verde, barreras anti-raíz, membranas de impermeabilización, deberán tener una disposición final de acuerdo a los materiales en los que se encuentran fabricados y las recomendaciones realizadas por los productores de dicho material.



6. Glosario

Biótico: Referente a los seres vivos.

Bordillos: Estructura que a modo de muro se utiliza para separar superficies a nivel o desnivel con el fin de limitar visualmente o confinar área determinada o separar superficies.

CAM: (Crassulacean Acidic Metabolism Plants). Planta suculenta de baja demanda hídrica cuyos estomas se mantienen cerrados durante el día para reducir la evapotranspiración, y se abren en la noche para capturar dióxido de carbono (CO₂). El CO₂ es almacenado como ácido málico y luego usado para la fotosíntesis durante el día.

Cubierta: Entiéndase techo

Capacidad de retención de agua: Se refiere a la máxima capacidad para almacenar agua de un medio cuando éste se encuentra en estado de compactación o densidad máxima.

Carga muerta: Es la carga permanente que actúa sobre la estructura del techo, producto del peso propio de todos los elementos del sistema de techo verde en estado de saturación, incluyendo la vegetación en su máximo estado de desarrollo.

Carga viva: Es la carga no permanente o variable que actúa sobre la estructura del techo. Incluye el peso total del agua que puede almacenar el sistema, el tránsito de personas y los equipos y elementos auxiliares de mantenimiento.

Colmatación: Es la condición de bloqueo que se da en un medio de drenaje producto de la acumulación de partículas en el mismo, reduciendo la transmitividad hidráulica.

Conductividad Eléctrica: Se refiere a la cantidad de sales disueltas presentes en un líquido y es inversamente proporcional a la resistividad del mismo.

Cubierta verde: Entiéndase techo verde.

Distribución granulométrica: Se refiere a la distribución del tamaño de partículas presentes en un sustrato u otro medio granular.

Drenaje: Flujo de agua.

Estanqueidad: Capacidad de una superficie para evitar el paso del agua a través de sí misma.

Esqueje: son fragmentos de plantas separados con una finalidad reproductiva

Estructura Ecológica Principal: La estructura ecológica es un eje estructural de ordenamiento ambiental, en tanto contiene un sistema espacial, estructural y funcionalmente interrelacionado, que define un corredor ambiental de sustentación, de vital importancia para el mantenimiento del equilibrio ecosistémico del territorio.

Definida como una porción del territorio que se selecciona y delimita para su protección y apropiación sostenible, dado que contiene los principales elementos naturales y construidos que determinan la oferta ambiental del territorio, conformando un elemento estructurante a partir de cual se organizan los sistemas urbanos y rural; es por sus características suelo de protección atendiendo a lo establecido en el artículo 35 de la ley 388 de 1997 y parte del contenido estructural del Plan de Ordenamiento atendiendo al literal 2.2 del artículo 12 de la misma Ley.

Geocompuesto: Producto conformado por dos o más materiales, de los cuales al menos uno es geosintético.

Geosintético: Producto planar fabricado con material polimérico aplicado en geotecnia.

Geotextil: Textil permeable usado en aplicaciones geotécnicas para funciones de separación, filtración, refuerzo, drenaje o protección.



Guía: Léase Guía de Cubiertas verdes de Bogotá D.C.

Granulométrica: Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

Irrigación activa: Irrigación por medio de suministro artificial de agua a través de redes hidráulicas.

Irrigación pasiva: Irrigación natural por medio del agua lluvia o por medio de almacenamiento de la misma en componentes del sistema de techo verde.

Lastre: Acción de colocar peso sobre algo para darle estabilidad. (lastrarse)

Medio de Crecimiento: Medio que proporciona anclaje físico y nutrientes a la vegetación.

Monolítico: Que actúa como un todo de forma continua.

Mortero: mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos y agua, y también, posibles aditivos.

Permeabilidad: Es la tasa de descarga de agua a través de un medio poroso.

Porosidad: Es el volumen de vacío en el sustrato cuando éste está en un estado de densidad media máxima.

Porte: Altura máxima de una planta en su máximo estado de desarrollo.

Porcentaje de elongación: La cantidad de deformación que presenta una muestra bajo tensión durante un ensayo proporciona un valor de la ductilidad de un material.

Punzonamiento: es un esfuerzo producido por tracciones en una pieza debidas a los esfuerzos tangenciales originados por una carga localizada en una superficie pequeña de un elemento bidireccional de hormigón, alrededor de su soporte.

Plantas suculentas: También llamadas plantas grasas o plantas carnosas, son aquellas que han desarrollado tallos u hojas gruesos y carnosos para almacenar agua en sus organismos.

Sustrato: Medio de crecimiento conformado por materiales granulares.

Suelo: Medio de crecimiento natural (tierra)

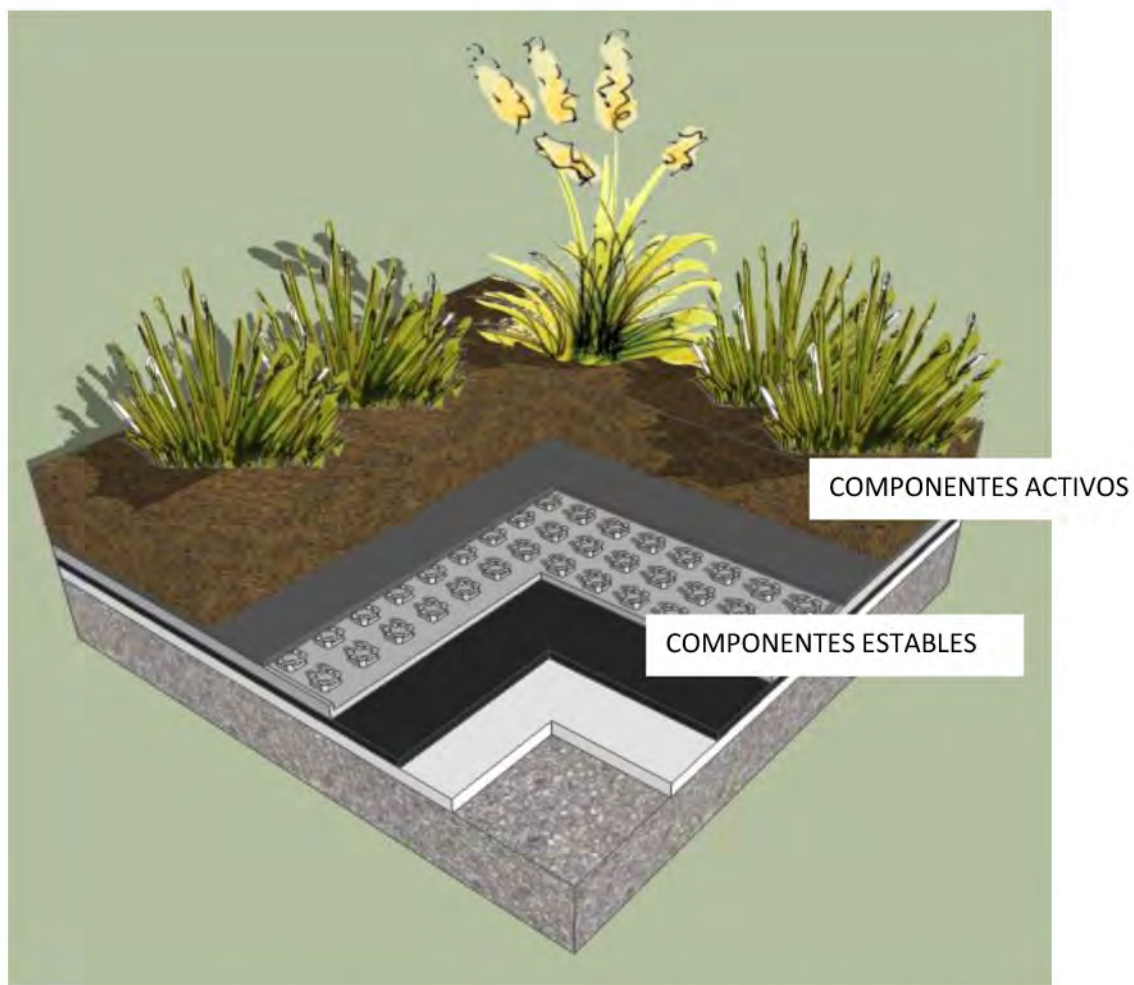
Sistema Fotovoltaico: Sistema que funciona con paneles o módulos fotovoltaicos. Los paneles o módulos fotovoltaicos (llamados comúnmente paneles solares) están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos (electricidad solar).

