

TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN EDIFICACIÓN

# LOS JARDINES VERTICALES EN LA EDIFICACIÓN



autor: juan navarro portilla

tutor: jaime llinares millán

Septiembre 2013



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**INDICE:**

1.Introducción.....	2
2.- Origen y Antecedentes del uso de la vegetación.....	4
3.- Estudio de los Jardines Verticales más relevantes del mercado..	12
3.1 Fachadas Vegetales.....	16
3.1.1 Fachadas Vegetales Tradicionales.....	16
3.1.2 Fachadas Vegetales que se comportan como una segunda piel.....	19
3.1.2.1 Sistema de cables trenzados.....	19
3.1.2.2 Enrejados modulares.....	25
3.1.2.3 Fachadas Vegetales invernadero.....	29
3.1.2.4 Fachadas deslizantes.....	31
3.1.3 Sistemas con plantas precultivadas.....	37
3.1.3.1 Sistemas de Paneles vegetados en cajas metálicas.....	41
3.1.3.2 Sistemas de Paneles vegetales en celdas drenantes.....	44
3.1.3.3 Gaviones metálicos.....	44
3.1.4 Sistemas Hidropónicos.....	49
3.1.5 Hormigón vegetal.....	53
4.- Mejoras desprendidas de la implantación de los jardines verticales en la edificación.....	61
5.- Normativa en los sistemas de jardines verticales.....	71
6.- Bibliografía.....	73
7.- Conclusiones.....	75

## 1. INTRODUCCION.

El presente proyecto se ha desarrollado con el objetivo de dar a conocer una nueva estrategia sostenible vinculada al uso de vegetación en las envolventes de naturaleza vertical de los edificios.

Los sistemas vegetales verticales son una innovadora técnica constructiva para la integración arquitectónica de la vegetación en los edificios y su entorno urbano.

La creciente preocupación por los problemas que afectan al medio ambiente, ha provocado un mayor interés por una arquitectura responsable, que responda mejor a las condiciones medioambientales y que demande un menor consumo energético.

A pesar de que existen muchas ventajas en la introducción de vegetación en las superficies de los edificios y los espacios relacionados, esta práctica, también se enfrenta a una serie de problemas para su aplicación, por lo que debe ser plenamente estudiada.

Ciertas ventajas a considerar derivan del proceso de evapotranspiración, a través del cual las plantas incrementan la humedad ambiental y regulan la temperatura, suponiendo en consecuencia una mejora del *microclima*. Las especies vegetales renuevan el aire del entorno mediante el proceso de fotosíntesis.

Durante el período estival, una envolvente con estas características actuaría como un aislamiento orgánico; protegiendo del sobrecalentamiento los espacios, produciendo brisas frescas alrededor de las edificaciones y propiciando una ventilación natural. Las especies vegetales interceptarían los rayos solares antes de que se generaran fluctuaciones de temperatura en el interior. Durante el invierno, estos sistemas supondrían una óptima protección al viento, además de contribuir a mantener constantes las condiciones de temperatura interior, evitando pérdidas energéticas.

Con este proyecto pretendemos desarrollar un nuevo concepto de fachada dando analizando los orígenes, desarrollando las difentes tipologías de jardines verticales así como las mejoras técnicas y medioambientales contribuyendo a una mejora en cuanto a eficiencia energética.

La primera parte del trabajo, aborda los antecedentes históricos del uso de la vegetación en la arquitectura y se revisa la literatura existente sobre la integración de sistemas vegetales en la edificación, tanto desde el ámbito de sus efectos sobre el edificio y su entorno, como desde el ámbito de los grupos investigación dedicados al tema. Esto dará lugar a una propuesta de clasificación para los diferentes sistemas.

La siguiente parte del trabajo, es estudio exhaustivo de los aspectos funcionales y efectos de la integración de la vegetación en los edificios, poniendo de relieve las ventajas e inconvenientes en cuanto al uso de estos sistemas, tanto a nivel de la edificación, como a escala urbana y social.

## 2. ORIGENES Y ANTECEDENTES DEL USO DE LA VEGETACIÓN.

En la actualidad las técnicas de fachadas vegetales, son realmente herencia de la arquitectura de antaño. Esta arquitectura en sus diversas formas y climas, desarrolló intuitivamente conceptos científicamente válidos, al utilizar materiales de construcción disponibles localmente y métodos de construcción adaptados de tal forma, que combinaban la comodidad y la belleza, con la funcionalidad social y física.

A pesar de sus carencias y no adaptarse a los estándares actuales de confort, la arquitectura dio respuestas a las necesidades de protección y abrigo del ser humano, junto con una alta adaptación, integración y respecto al medioambiente.

El uso de vegetación se puede encontrar principalmente en la arquitectura del norte de Europa y las islas Británicas. El uso de vegetación, como el césped o la turba, en estas zonas, fue la respuesta a unas condiciones climáticas adversas.

Estos materiales vegetales ofrecían un aislamiento superior, frente a las construcciones edificios hechos realizadas exclusivamente de madera o piedra, además de la relativa dificultad para obtención de estos últimos materiales en cantidades suficientes.

En Islandia por ejemplo, la estructura de madera que soportaba las casas, era cubierta totalmente por bloques de turba y además en las cubiertas, se plantaba césped para que creciera sobre la turba





Turf house in Bakkagerdi, north east Iceland. This is a traditional style of house building in Iceland, offering superb insulation from the harsh environment.

Ejemplos de arquitectura tradicional realizada con turba y césped

La utilización de la vegetación en la arquitectura, tiene una interesante influencia en esta por su capacidad para modificarla.

Además de su función estética, está su intervención más funcional. Esto es debido principalmente a sus excelentes cualidades aislantes, fruto de la combinación de plantas junto con su capa de tierra, ya que en los climas fríos, hace que se retenga el calor en el interior del habitáculo, en cambio en climas calurosos actúa de manera inversa dificultando la entrada de calor del exterior.

La utilización de cubiertas verdes y jardines verticales, como parte o complemento de la arquitectura, o como elemento de definición espacial, viene desde tiempos inmemorables.

Pasando desde los míticos jardines colgantes de babilonia (el año 605 a.d.C.), hasta la llamada arquitectura orgánica, la vegetación ha servido a los proyectistas no solo para acentuar o aligerar la arquitectura, sino también, para crearla y transformarla



Jardines colgantes de Babilonia

Ya existían antecedentes de jardines verticales en la arquitectura india y precolombina en forma de terrazas

En la cultura romana también es notable la arquitectura vegetal, como por ejemplo a través de Villa dei Misteri en Pompeya la donde los edificios se integran en el paisaje mediante grandes pórticos y galerías que dan a jardines colgantes, incluso colocando arbolados en lo alto de edificios institucionales, así como en los mausoleos de sus emperadores.



Terrazas precolombinas



Villa dei Misteri

Más ejemplo del uso de vegetación en la antigüedad, se puede encontrar durante el periodo gótico, donde multitud de muros de iglesias, palacios y patios, de la época se cubrían con vegetación con el fin de aligerar la contundencia de la mampostería de su arquitectura



Patio Gótico

Durante el Renacimiento, el redescubrimiento por parte de los arquitectos de los clásicos romanos, inspiró el uso de la vegetación en la arquitectura, subordinando en muchos casos las construcciones a los principios y los simbolismos del arte de la jardinería



Fontana dell'Ovato

A partir de este periodo aparece una nueva corriente de influencia en posteriores periodos artísticos como el clasicismo o el barroco, donde se puede hablar de una arquitectura de la naturaleza, que concibe la naturaleza como una continuación mas del edificio, añadiendo a las edificaciones existentes una nueva edificación con grandes ventanales para conservar en invierno todo tipo de plantas y árboles frutales

Dentro de la arquitectura orgánica a principios del siglo XX. la vegetación sigue jugando un papel principal. Este estilo es un movimiento arquitectónico derivado del funcionalismo o racionalismo, promovido fundamentalmente por los arquitectos escandinavos en las primeras décadas del siglo XX., y por el arquitecto americano Frank Lloyd Wright. El término "arquitectura orgánico" fue acuñado por primera vez por este arquitecto americano.



Falling water

Frank Lloyd Wright, introdujo la palabra "orgánico" en su filosofía de la arquitectura, a principios del siglo XX. Y como una extensión de las enseñanzas de su mentor Louis Sullivan, cuyo lema "la forma sigue la función". Wright cambió esta frase a "forma y función son uno," poniendo la naturaleza como el mejor ejemplo de esta integración. La palabra "orgánico", con su uso común que se refiere a las características de los animales o plantas, pasó en la filosofía de Wright a tener un nuevo significado. No se trataba de que la arquitectura se convirtiera en una simple imitación de la naturaleza, si no que mediante la reinterpretación de los principios la naturaleza, el respeto por las propiedades de los materiales, y el respeto por la relación armoniosa entre la forma, el diseño y la función del edificio, la arquitectura fuera capaz de integrar el lugar y los alrededores naturales, con el edificio

Otro de los grandes arquitectos., asociado con gran parte del pensamiento de la arquitectura de F. L. Wright, y que hizo un amplio uso de la vegetación fue el también arquitecto, diseñador y urbanista suizo Charles-Édouard Jeanneret (Le Corbusier).

La Villa Savoye considerada como la obra fundamental Le Corbusier, y levantada en Poissy, en las afueras de París en 1929, incluye un jardín en la cubierta plana de la edificación



*La Villa Savoye*

Le Corbusier, por ejemplo, previó en sus proyectos zonas urbanas, en las que colocaba calles y caminos en las cubiertas de sus edificios, y todo en medio de la vegetación.

De hecho, en la colección de ensayos escritos por Le Corbusier - *Towards a New Architecture 1923* -, que explora el concepto de la arquitectura moderna y condensa sus ideas arquitectónicas en cinco puntos, el arquitecto habla de jardines en las azoteas para compensar el área verde consumida por el edificio y su restitución en la cubierta

F. L. Wright utiliza jardines verticales y jardines en las cubiertas como por ejemplo los Jardines de Midway en Chicago o la Ennis House por citar alguna. Parece claro que tanto las cubiertas verdes, como las fachadas vegetales, son consecuencia de la filosofía de la Prairie School, que hace hincapié en la integración del edificio en el paisaje, y que Wright aplicaría en gran parte de sus proyectos



*Midway gardens*



*Ennis House*

### **3. ESTUDIO DE LOS JARDINES VERTICALES MAS RELEVANTES DEL MERCADO**

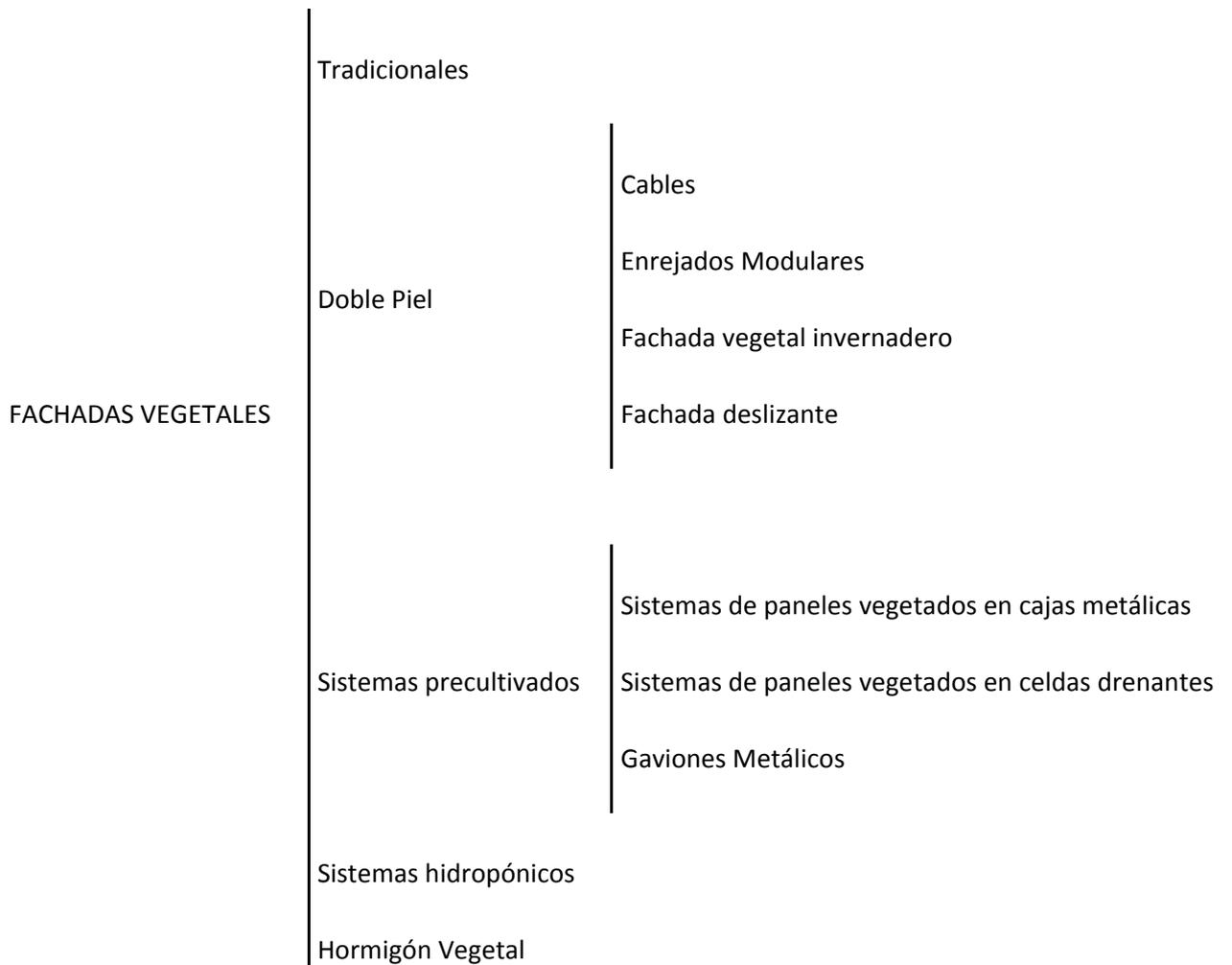
Actualmente se puede encontrar en el mercado diferentes sistemas de vegetación vertical, en este punto hemos desarrollado una clasificación de los diferentes sistemas, al no haber encontrado ninguna clasificación completa de los sistemas existentes. La clasificación se ha establecido en función de cómo los sistemas proceden a la transformación ecológica de la fachada de un edificio o una construcción.

