



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica

FACHADAS VEGETALES

Análisis del impacto medioambiental y aplicaciones.

Alumno: Jacobo Pereira Fernández

Directora: Doña María Cruz Iglesias Fernández

Curso 2015/2016

RESUMEN

El sector de la construcción es uno de los sectores que más afecta al medioambiente, no sólo en cuanto a producción de residuos, sino también en cuanto a gasto energético y emisiones de CO₂. Por esta razón, cada vez se le da más importancia al análisis del ciclo de vida, lo que nos permite calcular las consecuencias ambientales que se derivan del impacto de la construcción. La reducción del impacto ambiental, en este sector, se centra en el control del consumo de recursos, la reducción de las emisiones contaminantes y del gasto energético así como la minimización y correcta gestión de los residuos que se generan a lo largo de todo el proceso constructivo.

Por este motivo, se ha procedido al análisis de los principales sistemas de fachadas vegetales que se comercializan a día de hoy, se han analizado sus materiales, sus características y su impacto medioambiental, para así poder conocer y entender su funcionamiento, las ventajas que nos ofrecen y el coste económico y medioambiental que hay que pagar para obtener estas ventajas.

Una vez estudiados y entendidos, se ha procedido a la creación de un sistema propio, que mejore las ventajas del resto de soluciones y que sea un sistema sostenible y de bajo impacto medioambiental, a bajo coste.

En este estudio se tratará de demostrar que no es necesario el empleo de soluciones de alto impacto ambiental y precio para la consecución de las ventajas que tienen que estar presentes en cualquier sistema de fachada vegetal.

“O sector da construción é un dos sectores que máis afecta o medioambiente, non só en canto a produción de residuos, senón tamén no que se refire ao gasto enerxético e de emisións de CO₂. Por esta razón, cada vez dásele máis importancia á análise do ciclo de vida, o que nos permite intuír as consecuencias ambientais que se derivan do impacto da construción. A redución do impacto ambiental, neste sector, céntrase no control do consumo de recursos, a redución das emisións contaminantes e o gasto enerxético así como a minimización e correcta xestión dos residuos que se xeran ao longo de todo o proceso constructivo.

Por este motivo, procedeuse á análise dos principais sistemas de fachadas vexetais que se están a comercializar hoxe en día. Analizáronse os seus materiais, as suas características e o seu impacto medioambiental, para así poder coñecer e entender o seu funcionamento, as vantaxes que nos ofrece e o custo económico e medioambiental que hai que pagar para obtelas.

Unha vez estudados e entendidos, procedeuse á creación dun sistema propio, que mellore as vantaxes do resto de solucións e que sexa un sistema sostible e de baixo impacto medioambiental, a baixo custo.

Neste estudo, tratarase de demostrar que non é necesario o emprego de solución de alto impacto ambiental e prezo para a consecución das vantaxes que teñen que estar presentes en calquera sistema de fachada vexetal.”

“The construction is one of the sectors that affects the environment, not only in terms of waste production, but also in terms of energy expenditure and CO2 emissions. For this reason, more and more importance is given to the life-cycle assessment, which allows us to have an intuition of the consequences arising environmental impact of construction. Reducing the environmental impact in this sector, focusing on the control of resource consumption, reducing pollutant emissions and energy expenditure and minimizing and proper management of waste generated throughout the entire construction process.

Because of that, we have proceeded to analyse the main vegetables facade systems that are sold today, we have analyzed the materials, their characteristics and their environmental impact, in order to know and understand its operation, The advantages that they provide and the economic and environmental costs to be paid for those benefits.

Once studied and understood it, we will proceed to create our own system, wich will improve the advantages of other solutions and it shall be a sustainable system, with a low environmental impact and low economic cost.

This study will attempt to show that it is not necessary to use high-impact solutions and pay high environmental price for achieving the benefits that have to be present at any vegetable facade system.”

ÍNDICE GENERAL

Contenido

1. OBJETIVOS.....	- 13 -
2. INTRODUCCIÓN.....	- 15 -
2.1. ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DE LAS FACHADAS VEGETALES.....	- 15 -
2.2. TÉRMINOS Y DEFINICIONES A TRATAR.....	- 18 -
2.2.1. BIOCONSTRUCCIÓN.....	- 18 -
2.2.2. CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.....	- 19 -
2.2.3. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA.....	- 23 -
2.2.4. AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO.....	- 25 -
3. TIPOS DE SISTEMAS.....	- 29 -
3.1. GENERALIDADES.....	- 29 -
3.1.1. NORMATIVA.....	- 31 -
3.1.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES.....	- 32 -
3.1.3. VEGETACIÓN.....	- 61 -
3.2. PATENTE PATRICK BLANC.....	- 73 -
3.2.1. MEDICIONES.....	- 75 -
3.2.2. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.....	- 78 -
3.2.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE ESTE SISTEMA.....	- 87 -
3.3. SISTEMA “ELT” (ELEVATED LANDSCAPE TECHNOLOGIES).....	- 88 -
3.3.1. MEDICIONES.....	- 90 -
3.3.2. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.....	- 93 -
3.3.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE ESTE SISTEMA.....	- 101 -
3.4. SISTEMA G-SKY.....	- 102 -
3.4.1. MEDICIONES.....	- 104 -
3.4.2. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.....	- 107 -
3.4.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE ESTE SISTEMA.....	- 117 -
3.5. SISTEMA GREEN SCREEN.....	- 118 -
3.5.1. MEDICIONES.....	- 119 -
3.5.2. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.....	- 122 -
3.5.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE ESTE SISTEMA.....	- 128 -
3.6. SISTEMA ECO.BIN.....	- 129 -