Sistemas aeropónicos: Se trata de un cultivo donde no se utiliza ningún tipo de sustrato. Las raíces quedan suspendidas dentro del agua.

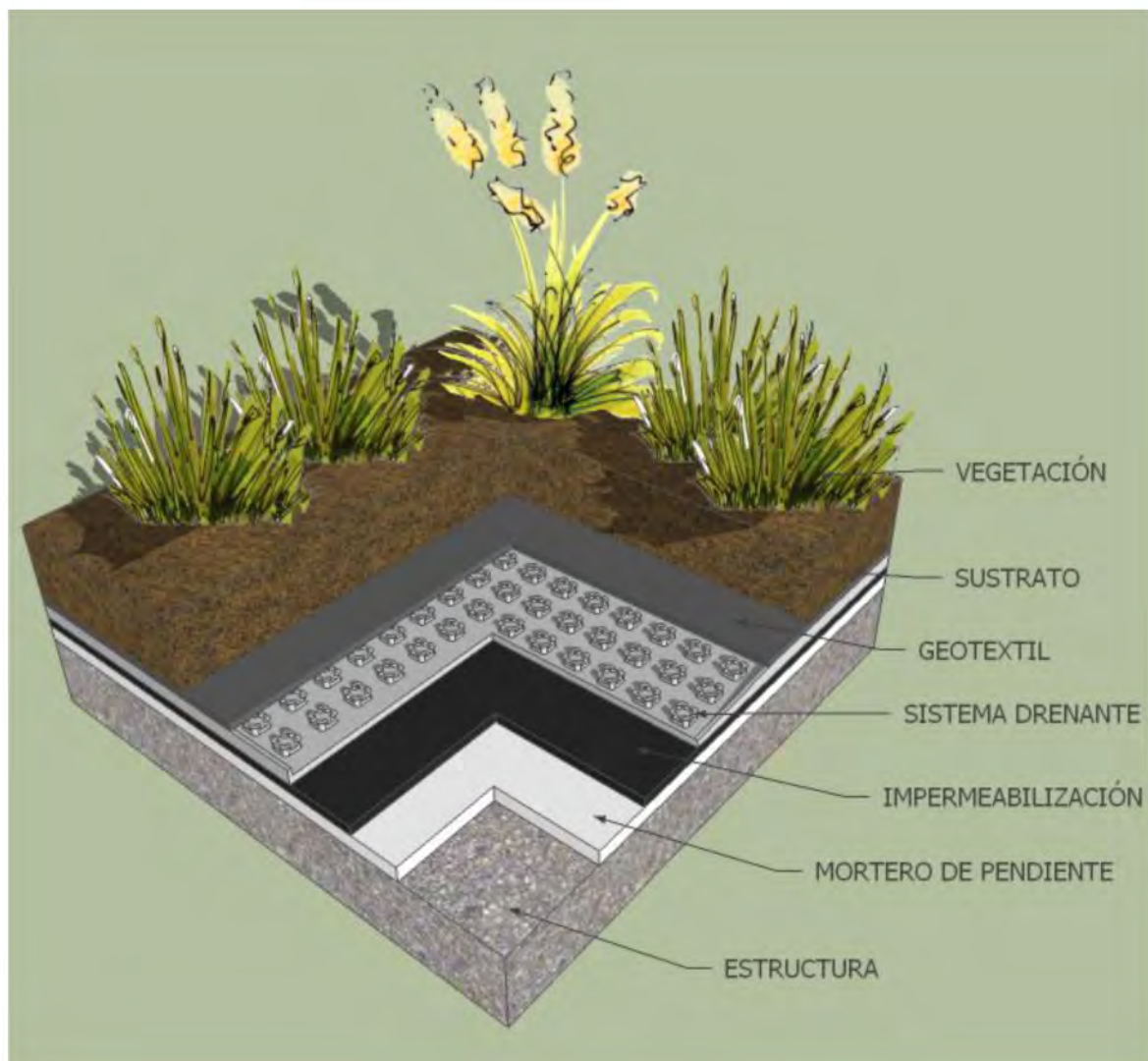
Usuario: Entiéndase usuario de la presente guía