También se ha estudiado los sistemas de vegetación vertical, por un lado en el ámbito de las empresas que están desarrollando sistemas y tecnologías para la integración vegetación en fachadas y muros de los edificios, y por otro lado desde el ámbito de la normativa existente en el ámbito de los sistemas vegetales verticales.

También hemos observado que por parte de las empresas que desarrollan estos sistemas vegetales hacen un gran incapie en los aspectos positivos del empleo de sus sistemas en los edificios dejando de lado los aspectos negativos que se pueden dar, teniendo en cuenta que estos aspectos negativos pueden afectar al desarrollo del proyecto.

A continuación enumeraremos los diferentes sistemas vegetales así como sus aspectos positivos y negativos

## Tipología de las fachadas vegetales verticales



Básicamente, los sistemas anteriormente mencionados podrían agruparse bajo un nombre común "Sistemas vegetales verticales para edificios".

Pero por clasificarlos de alguna manera podemos afirmar que las dentro de las Fachadas Vegetales, hay un tipo de sistemas que se basan en la utilización de estructuras especialmente diseñadas, a base de mallas, gaviones tanto metálicos como sintéticos, cables, enrejados

Todas estas estructuras se colocan de manera independiente a la envolvente del edificio en cuestión, y sirven para que las plantas se desarrollen y crezcan cubriendo los paramentos del edificio, pero sin llegar a asociarse a la superficie del edificio.

Por otro lado el resto de fachadas están compuestas por paneles prevegetados, módulos verticales o fieltros geotextiles plantados y fijados a la envolvente mediante marcos estructurales. Por lo que el sistema en este caso, forma parte de la envolvente del edificio, sustentando y conteniendo la vegetación, con las plantas están realmente plantadas y crecen en el sistema.

En esta clasificación de sistemas vegetales, nos hemos basado en las diferencias más significativas:

Los diferentes sistemas para su elaboración.

Las especies vegetales utilizadas y su mantenimiento posterior, puesto que los sistemas extensivos son de fácil implementación y menor mantenimiento, en cambio los sistemas intensivos, requieren de una implantación más compleja y un mayor mantenimiento posterior.

Dentro de las fachadas podríamos clasificarlas dependiendo de si se instalan en el interior o exterior del ambiente a tratar. Lo que indica que estos sistemas pueden ir en el interior o exterior de un edificio. Se podría distinguir entre Fachadas Vivas para Ambientes Interiores o Fachadas Vivas para Ambientes Exteriores.

Dentro de las fachadas vivas ubicadas en ambientes interiores pueden tener dispositivos que mejoren y potencien las propiedades del sistema, como pueden ser ventiladores, bombas, etc., por lo que podríamos decir que existen fachadas vivas interiores activas y pasivas

En esta clasificación, las diferencias significativas entre Fachadas Vivas son:

Por el ambiente donde van instalados, es decir si están ubicadas en el exterior o en el interior de un edificio, lo que condicionara principalmente las especies vegetales a utilizar en dicho sistema.

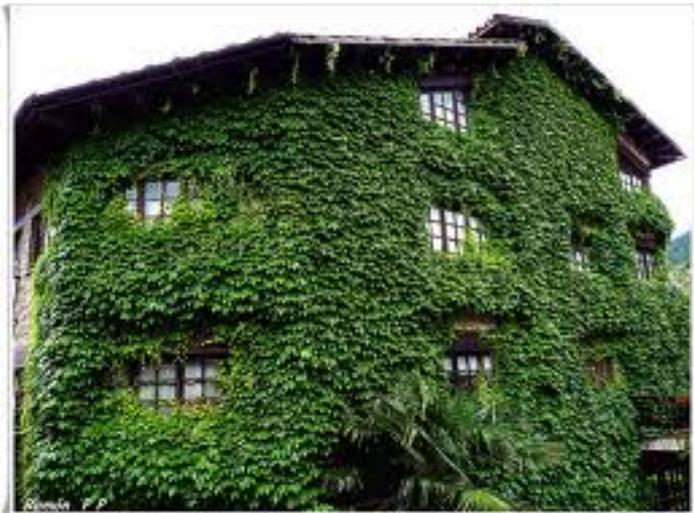
Y por otro lado, si el sistema incorpora algún mecanismo mecánico para aumentar sus propiedades, lo que supone una implantación más compleja y un mayor nivel de mantenimiento a la larga, normalmente estos sistemas activos se colocan en el interior a modo de decoración y se utiliza la tecnología de cultivo hidropónico, es decir sin tierra.

### 3.1 Fachadas vegetales

Como norma general se han considerado como fachadas vegetales, las fachadas de edificios que han sido cubiertas por plantas trepadoras, tipo hiedras las cuales han desarrollado mecanismos de sujeción y que no requieren ningún apoyo adicional, para poder cubrir los paramentos verticales de los edificios.

#### 3.1.1 Fachadas vegetales tradicionales

En las fachadas vegetales tradicionales, las plantas crecen desde el suelo donde tienen sus raíces. Las plantas utilizan una superficie vertical, como una pared, para apoyarse, pero no reciben ningún tipo de humedad y nutrientes de ella. Los ejemplos más comunes incluyen a los edificios cubiertos de hiedra o enrejados



*Fachada cubierta de hiedra*

Las diferentes especies de hiedras (*Hedera helix*) son comúnmente elegidas para cubrir edificios. Estas se apoyan en los paramentos mediante raíces aéreas que pueden penetrar en grietas o juntas. Algunos tipos de plantas trepadoras, especialmente del género *Parthenocissus*, como la hiedra de Boston (*Parthenocissus tricuspidata*) o Virginia Creeper (*Parthenocissus quinquefolia*) no disponen de raíces aéreas. En su lugar, se adhieren a las superficies mediante zarcillos adhesivos que terminan en forma de copa.

Por lo que no son una amenaza para la mampostería del edificio, aparte de dejar unas pequeñas marcas, y por lo tanto son la mejor elección dentro de las hiedras para fachadas vegetales

## **Ventajas**

**Sombreamiento:** La sombra que produce la vegetación de hojas caducas en las ventanas permite la entrada de luz en invierno al perder la hoja y por el contrario, reduce las cargas de refrigeración, al limitar la ganancia solar en el verano,

**Mantenimiento:** Requieren un mantenimiento bastante escaso, se basa simplemente en la poda regular de las hojas que crecen frente a las ventanas, por lo que el mantenimiento en si es poco costoso.

**Costos e instalación:** Esta es la principal ventaja de este tipo de fachadas es el costo y su instalación. En general, es el sistema más barato de fachada vegetal disponible y más fácil de implementar.

## **Desventajas**

**Daños en las fachadas de los edificios:** Algunas especies de hiedras se apoyan por raíces aéreas, las cuales pueden penetrar en fisuras , juntas o grietas existentes en la fachada acelerando el proceso de deterioro y degradación de una fachada en mal estado y provocando manchas y marcas en ellas.

**Aislamiento térmico:** Al tener una inercia térmica tan pequeña el efecto aislante es muy pequeño.

**Protección de edificios:** La protección contra los elementos atmosféricos es bastante escasa respecto a otros sistemas vegetales.

**Evolución de la cubrición de la fachada:** Es posible una de las mayores desventajas de dicho sistema puesto que para que se pueda cubrir por completo mediante plantas una fachada se necesitan un numero bastante elevado de años. Por lo que si una de estas plantas muriese, se necesitarían muchos años para llenar el vacío que ha dejado esa planta.

Protección de edificios: La protección contra los elementos atmosféricos es bastante bajo en este tipo de sistemas.

Estética: En este tipo de fachadas vegetal hay una importante limitación en lo que respecta a la libertad artística del proyectista por la limitación en el uso de diferentes especies de plantas para crear patrones y diseños.

### 3.1.2 Fachadas vegetales que se comportan como una doble piel

Este sistema está basado en las fachadas vegetales tradicionales, pero con la diferencia que se utilizan superficies verticales, como enrejado de acero galvanizado, alambres, mayas como apoyo estructural para el crecimiento de las plantas, de la que tampoco reciben ningún tipo de humedad y nutrientes de ella. El objetivo es crear una segunda piel o pantalla entre el la piel del edificio y el ambiente exterior.

#### 3.1.2.1 Sistema de cables trenzados

Sistema que se basa en la utilización de cables y varillas de acero inoxidable y piezas accesorias, que sirven de apoyo a plantas trepadoras. En el mercado existen diferentes soluciones en función del peso que deberá soportar la estructura y dispone de diferentes tipos de anclajes en función del material de fachada, para garantizar la estabilidad y durabilidad del sistema. También diferencia dos disposiciones, la ortogonal, o bien formando rombos.



*Sistema de cables en forma de rombos*



A continuación indico dos de las diversas empresas que se dedican a la elaboración de sistemas de cables para los sistemas vegetales

Las empresa Jakob AG Rope Systems utiliza un sistema de cables de acero inoxidable, con piezas accesorias, tensores, separadores, abrazaderas, grapas, etc. para poder integrar vegetación en las fachadas y superficies verticales del edificio, básicamente plantas trepadoras y puesto que existen diferentes tipologías de plantas trepadoras este sistema dispone de diferentes productos para adaptar la forma al crecimiento de las plantas



*Sistema de cables Jakob AG Rope Systems*

La empresa Carl Stahl Décor Cable usa un sistema de cables de acero inoxidable para plantas trepadoras, los cuales están diseñados para poderse instalar en cualquier tipo de superficie, además soportan grandes luces y el peso de plantas trepadoras más vigorosas.

El sistema al estar realizado con acero inoxidable es altamente resistente a la corrosión, requiere poco mantenimiento, posee un largo ciclo de uso y es 100% reciclable



*Sistema de cables Carl Stahl Décor Cable*

Esta empresa tiene además un sistema es una evolución del sistema de cables que consiste en crear una malla tridimensional con diferentes tipos de trenzado dependiendo del acabado final pretendido.



## **Ventajas**

**Mantenimiento:** Aunque hay que realizar una podas periodicas de las enredaderas, este sistema comparado con otros sistemas el mantenimiento es relativamente barato. Los sistemas incorporan el riego por goteo vertical, sensores y monitorización remota, que permite el riego automáticamente cuando es necesario. Los cables y los accesorios al estar realizados en acero inoxidable son resistente a la intemperie, y cuentan con una larga vida útil, por lo que su mantenimiento a priori es bajo.

**Instalación:** Es un sistema fácil de instalar y montar. Dicho sistema se adapta a las medidas necesarias para la instalación en el sitio determinado. Bajo el peso propio del sistema. Sistema flexible y ajustable en lo que respecta a las diferentes especies de plantas y las cargas mecánicas previstas.

**Costes de inversión:** El coste de transporte e instalación es bajo. La relación entre el coste de implantación de dicho sistema comparado con los beneficios ecológicos que proporciona, son buenos.