3.6.1.	MEDICIONES.....	- 131 -
3.6.2.	IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.....	- 134 -
3.6.3.	VENTAJAS E INCONVENIENTES DE ESTE SISTEMA.....	- 143 -
3.7.	SISTEMA LEAF BOX.....	- 144 -
3.7.1.	MEDICIONES.....	- 146 -
3.7.2.	IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.....	- 149 -
3.7.3.	VENTAJAS E INCONVENIENTES DE ESTE SISTEMA.....	- 158 -
3.8.	SISTEMA JAKOB DE BRIMAT.....	- 159 -
3.8.1.	MEDICIONES.....	- 161 -
3.8.2.	IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.....	- 164 -
3.8.3.	VENTAJAS E INCONVENIENTES DE ESTE SISTEMA.....	- 170 -
3.9.	COMPARATIVA DE SISTEMAS.....	- 172 -
3.9.1.	COMPARATIVA DE PRECIOS.....	- 172 -
3.9.2.	COMPARATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS MATERIALES UTILIZADOS.....	- 174 -
3.9.3.	COMPARATIVA DE AISLAMIENTO TÉRMICO.....	- 180 -
3.9.4.	COMPARATIVA AISLAMIENTO ACÚSTICO.....	- 186 -
3.10.	CONCLUSIONES.....	- 190 -
4.	PROPUESTA DE SISTEMA DE FACHADA VEGETAL SOSTENIBLE.....	- 197 -
4.1.	MEDICIONES.....	- 200 -
4.2.	IMPACTO MEDIOAMBIENTAL.....	- 203 -
4.3.	COMPARACIONES.....	- 211 -
5.	CONCLUSIONES GENERALES.....	- 213 -
6.	ANEXOS.....	- 215 -
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	- 273 -



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1: Terraza de pequeñas dimensiones aprovechada para insertar vegetación. -	13 -
Ilustración 2: Jardines colgantes de Babilonia.	15 -
Ilustración 3: Iglesia gótica del Huerto de los Olivos, Buenos Aires.	16 -
Ilustración 4: Vivienda diseñada por Frank Lloyd Wright en Phoenix.	16 -
Ilustración 5: Villa Ecológica Saboya, Poissy – Le Corbusier, 1929.	17 -
Ilustración 6: Esquema de las interacciones del entorno con la vivienda (Autora: Petra Jebens-Zirkel).	18 -
Ilustración 7: Extraído de http://gestion.cype.es/impacto_ambiental_analisis_ciclo_de_vida.htm (2015).	20 -
Ilustración 8: Fachada vegetal del Quai Branly Museum de Patrick Blanc (París, Mayo 2006). -	29 -
Ilustración 9: Efecto de los elementos que proporcionan gran inercia térmica sobre las temperaturas de los espacios interiores (Adaptación de Lafarge, 2013).	35 -
Ilustración 10: Espectro de acción de la fotosíntesis en las plantas (línea negra) y espectro de absorción de los tres pigmentos presentes en las plantas (líneas de color) (Amon et al., 2013)..-	40 -
Ilustración 11: Espectro de absorción del agua en función de la longitud de onda de la luz (Sohn y Kim, 2012).	41 -
Ilustración 12: Absorción del sonido por parte de alguno de los módulos con sistemas vegetales verticales analizados respecto al módulo de control sin vegetación (Wong et al., 2010).	54 -
Ilustración 13: Coeficiente de reducción de sonido (R) Comparación entre una fachada vegetal (GW) y soluciones constructivas tradicionales: A. Doble acristalamiento térmico (6-12- 6) con estructura de madera, B. Ladrillo de 100 mm de espesor. C. Bloque de termoarcilla. -	55 -
Ilustración 14: Comparativa de los valores de absorción sonoros del sistema vegetal vertical con otros elementos utilizados en la construcción (Azkorra et al., 2015).	56 -
Ilustración 15: Tipos de plantas trepadoras para sistemas de enredaderas. (“Muros y fachadas verdes, jardines verticales”, Gernott Minke, 2014).	62 -
Ilustración 16: Tipos de plantas trepadoras para sistemas de enredaderas. (“Muros y fachadas verdes, jardines verticales”, Gernott Minke, 2014).	63 -
Ilustración 17: Tipos de plantas trepadoras para sistemas de enredaderas. (“Muros y fachadas verdes, jardines verticales”, Gernott Minke, 2014).	64 -
Ilustración 18: Tipos de plantas trepadoras para sistemas de enredaderas. (“Muros y fachadas verdes, jardines verticales”, Gernott Minke, 2014).	65 -
Ilustración 19: Tipos de plantas para sistemas de fachadas vegetales hidropónicas y con sustrato. (“Muros y fachadas verdes, jardines verticales”, Gernott Minke, 2014).	66 -
Ilustración 20: Tipos de plantas para sistemas de fachadas vegetales hidropónicas y con sustrato. (“Muros y fachadas verdes, jardines verticales”, Gernott Minke, 2014).	67 -
Ilustración 21: Tipos de plantas para sistemas de fachadas vegetales hidropónicas y con sustrato. (“Muros y fachadas verdes, jardines verticales”, Gernott Minke, 2014).	68 -
Ilustración 22: Tipos de plantas para sistemas de fachadas vegetales hidropónicas y con sustrato. (“Muros y fachadas verdes, jardines verticales”, Gernott Minke, 2014).	69 -