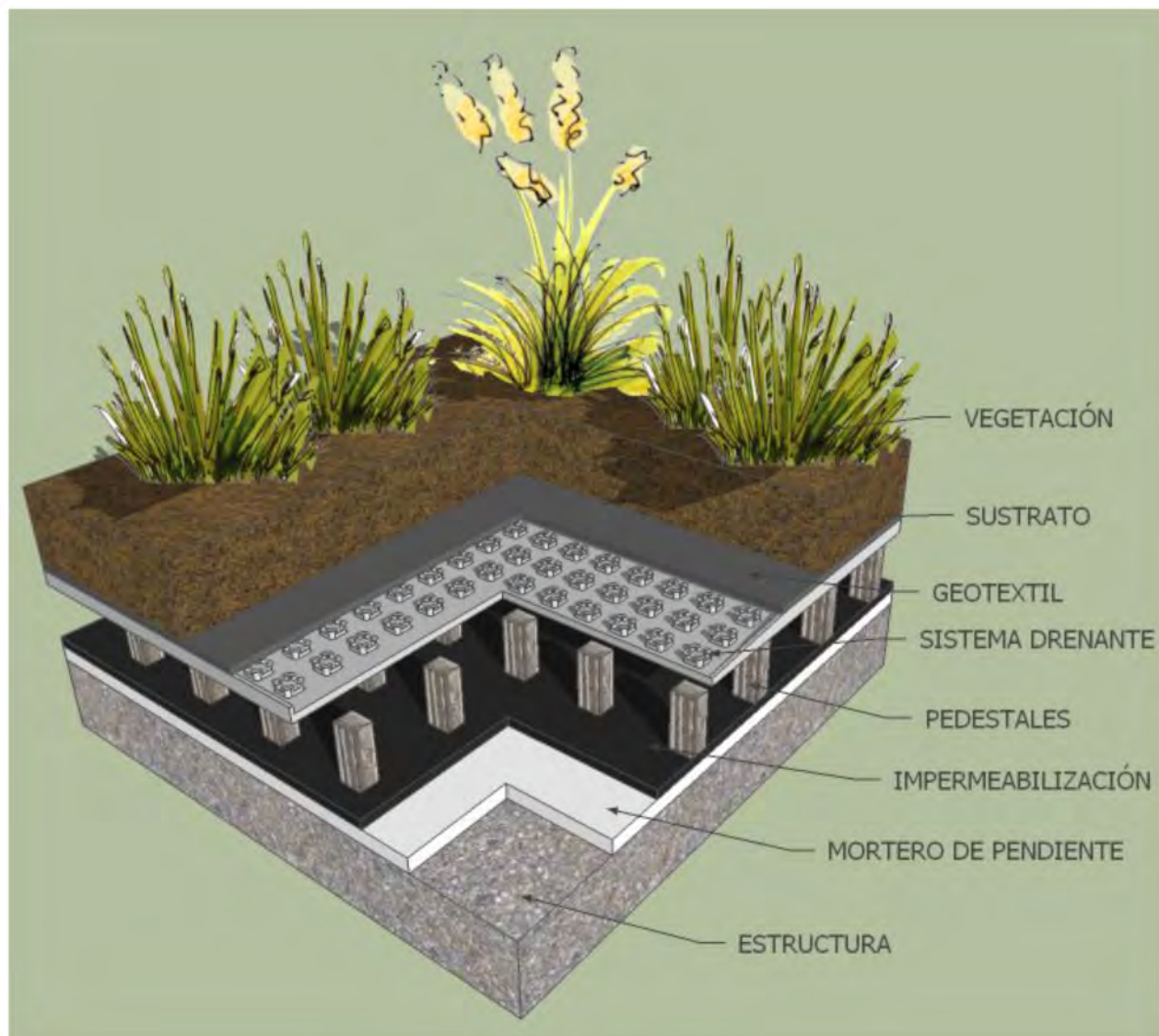
7. Detalles típicos



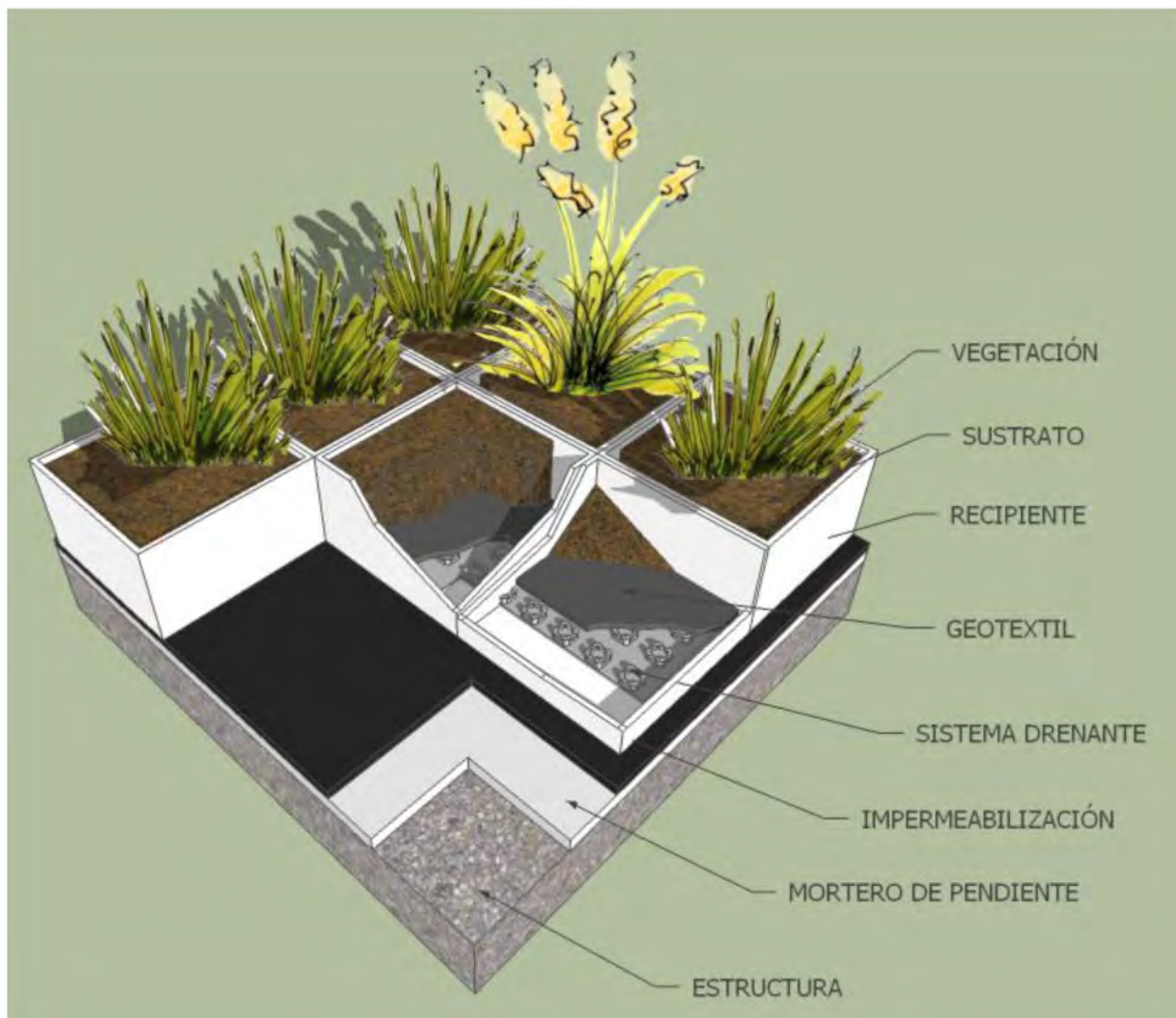
1. COMPONENTES ACTIVOS Y COMPONENTES ESTABLES