**Comportamiento ambiental:** Los beneficios ecológicos son tales como reducción de temperatura ambiente gracias a la sombra que provoca y de evapotranspiración, la captura de contaminantes atmosféricos y gestión de aguas pluviales. En el caso que empleemos plantas de hoja caduca permite la entrada de luz diurna en invierno.

## **Desventajas**

**Aislamiento térmico:** Al igual que las fachadas vegetales tradicionales el efecto aislante y el incremento de inercia térmica es muy pequeño.

**Protección de edificios:** La protección contra los elementos atmosféricos no son tan pronunciados en este tipo de fachada verde

**Evolución de la cubrición de las plantas:** Estamos ante la mayor desventaja puesto que las plantas necesitan un elevado número de años para la conseguir una cubrición total de la fachada. Con el consiguiente problema que si una planta muere, se necesitan muchos años para llenar el vacío que ha dejado esa planta.

**Estético:** Existe una importante limitación en este tipo de fachadas vegetal en lo que respecta a la libertad artística y el uso de diferentes

especies de plantas para crear patrones y diseños, puesto que las tipologías de las plantas están limitadas

### 3.1.2.2 Enrejados modulares

Son módulos los cuales están formados por un sistema de tridimensional a base de perfiles y chapa de acero inoxidable, adecuándose a las tipologías de la fachada pudiendo acoplarse tanto en altura como en anchura fijándose dichos elementos a la fachada en cuestión.

Un ejemplo de este sistema son los módulos empleados por la empresa GSky Plant Systems, Inc.

Este sistema se compone de un sistema de macetero flotante (contenedor de la planta) que ancla con seguridad plantas a una fachada del edificio.

Los contenedores de las plantas son una gran sistema para lograr una cobertura vegetal duradera sin dañar la fachada como puede ocurrir con las fachadas tradicionales de hiedra.

Este sistema puede proporcionar una cobertura vegetal en las fachadas diez veces más rápidos que en las fachadas vegetales tradicionales donde la enredadera crece más lentamente.

Este sistema se compone de cinco elementos :

Contenedores: Los tamaños de los mismos se pueden adaptar a cualquier tamaño o diseño.

Recipiente aislado: son contenedores aislados provistos de cables que proporcionan calor para que el cepellón de la planta no muera por congelación.

Mantenimiento: diseñado para el mantenimiento, los contenedores se pueden montar directamente en la pared o en una pasarela de mantenimiento (en la foto ) en situaciones muy altos de instalación.

Monitoreo remoto de riego y fertilización : sistema de riego por goteo computarizado vertical, con sensores de temperatura que permiten el monitoreo remoto de alta eficiencia 24/7 ya que solo se utiliza el agua necesaria.

Sistema de montaje diseñado para ser montado en cualquier tipo de estructura ya sea hormigón, de madera , vigas de acero, para fachadas muy altas se usa un sistema de pasarela en situaciones que

permite la retirada de envases para la inspección , según sea necesario.



Sistema modular GSky Plant Systems



Antes de comenzar la instalación las enredaderas han adquirido un crecimiento óptimo en las instalaciones de la empresa. En este momento se instalan los módulos sobre los que irá este sistema a base de perfilaría de acero que soporta dichos módulos, e instalando el riego por goteo y demás sensores para el control y monitorización del sistema. Este sistema permite la ejecución de aproximadamente 500 metros cuadrados de instalación dependiendo de la altura y accesibilidad.

## **Ventajas**

**Mantenimiento:** Aunque hay que realizar una poda periódica de las enredaderas, este sistema comparado con otros sistemas el mantenimiento es relativamente barato. Los sistemas incorporan el riego por goteo vertical, sensores y monitorización remota, que permite el riego automáticamente cuando es necesario. El sistema y los accesorios al estar realizados en materiales resistentes a la intemperie, y cuentan con una larga vida útil, por lo que su mantenimiento a priori es bajo.

**Instalación:** Las medidas de módulos pueden adaptar sus medidas por necesidades de diseño o tamaño. El sistema está diseñado para ser montado en estructuras de hormigón, madera o acero, permitiendo montar un sistema pasarelas en instalaciones a gran altura.

Permite la eliminación de contenedores para su inspección, según sea necesario. Como los contenedores ya llevan instaladas plantas pre cultivadas y con un crecimiento ya avanzado no hay que esperar a que la planta crezca como en otros sistemas.

**Costes de inversión:** El coste de transporte e instalación es bajo. La relación entre el coste de implantación de dicho sistema comparado con los beneficios ecológicos que proporciona, son buenos.

**Comportamiento ambiental:** Los beneficios ecológicos son tales como reducción de temperatura ambiente gracias a la sombra que provoca y de evapotranspiración, la captura de contaminantes atmosféricos y gestión de aguas pluviales. En el caso que empleemos plantas de hoja caduca permite la entrada de luz diurna en invierno.

## **Desventajas**

**Aislamiento térmico:** Al igual que las fachadas vegetales tradicionales el efecto aislante y el incremento de inercia térmica es muy pequeño.

**Protección de edificios:** La protección contra los elementos atmosféricos no son tan pronunciados en este tipo de fachada verde

**Evolución de la cubrición de las plantas:** Estamos ante la mayor desventaja puesto que las plantas necesitan un elevado número de años para la conseguir una cubrición total de la fachada. Este sistema mejora la situación con respecto a las fachadas tradicionales puesto que este sistema implanta ya plantas crecidas aun así para llegar a una cubrición total han de pasar bastantes años para llenar el vacío que ha dejado esa planta.

**Estético:** Existe una importante limitación en este tipo de fachadas vegetal en lo que respecta a la libertad artística y el uso de diferentes especies de plantas para crear patrones y diseños, puesto que las tipologías de las plantas están limitadas

### 3.1.2.3 Fachada vegetal invernadero

La fachada vegetal invernadero es un sistema constructivo que funciona como ventilación higiénica, ventilación térmica y protección solar. Además de actuar como un material de construcción, la incorporación de elementos vegetales al cerramiento de fachada ofrece una respuesta térmica variable según las condiciones climáticas exteriores, constituyendo el conjunto un sistema clave en la optimización de las cualidades de confort del edificio.

La estrategia consiste en un cerramiento de fachada concebido como un invernadero extraplano que incluye un subsistema constructivo vegetal. Tres capas o subsistemas correlativos lo componen mediando entre el interior y el exterior:

Capa interior. Ventana corredera de dos hojas modelo Technal (1420 x 1410 mm) de carpintería metálica y acristalamiento doble de vidrio (espesor 14 mm) con cámara de aire (espesor 12 mm).

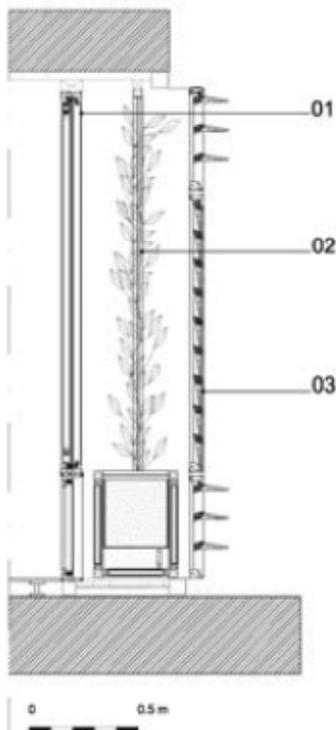
Capa intermedia vegetal. Sistema vegetal vertical compuesto por jardinera metálica (1,50 x 0,50 x 0,40 m) con sistema de riego automático por inmersión y control por temporizador, cableado de acero de desarrollo helicoidal como soporte de especies vegetales y bastidor metálico con ensamblajes mediante tornillería metálica. A modo de fachada prevegetada, la vegetación se desarrolla en cajas conformadas con placas celulares rígidas de polipropileno (reciclado y reutilizable) donde se aloja el sustrato.

Capa exterior. Cerramiento modelo Technal basado en un entramado simple de lamas basculantes de policarbonato en masa de 5 mm de vidrio, adosadas a un bastidor de aluminio. Las lamas son practicables, a través de un sistema domótico que se activa desde el interior de la vivienda.

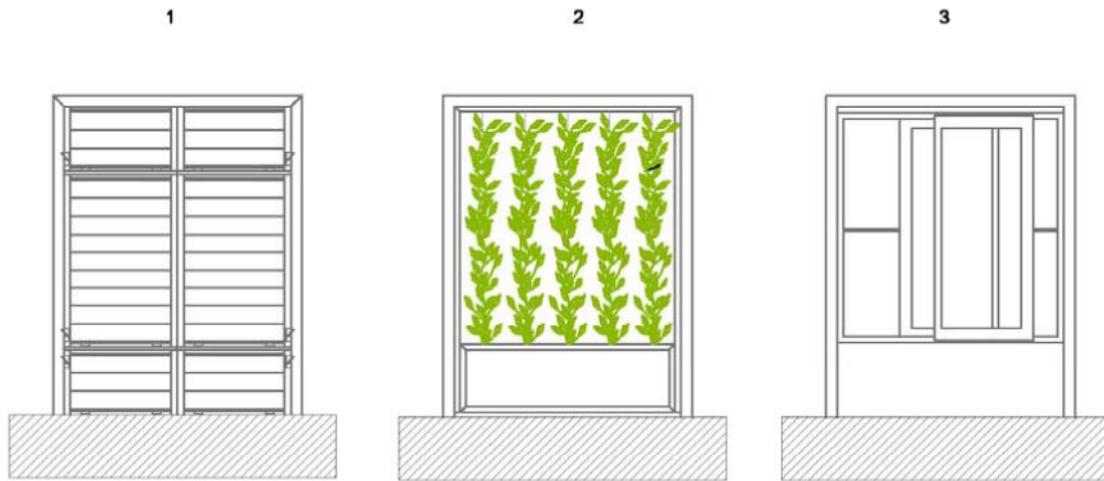
En verano, la densidad de la vegetación consigue una obstrucción solar determinada con su consecuente ahorro en refrigeración. En invierno, el aspecto de la capa intermedia vegetal mutaría con la caída de las hojas, permitiendo la entrada máxima de radiación solar, junto a una mejora de las prestaciones térmicas del ambiente interior.

Durante el periodo estival, el aire exterior atraviesa la lámina vegetal húmeda, enfriando unos grados el ambiente interior. En invierno, el conjunto del sistema constituye un invernadero para la vegetación, calentando el flujo de aire de forma pasiva, suponiendo en ambos casos, un ahorro energético. Además, la capa exterior regula las condiciones térmicas del invernadero, limitando el flujo de aire y la humedad según las necesidades.

La facilidad de puesta en obra y de montaje del sistema lo convierte en un cerramiento ligero adecuado para proyectos de rehabilitación y Viviendas de Protección Oficial. Su construcción y manipulación son rápidas y económicas, realizándose en obra seca



- 01) Capa interior: ventana corredera
- 02) Capa intermedia: vegetal.
- 03) Capa exterior: sistema de lamas.



## Ventajas

**Comportamiento ambiental:** La fachada vegetal puede proporcionar ventilación higiénica, ventilación térmica y protección solar.

En verano, la vegetación consigue una obstrucción de la radiación solar, con el consecuente ahorro en refrigeración.

El aire exterior atraviesa la lámina vegetal húmeda, enfriando unos grados el ambiente interior.

En invierno, la capa intermedia vegetal al ser caduca pierde las hojas, permitiendo la entrada de radiación solar, lo que aporta una mejora de las prestaciones térmicas del ambiente interior. Además el conjunto puede funcionar como un invernadero, calentando el flujo de aire de forma pasiva, suponiendo en ambos casos, un ahorro energético.

**Estético:** Este sistema es un nuevo tipo de muro, que dota al edificio de una destacada y novedosa estética arquitectónica tanto desde el interior del edificio ya se producen unas agradables vistas como para el exterior mejorando el entorno del edificio.

Instalación: Este sistema basado en sistemas modulares permite una rápida instalación y estandarización facilitando la puesta en obra tratándose además de una puesta en obra seca.

### **Desventajas**

Fase estudio: Este sistema de fachada se encuentra todavía en fase de estudio y desarrollo habiéndose implantado en edificios donde se está estudiando dicho sistema.

### 3.1.2.4 Fachada deslizante vegetal

Este sistema es una protección solar móvil para huecos de fachada que incorpora el soporte para el desarrollo de especies trepadoras, preferentemente de hoja caduca. El principal objetivo del dispositivo es lograr que las plantas incorporadas al panel actúen como protección contra las ganancias excesivas de calor, ya que la trepadora obstruye, filtra y refleja la radiación solar. Dichas cargas térmicas se reducen tanto por radiación como por conducción, ya que se sombrea la fachada y, al mismo tiempo, se reduce la temperatura del aire adyacente al muro.