Ilustración 23: Tipos de plantas frutales y aromáticas para sistemas de fachadas vegetales hidropónicas y con sustrato. (“Muros y fachadas verdes, jardines verticales”, Gernott Minke, 2014).	- 70 -
Ilustración 24: Tipos de plantas frutales y aromáticas para sistemas de fachadas vegetales hidropónicas y con sustrato. (“Muros y fachadas verdes, jardines verticales”, Gernott Minke, 2014).	- 71 -
Ilustración 25: Fachada verde Caixa Forum de Madrid, diseñada por el botánico francés Patrick Blanc.....	- 73 -
Ilustración 26: Detalle de elaboración propia del sistema Patrick Blanc.....	- 74 -
Ilustración 27: Sistema ELT aplicado a una fachada en Venice Beach, California, EEUU....	- 88 -
Ilustración 28: Detalle de elaboración propia del sistema ELT.	- 89 -
Ilustración 29: Sistema G-Sky en Al-Shaheed Park in Kuwait City.	- 102 -
Ilustración 30: Detalle de elaboración propia del sistema G-Sky.	- 103 -
Ilustración 31: Green Screen en Beverly Connection, Beverly Hills, California.	- 118 -
Ilustración 32: Green Screen en Beverly Connection, Beverly Hills, California.	- 118 -
Ilustración 33: Sistema ECO.BIN en hotel Ushüaia de Ibiza.	- 129 -
Ilustración 34: Sistema ECO.BIN en hotel Ushüaia de Ibiza.	- 129 -
Ilustración 35: Detalle de elaboración propia del sistema ECO.BIN.	- 130 -
Ilustración 36: Sistema Leaf box en Celler Cooperatiu de Rubí, Barcelona.	- 144 -
Ilustración 37: Detalle de elaboración propia del sistema LeafBox.....	- 145 -
Ilustración 38: Sistema Jakob de Brimat aplicado.....	- 159 -
Ilustración 39: Sistema Jakob de Brimat aplicado.....	- 160 -
Ilustración 40: Emisiones de CO2 de los diferentes medios de transporte por persona y Km. (http://www.verdegaia.org/cospesnaterra/index.php?option=com_content&task=view&id=64&Itemid=122&ed=3).	- 179 -
Ilustración 41: Diferencia de temperatura en verano de una cubierta verde en Kassel (Alemania), con un sustrato de 16 cm de espesor. Para una temperatura exterior al mediodía de 30°C, había bajo la vegetación 23°C y bajo la capa de sustrato solamente 17,5°C.	- 181 -
Ilustración 42: Diferencia de temperatura en invierno de una cubierta verde en Kassel (Alemania), con un sustrato de 16 cm de espesor. Para una temperatura exterior de -14°C, sólo hay 0°C bajo la capa de sustrato.	- 182 -
Ilustración 43: extraída de http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X14002333	- 187 -
Ilustración 44: extraída de http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X14002333	- 187 -
Ilustración 45: extraída de http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X14002333	- 188 -
Ilustración 46: Fachada vegetal de listones de madera reutilizada elaborada por Verónica Crousse en el edificio Zentro Building, Lima, Perú.....	- 197 -
Ilustración 47: Detalles y dimensiones del Europalet a utilizar.	- 198 -
Ilustración 48: Detalle de elaboración propia del sistema propuesto, ECOWALL.	- 199 -

❖ ÍNDICE DE TABLAS.

• Tabla 1: Reducción de ciertos COV ante la presencia de ciertas especies de plantas en experimentos en cámaras, en exposiciones de 24 h (Wolverton, Johnson, et al., 1989).....	-49-
• Tabla 2: Presencia de monóxido de carbono y de dióxido de nitrógeno en experimentos en cámaras (vacías, con maceta y sustrato, o con maceta, sustrato y planta) en función del tiempo (Wolverton & McDonald, 1985).....	-50-
• Tabla 3: Ventajas e inconvenientes del Sistema Patrick Blanc (Tabla de elaboración propia).....	-87-
• Tabla 4: Ventajas e inconvenientes del Sistema ELT (Tabla de elaboración propia)..	-101-
• Tabla 5: Ventajas e inconvenientes del Sistema G-Sky (Tabla de elaboración propia).....	-117-
• Tabla 6: Ventajas e inconvenientes del Sistema GreenScreen (Tabla de elaboración propia).....	-128-
• Tabla 7: Ventajas e inconvenientes del Sistema Ecobin (Tabla de elaboración propia).....	-143-
• Tabla 8: Ventajas e inconvenientes del Sistema LeafBox (Tabla de elaboración propia).....	-158-
• Tabla 9: Ventajas e inconvenientes del Sistema Jakob de Brimat (Tabla de elaboración propia).....	-170-
• Tabla 10: Tabla 10: Años que tarda el sistema de fachada vegetal en absorber la misma cantidad de CO2 que emitió al ambiente durante su proceso de fabricación, transporte y colocación. (Gráfico de elaboración propia).....	-178-
• Tabla 11: Comparativa del aislamiento térmico y ahorro en la demanda energética de los sistemas de fachada vegetal. (Elaboración propia).....	-185-
• Tabla 12: Comparativa del gasto y ahorro energético de los diferentes sistemas de fachadas vegetales, así como el tiempo que tarda el propio sistema en ahorrar la energía que ha consumido durante su proceso de fabricación, transporte y puesta en obra (Elaboración propia).....	-186-
• Tabla 13: Comparativa del sistema propio ECOWALL con el sistema que mejores prestaciones ofrece en cada una de sus características más relevantes (Elaboración propia).....	-210-

❖ ÍNDICE DE GRÁFICOS.