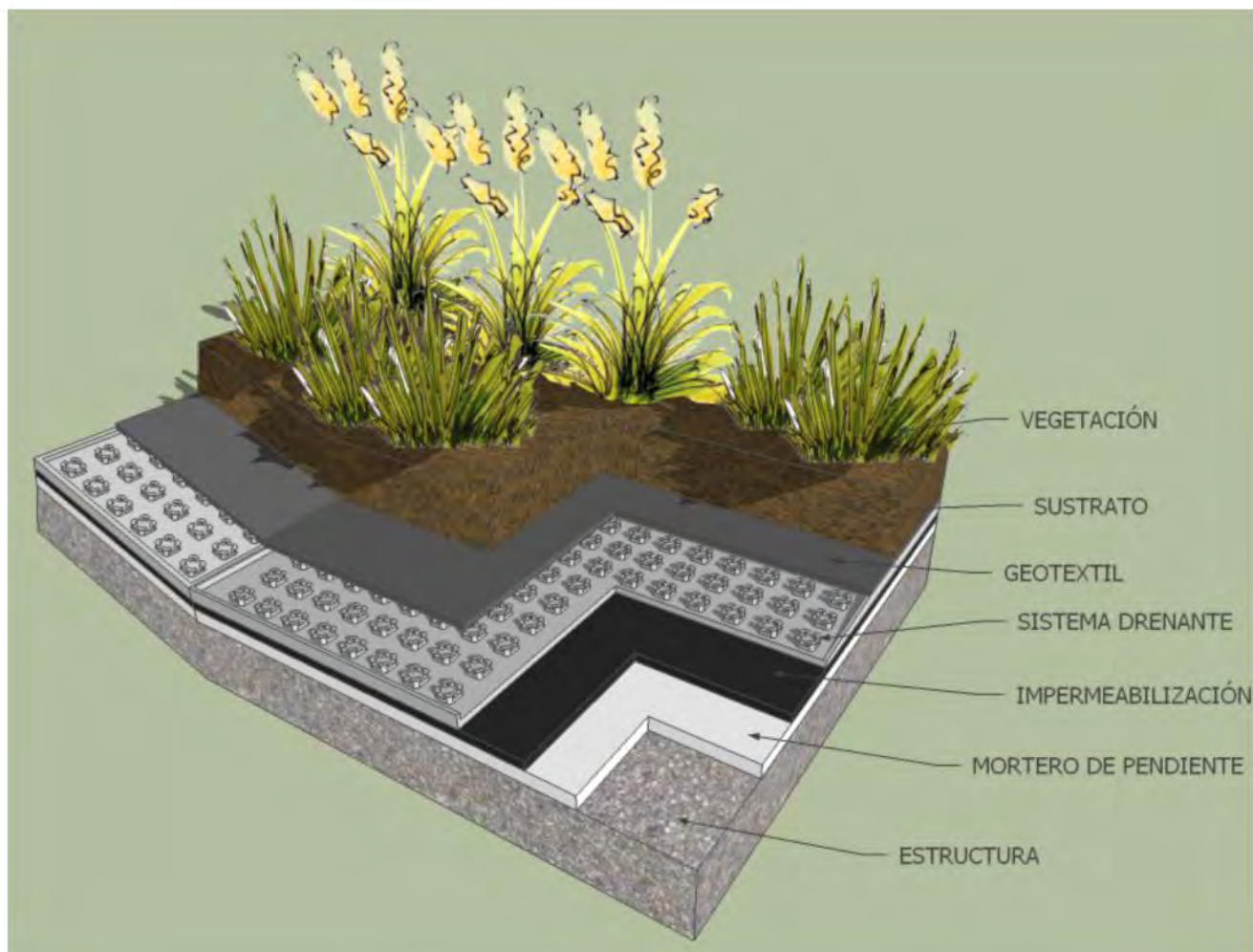
Sistema tipo multicapa monolítico



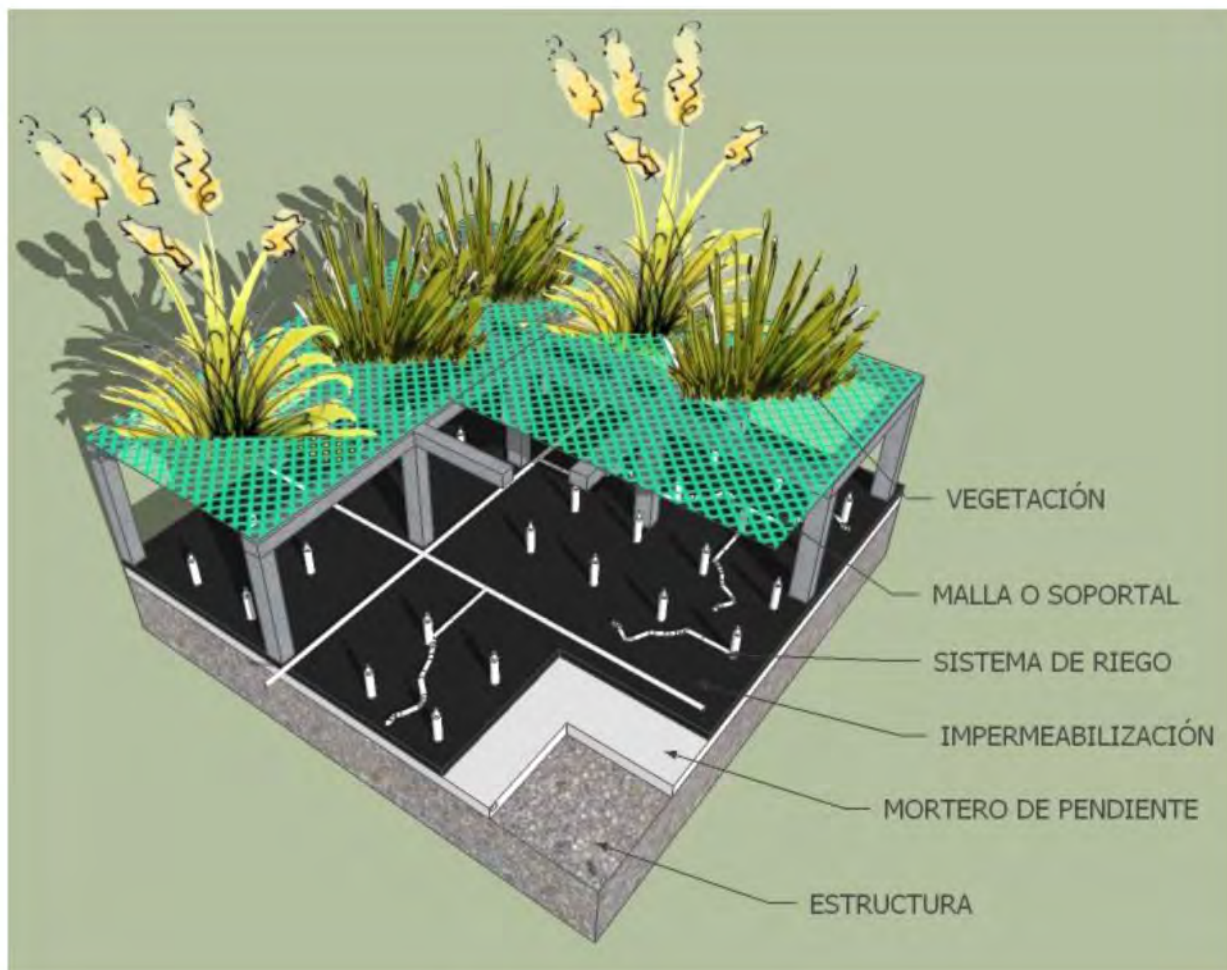
Sistema tipo multicapa elevado



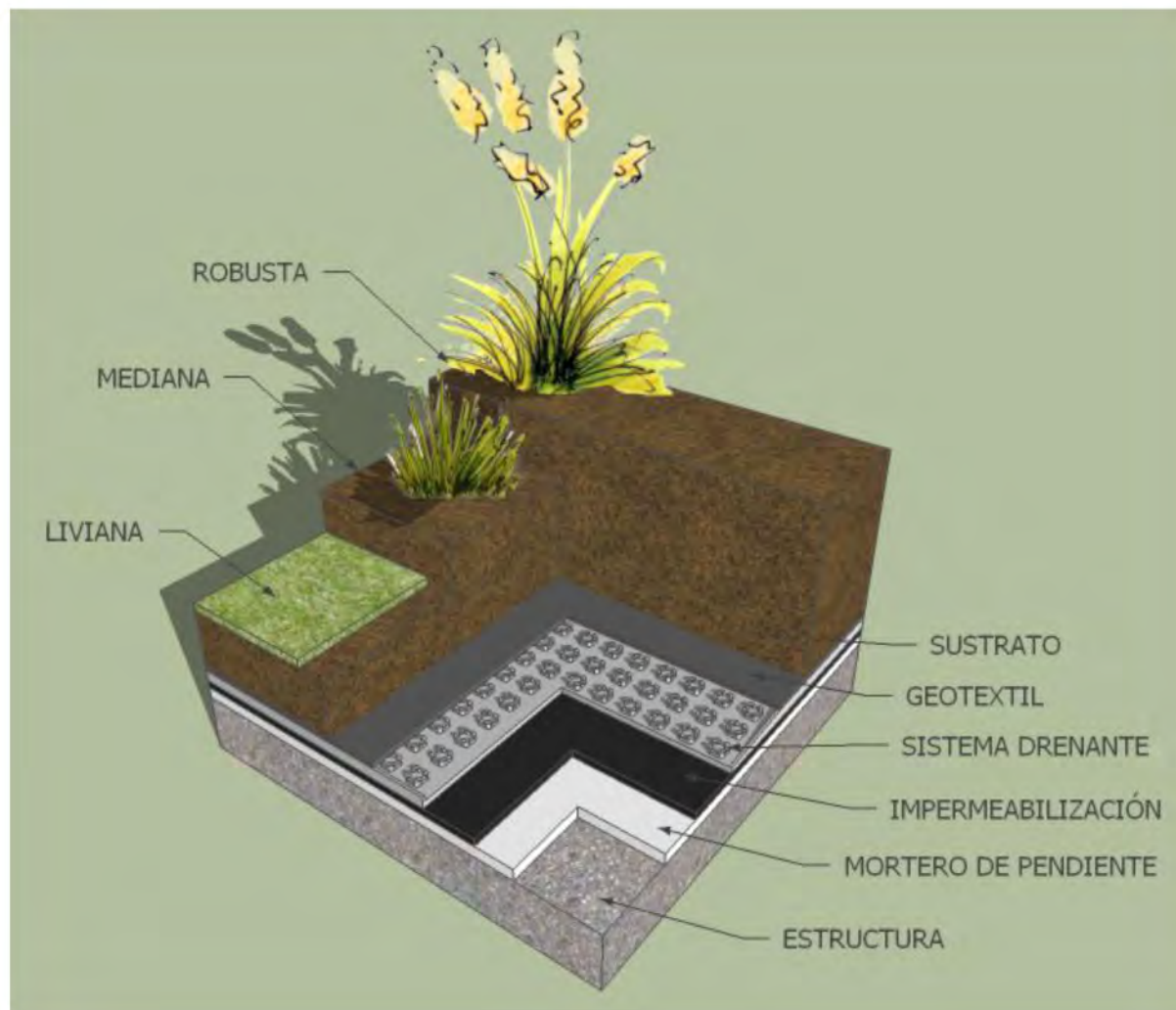
Sistema tipo receptáculo

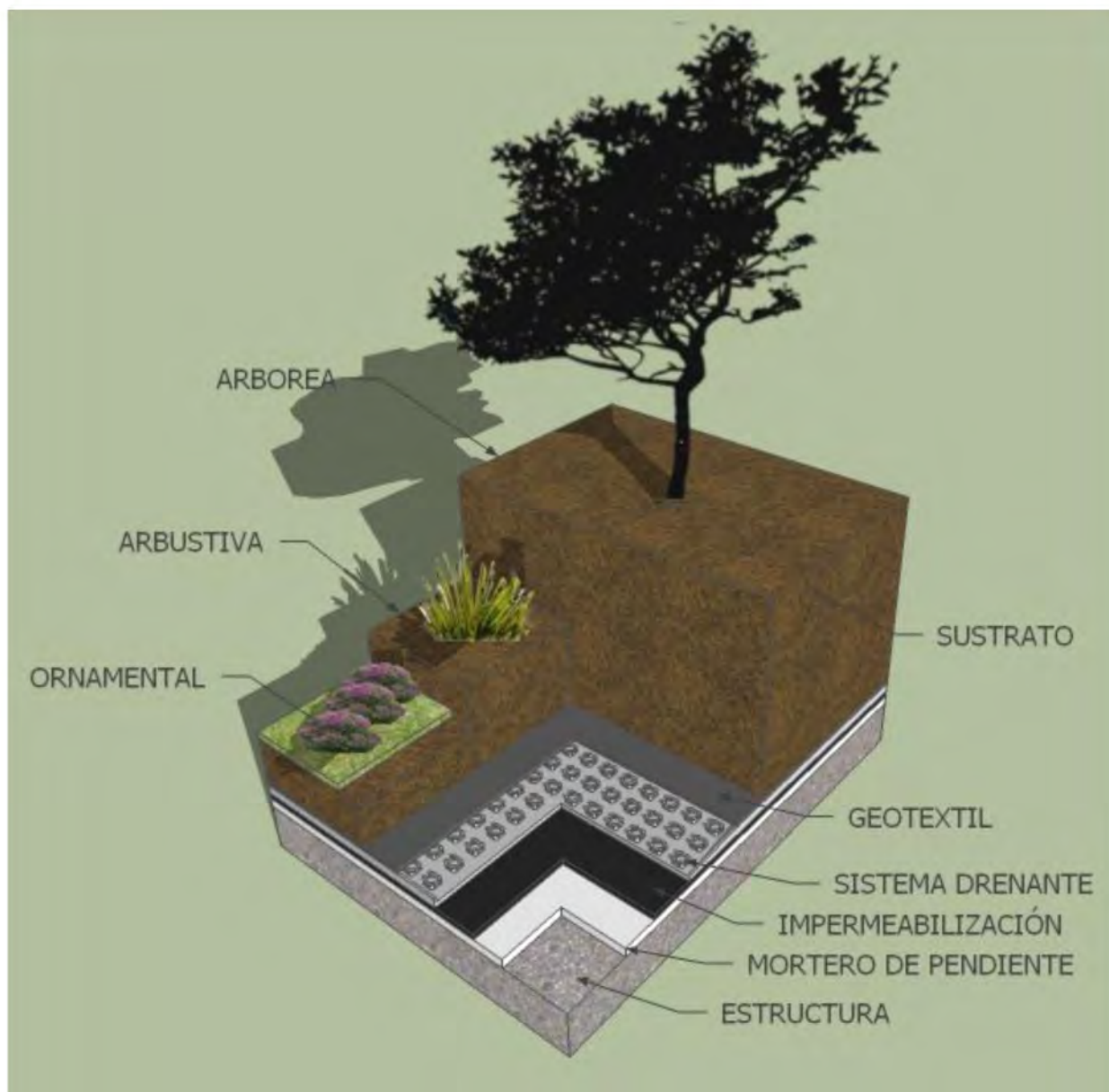


Sistema tipo monocapa



Sistema tipo aeropónico







Anexo 1

Formato de registro de proyecto con techo verde:

Requisitos:

Enviar del formato diligenciado a los correos:

elizabeth.herrera@[secretariadeambiente.gov.co](mailto:elizabeth.herrera@secretariadeambiente.gov.co)

Visitas de verificación y seguimiento



INVENTARIO DE TECHOS VERDES EN BOGOTÁ																		
PROYECTO																		
LOCALIZACIÓN						PROVEEDOR												
DATOS GENERALES																		
REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL																		
ÁREA INTERVENIDA (m2)																		
NIVEL DONDE SE LOCALIZA																		
TIEMPO EJECUCIÓN (semanas)																		
PESO POR M2																		
COSTOS POR M2 (precios 2011)																		
VEGETACIÓN																		
ORIGEN	Nativa		PORTE	Bajo (Hasta 15 cm)		REGISTRO FOTOGRAFICO TECHO VERDE												
	Adaptativa			Medio (Hasta 80)														
	Exótica			Alto (Mas de 80 cm)														
ESPECIES	Extensivas																	
	Intensivas																	
SUSTRATO																		
ESPESOR	Extensiva																	
	Intensiva																	
MATERIALES EMPLEADOS																		
MATERIALES RECICLADOS																		
FILTRO																		
MATERIAL		ORIGEN	Nacional		Lámina de drenaje													
			Importado															
MATERIALES RECICLADOS																		
DRENAJE																		
PRODUCTO																		
ALTURA																		
PESO																		
ORIGEN	Nacional					MATERIALES RECICLADOS												
	Importado																	
PROTECCIÓN ANTIRAYO																		
PRODUCTO																		
ORIGEN	Nacional		MATERIAL															
	Importado																	
MATERIALES RECICLADOS																		
IMPERMEABILIZACIÓN																		
PRODUCTO																		
ORIGEN	Nacional		MATERIAL															
	Importado																	
MATERIALES RECICLADOS																		
OTRAS OBSERVACIONES																		
Datos de contacto: Persona a cargo (quien suministre información), telefono de contacto.																		



Anexo 2

Fichas material vegetal



Calanchoe



Nombre Científico: *Kalanchoe blossfeldiana*

Nombre común: Coralito, Kalanchoe y Calanchoe.

Familia: CRASSULACEAE

Origen: Isla de Madagascar

Descripción:

Planta que alcanza 30 – 40 cm de altura, hojas carnosas, opuestas de bordes enteros o dentados, de color verde oscuro brillante, sostenidas por tallitos ramificados y formando una mata más o menos compacta; flores de forma estrellada o tubular, con cuatro pétalos cuyo color es variable.

Requerimientos

Sustrato: Tierra de jardín con arena o abono orgánico con triturado de ladrillo.

Tipo de cubierta: Techo biótico autorregulado

Agua: requiere poco riego, es sensible al exceso de agua, puede generarle pudriciones.

Ambiente y exposición solar: Requiere abundante luz, tolera plena exposición solar. La atmósfera muy seca le es perjudicial, pero tampoco se debe pulverizar el follaje; se debe crear un ambiente húmedo de forma indirecta.

Mantenimiento: Requiere poco mantenimiento, se recomienda abonar cada 15 ó 20 días durante la floración con un fertilizante líquido diluido en el agua de riego, esto alargará la duración de las flores, además eliminar las flores marchitas prolongará la floración.

Plagas: Resistente a plagas y enfermedades, pero sensible a pudriciones por riego excesivo.





Helecho arbóreo



Nombre Científico: *Cyathea bicrenata*

Nombre común: Helecho arbóreo.

Familia: CYATHEACEAE

Origen: Norte de Suramérica

Descripción:

Planta terrestre de un solo fuste erecto, con el penacho de frondes en lo alto, altura de 1-6 m, antes de desplegarse el follaje joven se encuentra enrollado al extremo de cada vástago.

Requerimientos

Sustrato: Drenado; contenido en nutrientes medio-alto; húmifero, húmedo o fresco; pH ácido o neutro.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

Agua: Riego abundante principalmente en épocas de verano.

Ambiente y exposición solar: Abundante luz y exposición parcial al sol. Temperaturas entre 7 y 15°C; no tolera ambiente secos o cerrados, la humedad del aire siempre debe ser mayor al 50%.

Mantenimiento: proteger del frío las plantas jóvenes; si la humedad ambiental no es alta, vaporizar las frondes y el extremo del cauce.

Plagas: El follaje joven es susceptible al ataque de babosas y caracoles.





Anturio blanco



Nombre Científico: *Spathiphyllum wallisii*

Nombre común: Anturio Blanco, espatifilo.

Familia: ARACEAE

Origen: Colombia

Descripción:

Planta herbácea perenne de hasta 40 cm de altura; hojas persistentes oblongas, acuminadas de color verde brillante, que nacen directamente del suelo; las flores consisten en un corto espádice de color blanco cremoso rodeado de una espata cóncava blanca, que con el tiempo se vuelve verde.