El soporte para la vegetación consiste en una jardinera-maceta instalada en la parte inferior del panel, solidaria al mismo de forma que deslicen en un solo movimiento. La jardinera alberga el sustrato de las diferentes especies vegetales viables según el clima, orientación o las características consideradas a generar en la fachada. Un sistema de cables helicoidales, atravesando el marco deslizante, posibilita el crecimiento de la trepadora de un modo tapizante. Para mantener la humedad del sustrato se propone un sistema de riego por capilaridad, por su facilidad de adaptación a un elemento móvil y por suponer un ahorro de agua considerable. En base a estos criterios, se considera adecuado el uso de especies como la hortensia trepadora y los jazmines amarillo y silvestre.

En orientaciones norte no es tan acertada la colocación de especies de hoja caduca, siendo propuestas en estos casos especies perennes con reservas, como la hiedra de hoja pequeña.

Los componentes del dispositivo se han escogido en función de su industrialización, y del análisis de su ciclo de vida útil.

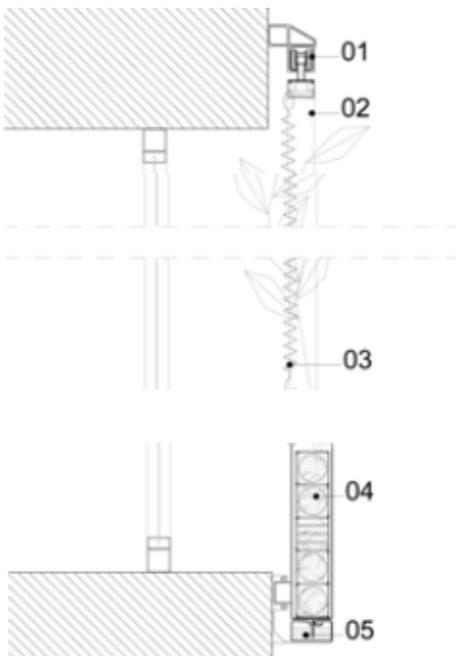
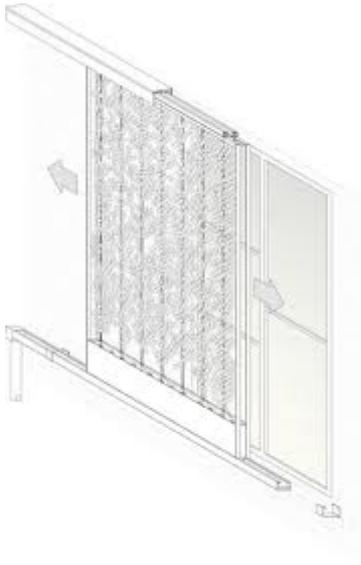
El cuerpo de la contraventana tipo está formado por perfiles extruidos de aluminio de 42 mm de lado.

En su parte inferior, la maceta-jardinera se establece mediante el plegado de una chapa de aluminio anodizado, formando un cajón de 1500 x 280 x 65 mm.

El canalón-aljibe está conformado también con chapa de aluminio anodizado, plegada de tal forma que minimice el efecto de la evaporación del agua que ha de alojar. Al ser de sección abierta permite la entrada del fieltro que cuelga desde la jardinera y sirve como mecha en todo el recorrido de deslizamiento del panel. El canalón recibe agua directamente de un grifo en la fachada, que no

obstruye el recorrido deslizante y acaba en una bajante conectada de tal modo que el nivel de agua en el canalón nunca rebose y se mantenga al menos entre 40 y 20 mm de profundidad.

Si existieran varios huecos de fachada en los que instalar el panel deslizante vegetal, es posible hacer que un mismo canalón- aljibe inferior sea compartido



- (01) Herrajes de cuelgue y guías de deslizamiento de aluminio extruido.
- (02) Cuerpo del panel formado por perfiles de aluminio extruido.
- (03) Tutores-guía para trepadora formados por cable helicoidal.
- (04) Cajón-jardinera de chapa de aluminio, relleno de sustrato
- (05) Canalón aljibe de chapa de aluminio.

El soporte para el sustrato posibilita una sustitución y una colocación rápida y fácil de las especies vegetales traídas desde vivero. Para ello, se plantea un sistema de placas rígidas de polipropileno (reciclado y reciclable) celulares, rellenas con el sustrato y envueltas con un geotextil que lo retenga. El geotextil ha de ser lo suficientemente resistente como para sostener el sustrato, garantizando además una humedad óptima en condiciones de riego normales.

El sustrato ha de ser lo suficientemente neutro para el desarrollo de las plantas. Se garantiza la aireación del mismo mediante áridos expandidos o similares que prevengan una compactación excesiva y retengan el agua necesaria para periodos de verano.

La elección de la especie de planta trepadora varía en función del clima donde se ubique el edificio y de la orientación del propio panel deslizante.

## **Ventajas**

**Implantación:** Este sistema se basa en un sistema modular, lo que permite altos niveles de estandarización en cuanto a los elementos constructivos que la componen, facilitando la puesta en obra y el montaje del sistema.

**Comportamiento ambiental:** Constituye una protección solar móvil para huecos de fachada. Las plantas incorporadas al panel de hoja caduca actúan como protección contra las ganancias excesivas de calor provocadas por el sol. Ya que la vegetación obstruye, filtra y refleja la radiación. Las ganancias de calor se reducen tanto por radiación como por conducción, ya que se evita el impacto de la radiación directa y, al mismo tiempo desciende la temperatura del aire adyacente al muro.

## **Desventajas**

**Adaptabilidad:** La aplicación del panel deslizante vegetal solo es posible en aquellos edificios con aberturas al exterior en forma de huecos de fachada, siempre que ésta posibilite el cuelgue del peso del panel y la colocación de las guías en la misma.

Mantenimiento: Requiere de flujos aceptables de luz según la especie vegetal, un alto grado de mantenimiento y control del crecimiento de la vegetación por ambas caras. El rendimiento general del sistema depende de un sistema centralizado de gestión de aguas residuales para riego de plantas y de un lugar accesible de colocación del panel

deslizante que facilite su mantenimiento: sustitución de plantas, podas, recogida de hojas secas y frutos, etc.

### **3.1.3 Sistemas Plantas precultivadas**

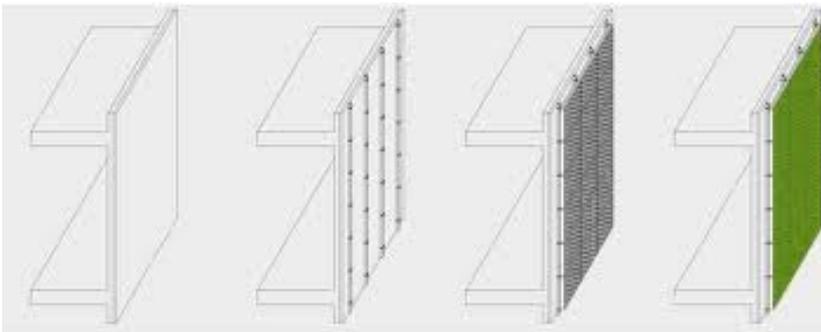
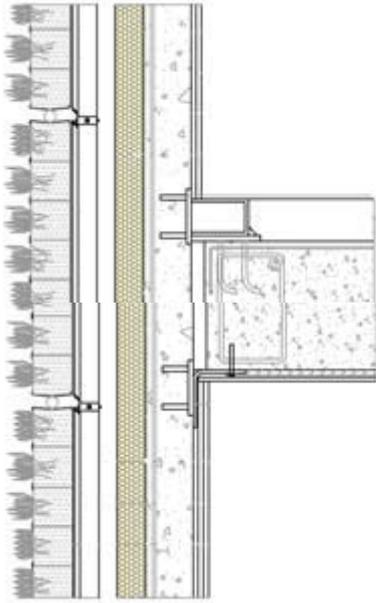
Estos sistemas básicamente se componen de una estructura ligera , anclada a las fachadas del edificio o estructura donde se quiere instalar el jardín vertical, sobre la que se cuelgan unos paneles.

Dichos paneles son carcasas de forma rectangular, en forma de malla, de caja acero, celdas de polietileno o poliresinas, según el fabricante y modelo. En cuyo interior se deposita los sustratos necesarios para la planta y se procede a la plantación de las mismas. Los sistema de riego, por goteo, se colocan por encima de cada panel confundándose al final con el crecimiento de la planta.

#### **3.1.3.1 Sistemas de paneles vegetados en cajas metálicas**

La fachada de paneles vegetados desmontable en caja metálica es un sistema constructivo diseñado de forma modular. Los paneles vegetales se conciben como módulos de 60 x 60 cm en cajas metálicas con base de poliestireno extruido. Estos módulos componen la fachada de modo que fácilmente pueda ser desmontable a través de una sencilla estructura metálica de anclaje, complementada por un soporte vertical alojado en el cerramiento. A fin de optimizar energéticamente la fachada, una cámara de aire de 80 mm se incluye entre los paneles vegetales y la capa de aislante fijada en la superficie más exterior del muro.

Las especies vegetales incorporadas requieren de un elemento de soporte que tenga en su interior los nutrientes y elementos necesarios que propicien su crecimiento. Es por esta razón que se emplea una caja metálica, cuyo interior alberga el sustrato envuelto en un geotextil que permita el paso del agua y, al mismo tiempo, evite la pérdida del mismo. Las cajas metálicas presentan un tratamiento anticorrosivo por su exposición a la humedad generada por la evaporación del agua por parte de las plantas y del propio



El vínculo entre los paneles vegetales y el edificio se realiza mediante una estructura portante de montantes y travesaños. En la parte posterior del panel vegetal se colocan unos anclajes que se enganchan a una estructura horizontal secundaria dispuesta sobre la perfilera vertical. Las uniones tienen capacidad suficiente como para soportar los efectos del viento u otros posibles impactos. Esta estructura portante permite despegar los paneles vegetados del cerramiento interior creando de esta manera una cámara de aire.

Durante los meses fríos, se produce una menor dispersión del calor; mientras que en verano, la corriente que se produce en la cámara evita que se genere un recalentamiento del cerramiento y, por consiguiente, un aumento de la temperatura interior. Además, se dispone un aislamiento por detrás de los paneles que optimiza el aprovechamiento de la masa portante, evita humedades y reduce las condensaciones intersticiales evitando la aparición de puentes térmicos.

A fin de evitar un exceso de consumo de agua en el mantenimiento de la vegetación, las especies vegetales que se aplican son principalmente autóctonas. Se ha estudiado, en este prototipo de fachada, plantas de tipo Sedum, se trata de una especie que sobrevive con poco agua. El riego es por goteo y está constituido por tuberías de 16 mm ubicadas en la parte superior de cada panel vegetal.

## **Ventajas**

**Cubrición vegetal:** Con este tipo de sistema se pueden utilizar plantas ya desarrolladas por lo que se pueden sustituir plantas muertas sin tener que esperar luego a que se desarrolle en la fachada.

**Comportamiento ambiental:** Este sistema presenta unos buenos beneficios ecológicos como son el aislamiento acústico y térmico, protección de edificios y gestión de aguas, son muy pronunciados. Es más los hongos y bacterias incluidas en el sustrato actúan sobre la contaminación, ya estos se depositan las partículas y los metales pesados aprovechándolos o metabolizándolos.

**Implantación:** Al ser sistemas basados en sistemas modulares, permite altos niveles de estandarización de los diversos elementos constructivos que los componen, asimismo facilita la puesta en obra y el montaje del sistema. Los sistemas modulares son los más apropiados para instalaciones temporales. Las celdas al ser individuales son fáciles de instalar, reemplazar y eliminar.

**Aislamiento térmico:** Este tipo de sistemas funcionan de forma análoga a una fachada ventilada, obteniendo el aislamiento de las edificaciones eliminando puentes térmicos, así como, problemas de condensaciones, obteniendo de esta manera un magnífico comportamiento térmico.

Protección del edificio: Al ser un cerramiento protector exterior, se evita el deterioro de la fachada a causa de las radiaciones ultravioletas, evitando la aparición de casos patológicos comunes en sistemas constructivos tradicionales.

## **Desventajas**

Inversión inicial: Al tratarse de sistemas complejos puesto que lleva un sobrecoste en cuanto a diseño y montaje de la misma.

Peso: Este tipo de sistema tiene un hándicap del peso, estos sistemas pueden llegar a pesar 150 kg/m<sup>2</sup>, por lo que hay que tener en cuenta a la hora de integrar este sistema en la fachada a tratar. Esta es una diferencia sustancial en comparación con los 30/35 kg/m<sup>2</sup> que alcanzan los sistemas hidropónicos.