• Gráfico 1: Eliminación de ciertos HAP en 150 días en experimentos en cámaras, comparando macetas con sustrato con macetas con sustrato y ciertas especies de gramíneas llamadas “Fire Phoenix”, como la Festuca arundinacea, Festuca elata Keng y Festuca gigantea. Consiguio eliminarse en esos 150 días al 99,40% del total de los HAPs probados. (Liu, Xiao, Wei, Zhao & An, 2014).....	-51-
• Gráfico 2: Comparativa de precios de los distintos sistemas de fachadas vegetales. (Gráfico de elaboración propia).....	-172-

- Gráfico 3: Comparativa de precios de un sistema de fachada vegetal con sistemas tradicionales de fachada. (Gráfico de elaboración propia).....-173-
- Gráfico 4: Comparativa del impacto medioambiental de los distintos sistemas de fachadas vegetales. (Gráfico de elaboración propia).....-174-
- Gráfico 5: Comparativa del impacto medioambiental de los materiales empleados en los distintos sistemas de fachadas vegetales. (Gráfico de elaboración propia).....-175-
- Gráfico 6: Comparativa del impacto medioambiental respecto a la manufacturación de los materiales empleados en los distintos sistemas de fachadas vegetales. (Gráfico de elaboración propia).....-176-
- Gráfico 7: Comparativa del impacto medioambiental en cuanto al transporte en los distintos sistemas de fachadas vegetales. (Gráfico de elaboración propia).....-176-
- Gráfico 8: Comparativa del impacto medioambiental en cuanto a la eliminación y reciclado de los materiales empleados en los distintos sistemas de fachadas vegetales. (Gráfico de elaboración propia).....-177-
- Gráfico 9: Comparativa de sistemas vegetales con sistemas tradicionales en función de su impacto ambiental. (Elaboración propia).....-179-
- Gráfico 10: Comparativa del aislamiento térmico y transmitancia de los diferentes sistemas de fachadas vegetales (Elaboración propia).....-184-
- Gráfica 11: Comparativa del aislamiento térmico y transmitancia entre los diferentes sistemas de fachadas vegetales y fachadas tradicionales (Elaboración propia).....-184-

1. OBJETIVOS.

Según recomendaciones de la OMS, las ciudades deben disponer, como mínimo, de entre 10 y 15 metros cuadrados de área verde por habitante, distribuidos equitativamente en relación a la densidad de población. Es aconsejable que esta relación alcance valores entre 15 y 20 metros cuadrados de zona verde útil (OMS, 2016).

Los beneficios producidos en una ciudad gracias a una presencia significativa de espacios verdes son innumerables. Además de los beneficios en relación al bienestar físico, como elementos mitigadores de contaminación y sumideros de CO₂, la existencia de espacios verdes dan estructura a la ciudad, y amortiguan el impacto producido por niveles excesivamente altos de densidad y edificación, de ahí su gran importancia como elementos clave en la prevención de riesgos naturales y mitigación de los efectos producidos por el cambio climático.

Podríamos establecer, por tanto, de acuerdo a las directrices marcadas por la OMS, el nivel mínimo deseable para este indicador igual a 10 metros cuadrados de zona verde por habitante.

Las personas que viven y trabajan en ciudades sienten una gran nostalgia por el verde natural. En lugares cálidos se observa como la vida de los



Ilustración 1: Terraza de pequeñas dimensiones aprovechada para insertar vegetación.

ciudadanos durante su tiempo libre se desarrolla en los parques y jardines. El deseo de colocar un poco de naturaleza en el campo visual de nuestras ciudades es evidente (Ilustración 1).

Con estas soluciones de sistemas de fachadas vegetales se puede traer un pedazo de nuestro pasado asentados en zonas rústicas a la ciudad, que habitamos la mayor parte de la población mundial a día de hoy, además de poder ser utilizadas como huertos verticales en mitad de zonas urbanas.

En este estudio se tratarán de clasificar y entender los diferentes tipos de sistemas de fachadas vegetales así como la cuantificación de su impacto medioambiental durante todo su ciclo de vida, además analizaremos los diferentes materiales que los componen respecto al consumo de energía y a las emisiones de CO₂ durante todas sus fases: extracción, manufacturación, transporte, eliminación/reciclado. Así mismo, se propondrá un sistema de

fachada vegetal que se encuentre dentro de los parámetros de construcción sostenible y que sea respetuoso con el medioambiente sin tener que renunciar a las ventajas que ofrecen estos tipos de sistemas vegetales de fachada en cuanto al confort del usuario y la eficiencia energética.

2. INTRODUCCIÓN.

2.1. ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DE LAS FACHADAS VEGETALES.

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 respeto 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 de edificios realizadas exclusivamente de madera o piedra, además de la relativa dificultad para la 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.

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.



Ilustración 2: Jardines colgantes de Babilonia.

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.

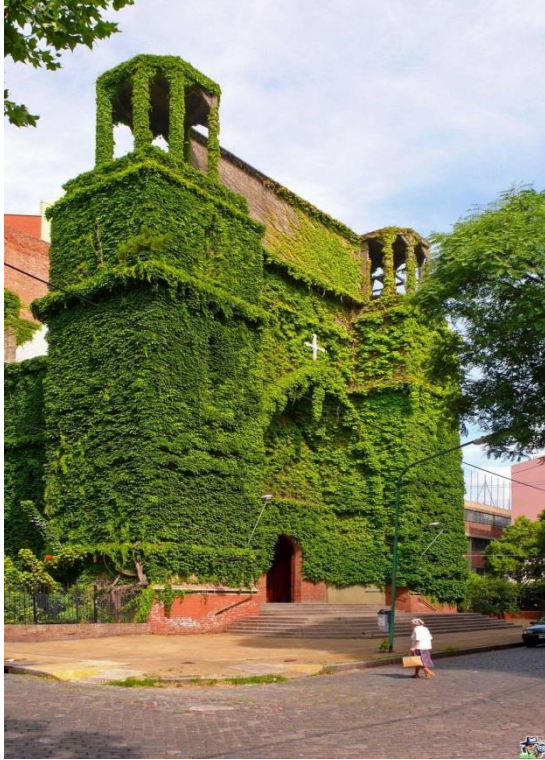


Ilustración 3: Iglesia gótica del Huerto de los Olivos, Buenos Aires.