Requerimientos

Sustrato: Tierra de jardín muy suelta con mezcla de arena.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

Agua: Riego frecuente, al menos 3 veces a la semana durante el período de máxima actividad de la planta y en verano y más reducido durante el período de reposo.

Ambiente y exposición solar: Bien iluminado pero no directamente al sol, tolera sombra parcial; necesita humedad ambiental, por lo que se deben pulverizar las hojas a menudo, evitar corrientes de aire frío, cambios bruscos en la temperatura y por debajo de 15°C.

Mantenimiento: Fertilizar cada 20 días durante la floración.

Plagas: Ácaros, pulgón, mosca blanca, hongos (*Cylindrocladium spp* y *Phytophthora parasitica*) y araña roja si el ambiente es muy seco.





Anturio blanco



Nombre Científico: *Elleanthus wagneri*

Nombre común: Orquídea con flor de mazorca.

Familia: ORCHIDACEAE

Origen: Venezuela

Descripción:

Planta terrestre o epífita con raíz carnosa, tallo simple o ramificado; hojas lineares a lanceoladas; Inflorescencias terminales en racimo apretado o laxo, con brácteas florales que generalmente son más grandes que las flores, las cuales son pequeñas y tubulares.

Requerimientos

Sustrato: carbón, suelos bien drenados con mucha materia orgánica.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

Agua: Requieren de gran humedad, puesto que provienen de bosques húmedos.

Ambiente y exposición solar: Lugares bien iluminados, con temperatura de 12 a 18 grados al exterior, sol indirecto o parcial; puede aguantar una gran diferencia de temperaturas, aunque no hasta el punto de helada.

Mantenimiento: Requiere poco mantenimiento, eliminación de ramas secas, baja fertilización.

Plagas: Pulgones y cochinillas.

NOTA: Especie no disponible en vivero. No comercial. Se debe ajustar a estrategias de propagación.





Stenorhynchus



Nombre Científico: *Stenorhynchus speciosa*

Nombre común: Orquídea pecosa.

Familia: ORCHIDACEAE

Origen: América tropical

Descripción:

Planta terrestre raramente epífita, con varias hojas basales conduplicadas; inflorescencias terminales con varias a muchas flores; flores usualmente con un espolón o saco; sépalos y pétalos subparalelos; labelo entero o vagamente trilobado; columna recta, con antera dorsal; 4 polinios (agrupados de a dos) con viscidio conspicuo.

Requerimientos

Sustrato: Se debe procurar utilizar siempre un sustrato que sea poroso y permanezca aireado.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

Agua: Dos (2) veces por semana en verano, 1 vez por semana en invierno.

Ambiente y exposición solar: Lugares bien iluminados, con sol indirecto o parcial, puede aguantar una gran diferencia de temperaturas, aunque no hasta el punto de helada.

Mantenimiento: Es conveniente cortar las inflorescencias viejas. Esto estimula la formación de nuevos tallos basales. Si las dejamos sin cortar, se formarán keikis (pequeñas plántulas) pero estas florecerán más débiles.

Plagas: Pulgón, babosas y caracoles, cochinillas y ácaros.

NOTA: Especie no disponible en vivero. No comercial. Se debe ajustar a estrategias de propagación.





Helecho pequeño



Nombre Científico: *Asplenium praemorsum*

Nombre común: Helecho pequeño.

Familia: POLYPODIACEAE

Origen: Norte de Suramérica

Descripción:

Planta rupícola o epífita; con rizoma corto, erecto a raptante, cubierto por abundantes escamas clatradas, pardas y de ápice largamente filiforme; las hojas pueden alcanzar hasta 50 cm de longitud; las laminas son bipinnado – pinnatífidas; la venación es libre, los soros son abaxiales, alargados y oblicuos a mas o menos paralelos a la vena media el indusio tiene la misma forma de soro.

Requerimientos

Sustrato: Preferiblemente suelos arenosos, ligeros o porosos; rico en humus y bien drenados.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

Agua: Riego abundante procurando evitar la sequedad de la tierra. Evitar el riego del cogollo con el fin de prevenir pudriciones.

Ambiente y exposición solar: Ambientes bien iluminados o semisombra, pero no se recomienda exposición directa al sol, no tolera ambientes secos, ni corrientes de aire.

Mantenimiento: Moderado consistente en la eliminación de hojas secas y fertilización en época de crecimiento cada diez días aproximadamente, con un fertilizante líquido para plantas verdes añadido al agua.

Plagas: Son relativamente resistentes a las plagas.





Helecho peine



Nombre Científico: *Nephrolepis sp.*

Nombre común: Helecho peine.

Familia: POLYPODIACEAE

Origen: América tropical

Descripción:

Planta carente de tronco, con frondes rectos de porte extendido, pennados o bipennados, de larga duración y curvados de un modo muy elegante, aunque desnudos en un breve trecho por la base. Emite una serie de estolones de los que pueden desarrollarse nuevas plántulas.

Requerimientos

Sustrato: Preferiblemente suelos arenosos, ligeros o porosos; rico en humus y bien drenados.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

Agua: Riego abundante procurando evitar la sequedad de la tierra. Evitar el riego del cogollo con el fin de prevenir pudriciones.

Ambiente y exposición solar: Ambientes bien iluminados o semisombra, pero no se recomienda exposición directa al sol, no tolera ambientes secos, ni corrientes de aire.

Mantenimiento: Moderado consistente en la eliminación de hojas secas y fertilización en época de crecimiento cada diez días aproximadamente, con un fertilizante líquido para plantas verdes añadido al agua.

Plagas: Son relativamente resistentes a las plagas.





Sedum



Nombre Científico: *Sedum sp.*

Nombre común: *Sedum*

Familia: CRASULACEAE

Origen: Norte de África

Descripción:

Planta herbácea perenne, de porte erguido que puede alcanzar 30-60 cm; hojas carnosas y succulentas, alternas de color azul verdoso, que tienen la capacidad de almacenar agua por lo que se adaptan muy bien a la sequía.

Requerimientos

Sustrato: Tierra normal de jardín mezclada con arena lavada y tierra arcillosa. Tolerancia a suelos pobres, no requiere suelos profundos.

Tipo de cubierta: Techo biótico auto regulado

Agua: Riego moderado y más bien poco frecuente.

Ambiente y exposición solar: Plantar al sol o semisombra, en lugares bien iluminados.

Mantenimiento: Fertilización en época de crecimiento cada diez días aproximadamente, con un fertilizante líquido para plantas verdes añadido al agua.

Plagas: Generalmente son resistentes a plagas y enfermedades, pero se pueden ver afectados por hongos ocasionados por exceso de riego.





Tulbagia



Nombre Científico: *Tulbaghia fragrans*

Nombre común: Tulbagia.

Familia: ALLIACEAE

Origen: África

Descripción:

Planta de porte erecto, altura entre 40 y 60 cms, hojas largas y estrechas, acintadas de color verde vivo que emanan un fuerte olor a ajo; inflorescencias agrupadas en umbelas de hasta veinte flores tubulares de color lila, con seis pétalos formando una estrella; la floración asoma por encima del follaje.

Requerimientos

Sustrato: Suelo rico, drenado; ácido, neutro o alcalino.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

Agua: Riego regular, mínimo 2 veces por semana

Ambiente y exposición solar: Indicada para sitios con plena exposición solar, tolera la sombra parcial y las heladas moderadas.

Mantenimiento: Fertilizar durante la etapa de establecimiento o cuando se considere necesario con abono mineral diluido en el agua de riego.

Plagas: Resistente al ataque de plagas, sin embargo, hay que tener un elemental cuidado con los caracoles y babosas en periodos largos de humedad.





Clivia



Nombre Científico: *Clivia miniata*

Nombre común: *Clivia*.

Familia: AMARYLLIDACEAE

Origen: Sudáfrica

Descripción:

Planta herbácea perenne no bulbosa; hojas radicales, trenzadas, color verde oscuro, gruesas, lanceoladas y arqueadas, dispuestas de modo opuesto a lo largo del escapo floral; este sostiene una umbrela de 20-60 flores, en forma de embudo, con corola provista de 6 elementos iguales y coloreados.

