

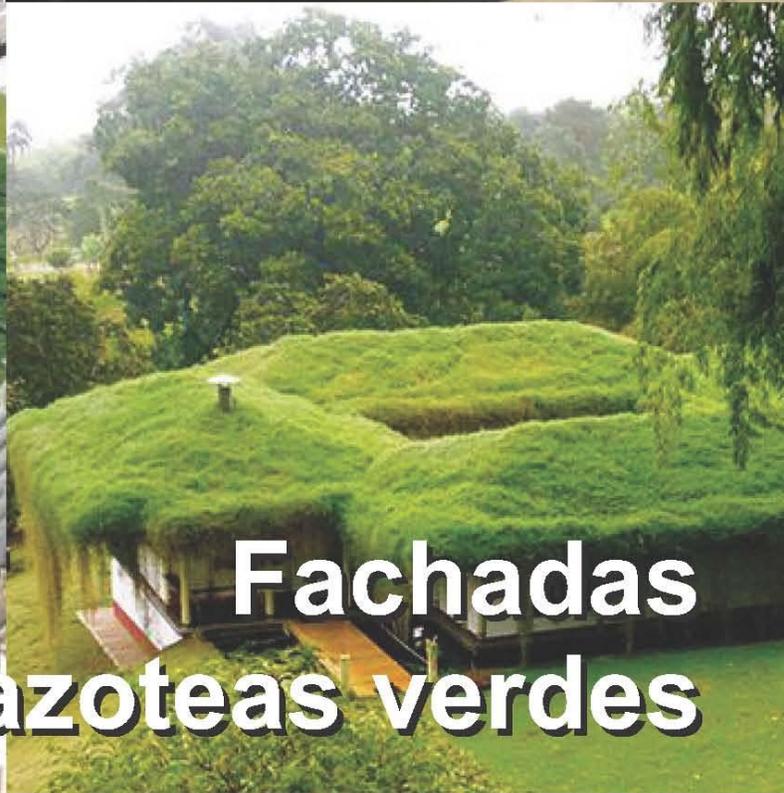
SEP

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



conalep

Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica



# Fachadas y azoteas verdes



PT y PT-B  
en Construcción

**giz**

Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

# MD 6:

## Fachadas y azoteas verdes

## MD 6: Fachadas y azoteas verdes

<b>6.1 Introducción a la naturación de fachadas y azoteas en los edificios</b> .....	5
6.1.1 Definición de fachadas y techos verdes.....	5
6.1.2 Importancia de naturación en las urbes .....	5
6.1.2.1 Aspectos de ecología urbana .....	6
6.1.2.2 Clima y aire .....	9
6.1.2.3 Biotopos para flora y fauna .....	10
6.1.2.4 Aspectos sociales y sanitarios .....	11
6.1.2.5 Aspectos estéticos .....	12
6.1.2.6 Aspectos económicos .....	13
<b>6.2 Fachadas verdes</b> .....	15
6.2.1 Tipología .....	16
6.2.2 Sistemas de fachadas verdes.....	16
6.2.2.1 Sistemas ligados al suelo.....	16
6.2.2.2 Sistemas ligados al muro.....	20
<b>6.3 Techos verdes</b> .....	24
6.3.1 Historia de las azoteas naturadas.....	24
6.3.2 Tipología .....	25
6.3.2.1 Azotea Verde extensiva .....	26
6.3.2.2 Azotea Verde intensivas.....	26
6.3.2.3 Azotea Verde semi-intensivas .....	27
6.3.3 Componentes y funcionamiento .....	28
6.3.3.1 Sistemas para cubiertas vegetales extensivas e intensivas .....	28
6.3.3.2 Funcionamiento de retención del agua .....	30
6.3.3.3 Funcionamiento del aislamiento .....	31
<b>6.4 Reglamentos y normas para fachadas y para azoteas verdes</b> .....	33
6.4.1 Norma ambiental.....	33

## Abreviaciones

° C	Grado Celsius
dB	Decibel
CEV	Código de Edificación de Vivienda
CH <sub>4</sub>	Metano
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CONALEP	Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica
CONAVI	Comisión Nacional de Vivienda
GEI	Gases de Efecto Invernadero
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IPCC	Panel Intergubernamental para el Cambio Climático
MD	Manual Didáctico
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
O <sub>3</sub>	Ozono
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PIB	Producto interno bruto
PVC	Policloruro de Vinilo
pJ	Petajoules
PNUMA	Programa de las Naciones para el Medio Ambiente

## 6.1 Introducción a la naturación de fachadas y azoteas en los edificios

Una opción para introducir más vegetación y áreas verdes en las ciudades, es a través de la naturación de edificios en fachadas y azoteas. Una de las ventajas más importantes es que tanto las fachadas, como las azoteas verdes, requieren de poca –o incluso de ninguna– superficie conectada al suelo y representan por ello una opción óptima para zonas densificadas.

Habitualmente el suelo en las ciudades, en particular el de los centros urbanos, ya tiene una o varias funciones, por lo tanto, la posibilidad de integrar más áreas verdes es limitada. La opción más viable en estos casos, se presenta cuando se modifica la función de un espacio, por ejemplo: de un área industrial, de un cuartel, de un aeropuerto, etc.

Cuando una superficie se desocupa, puede ser reutilizada para crear un parque y aumentar la vegetación en el entorno. Aunque a la fecha, estos casos son poco frecuentes; en México ya existen algunos ejemplos como el Parque Fundidora en Monterrey y el Parque Bicentenario en la Ciudad de México.

A diferencia de lo que ocurre en la naturaleza, donde las plantas se arraigan profundamente en la tierra y reciben de ella el agua y los nutrientes que necesitan, en las fachadas y cubiertas verdes las plantas carecen –en la mayoría de los casos– de esta alimentación natural. Los sistemas desarrollados suplen la carencia de tierra natural y permiten crear un espacio vital sostenible para muchas y variadas formas de vegetación.

### 6.1.1 Definición de fachadas y techos verdes

La naturación de edificios consiste en la integración de plantas vivas en fachadas o azoteas. Esta técnica no es usada únicamente para el diseño, también para el mejoramiento del ambiente o de la función del edificio.

Por un lado, la mayoría de los ciudadanos lamentan que no haya suficientes áreas verdes en las ciudades y por otro lado, necesitamos más vegetación en nuestros ámbitos urbanos para mejorar el clima y la calidad del aire.

### 6.1.2 Importancia de naturación en las urbes

Existen diversos tipos de naturación, tanto de fachadas como de azoteas, y el mercado ofrece una multitud de materiales y plantas para este fin. La demanda de fachadas y azoteas verdes va

en aumento por parte de los arquitectos, diseñadores, políticos y ciudadanos debido a diversas razones, que pueden ser divididas en:

- Aspectos de ecología urbana
- Clima y aire
- Biotopos para flora y fauna
- Aspectos sociales y sanitarios
- Aspectos estéticos
- Aspectos económicos

### 6.1.2.1 Aspectos de ecología urbana

Cualquier construcción, sea una cabaña, un edificio o una ciudad, tiene un impacto sobre su ambiente, directo e indirecto. De la misma forma en la que construimos nuestros entornos, influimos en el medio ambiente y en nuestra calidad de vida.

La *Organización Meteorológica Mundial*, define el clima de la ciudad como “el clima modificado por la interacción de la edificación y su efecto, incluyendo el calor de la quema de desecho y las emisiones de materias que contaminen el aire.” Por ende, las condiciones climatológicas son también provocadas por la urbanización y difieren de las condiciones climatológicas en el entorno rural.