Más ejemplos del uso de vegetación en la antigüedad, se pueden encontrar en el período 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.

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.

A partir de este período 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 vegetación como una continuación del edificio, añadiendo a las edificaciones existentes una nueva edificación con grandes ventanas para

conservar todo tipo de plantas y árboles frutales en el invierno.

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 por los arquitectos escandinavos en las primeras décadas del siglo XX, y por el arquitecto americano Frank Lloyd Wright, quien acuñó el término de "arquitectura orgánica".

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

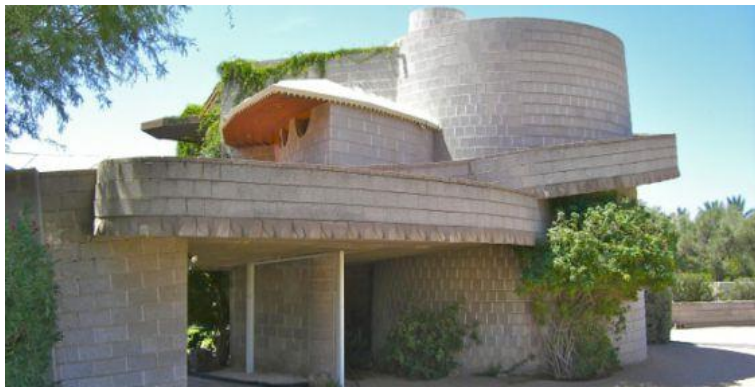


Ilustración 4: Vivienda diseñada por Frank Lloyd Wright en Phoenix.

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.



Ilustración 5: Villa Ecológica Saboya, Poissy – Le Corbusier, 1929.

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

En la colección de ensayos escritos por Le Corbusier - Towards a New Architecture, 1923 -, se explora el concepto de la arquitectura moderna, y el arquitecto empieza a hablar de las azoteas verdes y jardines verticales para compensar el área verde consumida por el edificio y su restitución en la cubierta o fachada.

F. L. Wright utiliza jardines verticales como por ejemplo los Jardines de Midway en Chicago o la Ennis House. Parece claro que 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.

2.2. TÉRMINOS Y DEFINICIONES A TRATAR.

2.2.1. BIOCONSTRUCCIÓN.

Reciben el nombre de bioconstrucción los sistemas de edificación o establecimiento de viviendas, realizados con materiales de bajo impacto ambiental o ecológico, reciclados o altamente reciclables, o extraíbles mediante procesos sencillos y de bajo costo como, por ejemplo, materiales de origen vegetal y biocompatibles.

El acto de construir y de edificar genera un gran impacto en el medio que nos rodea. La bioconstrucción persigue minimizarlo en la medida de lo posible ayudando a crear un desarrollo sostenible que no agote los recursos del planeta sino que sea generador y regulador de los recursos empleados en conseguir un hábitat saludable y en

armonía con el resto. La vivienda debe adaptarse a nosotros como una 3ª piel, debe procurarnos cobijo, abrigo y salud. La bioconstrucción debe entenderse como la forma de construir respetuosa con todos los seres vivos, es decir, la forma de construir que favorece los procesos evolutivos de todo ser vivo, así como la biodiversidad, garantizando el equilibrio y la sustentabilidad de las generaciones futuras. Para ello se deben de tener en consideración:

- Gestión del suelo
- Gestión del agua
- Gestión del aire
- Gestión de la energía
- Consumo y desarrollo local

La Bioconstrucción entiende la casa como un ecosistema dinámico, armónico y en equilibrio, que antiguamente y en otras culturas era el enfoque natural y lógico. No necesitaba un nombre especial porque toda la construcción era ecológica, realizada con materiales naturales y aprovechando las ventajas del lugar y del clima.

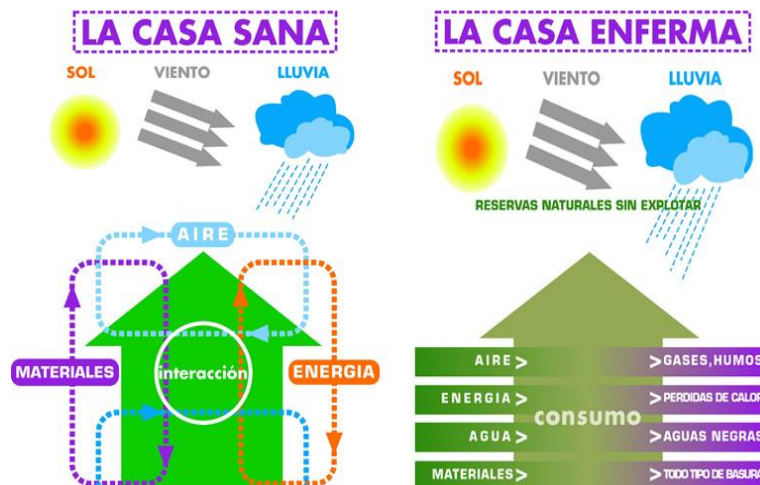


Ilustración 6: Esquema de las interacciones del entorno con la vivienda (Autora: Petra Jebens-Zirkel).

Los mayores progresos de la Bioconstrucción se han hecho en los países de habla alemana, donde nació de la preocupación por la contaminación química producida por los materiales sintéticos empleados. Aquí aparece el tópico del síndrome del edificio enfermo.

Paralelamente al aumento de las enfermedades e incluso de la mortandad, el movimiento creció y en 1976 se fundó el “Institut für Baubiologie” (Instituto de bioconstrucción) en Baviera, Alemania, que se ocupa hasta la actualidad de todos los aspectos de la bioconstrucción, tanto en la faceta de la investigación como de la divulgación.