Diversidad de la vegetación: En estos sistemas el principal problema es que el espacio disponible para el desarrollo de las raíces, el cual es muy limitado. Por lo que, sólo se pueden utilizar plantas de pequeño tamaño y arbustivo. Esto reduce la diversidad y el potencial para recrear ecosistemas naturales.

Mantenimiento: Al tratarse de sistemas complejos, los gastos de mantenimiento, este aspecto condiciona los gastos de mantenimiento, al requerir mayores esfuerzos y costes una vez implantado el sistema. Con frecuencia los paneles deben ser reemplazados, ya que algunas plantas no prosperan en estas condiciones, es más durante las tormentas y fuertes lluvias, pueden lavar el sustrato y dejar expuesta las raíces de las plantas.

Corrosión: Este sistema de cajas metálicas necesitan un tratamiento para evitar la corrosión al estar continuamente expuesto a la humedad generada por el propio sistema de riego.

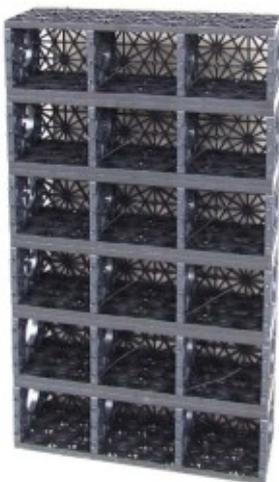
Estética: en general los sistemas que se componen de paneles tienden a tener un aspecto muy geométrico y artificial.

### 3.1.3.2 Sistemas de paneles vegetados en celdas drenantes

Los paneles vegetados en celdas drenantes están formados por celdas Atlantis de polipropileno, con una porosidad del 90%. Las celdas se rellenan con un sustrato previamente estudiado. El conjunto se envuelve con fieltro de lana de 2 mm de espesor y 0,55 g/cm<sup>3</sup> de densidad, obteniendo un paquete compacto colocado en paralelo a la fachada, de forma que la cara amplia del mismo quede vista. Sobre esta cara se practican incisiones en el fieltro para introducir las especies vegetales, posteriormente irrigadas por goteo.

El sistema de irrigación es automático mediante conductos de goteo.

El riego por goteo consiste en aplicar pequeñas cantidades de agua en zonas localizadas, en este caso, sobre cada panel. Se compone de tuberías de distribución de polipropileno (tubos gotero 16 mm de diámetro); de las que, mediante conexiones tipo injerto, se obtienen salidas de microtubo de 4 mm, ubicados en la parte superior de cada panel vegetal. En estos microtubos se instalan goteros montados sobre estaca de 12 cm que funcionan de manera óptima a una presión de 1,5 bar. El agua sobrante se recoge en la parte inferior, gracias a un canalón de chapa dispuesto de forma que se pueda recircular el agua para riego.



## **Ventajas**

**Cubrición vegetal:** Con este tipo de sistema se pueden utilizar plantas ya desarrolladas por lo que se pueden sustituir plantas muertas sin tener que esperar luego a que se desarrolle en la fachada.

**Comportamiento ambiental:** Este sistema presenta unos buenos beneficios ecológicos como son el aislamiento acústico y térmico, protección de edificios y gestión de aguas, son muy pronunciados. Es más los hongos y bacterias incluidas en el sustrato actúan sobre la contaminación, ya estos se depositan las partículas y los metales pesados aprovechándolos o metabolizándolos.

**Implantación:** Al ser sistemas basados en sistemas modulares, permite altos niveles de estandarización de los diversos elementos constructivos que los componen, asimismo facilita la puesta en obra y el montaje del sistema. Los sistemas modulares son los más apropiados para instalaciones temporales. Las celdas al ser individuales son fáciles de instalar, reemplazar y eliminar.

**Aislamiento térmico:** Este tipo de sistemas funcionan de forma análoga a una fachada ventilada, obteniendo el aislamiento de las edificaciones eliminando puentes térmicos, así como, problemas de condensaciones, obteniendo de esta manera un magnífico comportamiento térmico.

**Protección del edificio:** Al ser un cerramiento protector exterior, se evita el deterioro de la fachada a causa de las radiaciones solares, evitando la aparición de casos patológicos comunes en sistemas constructivos tradicionales.

**Reciclaje:** Los sistemas que utilizan celdas fabricadas con poliresinas polipropileno o polietileno se pueden recuperar, reciclar y reutilizar.

## **Desventajas**

**Inversión inicial:** Al tratarse de sistemas complejos puesto que lleva un sobrecoste en cuanto a diseño y montaje de la misma.

**Peso:** Este tipo de sistema tiene un hándicap del peso, estos sistemas pueden llegar a pesar 150 kg/m<sup>2</sup>, por lo que hay que tener en cuenta a la hora de integrar este sistema en la fachada a tratar. Esta es una diferencia sustancial en comparación con los 30/35 kg/m<sup>2</sup> que alcanzan los sistemas hidropónicos.

**Diversidad de la vegetación:** En estos sistemas el principal problema es que el espacio disponible para el desarrollo de las raíces, el cual es muy limitado. Por lo que, sólo se pueden utilizar plantas de pequeño tamaño y arbustivo. Esto reduce la diversidad y el potencial para recrear ecosistemas naturales.

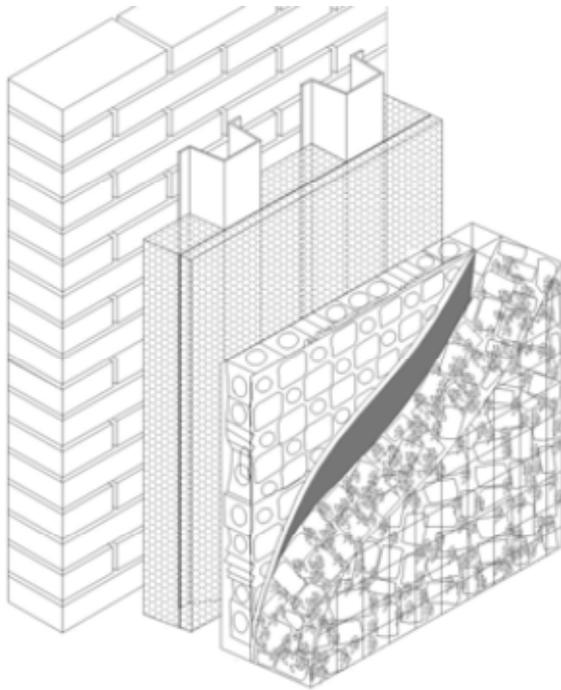
**Mantenimiento:** Al tratarse de sistemas complejos, los gastos de mantenimiento, al requerir mayores esfuerzos y costes una vez implantado el sistema. Con frecuencia los paneles deben ser reemplazados, ya que algunas plantas no prosperan en estas condiciones, es más durante las tormentas y fuertes lluvias, pueden lavar el sustrato y dejar expuesta las raíces de las plantas.

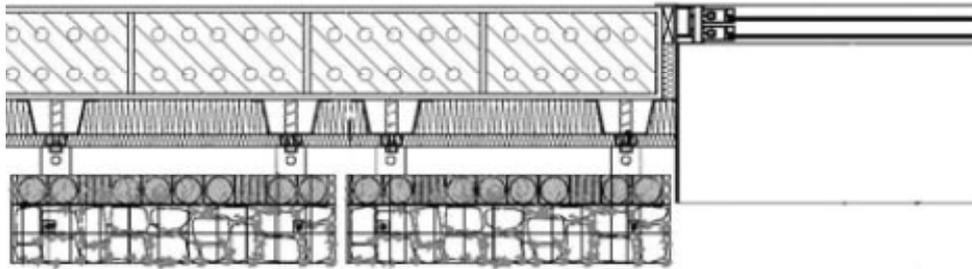
**Corrosión:** Este sistema de cajas metálicas necesitan un tratamiento para evitar la corrosión al estar continuamente expuesto a la humedad generada por el propio sistema de riego.

**Estética:** en general los sistemas que se componen de paneles tienden a tener un aspecto muy geométrico y artificial.

### 3.1.3.3 Gaviones de metal

Los gaviones son una solución de fachada industrializada a partir de módulos. Consisten en módulos de 55 x 55 cm de malla electrosoldada con piedras y todos los elementos necesarios para el crecimiento de especies vegetales en su interior. Una malla metálica de acero inoxidable, piedra, celda de drenaje de polipropileno con sustrato, vegetación, aislamiento y una estructura metálica galvanizada integran el conjunto





La malla metálica es la estructura que alberga las piedras. Tiene que tener un tratamiento anticorrosivo, de zinc y aluminio, para protegerla de la intemperie. Su abertura y su diámetro deben ser los adecuados, condicionando la resistencia que tendrá el gavión en su totalidad. Si la abertura es mayor que la requerida, la resistencia por metro cuadrado será menor.

La abertura de la malla es de 50 x 50 mm. Las uniones entre las distintas caras del gavión se llevan a cabo mediante grapas de alambre de alta resistencia 3 mm de espesor con 255 g/m<sup>2</sup>. Cada 20 cm hay que colocar tensores de alambre galvanizado de 4 mm. Los tensores sirven para vincular las caras, evitar deformaciones y proporcionar compacidad al gavión. Las grapas permiten ensamblar los paneles del gavión entre sí para conformar una pieza monolítica.

Se emplean piedras que brindan diferentes cualidades de diseño al existir en el mercado de diversos colores, texturas y granulometrías.

Al mismo tiempo la piedra proporciona una importante disminución de la contaminación acústica. Como la abertura de la malla en el sistema propuesto es de 50 x 50 mm, la piedra que se puede colocar en el interior puede ser de 60 mm a 90 mm. Se opta por piedras livianas como son las de origen volcánico: piedra pómez, la puzolana o piedras porosas como la "spaguetti".

Se utilizan especies rupícolas (vegetación que crece entre las piedras) debido a que su incorporación mejora el comportamiento del muro, cambiando de aspecto con el curso de las temporadas, aumentando la humedad ambiental y disminuyendo la temperatura del aire. Por otro lado, la vegetación también actúa sobre la contaminación, siendo las partículas y los metales pesados depositados aprovechados o metabolizados por la microflora (hongos y bacterias) incluidas en el sustrato. La presencia de especies vegetales genera brisas que refrescan el ambiente alrededor de las viviendas: al refrescar la temperatura se genera un flujo de aire, ya que el desequilibrio entre pequeñas masas de aire a diferente temperatura y por tanto diferente densidad, genera esta circulación natural. En el caso de orientaciones muy expuestas a fuertes vientos reducen la velocidad del viento en la proximidad del muro.

A fin de conseguir un correcto desarrollo de las plantas, las raíces tienen que estar en el interior de un sustrato que contenga los nutrientes adecuados para su subsistencia. Dentro del gavión se coloca una celda de drenaje tipo Atlantis (sustituible por caja metálica) que posee concavidades; permitiendo la introducción de humus, polímeros hidroabsorbentes de sales potásicas y vermiculita.

La celda drenante se envuelve con un geotextil permeable al paso de agua y que retiene las partículas de sustrato. Además, es necesario colocar un aislamiento imputrescible, considerando el contacto con la humedad generada por las plantas por evapotranspiración y el mismo riego.

Los gaviones se disponen sobre la fachada existente a través de una estructura auxiliar. Sobre la estructura porticada de las edificaciones se anclan químicamente unos perfiles verticales omega de acero galvanizado. El vínculo de los gaviones con la estructura se lleva a cabo mediante anclajes angulares.

Al funcionar de forma similar a una fachada ventilada, se incrementa el aislamiento de las edificaciones eliminando puentes térmicos, así como, los problemas de condensaciones, obteniendo de esta manera un excelente comportamiento térmico.

Al conformar un cerramiento protector exterior y otro interior, se evita el deterioro del mismo a causa de los rayos ultravioletas o el ácido carbónico, evitando la aparición de casos patológicos comunes en sistemas constructivos tradicionales.

## **Ventajas**

**Cubrición vegetal:** Con este tipo de sistema se pueden utilizar plantas ya desarrolladas por lo que se pueden sustituir plantas muertas sin tener que esperar luego a que se desarrolle en la fachada.

**Comportamiento ambiental:** Este sistema presenta unos buenos beneficios ecológicos como son el aislamiento acústico y térmico, protección de edificios y gestión de aguas, son muy pronunciados. Es más los hongos y bacterias incluidas en el sustrato actúan sobre la contaminación, ya estos se depositan las partículas y los metales pesados aprovechándolos o metabolizándolos.