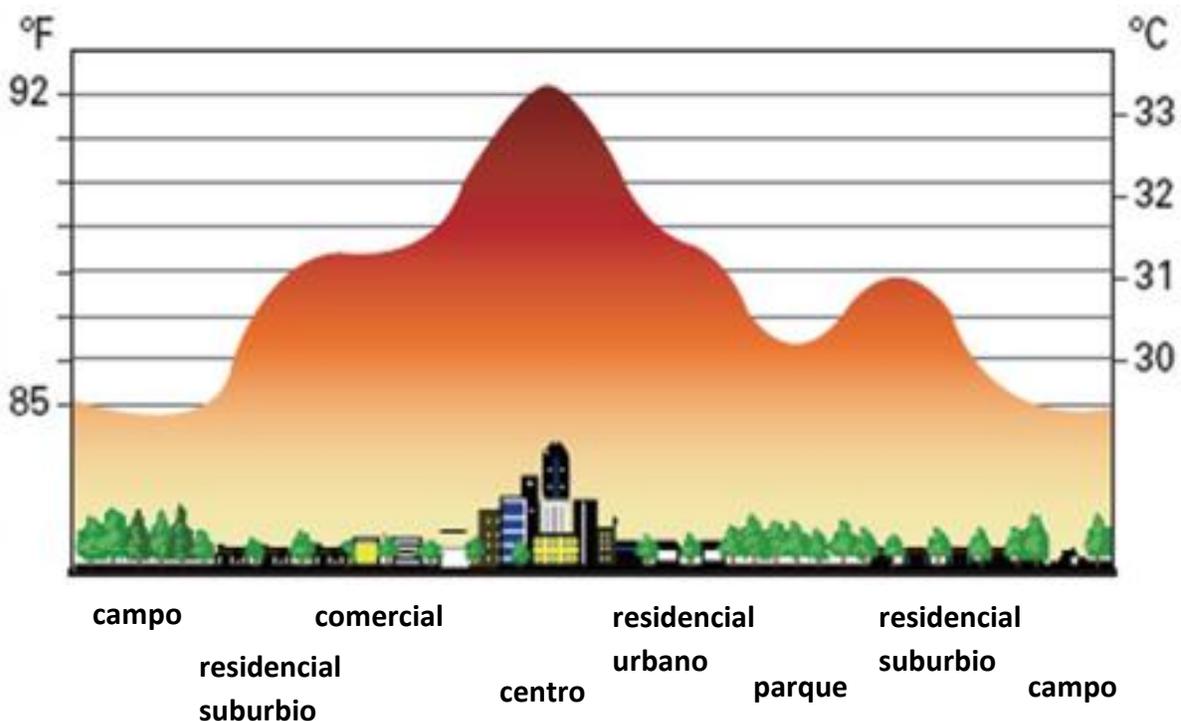


Figura 1: Isla de calor

Algunos de los impactos negativos en las urbes son las llamadas “isla de calor”. El origen de las islas de calor se deriva de la mera presencia de los edificios y de las alteraciones del paisaje realizadas por el hombre en las ciudades.

A medida que las ciudades agregan calles, edificaciones, industria y gente, las temperaturas suben con respecto a sus entornos rurales, creando así una isla de calor.

La temperatura en estas islas de calor urbanas puede ascender a más de 2° C sobre la temperatura media (valor medio aritmético) y hasta 10°C en casos aislados. Con el incremento del desarrollo urbano, las islas de calor pueden aumentar en términos de frecuencia y magnitud.



Figura 2: Infiltración de precipitación en superficies permeables

Materiales como el asfalto, concreto, tabique rojo y piedra absorben y guardan el calor para liberarlo lentamente en cuanto se enfría el ambiente. Este proceso ocurre por las noches, ya que durante el día las calles y edificios se calientan y durante la noche, liberan este calor de forma gradual y el aire enfría más lentamente.

Por otro lado, las áreas con vegetación no acumulan calor, más bien pueden enfriar su ambiente, debido al fenómeno conocido como evapotranspiración<sup>1</sup>.

Además, los procesos industriales, las calefacciones, aires acondicionados y el transporte,

### Actividad 1: Infiltración de precipitación

Explica la imagen. ¿En qué relación se encuentran la evapotranspiración, la filtración y el escurrimiento de la precipitación?

<sup>1</sup> Se define la **evapotranspiración** como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.

generan calor adicional. También las alteraciones de la precipitación y del viento están asociadas con la presencia de la isla de calor urbana.

Sumado a todo esto, el sellado del suelo implica un aumento en la velocidad del escurrimiento del agua de lluvia y un aumento del riesgo de inundaciones en las tierras bajas, llanuras, etc.

El aumento de la temperatura urbana influye en el bienestar de los ciudadanos, este fenómeno es conocido como *estrés térmico*. El calor puede perjudicar la salud de los seres humanos y provocar incluso la muerte.

Durante julio y agosto de 2003 murieron miles de personas en Europa como consecuencia de la ola de calor. Los más afectados fueron los más débiles: ancianos, niños y enfermos. Las temperaturas medidas en las ciudades fueron las más altas registradas en la historia. Además, con el exceso de calor, se observa una disminución en el bienestar y en la eficiencia de todos los ciudadanos, aún con temperaturas ligeramente arriba de la zona de confort térmico.<sup>2</sup>

En muchas ciudades, las áreas con vegetación son como islas pequeñas en un mar de áreas impermeables. Las superficies libres casi siempre están completamente sobrecargadas, y son insuficientes para garantizar una compensación contra la contaminación del aire, la absorción de la precipitación del agua y un espacio propicio para un ecosistema natural.



### Actividad 2: Infiltración de precipitación

Explica la imagen ¿observas diferencias con la imagen anterior? ¿Cuáles son sus efectos? Genera una lista.

Figura 3: Infiltración de precipitación en superficies impermeables.

<sup>2</sup> Matzarakis, A.: Die thermische Komponente des Stadtklimas, Habilitation an der Universität Freiburg, Freiburg, 2001

### 6.1.2.2 Clima y aire

#### Mejora del clima urbano



Figura 4

Las fachadas y cubiertas verdes reducen el calentamiento atmosférico y humedecen el ambiente urbano, creando así un clima más agradable y sano.

#### Retención del agua

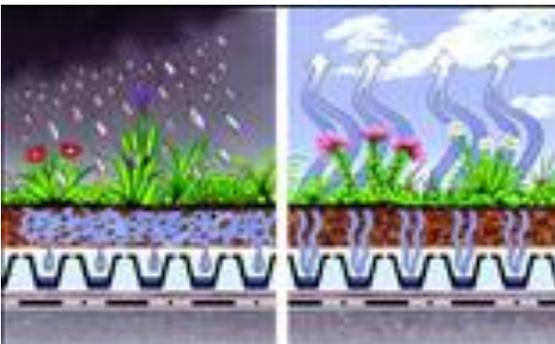


Figura 5

Las cubiertas ajardinadas son capaces de retener hasta el 90 % de la precipitación. Una gran parte de esta agua es devuelta a la atmósfera, el resto fluye de forma retardada a los sistemas de desagüe y disminuye el riesgo de inundaciones. Así se puede disminuir la dimensión de los conductos y a la vez se reducen costos de desagüe.

#### Reducción de la contaminación



Figura 6

Azoteas y fachadas con vegetación actúan como un filtro que retiene elementos tóxicos, por lo que contribuyen a reducir la contaminación atmosférica. Del mismo modo, el sustrato filtra el agua de la lluvia reduciendo en ella las sustancias nocivas.

### Actividad 3: Clima urbano

Valora los tres aspectos para mejorar el clima y aire urbano con la implementación de fachadas y azoteas verdes. ¿Cuál es la más importante para ti? Explica por qué.

#### 6.1.2.3 Biotopos para flora y fauna

##### Espacio vital adicional



Azoteas y fachadas con vegetación constituyen un hábitat para los invertebrados, como insectos y arañas, que se convertirán a su vez en alimento de aves.

Pueden ser diseñados con especies nativas de la zona o para atraer especies determinadas de colibríes o mariposas.

### Actividad 4: Situación ambiental

¿Cómo es la situación ambiental en tu ciudad? ¿En dónde puedes encontrar datos sobre la contaminación del aire, las temperaturas y la precipitación mensuales?

Suponiendo que los edificios de tu escuela tuviesen fachadas y/o azoteas verdes ¿cómo te imaginas el mejoramiento del ambiente?

#### 6.1.2.4 Aspectos sociales y sanitarios

El habitante de las grandes urbes es afectado de manera física y psíquica por la falta de vegetación y elementos naturales. No sólo los estudios científicos reclaman un déficit de vegetación en las urbes, también las encuestas entre los ciudadanos.

La población urbana crece constantemente, y esto implica que cada vez más personas son afectadas por las condiciones insalubres del clima urbano. Frente a la reducción de áreas libres, cada vez es más importante tomar en cuenta los criterios de clima y contaminación del medio ambiente en el diseño de las cubiertas y fachadas de los edificios.

#### Espacio saludable



Imagen 1

La presencia de vegetación influye en la salud física y psíquica de los habitantes. La sola presencia de vegetación contribuye, por ejemplo, a la recuperación de enfermos. Por ello, diversos hospitales cuentan con azoteas y fachadas verdes.

#### Protección contra el ruido



Figura 7

Las fachadas y azoteas verdes reducen el impacto del ruido externo y de fenómenos atmosféricos intensos como las granizadas. Las cubiertas ajardinadas reducen la reflexión sonora hasta 3 dB y son capaces de mejorar la insonorización hasta 8 dB. Así, la naturación de edificios es ideal para aquellos edificios rodeados de áreas ruidosas.