2.2.2. CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.

La Real Academia Española (RAE) define el término sostenibilidad como: “Que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente”. De forma resumida, podemos concluir que se trata de satisfacer las necesidades del presente sin poner en riesgo los recursos del futuro.

En cuanto a la construcción sostenible, es una concepción del diseño de la construcción de modo sostenible, buscando el aprovechamiento de los recursos naturales con el fin de minimizar su impacto sobre el medio ambiente y sus habitantes, o impacto ambiental.

La construcción sostenible se basa en el correcto uso, gestión y reutilización de los recursos naturales y de la energía disponible, durante el proceso de construcción y el posterior uso del edificio, aplicando para ello el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) como herramienta medioambiental.

La importancia de apostar por una construcción sostenible está avalada por recientes estudios, que han constatado que el sector de la construcción es responsable del empleo del orden del 36% del total de la energía consumida y, en particular, del 65% del gasto de energía eléctrica, sin olvidar el impacto que produce sobre el medio ambiente, el consumo de materias primas, las emisiones de gases de efecto invernadero, la generación de residuos y el consumo de agua potable, tal como ilustra el gráfico (ilustración 7).

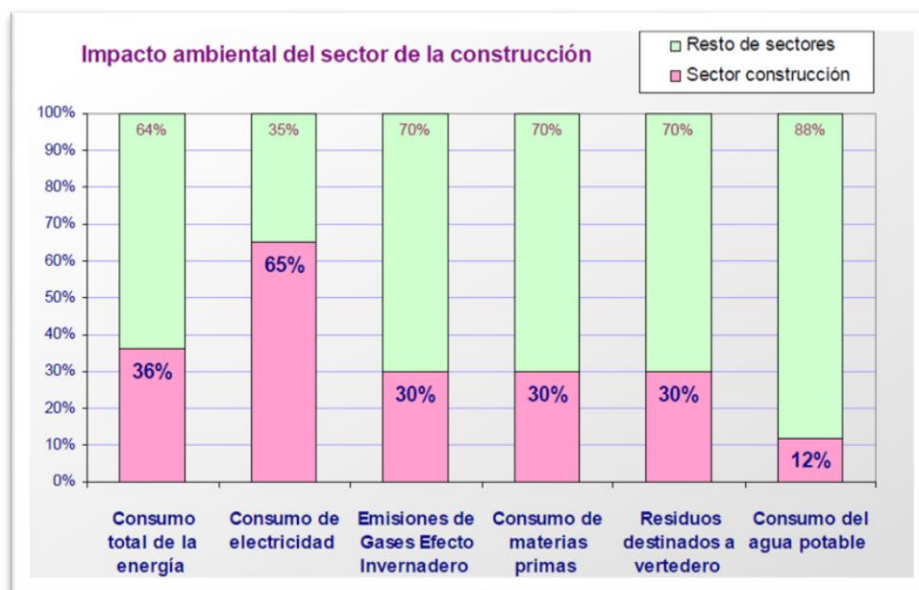


Ilustración 7: Extraído de http://gestion.cype.es/impacto_ambiental_analisis_ciclo_de_vida.htm (2015).

El deterioro del medio ambiente, y particularmente los cambios en el clima, obligan al conjunto de la sociedad y a todos los sectores productivos y económicos que lo provocan a una reorientación profunda de las pautas de producción y consumo.

El sector de la construcción contribuye de manera importante a ese deterioro en sus distintas fases (extracción y fabricación de materiales, diseño de la edificación y de sus instalaciones, que influye decisivamente en el rendimiento energético de la misma, gestión de la obra y de sus residuos...), como vimos en el gráfico anterior, y necesita dar un giro notable hacia la adopción de decisiones encaminadas hacia la sostenibilidad.

Existen ya unas cuantas normas e instrumentos legales que marcan caminos. Entre ellas el Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión de CO₂ para algunos fabricantes de materiales, algunas ordenanzas solares municipales, el Código Técnico de la Edificación cuya aprobación parece inminente, los requerimientos para una planificación urbanística racional.

En el ámbito ya más laboral, la normativa sobre prevención de riesgos laborales incorpora límites al uso de materiales o sustancias peligrosas para la salud.

Las pautas a seguir para conseguir construcciones sostenibles son las siguientes:

1. Las personas, las protagonistas.

Actualmente el sistema del mercado de la vivienda es justo el contrario a lo que debería ser, situando a la persona como consumidor pasivo, cuyas necesidades más auténticas no son tenidas en cuenta.

La arquitectura no es una entidad autónoma sino que aparece integrada en el sistema y debe estar al servicio de las personas. Adquirir una vivienda digna es un derecho primordial de todos. La vivienda no debe ser objeto del mercado financiero desregulado, tampoco el suelo.

El urbanismo debe ser más social con una concepción más integradora. Los edificios se ejecutan para personas, para que puedan vivir agradablemente.

2. Respeto al lugar.

El edificio y sus habitantes, el terreno y su microclima siempre son únicos. Hay que optar por una buena ubicación, tener en cuenta la topografía del lugar, sus vistas, el paisaje, la vegetación, el tipo de tierra y el agua, las influencias de la geobiología y adaptarse con el diseño a todo ello. Hay que respetar la flora y la fauna y realizar movimientos de tierra mínimos.

Estamos a favor de una cultura pausada en lugar de la cultura rápida de usar y tirar, de las modas y de la corta vida de los materiales, del consumismo. Un buen diseño necesita su tiempo para componer todas las partes del rompecabezas de las diversas influencias, necesita maduración y un desarrollo consciente.

3. Clima y orientación.

El factor del clima determina con que orientación y forma construimos. Cada clima tiene que crear su forma específica de edificación, y así surge en la arquitectura popular en todo el mundo.