Requerimientos

Sustrato: Tierra de bosque de buena calidad

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

Agua: Riego abundante (al menos una vez a la semana) pero sin encharcar la planta. Sufre por excesos de riego.

Ambiente y exposición solar: Poco resistente al frío, requiere buena iluminación, pero jamás al sol, siempre a la sombra.

Mantenimiento: Moderado; se debe retirar las inflorescencias marchitas.

Plagas: Cochinilla algodonosa (*Pseudococcus citri*), hongos (*Colletotrichum cliviae*) y roya.





Diefembaquia



Nombre Científico: *Dieffenbachia* sp

Nombre común: *Diefembaquia*.

Familia: ARACACEAE

Origen: Centro y sur América

Descripción:

Planta perenne de tronco grueso, carnoso y erguido; hojas ovaladas o lanceoladas, discretamente asimétricas, color verde oscuro, presentando las variegadas, manchas claras.

Requerimientos

Sustrato: Debe tener un pH ligeramente ácido (5,0 y 6.0) siendo perfecta una mezcla, suelta, de turba con cortezas o tierra vegetal y arena de río.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

Agua: El riego debe ser abundante (2 o 3 veces por semana), especialmente en verano.

Ambiente y exposición solar: Lugares bien iluminados pero no expuestos directamente a los rayos de sol y lejos de las corrientes de aire y focos de calor, tolera las zonas semiumbrías.

Mantenimiento: Fertilizar durante la etapa de establecimiento o cuando se considere necesario con abono mineral diluido en el agua de riego.

Plagas: La araña roja (*Tetranychus*), cochinilla algodonosa, pulgones, trips, hongos como el (*Colletotrichum*), (*Leptosphaeria*), (*Myrothecium*), (*Rhizoctonia*) y (*Phytophthora*), o la bacteria (*Erwinia*).





Epidendrum



Nombre Científico: *Epidendrum elongatum*

Nombre común: *Epidendrum*, Orquídea estrella.

Familia: ORCHIDACEAE

Origen: América Tropical

Descripción:

Se caracteriza por unas grandes inflorescencias que llevan docenas de flores diminutas pero muy elaboradas, que aparecen en el extremo del tallo cubierto de hojas.

Requerimientos

Sustrato: Se debe procurar utilizar siempre un sustrato que sea poroso y permanezca aireado.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

Agua: Dos (2) veces por semana en verano, 1 vez por semana en invierno.

Ambiente y exposición solar: Lugares bien iluminados, con sol indirecto o parcial, tolera el sol directo pero formando grupos compactos que generen protección a la planta; puede aguantar una gran diferencia de temperaturas, aunque no hasta el punto de helada.

Mantenimiento: Es conveniente cortar las inflorescencias viejas. Esto estimula la formación de nuevos tallos basales. Si las dejamos sin cortar, se formarán keikis (pequeñas plántulas) pero estas florecerán más débiles.

Plagas: Pulgón, babosas y caracoles, cochinillas y ácaros.

NOTA: Especie no disponible en vivero. No comercial. Se debe ajustar a estrategias de propagación.





Masdevallia



Nombre Científico: *Masdevallia coriacea*

Nombre común: Orquídea.

Familia: ORQUIDACEAE

Origen: América tropical

Descripción:

Planta epífitas, terrestres ó litófitas, se caracteriza por tener ramas de una sola hoja y contar con un ovario articulado; hojas coriáceas, ápice tridentado, base cuneada peciolada; inflorescencia de la base de remicaules pedúnculo cilíndrico o triangular; flores multicolores, sépalos conatos, 3 nervaduras, ápices terminan en procesos más o menos alargadas.

Requerimientos

Sustrato: Un buen medio de siembra es corteza fina y musgo, la planta debe ser puesta en el centro de la maceta porque crece en todas direcciones.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

Agua: Riego moderado, 2 veces por semana. Las raíces deben estar casi secas en el momento de volver a regar.

Ambiente y exposición solar: Pleno sol, aunque no muy intenso, requiere humedad ambiental de aproximadamente 60%.

Mantenimiento: Fertilización 1 ó 2 veces al mes con fertilizante para orquídeas

Plagas: Pulgones y cochinillas

NOTA: Especie no disponible en vivero. No comercial. Se debe ajustar a estrategias de propagación.

Apta para cubiertas verdes





Epidendrum



Nombre Científico: *Epidendrum chioneum*

Nombre común: *Epidendrum*

Familia: ORCHIDACEAE

Origen: Sudamérica

Descripción:

Planta terrestre de hojas simples sésiles, obtusas a apiculadas, ovado-lanceoladas a oblongo-lanceoladas, generalmente ramificados desde la base; las inflorescencias llevan docenas de flores pequeñas blanco verdosas.

Requerimientos

Sustrato: Se debe procurar utilizar siempre un sustrato que sea poroso y permanezca aireado.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

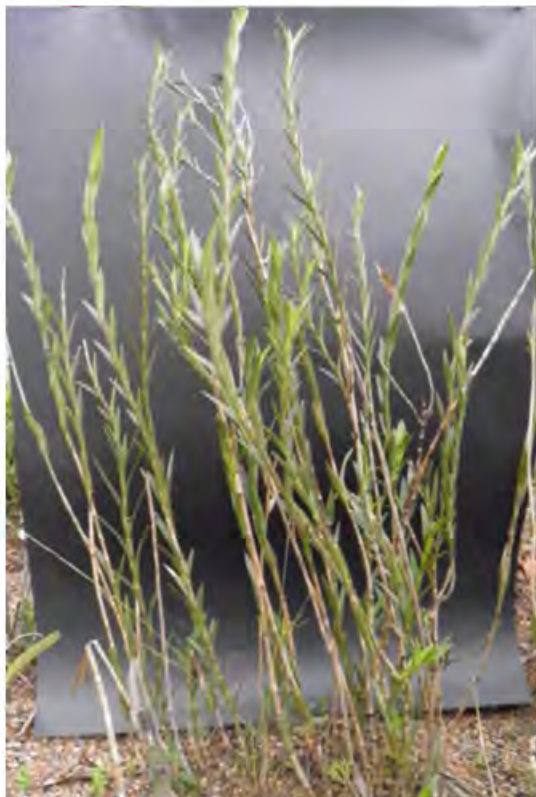
Agua: Dos (2) veces por semana en verano o cuando se requiera.

Ambiente y exposición solar: Lugares bien iluminados, con sol indirecto o parcial, tolera el sol directo pero formando grupos compactos que generen protección a la planta; puede aguantar una gran diferencia de temperaturas, aunque no hasta el punto de helada.

Mantenimiento: Es conveniente cortar las inflorescencias viejas. Esto estimula la formación de nuevos tallos basales.

Plagas: Pulgón, babosas y caracoles, cochinillas y ácaros.

NOTA: Especie no disponible en vivero. No comercial. Se debe ajustar a estrategias de propagación.





Clavel chino



Nombre Científico: *Lampranthus roseus*

Nombre común: Bella a las once, Clavel chino, rayito de sol.

Familia: AIZOACEAE

Origen: Sudáfrica

Descripción:

Planta herbácea, perenne, rastrera, de 40 cm de alto; ramas extendidas; follaje verde grisáceo; hojas falcadas, sésiles, carnosas, triangulares; flores de varios verticilos de pétalos rosados, cremosos, blancos, anaranjados, lilas, o rojos según la variedad.

Requerimientos

Sustrato: Admite cualquier terreno drenado.

Tipo de cubierta: Techo biótico auto regulado

Agua: Requiere de poco riego (una vez a la semana), resiste la sequedad.

Ambiente y exposición solar: Tolera plena exposición solar, resiste hasta -6 °C.

Mantenimiento: Fertilización en época de floración cada 20 días aproximadamente, con un fertilizante líquido para plantas de flores añadido al agua.

Plagas: Resistente a plagas y enfermedades.