### Actividad 5: Acústica

¿Qué significa decibel?

¿Cómo puede influir una fachada o azotea verde la percepción de ruido en el espacio interior?

#### 6.1.2.5 Aspectos estéticos

Las azoteas y fachadas verdes son acentos verdes dentro de una ciudad y suman valor estético al entorno urbano. Muchos ciudadanos se identifican más con el entorno de su hábitat cuando hay áreas verdes. La presencia de vegetación hace un espacio más agradable y humano.

#### Recubrimiento



Algunos elementos propios de la construcción visualmente no requeridos, pueden ser disfrazados. El impacto visual de la infraestructura con respecto al entorno se reduce considerablemente y resulta en un espacio más armónico, proporcionando así una alternativa viable de utilización de los espacios de ocio o espacio vital adicional.

Imagen 2

#### Atractivo visual



Constituyen una atracción por sí mismos. La mayoría de los ciudadanos desea más vegetación en las ciudades, porque así, su entorno les parece más bonito y agradable.

Imagen 3

### Actividad 6: Búsqueda de ejemplos

Busca en tu barrio ejemplos de elementos verdes atractivos, descríbelos e ilústralos para poderlos presentar en clase a tus compañeros.

#### 6.1.2.6 Aspectos económicos

Una fachada o azotea verde es una inversión adicional, pues la ventaja económica se observa después de algunos años de operación. En ciudades grandes en donde las áreas verdes son escasas, un espacio verde contiguo o integrado en un edificio aumenta el valor de la edificación en cuestión. Las fachadas verdes llaman, especialmente, la atención y son usadas como medios de publicidad por grandes hoteles, empresas y cooperativas.

Las fachadas y azoteas verdes correctamente construidas aumentan la durabilidad del edificio y prolongan la vida útil de la impermeabilización y de las fachadas.

#### Protección

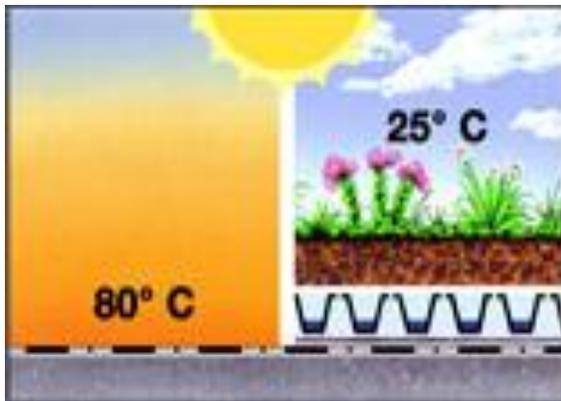
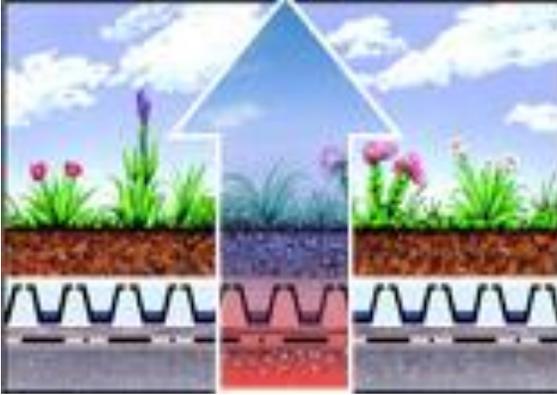


Figura 8

Bajo una capa de vegetación, tanto la impermeabilización en azoteas como los muros, están protegidos contra la radiación ultravioleta, el granizo, el calor y el frío. Las tensiones causadas por las diferencias térmicas son reducidas, de forma que la vida útil de los materiales se prolonga.

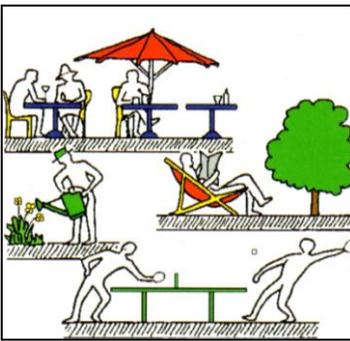
## Ahorro de energía



Las fachadas y azoteas verdes actúan como un sistema de aislamiento natural, regulando la temperatura del edificio. El sistema de las azoteas con vegetación puede ser combinado con aislamiento para aumentar la capacidad del mismo.

Figura 9

## Superficie libre utilizable



El uso que puede darse a las cubiertas ajardinadas es múltiple y variado: zonas de ocio, jardines, parques infantiles, áreas deportivas e incluso cafés; todo ello es posible sin la necesidad de adquirir terreno adicional.

Figura 10

### Actividad 7: Aspectos económicos

Observa los tres aspectos económicos. ¿Cómo pueden estos aspectos impactar el valor de un edificio en una ciudad densificada?

## 6.2 Fachadas verdes

En las urbes, es difícil encontrar una solución ante la falta de jardines debido a los pocos espacios disponibles. Los muros verdes son una respuesta a esta problemática. Éstos también son conocidas como fachadas verdes, muros vivos, muros vegetales o jardines verticales, o bien, como “green wall”, “living wall” o “vertical garden”.

La naturaleza nos brinda ejemplos asombrosos de jardines verticales, que crecen bajo circunstancias muy específicas. Para obtener resultados parecidos, es necesario generar factores artificiales que faciliten el desarrollo de las plantas en superficies verticales.

Las fachadas verdes son un tipo de naturación de edificios que se caracterizan por la vegetación metódica (o por lo menos controlada), de fachadas adecuadas o especialmente preparadas.

Un muro vivo es una pared, ya sea solitaria o integrada a un edificio o recinto, que está completa o parcialmente cubierta de vegetación.

Tomando en cuenta la estructura urbana, se observa que particularmente en las zonas céntricas, el potencial para la naturación de superficies verticales (fachadas) es más grande que sobre la propia superficie del suelo o las azoteas. Además, los muros vivos son más visibles desde la calle y por lo tanto, están presentes en la vida diaria de los ciudadanos.

También las paredes interiores pueden ser recubiertas con vegetación. La naturación en el interior se usa particularmente para estructurar espacios, y además, sirve para disminuir el ruido y aumentar la humedad ambiental. De esta forma, el ambiente interior es benéfico gracias a la evaporación natural.

Todas las naturaciones de fachadas requieren mantenimiento, llevado a cabo por jardineros u otro tipo de personal. Por ello es importante tener conocimiento sobre la inversión –tanto en términos de tiempo como de costo– que será necesaria en los años posteriores a la naturación, para poder garantizar un proyecto duradero.



Imagen 4: Trepadora en edificio histórico

### 6.2.1 Tipología

Las paredes verdes o muros vivos, son parte de una nueva arquitectura en la que el elemento vegetal es parte esencial del diseño de un edificio. No obstante, ciertas formas de naturación no son nuevas, sino que han sido usadas desde antaño como elementos para generar sensaciones especiales. Como ejemplo, podemos pensar en los castillos antiguos de Europa: cubiertos de hiedra o cepa virgen, que han inspirado películas como “El Señor de Los Anillos” o “Harry Potter”.

Se distinguen los siguientes tipos de muros verdes:

- A. Los que están formados por enredaderas, cuyas raíces parten del suelo.
- B. Los que están formados por paredes modulares de superficie porosa y que cuentan con un sistema de riego interno, en el cual las plantas están adheridas a la pared misma.
- C. Los mixtos (Siempre y cuando las especies no compitan).

### 6.2.2 Sistemas de fachadas verdes

#### 6.2.2.1 Sistemas ligados al suelo

Las *trepadoras* o *enredaderas* sirven para la naturación directa, y por lo general se usa hiedra, campis o cepa virgen. En botánica, se le llama trepadora o enredadera a toda planta que no se mantiene erguida por sí misma y necesita de un soporte para encaramarse; este soporte puede ser otra planta, un muro, un peñasco, etc.; para ello puede utilizar órganos como zarcillos, raíz adhesiva o enroscarse alrededor del soporte, llamándose entonces voluble.

Existen opiniones diversas con respecto a la compatibilidad de plantas trepadoras y fachadas. Como regla básica, se puede decir que deben utilizarse únicamente superficies de fachadas duras, resistentes, no separables, difíciles de remover y sin juntas, ni fisuras.



Imagen 5: Zarcillos



Placas adhesivas



Raíces adhesivas

Muchas enredaderas no pueden trepar por sí mismas en un muro o una fachada, de forma que necesitan soporte tal como un árbol, un tubo de bajada o un bastidor.