Los movimientos modernos en la arquitectura internacional generalmente no observan este factor y por eso se diseñan edificios iguales en las ciudades del norte, sur, este y oeste, con un coste enorme de mantenimiento para refrigeración y calefacción.

4. Diseño armónico.

La forma del edificio debe ser diseñada para minimizar las pérdidas de calor en invierno y protegerlo en verano, con los patrones de la bioclimática. Debe ser compacta con la menor superficie exterior, y planeando la casa por zonas según orientación y las necesidades de los habitantes.

Se realiza el diseño en proporciones armónicas, basadas en proporción áurea, y con el estudio exhaustivo de los colores y formas adecuados. Después de valores materialistas y diseños angulosos es preciso expresar formas más sensibles, en construcciones que sintonicen con la naturaleza de forma perpetua, como vemos en la Arquitectura Orgánica, que es una tradición viva ya desde hace muchos años. La arquitectura orgánica nace de la naturaleza vivida y entiende a las personas como seres espirituales. Ambos son punto de partida y fuente de inspiración para el diseño.

5. Ahorro de energía y agua.

Antes se construía sobre el principio de la fuerza de la gravedad, con muros de carga que eran muy gruesos y pesados. Esto tenía como consecuencia que proporcionaban un aislamiento acústico y una inercia térmica muy favorable, mientras que en los sistemas de construcción actuales se ha perdido esta cualidad de la envolvente de los edificios. En la bioconstrucción, sin embargo, retomamos este aspecto tan importante.

Se diseñan los edificios con un aislamiento térmico óptimo, sistemas de calefacción adecuados, con un porcentaje alto de radiación, aparatos electrodomésticos de bajo consumo y aparatos sanitarios de ahorro de agua. El estándar para viviendas de gasto de energía para la calefacción debe ser menos de 30 kwh/m² de superficie calefactada por año. También es posible crear edificios de energía cero (PASSIVE HOUSE) o incluso energía positiva.

Se favorece la vegetación abundante autóctona de cada zona cerca de los edificios, que solamente necesita un riego nocturno muy esporádico (xerojardinería).

6. Uso de energías renovables.

En la arquitectura tradicional siempre se han tenido en cuenta el sol, el viento y el agua con el uso intuitivo de estas reservas energéticas naturales y renovables.

Conmemoramos esta sabiduría y utilizamos la energía solar activa, por ejemplo, en sistemas fotovoltaicos y colectores solares, y de forma pasiva en acristalamientos al sur. También se usa la energía eólica, hidráulica y geotérmica – siempre en sistemas descentralizados, nunca en grandes escalas.

7. Materiales de construcción limpios.

La elección de los materiales de construcción es esencial para el bienestar de los habitantes y para el equilibrio del medio ambiente. Entendemos los cerramientos de un edificio como nuestra tercera piel (después de la piel corporal y de la ropa).

Se debe desterrar por completo el uso de materiales tóxicos, tanto en su producción, como en su instalación. En bioconstrucción se aplican productos no contaminantes y renovables producidos con bajos costes sociales, ambientales y energéticos, biodegradables o fácilmente re-utilizables o reciclables. No se emplean materiales que acumulen electricidad estática, que incrementen los iones positivos del aire, como lo hacen la mayoría de los sintéticos. No se emplean elementos que impidan la transpiración, cerrando herméticamente las

superficies tratadas, sino que se utilizan materiales higroscópicos. Se usan materiales de la zona, apoyando la economía local de pequeñas industrias y evitando transportes importantes.

8. Instalaciones sensatas.

En las instalaciones se buscan sistemas sencillos, económicos, perpetuos, que no se agoten, buscando una autosuficiencia máxima.

Se emplean estufas o calderas complementarias de biomasa y muros radiantes, inodoros secos tipo "clivus multrum", depuración natural de aguas residuales con plantas palustres y cisternas para el aprovechamiento de aguas pluviales.

2.2.3. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA.

Un análisis de ciclo de vida (ACV) (Life Cycle Assessment (LCA) en inglés), también conocido como análisis de la cuna a la tumba, balance ambiental o evaluación del ciclo de vida (ECV), es una herramienta de diseño que investiga y evalúa los impactos ambientales de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia: extracción, producción, distribución, uso y fin de vida (reutilización, reciclaje, valorización y eliminación/disposición de los residuos/desecho).

El ACV es por tanto una metodología empleada en el estudio del ciclo de vida de un producto y de su proceso de producción, con el fin de evaluar el impacto potencial sobre el ambiente de un producto, proceso o actividad a lo largo de todo su ciclo de vida mediante la cuantificación del uso de recursos ("entradas" como energía o materias primas) y emisiones ambientales ("salidas" al aire, agua y suelo) asociados con el sistema que se está evaluando.. Con el auge del ecodiseño, este enfoque ha ido integrando con más frecuencia diferentes criterios y parámetros de evaluación del impacto ambiental.

Los documentos marco para la realización de un **análisis de ciclo de vida** son las normas internacionales **ISO 14040** (principios y marco de referencia para el ACV) e **ISO 14044** (requisitos y directrices para el ACV), adoptadas en español por AENOR como **UNE-EN ISO 14040 y UNE-EN ISO 14044**.

El ACV de un producto típico tiene en cuenta el suministro de las materias primas necesarias para fabricarlo, transporte de materias primas hasta el centro de producción, la fabricación de intermedios y, por último, el propio producto, incluyendo envase, la utilización del producto y los residuos generados por su uso, y su fin de vida (posibilidad de reutilización o reciclaje). El ciclo de vida de un producto, como un ladrillo, o una actividad, como el

hormigonado de una estructura, está formado por dos tipos de sistemas, que revisten un interés especial para los evaluadores ambientales.

Fases del ciclo de vida.