**Implantación:** Al ser sistemas basados en sistemas modulares, permite altos niveles de estandarización de los diversos elementos constructivos que los componen, asimismo facilita la puesta en obra y el montaje del sistema. Los sistemas modulares son los más apropiados para instalaciones temporales. Las celdas al ser individuales son fáciles de instalar, reemplazar y eliminar.

**Aislamiento térmico:** Este tipo de sistemas funcionan de forma análoga a una fachada ventilada, obteniendo el aislamiento de las edificaciones eliminando puentes térmicos, así como, problemas de condensaciones, obteniendo de esta manera un magnífico comportamiento térmico.

**Protección del edificio:** Al ser un cerramiento protector exterior, se evita el deterioro de la fachada a causa de las radiaciones solares, evitando la aparición de casos patológicos comunes en sistemas constructivos tradicionales.

## **Desventajas**

**Inversión inicial:** Al tratarse de sistemas complejos puesto que lleva un sobre coste en cuanto a diseño y montaje de la misma.

**Peso:** Este tipo de sistema tiene un hándicap del peso, estos sistemas pueden llegar a pesar 150 kg/m<sup>2</sup>, por lo que hay que tener en cuenta a la hora de integrar este sistema en la fachada a tratar. Esta es una diferencia sustancial en comparación con los 30/35 kg/m<sup>2</sup> que alcanzan los sistemas hidropónicos.

**Diversidad de la vegetación:** Solo utilizan especies rupícolas; vegetación que crece entre las piedras por lo que la elección de plantas está limitada

**Corrosión:** Este sistema de cajas metálicas necesitan un tratamiento para evitar la corrosión al estar continuamente expuesto a la humedad generada por el propio sistema de riego.

**Estética:** en general los sistemas que se componen de paneles tienden a tener un aspecto muy geométrico y artificial.

### 3.1.4 Sistemas hidropónicos

El pionero de los jardines verticales hidropónicos es el biólogo francés Patrick Blanc que a partir de observar barrancos y taludes en el trópico creó un sistema de poco peso (30 Kg/M<sup>2</sup>) para lograr el propósito de cubrir paredes con vegetación.

Este tipo de sistemas consiste la instalación de unas láminas donde se propicia el crecimiento vegetal y un sistema de riego con agua totalmente automatizado y con capacidad de recirculación de agua.

Para la colocación de las laminas será necesario la instalación de un enrastrelado de aluminio de 40x20x2 mm sobre la fachada previamente impermeabilizada.

Dicho enrastrelado estará sujetado mediante tornillería galvanizada de 5 mm y taco posteriormente se colocará una capa de panel aminoplástico P-URB 750 de 10 mm de espesor sujeta mediante remaches de aluminio de alta tracción cada 40 cm y capa superior de polifiltro fitogenerante ph P-URB 700 de 3 mm de espesor. Sobre todo este conjunto se realizará la plantación de especies acorde al lugar y climatología local.

Estos sistemas se sectorizan para el riego con un sistema completamente automatizado donde el agua se dejará caer en la parte superior del jardín e irá humedeciendo el soporte, escurriendo a una canaleta lineal de recogida.

Al final de la canaleta se colocara una cesta para recogida de impurezas y desde la canaleta conducirá el agua sobrante a un depósito enterrado desde donde un equipo de bombas (ubicados en un cuarto de instalaciones) recirculará el agua de riego a la plantación vertical. Funcionando todo el sistema mediante una recirculación no siendo necesario el aporte de agua

Durante el proceso de recirculación las bombas peristálticas introducirán abono y fertilizante al agua de riego.

La reposición de agua en el sistema queda garantizado con el almacenamiento en otro depósito enterrado alimentado por un equipo de osmosis inversa conectado mediante acometida a la red pública de agua.



## Ventajas

**Ligereza:** Estos tipos de sistemas son los mas ligeros del mercado, aproximadamente el peso por metro cuadrado terminado de jardín vertical es de 30Kg/m<sup>2</sup>, frente a los 150 Kg/m<sup>2</sup> de los otros sistemas es un gran avance..

**Sustitución de la vegetación:** Una gran ventaja respecto a los otros sistemas ya que son plantas independientes cada una de ellas ubicadas en una especie de bolsitas creadas en el fieltro permitiendo por tando la sustitución individual de cada una.

**Innovación:** La innovación principal de este sistema consiste en usar el sistema de cultivo hidropónico el cual se elimina la tierra de las plantas ya que estas son alimentadas mediante fertilizantes incluidos dentro del riego. Así mismo se evitan la aparición de insectos mediante la inclusión en el goteo de productos naturales que evitan la aparición de los mismos

**Comportamiento ambiental:** Permite crear un entorno con gran similitud a entornos naturales. Gran efecto de aislamiento térmico en invierno. En verano reducen la temperatura ambiente a través de procesos de sombra y de evapotranspiración. Las hojas, las raíces y los microorganismos asociados a ellas limpiar el aire al capturar de contaminantes atmosféricos. Ayudan a la gestión de las aguas pluviales al transformar superficies impermeables creadas por el hombre. Requieren menos agua que las plantas regadas por métodos tradicionales, ya que el riego se dirige directamente a las raíces de las plantas.

**Protección del edificio:** Al ser un cerramiento protector exterior, se evita el deterioro de la fachada a causa de las radiaciones solares, evitando la aparición de casos patológicos comunes en sistemas constructivos tradicionales.

**Estética:** Esta es una de las principales ventajas del sistema puesto que permite emplear numerosas tipologías de plantas. Esto es así por que las raíces de las plantas tienen libertad para crecer a lo largo del sistema y no en un espacio limitado, como los sistemas de cajas modulares. Tener acceso a esa variedad permite un muchas posibilidades de diseño y libertad artística. Por lo que de cara al gran público, tiene un mayor atractivo estético.

## **Desventajas**

**Instalación:** Requiere una cuidadosa instalación por parte de personal cualificado

**Inversión inicial:** Este tipo de sistemas tienen un alto coste de implantación al ser sistemas bastantes complejos que necesitan equipos de riego, depósitos, equipos de osmosis bombas de impulsión, etc.

**Mantenimiento:** Estos sistemas requieren de mucho mantenimiento. Las plantas al alimentarse mediante cultivo hidropónico necesitan estar monitorizadas contralando los niveles del Ph y la conductividad para que permanezcan equilibrio. El problema de estos sistemas es que si se produce un fallo eléctrico el sistema de goteo deja de funcionar siendo la vida útil de las plantas si estar alimentadas mediante el goteo de aproximadamente dos días. Lo que implica el mantenimiento de una empresa especializada que sea capaz de actuar en estos.

### 3.1.5 Hormigón vegetal

Este nuevo hormigón, con capacidad para que crezcan organismos pigmentados de manera natural y acelerada

Este nuevo tipo de hormigón biológico a partir de dos materiales a base de cemento. El primero de ellos es el hormigón convencional carbonatado (basado en cemento Portland), con el cual obtienen un material de un pH del entorno de 8. El segundo material está fabricado con un cemento de fosfato de magnesio (MPC, del inglés Magnesium-Phosphate Cement), conglomerante hidráulico que no requiere ningún tratamiento para reducir el pH, puesto que este es ligeramente ácido.

La innovación de este novedoso hormigón (multicapa vertical) es que se comporta como un soporte biológico natural para el crecimiento y desarrollo de determinados organismos biológicos, concretamente ciertas familias de microalgas, hongos, líquenes y musgos.

Para obtener el hormigón biológico se han modificado, además del pH, otros parámetros que influyen en la bioreceptividad del material, como por ejemplo la porosidad y la rugosidad superficial. El resultado obtenido es un elemento multicapa, es decir, un panel que, además de una capa estructural, consta de otras tres capas más: la primera de ellas es una capa de impermeabilización situada sobre la anterior, la cual sirve de protección ante el paso del agua hacia la capa estructural para evitar que pueda deteriorarse.

La siguiente es la capa biológica, la cual permitirá la colonización y permitirá la acumulación de agua a su interior. Actúa como microestructura interna, favorece la retención y dirige la expulsión de la humedad; puesto que tiene capacidad para captar y almacenar el agua de la lluvia, esta capa facilita el desarrollo de los organismos biológicos.

Finalmente, la última se basa en una capa de revestimiento, la cual será discontinua y hará la función de impermeabilización inversa. Esta capa permitirá la entrada del agua de la lluvia y evitará su pérdida; de este modo, se redirigirá la salida del agua allá donde interesa obtener crecimiento biológico.



## Ventajas

**Instalación:** Esta nuevo hormigón sería fácilmente implantable puesto que es el propio hormigón estructural el que permite debido a su composición la aparición de vegetación

**Ligereza:** Es el sistema más ligero puesto que es el propio hormigón el sustrato de la vegetación, no siendo necesaria la colocación de elementos auxiliares para la creación del jardín.

**Aislamiento térmico:** El hormigón biológico funciona no sólo como material aislante y regulador térmico, sino también como alternativa ornamental, de forma que sirve para decorar la fachada de edificios o la superficie de construcciones con diferentes acabados y tonalidades cromáticas; está pensado para colonizar áreas determinadas, sin necesidad de cubrir toda una misma superficie, y con variedad de colores. La idea es crear una pátina de materia como cobertura biológica o pintura "viva"

**Comportamiento ambiental:** permite absorber y, por lo tanto, reducir el CO<sub>2</sub> de la atmósfera, gracias al recubrimiento biológico. A la vez, tiene capacidad para captar la radiación solar, lo cual permite regular

la conductividad térmica en el interior de los edificios en función de la temperatura lograda.

### **Desventajas**

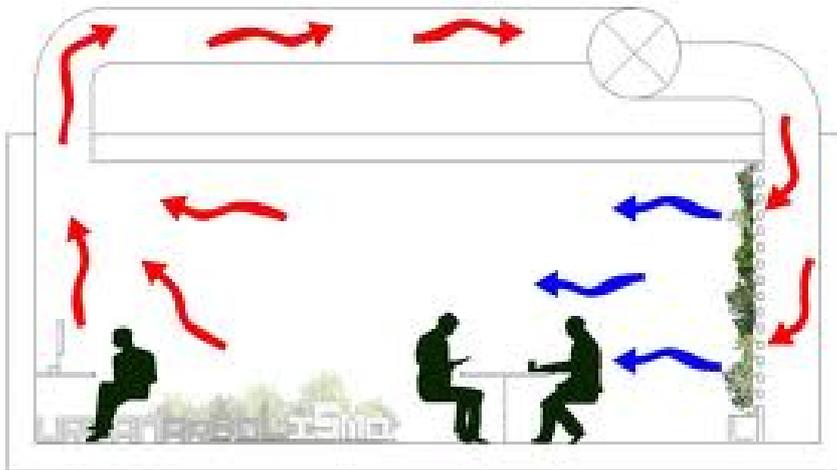
Material en estudio por lo que aún se desconocen la permeabilidad, degradación, fisuras y grietas provocadas por las mismas en el hormigón, etc.

## Jardines verticales en ambientes interiores

Dentro de la multitud de empresas que están desarrollando estos sistemas ofrecen los mismos servicios tanto para ambientes exteriores como decoración en ambientes interiores.

### Jardines verticales para ambientes interiores activos

Los Jardines verticales para Ambientes Interiores Activos, son muros vivos que integran un dispositivo electromecánico para la filtración del aire. El muro vivo utiliza el sistema hidropónico descrito en el anteriormente para alojar y nutrir la vegetación. El agua es bombeada a la parte superior de la pared y cae en cascada entre las capas, mojando las raíces de las plantas. Los ventiladores extraen el aire a través de la pared en el edificio. El aire contaminado de la habitación pasa a través de la zona de las raíces de las plantas, que actúa como un filtro biológico donde los contaminantes son degradados por los microorganismos y dióxido de carbono presentes en el agua.





Respecto de los jardines verticales para Ambientes Interiores Pasivos presentan una serie de ventajas y desventajas que a continuación indicamos:

### **Ventajas**

**Ahorro de energía:** En lugar de extraer el aire desde el exterior, que hay que calentarlo o enfriarlo según la estación, el reciclado del aire interior reduce la necesidad del tratamiento de aire exterior.

**Estética:** Mejora la estética en el interior de los locales proporcionando un entorno valioso.

**Comportamiento ambiental:** El sistema es capaz de filtrar contaminantes, que son regularmente expulsados a través de los sistemas de ventilación tradicionales. Captura contaminantes atmosféricos como el polvo y polen. Filtra gases y componentes orgánico nocivos provenientes de los elementos y materiales de construcción que forman el edificio.

Permite crear un entorno similares a entornos naturales. Gran cantidad especies de plantas frondosas pueden prosperar en la pared, con un mantenimiento normal de jardinería de interior.