Los bastidores son principalmente de madera o de metal y la naturación con estos sistemas tiene algunas ventajas:

- Las plantas pueden ser erigidas más fácilmente con el bastidor.
- Gracias al uso del bastidor los muros y fachadas están más protegidos.
- Con el tiempo, las enredaderas aumentan su tamaño y peso. El bastidor reparte el peso en la fachada de forma equilibrada.
- Los bastidores están montados con una distancia al muro y esto permite una mejor ventilación, tanto de la fachada como de la planta.
- Las plantas no dejan huellas en las fachadas en caso de ser podadas o retiradas de la pared en cuestión.
- Los bastidores deben ser aptos tanto para la planta, como para su forma de crecimiento y peso.

Además de las trepadoras, existe una gran variedad de plantas que sirven para la naturación de fachadas.



Imagen 6: Fachada con trepadoras sobre bastidor

### Actividad 8: Prejuicios y daños

¿Qué argumentos has escuchado en contra del uso de plantas en los edificios?

¿Qué daños imaginas que pueden presentarse cuando se colocan plantas en una fachada?  
Haz una lista.



Imagen 7: Soportes para trepadores

#### Recomendaciones

Es recomendable usar un sistema de soporte (espaldera) para mantener una distancia entre planta y muro; generalmente 5 cm son suficientes. De esta manera se reduce el peligro de que la planta perfora el aplanado, o dañe otros elementos de la construcción.

Entre los elementos de espaldera, así como hacia ventanas, puertas, tubos etc., se deben guardar aproximadamente 20 cm de distancia.

-Mantener estos espacios es importante para que la planta no cubra dichos elementos durante su tiempo de crecimiento. Además, los soportes deben ser firmes, incluyendo la conexión, para que resistan el peso de una planta que está en proceso de crecimiento. Un peso de 50 kg no es raro para una planta de varios años. La altura también es importante, pues, a partir de 5m, el mantenimiento de la fachada verde es más complicado y costoso, porque ya no es tan fácil de alcanzar.

No se debe olvidar que el cultivo de trepadoras o enredaderas, depende también de cierto cuidado y control. Según el tipo de planta, se necesita podado, protección, riego y nutrientes.

#### Actividad 9: Cuidados de las fachadas verdes

¿Cuáles son las ventajas y desventajas de las fachadas verdes con plantas trepadoras?

¿Cuáles son las medidas que deben tomarse para no dañar el edificio?

Discútelos con un compañero.



Imagen 8: Muro verde de Patrick Blanc, Museo Quai Branly, París

### 6.2.2.2 Sistemas ligados al muro

Existen sistemas de naturación de fachadas que no están ligados al suelo. Los módulos se ligan al muro y requieren riego automático.

Estos sistemas fueron utilizados por primera vez en 1988 por el botánico francés Patrick Blanc, después de pruebas e investigaciones que duraron años. No obstante, actualmente existen diversos sistemas para la naturación de fachadas, que no tienen contacto con el suelo. Algunos de estos sistemas son de metal, otros de material sintético, y casi todos usan geotextiles. Además, algunos no contienen sustrato o tierra, pero todos los sistemas tienen en común que son más costosos, en cuanto a material y montaje. Aparte del riego automático, requieren alimentación con nutrientes y cuidado intensivo, por lo que aumenta su costo.

La mayor ventaja que presentan, es la flexibilidad de los módulos con respecto a su emplazamiento; para las plantas no importa ni la posición en la fachada, ni que sean montadas cerca del suelo o a una altura de 10 metros, mientras reciban la cantidad necesaria de sol y los vientos no sean demasiado fuertes.

Por lo general, los sistemas ligados al muro, pueden dividirse en dos clases: una sin sustrato, tal como lo implementa Patrick Blanc, y la otra con sustrato.

#### Variante 1: Sin sustrato

La fachada en la que será implementado el muro verde, debe soportar el peso del elemento completamente saturado de agua, que puede ser de  $50 \text{ kg/ m}^2$ , aproximadamente.

La estructura está compuesta por:

- Bastidor
- Geotextil
- Plantas

#### **Bastidor**

La estructura del bastidor depende de las condiciones locales y de las posibilidades de anclaje. El soporte está compuesto por un marco de acero o aluminio con puntales para recibir placas. El material de la placa varía, pero un material que une varias propiedades es el PVC (policloruro de vinilo). Estas placas están fichadas sobre el soporte metálico, y las juntas están selladas con cinta y silicón para que formen una superficie impermeable y lisa para recibir el geotextil. Con el fin de evitar agua condensada, el bastidor debe ser montado por lo menos con una distancia de 5 cm hacia el muro para que el aire pueda circular libremente.

## Geotextil

El geotextil está fichado sobre las placas con grapas, rieles y pichas clavos de acero inoxidable. Entre sus fibras las plantas desarrollan sus raíces, las cuales absorben agua y sustancias nutritivas. En el geotextil, que cuenta con una capilaridad elevada, se desarrollan, aparte de las plantas y sus raíces, microorganismos y algas. El paquete completo de geotextil, raíces, microorganismos y algas funciona como un filtro mecánico que purifica el agua contaminada, de forma que ésta pueda ser reutilizada de forma sencilla. El riego automático proviene de tubos horizontales fijados entre dos capas de geotextil.

Por lo general, las plantas son regadas varias veces al día durante algunos minutos. Una solución nutritiva adjuntada garantiza el equilibrio de los minerales. En el caso, se usa agua pluvial, pues la concentración de nutrientes adjuntados necesarios es inferior.

El consumo de agua depende de la orientación y posición del muro verde y puede variar entre 0,5 y 5,0 litros por día y  $m^2$ . En zonas frías debe tomarse en cuenta la helada para que no se dañe el sistema de riego.

Este sistema facilita la posibilidad de jugar con diseños extravagantes y formas libres.

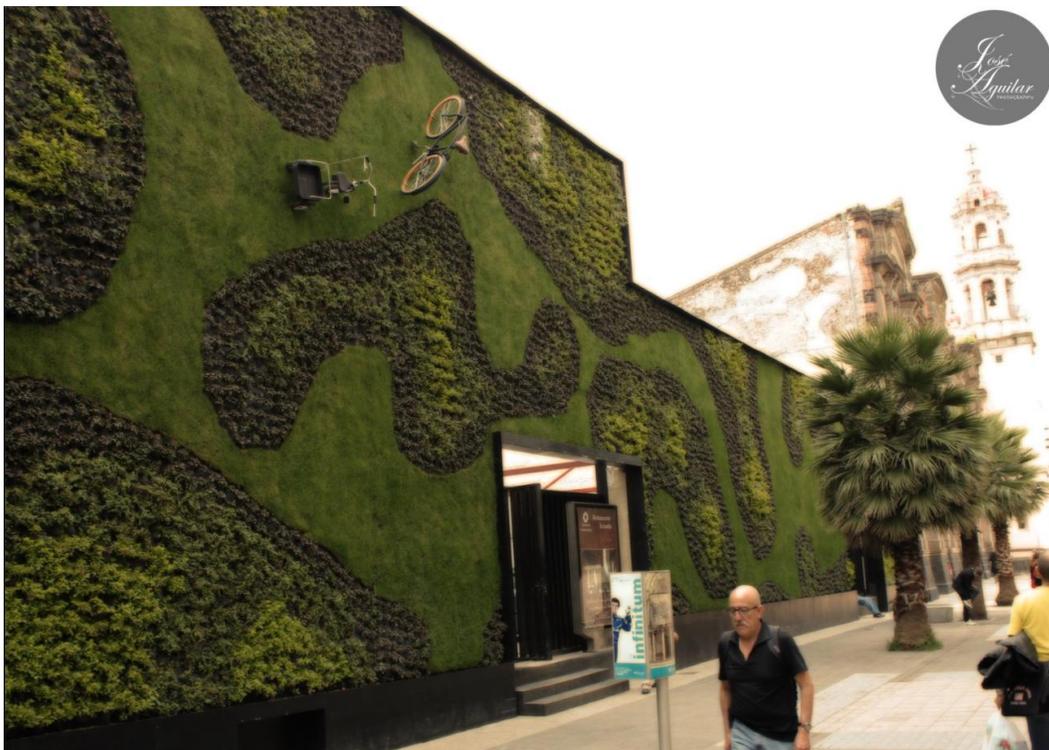


Imagen 9: Una bicicleta y un triciclo se posan en el jardín construido en la Calle Regina en el centro de la Ciudad de México.