Prescopia



Nombre Científico: *Prescottia stachyodes*

Nombre común: Prescottia

Familia: Orchidaceae

Origen: América tropical

Descripción:

Planta terrestre de mediano tamaño (entre 30 y 40 cm), con raíces carnosas; hojas basales, conduplicadas una o varias, usualmente anchas y pediceladas; inflorescencias terminales con numerosas flores; flores no resupinadas, sépalos y pétalos unidos en la base, subparalelos o retorsos; labelo entero o vagamente lobulado, profundamente cóncavo o plegado; columna corta y gruesa, roma; 4 polinios blandos y harinosos.

Requerimientos

Sustrato: Sustrato de cultivación medianamente drenado.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado

Agua: Requiere suelos húmedo. Regar con regularidad cada 1-2 veces a la semana, mojando el terreno en profundidad, esperando siempre que el terreno esté bien seco antes de regarlo; evitar de dejar agua posada.

Ambiente y exposición solar: Lugares bien iluminados, con sol indirecto o parcial.

Mantenimiento: Fertilizar durante la etapa de establecimiento o cuando se considere necesario.

Plagas: Pulgón, babosas y caracoles, cochinillas y ácaros.

NOTA: Especie no disponible en vivero. No comercial. Se debe ajustar a estrategias de propagación.





Gazania



Nombre Científico: *Gazania splendens*

Nombre común: *Gazania*.

Familia: ASTERACEAE

Origen: Sudáfrica

Descripción:

Planta perenne que alcanza una altura 20-25 cm, provista de hojas radicales, la mayoría enteras y espatuladas, delgadas y de color verde plateado; flores reunidas en cabezuelas de color amarillo, sostenidas por pedúnculos más cortos que las hojas.

Requerimientos

Sustrato: Ligero, arenoso; óptimo si contiene un buen porcentaje de fósforo.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado

Agua: Riegos no demasiado abundantes cada 3 o 4 días. Le perjudica el exceso de humedad.

Ambiente y exposición solar: Requiere pleno sol, las temperaturas ideales son entre 2 a 8°C durante la noche y de 25 a 30°C durante el día. Por debajo de ellas se ralentizará su desarrollo y por encima se acelerará, en ambos casos, su crecimiento no será el idóneo; Sólo aguanta heladas débiles (-5°C) y esporádicas.

Mantenimiento: Para que florezcan continuamente hay que retirar las hojas y las flores marchitas.

Plagas: Las más comunes son el *thrips*, pulgón y minador; y enfermedades como *Pythium* y la *Rhizoctonia*.





Helecho



Nombre Científico: *Elaphoglossum sp*

Nombre común: Helecho.

Familia: LOMARIOPSIDACEAE

Origen: Norte de Suramérica

Descripción:

Planta terrestre o rupícola que desarrolla un rizoma horizontal, el cual crece en forma rastrera, presenta sus frondes u hojas dimorfas, simples, de consistencia rígidas. Sus pecíolos igualmente son rígidos, separados unos de otros, de un largo equivalente a la mitad del largo total de la hoja.

Requerimientos

Sustrato: Preferiblemente suelos arenosos, ligeros o porosos; rico en humus y bien drenados.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

Agua: Riego abundante procurando evitar la sequedad de la tierra.

Ambiente y exposición solar: Ambientes bien iluminados o semisombra, pero no se recomienda exposición directa al sol, no tolera ambientes secos, ni corrientes de aire.

Mantenimiento: Moderado consistente en la eliminación de hojas secas y fertilización en época de crecimiento cada diez días aproximadamente, con un fertilizante líquido para plantas verdes añadido al agua.

Plagas: Son relativamente resistentes a las plagas.





Gomphichis



Nombre Científico: *Gomphichis cundinamarcae*

Nombre común: Gomphichis

Familia: ORCHIDACEAE

Origen: Norte de Suramérica

Descripción:

Plantas terrestres en ocasiones epifitas, tienen raíces fibrosas, fasciculadas, con muchas hojas coriáceas, pecioladas, basales, grandes, formando una roseta. La inflorescencia apical es larga y delgada, con muchas pequeñas flores de color verdoso o ligeramente amarillento, con el labelo unguiculado. Los sépalos y pétalos son libres.

Requerimientos

Sustrato: Se debe procurar utilizar siempre un sustrato que sea poroso y permanezca aireado.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

Agua: Dos (2) veces por semana en verano, 1 vez por semana en invierno.

Ambiente y exposición solar: Lugares bien iluminados, con sol indirecto o parcial.

Mantenimiento: Fertilizar durante la etapa de establecimiento o cuando se considere necesario con abono mineral diluido en el agua de riego.

Plagas: Pulgón, babosas y caracoles, cochinillas y ácaros.

NOTA: Especie no disponible en vivero. No comercial. Se debe ajustar a estrategias de propagación.





Anturio



Nombre Científico: *Anthurium patulum*

Nombre común: Anturio

Familia: ARECACEAE

Origen: Colombia

Descripción:

Planta perenne, erectas, trepadoras; hojas muy decorativas, de gran tamaño, pueden alcanzar hasta 1 mt, consistencia y grosor notables, lobuladas; el espádice de color rojo que constituye el elemento de mayor curiosidad.

Requerimientos

Sustrato: Tierra de jardín muy suelta con mezcla de arena.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

Agua: El riego debe ser abundante (2 o 3 veces por semana), especialmente en verano. La humedad relativa debe mantenerse alta por lo que se deberá rociar las hojas a menudo.

Ambiente y exposición solar: Lugares bien iluminados pero no expuestos directamente a los rayos de sol y lejos de las corrientes de aire y focos de calor, las bajas temperaturas le son perjudiciales.

Mantenimiento: Fertilizar durante la etapa de establecimiento o cuando se considere necesario con abono mineral diluido en el agua de riego.

Plagas: La araña, cochinilla algodonosa, pulgones, hongos y bacterias.





Cyrtochilum



Nombre Científico: *Cyrtochilum revolutum*

Nombre común: *Cyrtochilum*

Familia: ORCHIDACEAE

Origen: Norte de Suramérica

Descripción:

Planta perenne de largos rizomas con espaciados pseudobulbo con 3 o 4 pares de largas hoja alrededor de la base; inflorescencia larga con muchas flores color amarillo.

Requerimientos

Sustrato: Se debe procurar utilizar siempre un sustrato que sea poroso y permanezca aireado.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

Agua: Dos (2) veces por semana en verano, 1 vez por semana en invierno.

Ambiente y exposición solar: Lugares bien iluminados, con sol indirecto o parcial, tolera el sol directo pero formando grupos compactos que generen protección a la planta; puede aguantar una gran diferencia de temperaturas, aunque no hasta el punto de helada.

Mantenimiento: Para que la planta no adquiera un aspecto descuidado, es conveniente cortar las inflorescencias viejas. Esto estimula la formación de nuevos tallos basales.

Plagas: Pulgón, babosas y caracoles, cochinillas y ácaros.

NOTA: Especie no disponible en vivero. No comercial. Se debe ajustar a estrategias de propagación.





Pleurothallis



Nombre Científico: *Pleurothallis pulchella*

Nombre común: *Pleurothallis*

Familia: ORCHIDACEAE

Origen: América tropical

Descripción:

Planta terrestre o epífitas, hoja oblongo-lanceolada estrecha, con apariencia de cuero, que se desarrolla desde un tallo rastrero; flores pequeñas en largos y densos racimos en diversos tonos de blanco. Estas flores son fotosensitivas, solamente se abren con la luz del sol. Los tres sépalos generalmente son simétricos y redondeados, formando un triángulo con una pequeña estructura en el centro, hecha con la columna, dos pétalos y un labelo minúsculo.

Requerimientos

Sustrato: Se debe procurar utilizar siempre un sustrato que sea poroso y permanezca aireado.

Tipo de cubierta: Techo biótico ajardinado.

Agua: Dos (2) veces por semana en verano, 1 vez por semana en invierno.

Ambiente y exposición solar: Lugares bien iluminados, con sol indirecto o parcial.

Mantenimiento: Fertilizar durante la etapa de establecimiento o cuando se considere necesario con abono mineral diluido en el agua de riego.

Plagas: Pulgón, babosas y caracoles, cochinillas y ácaros.

NOTA: Especie no disponible en vivero. No comercial. Se debe ajustar a estrategias de propagación.