Gran efecto de aislamiento térmico en invierno.

## Desventajas

Instalación: La instalación de estos sistemas es bastante más compleja que los sistemas pasivos.

Mantenimiento: El sistema de ventiladores generalmente requieren de mantenimiento y necesitan una fuente de energía constante para poder funcionar, con su coste económico.

### Jardines verticales para ambientes interiores pasivos

Estos sistemas son los mismos que los anteriormente desarrollados, son las mismas empresas las que los implantan con la única variación de la utilización de plantas de interior



Respecto de los jardines verticales en interiores activos presentan una serie de ventajas y desventajas que a continuación indicamos:

## Ventajas

Instalación: Es una instalación bastante más sencilla que los otros sistemas.

## **Desventajas**

Mantenimiento: requieren de un mantenimiento periódico, pudiendo producir suciedad por desprendimiento de tierras, etc.

Tabla resumen de las distintas tipologías de sistemas verticales vegetales

SISTEMA	ESPECIE	COSTES	MANTENIMIENTO	MEDIOAMBIENTE
Fachada vegetal tradicional	Trepadora	Bajos	Bajos	Satisfactorio bajo
Sistemas modulares	Trepadora	Medio	Bajos	Satisfactorio bajo
Sistema de cables	Trepadora	Medio	Bajos	Satisfactorio bajo
Sistema de mallas	Trepadoras	Medio	Bajo	Satisfactorio bajo
Vegetal invernadero	Trepadoras	Alto	Alto	Satisfactorio Bajo
Deslizantes	Trepadoras	Alto	medio	Satisfactorio bajo
Modulares prevegetados	Arbustivas de porte pequeño	Alto	Alto	Satisfactorio
Hidropónicos	Arbustivas de porte pequeño, herbáceas y musgos	Alto	Alto	satisfactorio
Hormigón vegetal	Musgos y líquenes	Alto	Alto	Satisfactorio

#### **4. MEJORAS DESPRENDIDAS DE LA IMPLANTACIÓN DE LOS JARDINES VERTICALES EN LA EDIFICACIÓN**

Durante el desarrollo de los jardines verticales se han desarrollado diversos estudios sobre los efectos que producen estos novedosos sistemas al integrarse en las edificaciones existentes o nuevas.

A continuación se ha desarrollado una agrupación de los efectos más importantes resultantes de la integración de los mismos:

##### Efectos a escala urbana

Retención de CO<sub>2</sub>.

Reducción de la escorrentía de aguas pluviales.

Reducción del efecto isla.

Retención de polvo, material en partículas y sustancias contaminantes.

Conservación de la naturaleza y biodiversidad urbana.

Recuperación de espacios autóctonos.

##### Efectos a nivel de de la edificación

Reducción de la temperatura

Aislamiento e inercia térmica.

Variación de los efectos de la incidencia del viento sobre la edificación.

Reducción del ruido ambiental y la contaminación acústica.

Mejora de la calidad del aire interior: Biofiltración.

Vandalismo.

Mejora de la estética del edificio.

### Efectos a escala social

Beneficios psicológicos. Mejora de la salud y el bienestar.

Beneficios económicos.

### **Ventajas a escala urbana**

#### **Retención de CO<sub>2</sub>**

Mejora de la calidad del aire. Al realizar la fotosíntesis, las plantas proporcionan O<sub>2</sub> y absorben CO<sub>2</sub>, renovando el aire del entorno. Se calcula que una hectárea de vegetación típica puede absorber 7.500 kilogramos de CO<sub>2</sub> cada año. Por otro lado, la vegetación también actúa sobre la contaminación, tanto porque en el sustrato o suelo que las mantiene se depositan partículas y metales pesados que son aprovechadas o metabolizadas por la microflora del suelo (hongos y bacterias) como porque sobre las mismas superficies foliares se precipitan esas partículas que la planta absorberá y fijará en sus tejidos, secuestrando así contaminantes como el plomo, el cadmio u otros metales pesados, que de otro modo permanecerían en suspensión en el aire

#### **Reducción de la escorrentía de aguas pluviales**

Las superficies urbanas calzadas, aceras calles, etc, no drenan todo el agua que reciben durante las

No existen estudios donde indiquen la capacidad de retención de lluvias de los jardines verticales pero parece obvio que la vegetación de los mismos podrían trabajar de manera análoga a las cubiertas ajardinadas ayudando al drenaje y retención de las lluvias

#### **Reducción del efecto isla**

Surge al almacenarse el calor solar en el tejido urbano. Las zonas altamente edificadas ofrecen una mayor superficie de absorción del calor diurno, el cual es irradiado lentamente durante el transcurso de la noche.

La tipología de las ciudades son grandes superficies asfaltadas las cuales son oscuras que por su baja reflectividad, dan lugar a la alta absorción de calor del sol. Además también favorece este efecto isla la altura de los edificios ya que genera el llamado efecto cañon, todo esto junto con la producción de CO<sub>2</sub> y calor provocado por los combustibles fósiles, producciones industriales, etc. Se contribuye al efecto isla

Todo esto junto con la falta de vegetación en general en las ciudades es otro de los factores que influyen a la elevación de las temperaturas.

En la mayoría de los espacios urbanos, las masas apreciables de vegetación se encuentran en su mayoría concentradas en parques o espacios recreativos.

La moderación del calor extremo en climas urbanos podría significar no sólo una mejor sostenibilidad, sino también la posibilidad de evitar riesgos en la salud, causados por calor excesivo.

La integración de los jardines verticales en zonas urbanas densamente construidas, ayudaría a reducir los impactos negativos del efecto isla, con el consiguiente ahorro de energía, la mejora del confort y una disminución en el riesgo de sufrir problemas de salud relacionados con el estrés de calor y las tasas de formación de ozono.

### **Retención de polvo, material en partículas y sustancias contaminantes**

La captación de partículas se debe a la interacción de las partículas con la superficie de la vegetación (hojas, troncos y ramas). Así las partículas de polvo impactan con las hojas de la vegetación, quedando las más pequeñas pegadas lámina la hoja), mientras que las mayores se depositan gracias a su masa.

El rocío sobre las hojas de la vegetación, también desempeña un importante papel, al reforzar la captación de partículas.

Las fachadas verdes, pueden actuar como sumideros de polvo procedente del entorno urbano y, sin embargo son una tecnología, que rara vez se utiliza.

La vegetación puede actuar como un eficiente filtro biológico, al elimina cantidades significativas de contaminación por partículas en la atmósfera y el ambiente urbano. Pero el efecto de la vegetación no se limita solo a la captación de partículas. La vegetación también es eficiente al tomar del aire otras sustancias contaminantes tales como CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno) y SO<sub>2</sub> (dióxido de azufre).

### **Conservación de la naturaleza y biodiversidad urbana**

El uso de vegetación en los edificios puede servir como habitat a especies animales como aves o insectos. Tanto de forma permanente, como de zona de paso entre grandes áreas verdes como parques y jardines. Lo que puede mejorar cuantitativa y cualitativamente la biodiversidad urbana.

El aumento de la flora y la fauna han sido documentados estudios sobre cubiertas vegetales, por lo que es razonable esperar resultados similares en las fachadas y muros vegetales.

### **Efectos a nivel del edificio**

#### **Reducción de la temperatura**

En entornos cálidos, la presencia de vegetación puede llegar a refrescar la temperatura de 1 a 5 °C. Se calcula que una reducción de 5 °C de la temperatura exterior adyacente podría suponer ahorros en refrigeración de cerca de un 50 %.

Mediante el sombreado evitamos el exceso de radiación solar directa, en espacios exteriores. En este contexto una forma efectiva sería la de cubrir espacios demasiado soleados, mediante vegetación. Esto puede obstruir totalmente el flujo de radiación, logrando una transmitancia casi nula, ya que el índice de absorberencia de la vegetación en general es muy alto.

A diferencia de las superficies inorgánicas, la energía absorbida por la vegetación, no produce calor, sino que se invierte en otra función la regulación térmica mediante el fenómeno de la evapotranspiración.

El proceso fisiológico de las plantas hace que una pequeña parte de la radiación solar, la utiliza la planta para realizar la fotosíntesis, y el resto produce la evaporación de agua que maneja la planta como mecanismo de regulación de la temperatura. Este hecho produce que la vegetación bloquea de una forma efectiva la radiación solar, sin aumentar su temperatura.

Se puede concluir diciendo, que la sombra directa y sus consecuencias, es posiblemente uno de los beneficios más evidentes de la vegetación. Así pues las fachadas vegetadas ofrecen una sombra estética y útil, pudiendo reducir la temperatura de una superficie a través de sombreado. Si bien requieren un cierto mantenimiento, ofrecen similares efectos de sombra que otros sistemas artificiales, pero aportando además los beneficios del enfriamiento evaporativo.

### **Aislamiento e inercia térmica**

Los elementos vegetales pueden actuar como protecciones contra las ganancias excesivas de calor provocadas por los rayos solares, ya que la vegetación obstruye, filtra y refleja la radiación solar. En algunos casos se puede llegar a evitar del 50 al 90% de la radiación incidente. Algunos ejemplos son los de las parras y enredaderas sobre las paredes, que ofrecen sombra y disminuyen las ganancias de calor tanto por radiación como por conducción.

Esto es debido a que se evita el impacto de la radiación directa y a la vez se reduce la temperatura del aire adyacente al muro.

Por otro lado, en invierno, las especies perennes protegen la pared de las pérdidas de calor, y el efecto aislante podría llegar a ser de un 30 %.

Resulta interesante el uso de vegetación de hoja caduca para proteger las ventanas o aberturas, ya que entonces en verano las hojas convierten el alero en una estructura opaca, y proveen de sombra, y al caer en invierno dejan pasar la luz (a diferencia de los aleros fijos).

En ventanales que dan a balcones o terrazas, los aleros pueden adoptar la forma de pérgolas o porches y crear así espacios sombreados y frescos para estar.

Este sistema sería el del tradicional emparrado con vid, aunque se podría emplear cualquier enredadera, incluso ornamentales

### **Variación de los efectos de la incidencia del viento sobre la edificación**

Ventilación natural y protección del viento. La presencia de vegetación genera brisas que refrescan el ambiente alrededor de las viviendas

Al refrescar la temperatura se genera un flujo de aire, ya que el desequilibrio entre pequeñas masas de aire a diferente temperatura, y por tanto diferente densidad, genera esta circulación natural. Además, la vegetación (árboles, arbustos) actúa como barrera contra el viento en el caso de orientaciones muy expuestas a fuertes vientos.

Se trata de una barrera porosa que reduce la velocidad del viento creando pocas turbulencias. Incluso las enredaderas o vegetación

### **Reducción del ruido ambiental y la contaminación acústica**

Cuando el jardín vertical posee grosores de vegetación suficientes, las formaciones o barreras vegetales pueden tener un cierto efecto de amortiguación del ruido, actuando como pantallas acústicas, pudiendo llegar en bajas frecuencias hasta aproximadamente 10 db

Sin embargo ésta tiene si un efecto psicológico beneficioso, ya que actúa como pantalla visual entre la fuente de ruido y las personas afectadas, y además produce un sonido agradable al oído humano.

### **Mejora calidad aire interior**

Mejora de la calidad del aire. Al realizar la fotosíntesis, las plantas proporcionan O<sub>2</sub> y absorben CO<sub>2</sub>, renovando el aire del entorno. Se calcula que una hectárea de vegetación típica puede absorber 7.500 kilogramos de CO<sub>2</sub> cada año. Por otro lado, la vegetación también actúa sobre la contaminación, tanto porque en el sustrato o suelo que las mantiene se depositan partículas y metales pesados que son aprovechadas o metabolizadas por la microflora del suelo (hongos y bacterias) como porque sobre las mismas superficies foliares se

precipitan esas partículas que la planta absorberá y fijará en sus tejidos, secuestrando así contaminantes como el plomo, el cadmio u otros metales pesados, que de otro modo permanecerían en suspensión en el aire.

### **Vandalismo**

Con el uso de jardines verticales se puede conseguir una disminución de actos vandálicos y usos de graffitis en las fachadas de los edificios.

El uso de pinturas en spray y rotuladores no surge efecto sobre las hojas de la plantación de los jardines verticales siendo fácilmente eliminadas, en el caso de que sufran desperfectos por robos, o roturas son fácilmente reparables.

### **Mejora de la estética del edificio**

El uso de fachadas vegetales, encierra un gran potencial a desarrollar dentro de un diseño que abarque estética con eficiencia. Además el uso de estas puede servir tanto para mejorar un proyecto arquitectónico, a veces factible y deseable, como en algunos casos para disimular mal diseño.