## Plantas

El éxito de la naturación depende en primer lugar de la elección de las plantas, las cuales deben ser adaptadas al clima, la orientación y la radiación solar. Las condiciones adecuadas tienen que ser garantizadas para todo el año y es por ello que las plantas y soportes deben ser elegidos según el proyecto o fachada específicos. La mayoría de las plantaciones se componen de helechos, musgo y sedums.

En el geotextil se integran aproximadamente 30 plantas por m<sup>2</sup>. Para fichar las plantas se corta una cuchillada de entre 5 y hasta 10 cm en la primera capa del geotextil. Atrás se localiza otra capa de geotextil que no debe ser dañado.

En la bolsa que se genera por el corte de la primera capa está insertada la planta para que ella pueda echar raíces en el espacio intermedio.

### Variante 2: Con sustrato

Otros elementos de fachada verde usan sustrato como base de vegetación para las plantas. El sustrato es una mezcla entre materiales porosos, como el tezontle y la piedra pómez; así como tierra y composta u otras fibras naturales. Estas mezclas tienen una densidad y peso menor que el de la tierra.

Las fachadas o muros que van a recibir estos sistemas deberían soportar por lo menos 80kg/m<sup>2</sup> adicionales. Por otro lado, también pueden integrarse aislamientos térmicos a este sistema.

Estos métodos también necesitan un riego automático para garantizar una alimentación, con agua y nutrientes permanentes, en los volúmenes adecuados. El cultivo con sustrato ofrece una amplia variedad en plantas y una mejor capacidad para retener agua, además de resistencia a las heladas. Algunos cultivos pueden ser instalados sin un muro de carga hasta cierta altura, porque son estables y sirven como elemento de separación.

### **Actividad 10: Cuestionario de fachadas verdes**

1. ¿Qué significa evapotranspiración?
2. Describe la diferencia entre los sistemas ligados al suelo y aquellos ligados al muro.
3. Compara los dos variantes de sistemas ligados al muro. ¿Qué diferencias tienen los dos sistemas y qué tienen en común?



Imagen 10: “La Valenciana”, en la delegación Iztapalapa, dónde fueron colocados 700m<sup>2</sup> de muros que se convertirán en jardines verticales.

### Actividad 11: Daños en fachadas verdes

Analiza las fotos. ¿Qué daños ves en la estructura? ¿Qué se puede hacer para evitarlos?



Daño 1



Daño 2



Daño 3

## 6.3 Techos verdes

Un techo verde, azotea verde o cubierta ajardinada es la parte de un edificio que está parcial o totalmente cubierta de vegetación, ya sea en suelo o por medio de un cultivo apropiado (sustrato). Para los techos verdes modernos se usan sistemas integrales, compuestos por varias capas de materiales, diseñados para promover el crecimiento de la vegetación elegida. El término *techos verdes* no se refiere a techos con pasto sintético de color verde, ni tampoco a techos con jardines en macetas.



Imagen 11: Casas cubierto con tierra y pasto en Escandinavia

### 6.3.1 Historia de las azoteas naturadas

La historia de las azoteas naturadas está arraigada en tiempos antiguos y se pueden diferenciar principalmente dos tipos: uno es la azotea con pasto y el otro es el jardín en la azotea.

El primer descubrimiento que puede ser clasificado como una naturación artificial encima de un edificio, se encuentra en Egipto, y se remonta a los años 4000 antes de Cristo.

Un jardín en una azotea es algo muy complejo, tanto en el aspecto de diseño como en el constructivo.

Muchas veces se construyeron bóvedas y terrazas para ser usadas como estructuras de soporte y en ellas se colocó tierra o sustrato para sembrar flores, arbustos y hasta árboles. Además, en algunas épocas estuvo de moda tener fuentes y lagos pequeños en jardines ubicados en la

azotea. Este tipo de azotea verde fue principalmente instalada en castillos, palacios y otras edificaciones, como acueductos y tumbas.

Las causas que motivaron a la gente a construir jardines despegados del nivel de la tierra fueron, entre otras, el deseo de tener un jardín en la cercanía inmediata a su hogar, la vanidad de tener algo especial o demostrar riqueza y poder. Además, los jardines contaban con características particulares de su época, mismas que reflejaban los enfoques religiosos, culturales y filosóficos de su tiempo.

Por otro lado, las azoteas con pasto, que son la versión mucho más sencilla y económica que los jardines, fueron erigidas desde siempre por razones climáticas. En diversos continentes, los seres humanos han notado que al cubrir sus techos y paredes externas con tierra y pasto, se protegen contra el frío y el calor en sus espacios interiores.

Por su sencillez, esta técnica se difundió ampliamente desde los principios de la historia de la humanidad. Encontramos ejemplos históricos tanto en Tanzania y otros países africanos, como en Escandinavia.

### **6.3.2 Tipología**

Los techos verdes están clasificados en: extensivos, semi-intensivos o intensivos, según la profundidad del medio de cultivo y sus plantas, así como según el grado de mantenimiento requerido.

Otro tipo de naturación importante, son los techos horizontales o con pendiente. El declive de estos últimos, reduce el riesgo del mal drenaje del agua, aunque presenta mayores problemas de erosión o para mantener la humedad de la tierra. Hoy en día existen sistemas integrales para naturar casi cualquier tipo de techos, ya sean planos, inclinados o con bóvedas.

Cabe señalar que todos los techos naturados se caracterizan por ser ambientes dinámicos, cambiantes, con características especiales que dependen de la ubicación, tiempo, uso, y otras condiciones.

Los techos “extensivos” están diseñados para requerir un mínimo de atención. Las naturaciones extensivas son formas de vegetación “cercanas a la naturaleza”, que se conservan y desarrollan con cierta independencia, pues no precisan de tantos cuidados. Esto se debe a que incluyen plantas con una alta capacidad de regeneración y con posibilidades de adaptación a localizaciones y ubicaciones extremas.

Las plantas utilizadas, deben tener sistemas de raíces de poca profundidad, así pueden cultivarse en una capa muy delgada de sustrato especialmente formulado. La capa vegetal, está compuesta de musgos, suculentas y hierbas. No se debe usar una sola especie vegetal en este sistema, sino agrupaciones vegetales adaptadas a cada biotopo y a las condiciones particulares de cada edificación. Deben considerarse diferentes opciones para la agrupación de la vegetación, con el fin de favorecer la viabilidad y la biodiversidad del sistema.

#### 6.3.2.1 Azotea Verde extensiva

En general, las cubiertas naturadas extensivas no necesitan mantenimiento periódico como el riego o la fertilización. Su mantenimiento se limita a hacer entre dos y cuatro recorridos anuales de control, aunque pueden volverse necesarias algunas medidas de mantenimiento dependiendo de cuál sea el objetivo de la cubierta naturada, por ejemplo, de la función estética de la apariencia verde, de las circunstancias o situación climática.



Imagen 12: La azotea verde más grande de América Latina en el INFONAVIT en México

Normalmente, las cubiertas naturadas extensivas no son transitables y no requieren un acceso fácil y directo.

#### 6.3.2.2 Azotea Verde intensiva

A los jardines en los techos que requieren de un espesor de suelo considerable para cultivar plantas grandes y césped tradicional, se les considera "intensivos". La naturación intensiva puede contener gramíneas, plantas perennes, arbustos y hasta árboles.

En este tipo de naturación, el diseño puede tomar un papel de gran importancia, ya que se dispone de varios estratos y puede incluir también pequeños relieves.

El diseño y aprovechamiento son similares a los de un jardín al nivel del suelo y necesitan por eso un acceso cercano. Las plantas utilizadas en el sistema de naturación intensiva, tienen requerimientos elevados de sustrato.

Mantener este tipo de naturación sólo es posible con un cuidado intensivo, sobre todo, con una alimentación frecuente y permanente de agua y nutrientes. El riego automatizado puede facilitar el trabajo, y minimizar el consumo de agua mediante un uso regulado. Estas naturaciones son generalmente transitables para peatones y en ocasiones, hasta soportar tráfico pesado.



Imagen 13: Jardín Botánico en la Azotea de CICENA en México D.F.

### **6.3.2.3 Azotea Verde semi-intensiva**

En la naturación semi-intensiva domina generalmente una cobertura compacta con gramíneas, plantas perennes y el estrato medio de pastos. El aprovechamiento y diseño es un poco más limitado comparado con el de las naturaciones intensivas.

En estos sistemas, las plantas exigen menos del sustrato, tanto en agua como en nutrientes. A su vez, los requerimientos de mano de obra y gastos de instalación son menores en comparación con la naturación intensiva y el mantenimiento requerido, también es menor.

### 6.3.3 Componentes y funcionamiento

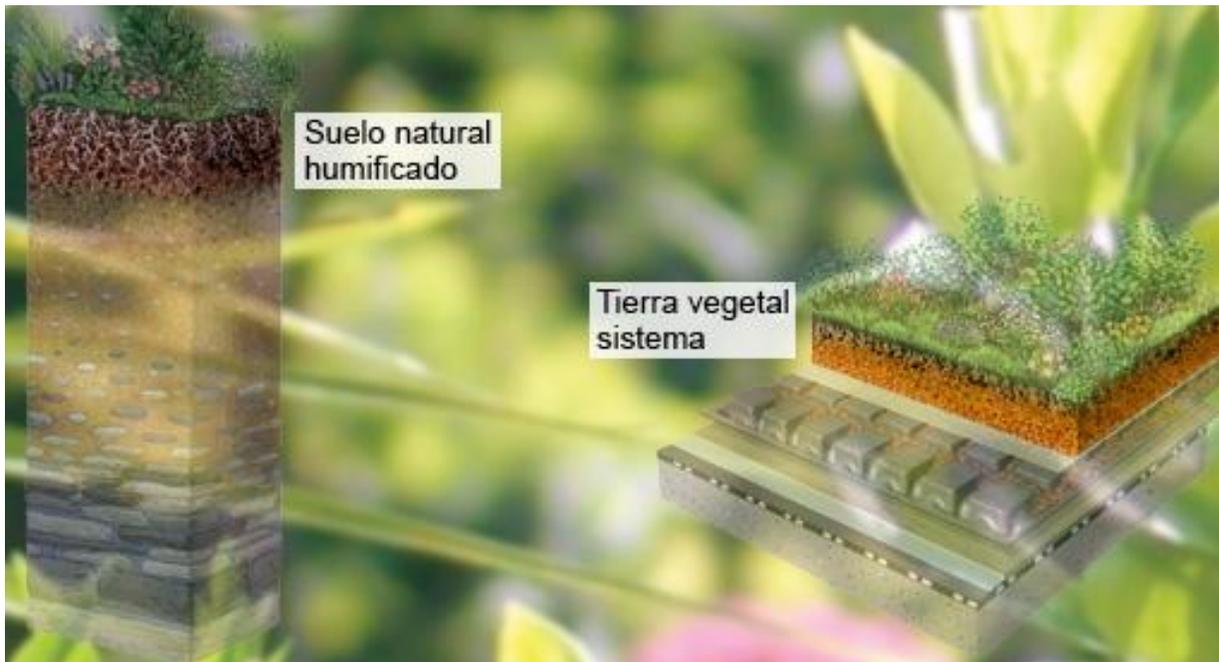


Imagen 14: Comparación de tierra natural con el sistema integral compuesto por varias capas de materiales

A diferencia de lo que ocurre en la naturaleza, donde las plantas se arraigan profundamente en la tierra y reciben de ella el agua y los nutrientes que necesitan, las plantas de las cubiertas carecen de esta alimentación natural. Los sistemas desarrollados suplen la carencia de tierra natural y permiten crear un espacio vital sostenible para muchas y variadas formas de vegetación.

#### 6.3.3.1 Sistemas para cubiertas vegetales extensivas e intensivas

Los sistemas de las azoteas verdes, compensan la falta de adhesión de las plantas al suelo natural y con ello aseguran el éxito de la vegetación. Sus componentes están acoplados entre sí, de tal forma que garantizan un funcionamiento seguro y duradero. Las características de los componentes pueden variar según las exigencias del tipo de azotea verde.

Una cubierta vegetal extensiva requiere, por ejemplo, una capa de dren y otra de sustrato, distinto al de una cubierta vegetal intensiva transitable y con otro tipo de vegetación. Por lo general, los componentes son los siguientes:

A. **Láminas antirraíz**, que protegen la impermeabilización de perforaciones por las raíces.

B. **Mantas protectoras**, que protegen las láminas antirraíz de daños producidos por golpes y retienen agua y nutrientes para las plantas.

C. **Capas drenantes**, cuya función es almacenar el agua de lluvia y riego en las cavidades superiores de las placas; y conducir el agua sobrante de manera rápida y segura a los sumideros de la cubierta a través de sus canaletas inferiores. Las capas drenantes, aseguran una adecuada oxigenación del sustrato y de las plantas.

D. **Capas filtrantes**, evitan que los granos finos de la capa adhesiva superior se corroan y al mismo tiempo aseguran una capa portante estable y un funcionamiento seguro del drenaje.

E. **Sustratos**, que garantizan un crecimiento adecuado para las plantas. Los componentes de los sustratos son elegidos según las plantas.

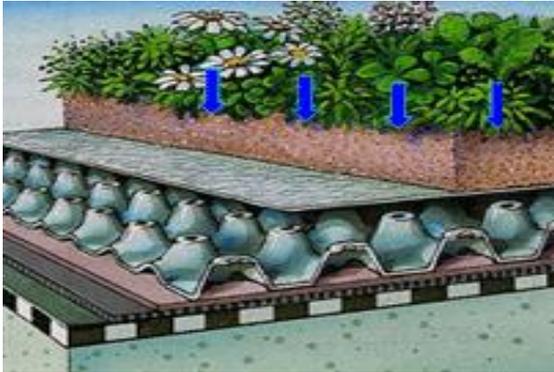
F. **Capas vegetales**. La composición del sustrato debe ajustarse exactamente a las necesidades particulares de la vegetación de la cubierta, para garantizar su máximo desarrollo.



Imagen 15: Componentes de azotea verde

Una azotea verde debe ser instalada por personal especializado. Cada producto requiere un traslape diferente, ya sea entre capas de materiales o elementos de construcción. La vegetación y su base de cultivo no deben ser plantadas hasta el pretil u otros elementos constructivos sobresalientes, tales como muros, domos, salidas de agua etc. La vegetación de una cubierta naturada debe crecer de forma regulada para evitar daños al edificio.

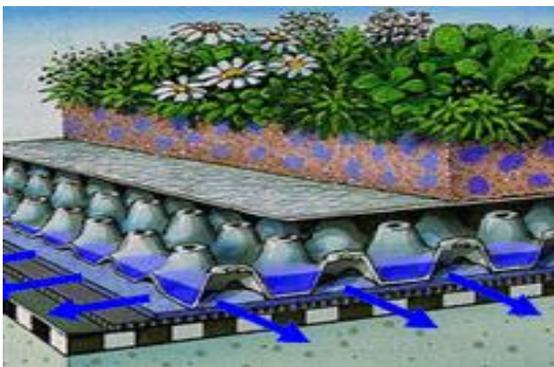
### 6.3.3.2 Funcionamiento de retención del agua



En el caso de la lluvia, una parte del agua es retenida por las hojas de las plantas. Parte de esa agua regresa a la atmósfera gracias al proceso de transpiración, mientras que otra parte es absorbida por el sustrato de acuerdo con su composición. El agua que sobra rellena las concavidades de las placas del dren y sirve como amortiguamiento.



Una vez que la tierra vegetal está saturada y las concavidades llenas, el agua sobrante puede fluir libremente hacia los desagües de la cubierta.



Gracias a este proceso el agua de lluvia que se pierde es mucho menor, y además sale retrasada; aspecto de gran importancia en zonas densificadas y selladas. Las azoteas verdes ayudan a disminuir el atascamiento en calles y drenajes debido a la precipitación pluvial.

Figura 11: Retención y dren del agua

### 6.3.3.3 Funcionamiento del aislamiento

En los últimos niveles de los edificios habitados, la cubierta es el componente de construcción más débil en cuanto a pérdidas de energía o ganancia de calor, aún más que los muros y las ventanas. A través de los techos se pierde mucha energía en invierno a causa de la calefacción y en verano se gana calor. Una azotea verde, funciona como una capa de aislamiento contra el frío y el calor. Observaciones en diversos climas, muestran que una cubierta naturada sirve mejor como aislamiento en zonas climáticas calientes que en zonas frías.

La combinación de una cubierta con vegetación y un termoaislante, limita notablemente las pérdidas caloríficas y ayuda a disminuir los costos de energía eléctrica relacionados con el acondicionamiento ambiental. Reduce el uso de aparatos de aire acondicionado y calefacción eléctrica u otros combustibles. Una azotea verde sin termoaislante también funciona, aunque es menos eficiente.