El valor estético de un edificio, aunque esté relacionado con la interacción humana y sus emociones, no tiene que estar enfrentada con el valor cualitativo de los materiales y el rendimiento de un edificio

Esto es evidente en el ámbito de la rehabilitación de edificios, como por ejemplo para la mejora visual de antiguas fachadas medianeras generalmente poco agradables estéticamente, y que están al descubierto o para mejorar el aspecto de las fachadas traseras de las edificaciones modernas, a menudo feas y sombrías.

## **Efectos a escala social**

### **Mejora de la salud y el bienestar**

El uso de muros y fachadas vegetales puede brindar una oportunidad para transformar desagradables espacios urbanos y descargar con vegetación entornos especialmente densos, la inclusión de paredes verdes en la configuración urbana produce una satisfacción general como algunos estudios sugieren.

La vegetación influye en las propiedades físicas de los sonidos y también lo hace en la forma en que las personas perciben, evalúan y responden al sonido de los diferentes entornos urbanos. La vegetación afecta de manera significativa las valoraciones de las personas sobre la calidad acústica del medio ambiente. Y que en función de la configuración de la vegetación, las personas prevén menores niveles de ruido en los espacios naturales que en los barrios de las ciudades. La vegetación hace que existan diferencias considerables, en la forma de evaluar el entorno urbano, al mejorar la calidad visual y acústica percibida. Y no es necesario que la gente esté inmersa en el espacio verde para la mejora de la salud mental, sino que la visualización de vegetación desde la calle, la oficina o el aula ya tiene efectos positivos.

Derivados de estos beneficios se pueden apreciar cambios físicos y de conducta, como:

Mejora de la atención.

Disminución del tiempo de recuperación de pacientes.

Reducción de la frecuencia cardiaca y la presión arterial.

Más facilidad para controlar el estrés.

Aumento del rendimiento laboral.

## **Beneficios económicos**

La naturaleza y la escala de los beneficios económicos varían según el proyecto y las regulaciones y normativas en materia de edificación. Estas se reparten entre los propietarios de los edificios, los promotores y el público en general. Entre los beneficios económicos para los propietarios de edificios que incluyen fachadas vegetales se pueden incluir:

Aumento en el valor de resistencia térmica de la envolvente del edificio, lo que deriva en ahorro en los costos de energía relacionados con la calefacción y la refrigeración, lo que conduce a su vez a una reducción de emisión de gases contaminantes.

Protección del revestimiento de las fachadas, lo que implica un mayor período de la vida de los materiales, con la consiguiente disminución de mantenimiento y ahorros. Esto es así porque se ha observado que las fachadas vegetales protegen el revestimiento de las fachadas contra la radiación UV, las fluctuaciones extremas de temperatura y los daños físicos producidos por punzonamiento durante el uso o el mantenimiento de dichas superficies.

La mejora en la gestión de las aguas pluviales pueden compensar los costos del desarrollo de políticas de implantación de fachadas vegetales. Por ejemplo, al reducir la necesidad de gestión de las aguas residuales provenientes de edificios con sistemas vegetales, en los estanques de aguas pluviales, podría traducirse en la reducción de tasas aplicadas a los usuarios de dichos edificios. La mayoría de los residentes de ciudades europeas deben pagar una tasa, impuesto o cargo por la conexión al sistema de aguas pluviales. En Alemania, las tasas sin embargo, de los residentes de edificios con cubiertas verdes reciben descuentos impositivos.

Aumento en el valor de la propiedad. Estudios americanos y británicos muestran que las cubiertas vegetales pueden aumentar el valor de un edificio entre un 6% y un 15%.

Fachadas y cubiertas verdes ofrecen ventajas visuales. Este embellecimiento urbano puede tener un impacto en el turismo y empujar a más visitantes a ver y disfrutar la ciudad.

La dotación de espacios recreativos al aire libre y una atractiva estética pueden aumentar directamente el valor y la comercialización de una propiedad.

El ahorro por de la transformación de una fachada convencional en vegetal no suelen ser inmediatos en términos costos de calefacción y refrigeración, pero el periodo de amortización de los costos iniciales de la instalación suele ser a medio y largo plazo. Estos ahorros en costes de calefacción y refrigeración son, sin embargo, difíciles de estimar con exactitud y varían considerablemente entre los proyectos y sistemas utilizados.

La instalación sistema vegetal vertical requiere una inversión de capital inicial, especialmente en una situación de rehabilitación o adaptación de superficies convencionales. Sin embargo, este gasto inicial puede ser amortizado, como se ha indicado, a través del ahorro a medio y largo plazo.

Si el concepto se incluye al inicio de la fase de diseño de un nuevo edificio, un sistema vegetal vertical puede ser instalado con un poco o ningún costo adicional, respecto de un sistema tradicional. Este gasto extra puede ser visto como una barrera, a menos de que los promotores aprecien en cambio, de que la propiedad puede ser más comercial.

Además una fachada vegetal se vuelve aún más viable cuando el precio del terreno, o la falta de terrenos adyacentes disponibles, evita la creación de jardín o espacio verde en el terreno disponible para la edificación.

En lo referido a los estudios sobre fachadas vegetales y su coste de ciclo de vida, aún queda un amplio campo por investigar, más aún si se considera el potencial tan significativo de estos sistemas constructivos, considerando su mayor superficie de ocupación en edificios en altura que un cerramiento horizontal. Es importante ampliar su aplicación a la restauración, tanto de edificios como de espacios exteriores, y llevar a cabo estudios referidos al coste-beneficio de este tipo de soluciones.

## 5. NORMATIVA EN LOS SISTEMAS DE JARDÍN VERTICAL

En la actualidad únicamente existe en Europa un documento que regula el funcionamiento, construcción, diseño y mantenimiento de los sistemas verticales de vegetación de edificios.

Se trata de las Directrices para la planificación, ejecución y mantenimiento de fachadas, con plantas trepadoras.

Es una normativa publicada en Alemania por la FFL (Asociación Alemana de Investigación y Desarrollo en Paisaje), pero únicamente se refiere a los usos plantas trepadoras o enredaderas.

Esta publicación surgió como consecuencia de la necesidad de regular una práctica habitual en este país, como era el utilizar plantas trepadoras o enredaderas en las paredes de las edificaciones, por motivos principalmente estéticos.

En los años 80 se llevó a cabo en este país una campaña para favorecer el desarrollo de estas fachadas en muchas ciudades para mejorar el ambiente urbano, y pasados unos años se considero necesario la redacción de un documento que normalizara esta práctica.

El documento contempla la utilización de espalderas y soportes para el desarrollo de diferentes tipos de plantas trepadoras y enredaderas por las fachadas de los edificios, así como el uso de arbustos de porte colgante para balcones y en la parte superior de los edificios.

Señalar que esta norma regulación solo la actividad de jardinería en sí, por los usuarios de los edificios, pero no la regula desde el punto de vista constructivo, o como elemento previsto por los arquitectos o ingenieros en la fase de diseño.

En los últimos años la tendencia desde el punto de vista conceptual y de uso de estos elementos ha cambiado.

Al valor estético, los proyectistas han añadido otros valores estratégicos para el diseño de una edificación sostenible y respetuosa con el medio ambiente, y más eficiente desde punto de vista técnico.

Esto ha provocado en parte la aparición en el mercado de nuevos sistemas y técnicas constructivas de vegetación vertical para la edificación. Este hecho sin embargo, no se ha venido acompañado de la redacción de un marco normativo que regule y clasifique las diferentes técnicas y sistemas, los estándares constructivos, los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad o las normas de funcionamiento y de mantenimiento. En este contexto destaca la ordenanza municipal Seattle Green Factor.

## 6. BIBLIOGRAFIA

Akbari, H. (1997) «Peak power and cooling energy savings of shade trees», *Energy and Buildings*, volumen 25, Great Britain: Elsevier Science Ltd.

Akbari, H. (2001) «Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas», *Solar energy*, volumen 70, Great Britain: Elsevier Science Ltd.

Blanc, Patrick (2008) *Le mur végétal de la nature à la ville*. France: Michel Lafon.

Eleftheria, Alexandria y Jones, Phil (2008) «Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates», *Building and Environment*, Great Britain: Elsevier Science Ltd.

Falcón, Antoni (2007) *Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión*. Barcelona: Gustavo Gili.

Fernández Casas, Javier (1982) *Plantas silvestres de la Península Ibérica (Rupícolas)*. Madrid: H. Blume

Francois, Edouard (2002) *L'immeuble qui pousse*. France: Jean Michel place/architecture.

Lemaire, Francis (2005) *Cultivos en macetas y contenedores: Principios agronómicos y aplicaciones*. Madrid: Mundi-Prensa.

Lozano, Matías (1993) *Cultivos sin suelo: Hortalizas en clima mediterráneo*. Reus: Ediciones de Horticultura.

Llurba, M. (1997) «Parámetros a tener en cuenta en los sustratos», *Revista Horticultura*, número 125.

Neila González, Javier. (2004) *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Munilla-Lería.

Rodríguez Delfín, Alfredo (2001) *Manual Práctico de Hidroponía*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, ISBN 84-591-1083-4.

Suquilanda, M. (1996) *Serie Agricultura Orgánica*. Quito: UPS Ediciones.

Urrestrarazu Gavilán, Miguel Tratado de cultivo sin suelo.

OCHOA, JM. (1999): La vegetación como instrumento para el control microclimático.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. Plan de Energías Renovables

NEILA, J., BEDOYA, C., OLIVIERI, F., CUERDA, E., GUERRA, R., HERNÁNDEZ, C., MONTEJO, C., SÁNCHEZ-GUEVARA, C. Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible

GSky Plant Systems, Inc. Basic Wall Vine Container System

Greenscreen. Wall Hung Trellis Panel [En línea] California. Disponible

Carl Stahl DécorCable. FAÇADESCAPE™ Green Wall Systems

Jakob AG Rope Systems. Green Walls Systems

Intemper. Fachada Nature [En línea] España.

Triptyque. Harmonia

Green Building Council España. Certificación verde [En línea] España,

Unarbolismo, en línea

## 7. CONCLUSIONES

La pretensión al desarrollar este tema en el proyecto final de máster, es dar a conocer una técnica que a priori podría parecer innovadora, pero como hemos visto a lo largo del proyecto no es más que la evolución de técnicas usadas en la antigüedad. Estas técnicas pueden mejorar considerablemente el entorno de las ciudades, beneficiando al edificio en cuestión.

Por otro lado intentar eliminar los prejuicios iniciales que puede tener la elección de este sistema, por supuestos sobrecostos tanto en montaje como en mantenimiento, los cuales se podrían mejorar simplemente seleccionando especímenes de plantas autóctonas con exigencias mínimas de conservación.

En lo referido a la ejecución de fachadas vegetales, aún queda un amplio campo por investigar, más aún si se considera el potencial tan significativo de estos sistemas constructivos, considerando su mayor superficie de ocupación en edificios en altura que un cerramiento horizontal. Es importante ampliar su aplicación a la restauración, tanto de edificios como de espacios exteriores, y llevar a cabo estudios referidos al coste-beneficio de este tipo de soluciones.

Podríamos destacar que el uso de esta técnica de fachadas vegetales constituyen un sistema de protección de las edificaciones; evitando en verano el sobrecalentamiento de los espacios interiores y en invierno, las pérdidas energéticas. Al mismo tiempo, se consigue un descenso de la temperatura de las brisas próximas a los cerramientos, además de aumentar la humedad ambiental debido al proceso de evapotranspiración que realizan las plantas.

La incorporación de vegetación en el edificio y su entorno, lo convierte en un elemento vivo dentro de la ciudad, donde la presencia de elementos vegetales se ve reducida a unos pocos espacios. De esta forma se genera una serie de impactos positivos para su entorno y sus ocupantes.

Es de sumo interés incrementar las superficies verdes con nuevas tecnologías en el campo de la bioclimática, para mejorar de este modo el microclima urbano y proyectar ciudades más permeables y saludables.

Estos sistemas de protección vegetal pasiva pueden aplicarse en el campo de la rehabilitación de edificios o en obras de nueva planta, produciendo una reducción en las necesidades de acondicionamiento interior.

Un jardín vertical brinda múltiples posibilidades de diseño, tanto de carácter morfológico como estético. En conjunto, constituye un elemento de acondicionamiento que proporciona un ahorro energético a la edificación, funcionando como un instrumento de mejora el medioambiente y del efecto invernadero en las ciudades.

Habiendo constatado personalmente la ejecución de un jardín vertical y viendo su resultado final considero que es una opción a tener en cuenta muy interesante en la proyección de edificios.



Fachada ejecutada en edificio situado en Paterna (Valencia)