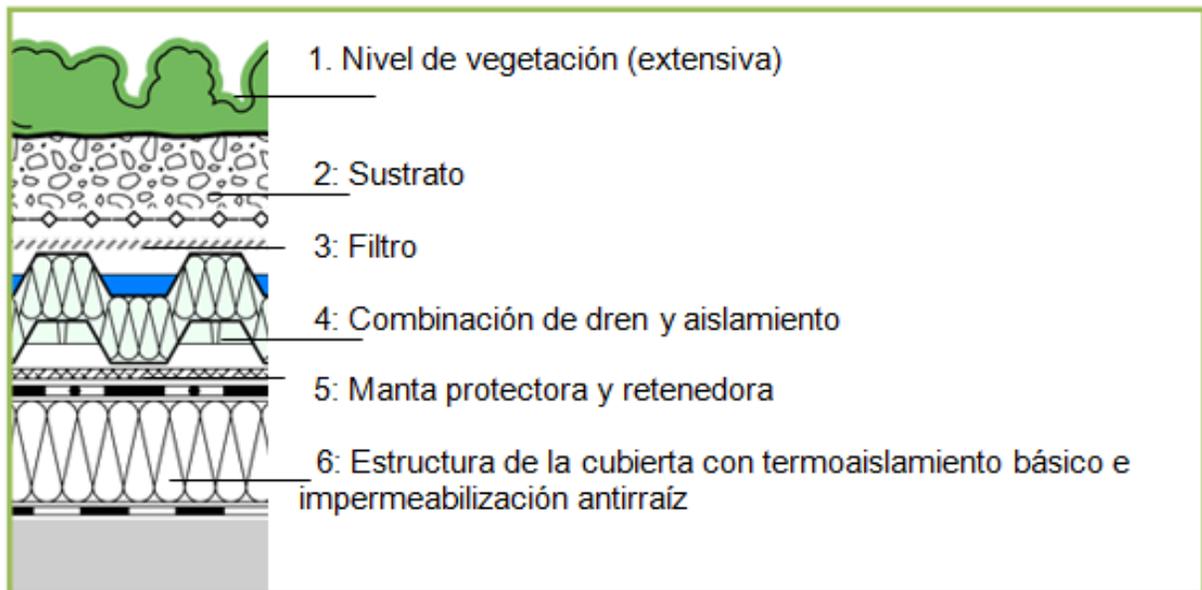
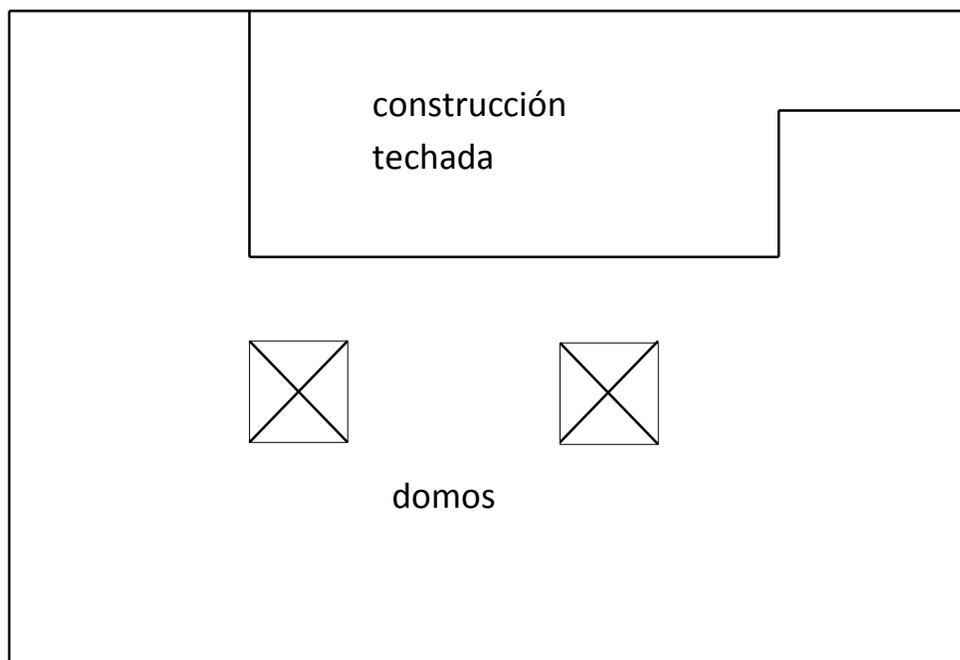


Figura 12: Sistema de azotea verde en combinación con aislamiento.

### Actividad 11: Cuestionario de azoteas verdes

1. Menciona todos los materiales de un sistema para la naturación de una cubierta y explica la función de cada uno.
2. ¿Por qué no se usa suelo natural en los sistemas para la naturación de una cubierta?
3. ¿Cuál son las diferencias entre una azotea verde extensiva y una intensiva?
4. ¿Cómo pueden influir las azoteas verdes en el clima de una ciudad densificada?
5. Anota las posibles desventajas de las azoteas verdes y discútelas con tus compañeros.

Observa el croquis. Diseña una azotea verde extensiva, incluyendo un espacio para una terraza enfrente de la construcción techada.



## 6.4 Reglamentos y normas para fachadas y para azoteas verdes

Por el momento, solamente existe una norma para azoteas verdes en la República Mexicana. Para satisfacer los requerimientos de calidad y seguridad en una cubierta naturada deberán seguirse las especificaciones de la 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.

### 6.4.1 Norma ambiental

La norma ambiental del Distrito Federal NADF-013-RNAT-2007 establece la carga adicional, el tipo de vegetación y detalles de la construcción para los tres tipos de las cubiertas naturadas definidos.

**Cubierta con naturación extensiva:** cubierta de una edificación con acabado vegetal de tratamiento extensivo, compuesto por capas sucesivas de medio de crecimiento y vegetación, sobre un sistema de cubierta tradicional con requerimientos de mantenimiento muy bajos o casi nulos; cuya capa de sustrato no debe ser mayor de 18 cm, en la cual el peso de la capa de sustrato y vegetación (en estado saturado) está entre los 110 y 140 kg/m<sup>2</sup>.<sup>3</sup>

**Cubierta con naturación intensiva:** cubierta de una edificación con acabado vegetal de tratamiento intensivo creado por capas sucesivas de medio de crecimiento y vegetación sobre un sistema de cubierta tradicional con requerimientos de mantenimiento normales o frecuentes; cuya capa de sustrato es de 20 cm como mínimo, en la cual el peso de la capa de sustrato y vegetación (en estado saturado) es superior a los 250 kg/m<sup>2</sup>.<sup>4</sup>

**Cubierta con naturación semi-intensiva:** cubierta de una edificación con acabado vegetal de tratamiento semi-intensivo, compuesto por capas de medio de crecimiento y vegetación sobre un sistema de cubierta tradicional con requerimientos de mantenimiento normales; cuya capa de sustrato es de 15 cm como mínimo y en la cual, el peso de la capa de sustrato y vegetación (en estado saturado) oscila entre los 150 y 250 kg/m<sup>2</sup>.<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> NADF-013-RNAT-2007

<sup>4</sup> NADF-013-RNAT-2007

<sup>5</sup> NADF-013-RNAT-2007

Los valores indicados, corresponden al peso propio de una naturación en estado saturado. Esto significa que se encuentra a la máxima capacidad de absorción de agua. Para efectos del cálculo estructural, el peso de la naturación será considerado como una carga muerta.

Cuando el elemento naturado sea transitable, además de considerar las cargas de trabajo, se tomarán en cuenta las cargas vivas, muertas, transitorias y accidentales de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias.

Además de los límites de carga, la normatividad indica las características de otros elementos constructivos, por ejemplo: la altura de los pretilos, que deben ser de al menos 20 cm en toda la periferia para contener el sistema.

La vegetación deberá ajustarse al tipo de naturación que se desea construir, la norma señala directivas para el tipo de la vegetación. Las plantas para una naturación extensiva son preferentemente cubresuelos, es decir, no rebasan los 50 cm; mientras que la naturación intensiva puede incluir arbustos e incluso árboles de altura limitada.

### Actividad 12: Especificaciones de azoteas verdes

¿Qué señala la siguiente tabla?

Tipo de naturación	Extensiva	Semi-intensiva	Intensiva
Altura de crecimiento de plantas	5 -50 cm	5 - 100 cm	5 -400 cm
Diámetro de copa	No aplica	No aplica	300 cm máximo
Sustrato	10 - 15 cm	15 -30 cm	> 40 cm
Cubierta vegetal	Crasuláceas	Crasuláceas, pastos y arbustos	Crasuláceas, pastos, arbustos y árboles
Carga adicional	110 -140 kg/m <sup>2</sup>	250 kg/m <sup>2</sup>	>250 kg/m <sup>2</sup>

¿Qué significa estado saturado?

¿Qué son las crasuláceas? Busca algunos ejemplos en internet y preséntalos a tus compañeros.

## Lista de Actividades

Actividad 1: Infiltración de precipitación .....	7
Actividad 2: Infiltración de precipitación .....	8
Actividad 3: Clima urbano .....	
Actividad 4: Situación ambiental .....	10
Actividad 5: Acústica .....	12
Actividad 6: Búsqueda de ejemplos .....	13
Actividad 7: Aspectos económicos .....	14
Actividad 8: Prejuicios y daños .....	18
Actividad 9: Cuidados de las fachadas verdes .....	19
Actividad 10: Cuestionario de fachadas verdes .....	22
Actividad 11: Cuestionario de azoteas verdes .....	31
Actividad 12: Especificaciones de azoteas verdes .....	34

## Lista de Figuras

Figura 1: Isla de calor .....	5
<a href="http://meteorologiabasica.com/wp-content/uploads/2012/08/isla-de-calor-grafica.png">http://meteorologiabasica.com/wp-content/uploads/2012/08/isla-de-calor-grafica.png</a>	
Figura 2: Infiltración de precipitación en superficies permeables .....	7
<a href="http://www.perspektive-petrisberg.de/uploads/pics/9_natuerlicheFlaeche_web.jpg">http://www.perspektive-petrisberg.de/uploads/pics/9_natuerlicheFlaeche_web.jpg</a>	
Figura 3: Infiltración de precipitación en superficies impermeables .....	8
<a href="http://www.perspektive-petrisberg.de/uploads/pics/9_versiegelteFlaeche_web.jpg">http://www.perspektive-petrisberg.de/uploads/pics/9_versiegelteFlaeche_web.jpg</a>	
Figura 4 Mejora del clima urbano .....	9
<a href="http://www.zinco.de/images/content/vorteile/kleinklima_pic.jpg">http://www.zinco.de/images/content/vorteile/kleinklima_pic.jpg</a>	
Figura 5 Retención del agua .....	9
<a href="http://www.zinco.de/images/content/vorteile/wasser_pic.jpg">http://www.zinco.de/images/content/vorteile/wasser_pic.jpg</a>	
Figura 6 Reducción de contaminación .....	9
<a href="http://www.zinco.de/images/content/vorteile/staub_pic.jpg">http://www.zinco.de/images/content/vorteile/staub_pic.jpg</a>	
Figura 7 Espacio vital adicional .....	9
<a href="http://www.zinco.de/images/content/vorteile/lebensraum_pic.jpg">http://www.zinco.de/images/content/vorteile/lebensraum_pic.jpg</a>	
Figura 8 Protección contra el ruido .....	11
<a href="http://www.zinco.de/images/content/vorteile/schall.gif">http://www.zinco.de/images/content/vorteile/schall.gif</a>	
Figura 9 Protección .....	13
<a href="http://www.zinco.de/images/content/vorteile/dachlebensdauer_pic.jpg">http://www.zinco.de/images/content/vorteile/dachlebensdauer_pic.jpg</a>	
Figura 10 Ahorro de energía .....	14
<a href="http://www.zinco.de/images/content/vorteile/waermedaemmung_pic.jpg">http://www.zinco.de/images/content/vorteile/waermedaemmung_pic.jpg</a>	

Figura 11 Superficie libre utilizable.....	14
<a href="http://www.zinco.de/images/content/vorteile/freiflaeche_pic.jpg">http://www.zinco.de/images/content/vorteile/freiflaeche_pic.jpg</a>	
Figura 12: Retención y dren del agua .....	30
<a href="http://www.zinco.de/ueber_zinco/index.php">http://www.zinco.de/ueber_zinco/index.php</a>	
Figura 13: Sistema de azotea verde en combinación con aislamiento .....	31
<a href="http://www.zinco.de/systeme_gruendach/extensive_dachbegruenung/klimadach.php">http://www.zinco.de/systeme_gruendach/extensive_dachbegruenung/klimadach.php</a>	

### Lista de Imágenes

Imagen 1 Espacio saludable .....	11
<a href="http://www.panoramio.com/photo_explorer#view=photo&amp;position=6&amp;with_photo_id=9442643&amp;order=date_desc&amp;user=1612489">http://www.panoramio.com/photo_explorer#view=photo&amp;position=6&amp;with_photo_id=9442643&amp;order=date_desc&amp;user=1612489</a>	
Imagen 2 Recubrimiento .....	12
<a href="http://www.epd.de/landesdienst/landesdienst-suedwest/schwerpunktartikel/autobahn-bruecken-fuer-hirsch-und-igel">http://www.epd.de/landesdienst/landesdienst-suedwest/schwerpunktartikel/autobahn-bruecken-fuer-hirsch-und-igel</a>	
Imagen 3 Atractivo visual .....	12
Geographie Infothek: Stadtökologie Ernst Klett Verlag	
Imagen 4: Trepadora en edificio histórico .....	15
<a href="http://de.123rf.com/photo_5958855_bastion-der-eine-burg-mit-efeu">http://de.123rf.com/photo_5958855_bastion-der-eine-burg-mit-efeu</a>	
Imagen 5: Zarcillos - Placas adhesivas - Raíces adhesivas.....	16
<a href="http://pdphoto.org/PictureDetail.php?mat=pdef&amp;pg=5156">http://pdphoto.org/PictureDetail.php?mat=pdef&amp;pg=5156</a>	
<a href="http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wilder_wein_02.jpg&amp;filetimestamp=20070708162036">http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wilder_wein_02.jpg&amp;filetimestamp=20070708162036</a>	
<a href="http://www.garten-de.com/a/de/642-efeu/">http://www.garten-de.com/a/de/642-efeu/</a>	
Imagen 6: Fachada con trepadoras sobre bastidor .....	17
<a href="http://dabonline.de/wpcontent/uploads/11_Nordfassade_Aktionshallen_Rankgeruest_Fassade_nbegruengung.jpg">http://dabonline.de/wpcontent/uploads/11_Nordfassade_Aktionshallen_Rankgeruest_Fassade_nbegruengung.jpg</a>	
Imagen 7: Soportes para trepadores .....	18
<a href="http://www.fassadengruen.de/uw/rankhilfe/rankhilfe.htm">http://www.fassadengruen.de/uw/rankhilfe/rankhilfe.htm</a>	
Imagen 8: Muro verde de Patrick Blanc, Museo Quai Branly, París.....	19
<a href="http://de.paperblog.com/hangende-garten-am-museum-quai-branly-paris-48688">http://de.paperblog.com/hangende-garten-am-museum-quai-branly-paris-48688</a>	
Imagen 9: Una bicicleta y un triciclo se posan en el jardín construido en la Calle Regina en el centro de la Ciudad de México. ....	21
<a href="http://www.excelsior.com.mx/index.php?m=nota&amp;seccion=funcion&amp;cat=3&amp;id_nota=851552">http://www.excelsior.com.mx/index.php?m=nota&amp;seccion=funcion&amp;cat=3&amp;id_nota=851552</a>	
Imagen 10: “La Valenciana”, en la delegación Iztapalapa , dónde ya fueron colocados 700m2 de muros que se convertirán en jardines verticales. ....	23
<a href="http://mw2.google.com/mw-panoramio/photos/medium/28980911.jpg">http://mw2.google.com/mw-panoramio/photos/medium/28980911.jpg</a>	

Imagen 11: Casas cubierto con tierra y pasto en Escandinavia .....	24
<a href="http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ferme_tourbe_glaumb%C3%A6r_face.jpg&amp;filetimestamp=20050924082425">http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ferme_tourbe_glaumb%C3%A6r_face.jpg&amp;filetimestamp=20050924082425</a>	
Imagen 12: La azotea verde más grande de América Latina en el INFONAVIT en México D.F.25	
Fuente propia	
Imagen 14: Jardín Botánico en la Azotea de CICENA en México D.F.....	27
<a href="http://www.panoramio.com/photo/12352722">http://www.panoramio.com/photo/12352722</a>	
Imagen 15: Comparación de tierra natural con el sistema integral compuesto por varias capas de materiales .....	28
<a href="http://www.zinco.de/images/slideshows/systemtechnik4.jpg">http://www.zinco.de/images/slideshows/systemtechnik4.jpg</a>	
Imagen 16: Componentes de azotea verde .....	29
<a href="http://www.zinco.de/images/content/layers.gif">http://www.zinco.de/images/content/layers.gif</a>	