Conforme a las normas internacionales ISO 14040 e 14044, un ACV se realiza en 4 fases que generalmente están interrelacionadas.

Definición del objetivo y el alcance.

El ACV comienza con la declaración del objetivo y el alcance del estudio, que incluye el modo en que los resultados se pretenden comunicar. El objetivo y el alcance deben ser coherentes con la aplicación prevista del ACV e incluye información técnica, como por ejemplo la unidad funcional, es decir el Desempeño cuantificado del sistema de producto para su uso como unidad de referencia. Es necesario definir también otros elementos como los límites del sistema y las hipótesis empleadas.

Inventario del ciclo de vida.

En el análisis del inventario del ciclo de vida (ICV) se recopilan y cuantifican las entradas y salidas (flujos) y los resultados de un sistema del producto durante su ciclo de vida. Los datos se refieren a la unidad funcional definida anteriormente.

Evaluación del impacto del ciclo de vida.

La fase de evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV) busca evaluar la significancia potencial de los impactos basados en los resultados del ICV. Esta fase contiene habitualmente los siguientes elementos obligatorios:

- Selección de las categorías de impacto, los indicadores de categoría y los modelos de caracterización;
- Clasificación: asignación de resultados del ICV a las categorías de impacto seleccionadas; y
- Medición del impacto: cálculo de los resultados de indicadores de categoría.

Interpretación del ciclo de vida.

La interpretación del ciclo de vida es una técnica sistemática para identificar, cuantificar, comprobar y evaluar la información de los resultados del ICV y de la EICV. Esta fase incluye los siguientes elementos:

- identificación de los asuntos significativos basados en los resultados del ICV y la EICV;
- una evaluación del estudio que considere su integridad, sensibilidad y coherencia;

- conclusiones, limitaciones y recomendaciones.

2.2.4. AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO.

➤ **RESISTENCIA TÉRMICA:** La resistencia térmica de un material representa la capacidad del material de oponerse al flujo del calor. En el caso de materiales homogéneos, es la razón entre el espesor y la conductividad térmica del material; en materiales no homogéneos, la resistencia es el inverso de la conductancia térmica.

La resistencia al paso del calor de un elemento discreto formado por una capa de material homogéneo y caras planas y paralelas separadas un espesor e , es igual:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

En metro cuadrado y kelvin por vatio ($m^2 \cdot K/W$).

Donde e es el espesor de la capa (m) y λ (lambda) la conductividad térmica del material, $W/K \cdot m$.

La resistencia térmica de un elemento formado por varias capas, cada uno de ellas de material homogéneo, es igual a la suma de las resistencias de cada una de las capas:

$$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

➤ **TRANSMITANCIA TÉRMICA:** La transmitancia térmica (U) es la medida del calor que fluye por unidad de tiempo y superficie, transferido a través de un sistema constructivo, formado por una o más capas de material, de caras plano paralelas, cuando hay un gradiente térmico de $1^\circ C$ de temperatura entre los dos ambientes que éste separa. En el Sistema Internacional se mide en $W/m^2 \cdot K$. Su valor incluye las resistencias térmicas superficiales de las caras del elemento constructivo, es decir, refleja la capacidad de transmitir calor de un elemento constructivo en su posición real en el edificio. Cuanto menor sea el valor de U , menor será el paso de energía entre ambas caras, y por tanto mejor las capacidades aislantes del elemento constructivo.

Se emplea para expresar la capacidad aislante de un elemento constructivo particular formado por una o más capas de materiales. Desde un punto de vista físico es la cantidad de energía que fluye, en la unidad de tiempo, a través de una unidad de superficie del elemento, cuando hay un gradiente térmico unidad. Es el inverso a la resistencia térmica.

A diferencia de la conductancia, incluye los efectos de película dado que se considera un elemento constructivo en una situación real. Su expresión matemática es:

$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{s_i} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{s_e}}$$

siendo:

-RT: resistencia térmica total ($m^2 \cdot K/W$)

-Rsi: resistencia térmica superficial interior ($m^2 \cdot K/W$)

-Rj: resistencia térmica de cada una de las capas que forman el elemento ($m^2 \cdot K/W$)

-Rse: resistencia térmica superficial exterior ($m^2 \cdot K/W$)

➤ **AISLAMIENTO ACÚSTICO:** El aislamiento acústico se refiere al conjunto de materiales, técnicas y tecnologías desarrolladas para aislar o atenuar el nivel sonoro en un determinado espacio.

Aislar supone impedir que un sonido penetre en un medio o que salga de él. Por ello, para aislar, se usan tanto materiales absorbentes, como materiales aislantes. Al incidir la onda acústica sobre un elemento constructivo, una parte de la energía se refleja, otra se absorbe y otra se transmite al otro lado. El aislamiento que ofrece el elemento es la diferencia entre la energía incidente y la energía transmitida, es decir, equivale a la suma de la parte reflejada y la parte absorbida. Existen diversos factores básicos que intervienen en la consecución de un buen aislamiento acústico:

- **Factor másico.** El aislamiento acústico se consigue principalmente por la masa de los elementos constructivos: a mayor masa, mayor resistencia opone al choque de la onda sonora y mayor es la atenuación. Por esta razón, no conviene hablar de aislantes acústicos específicos, puesto que son los materiales normales y no como ocurre con el aislamiento térmico.

- **Factor multicapa.** Cuando se trata de elementos constructivos constituidos por varias capas, una disposición adecuada de ellas puede mejorar el aislamiento acústico hasta niveles superiores a los que la suma del aislamiento individual de cada capa, pudiera alcanzar. Cada elemento o capa tiene una frecuencia de resonancia que depende del material que lo compone y de su espesor. Si el sonido (o ruido) que llega al elemento tiene esa frecuencia producirá la resonancia y al vibrar el elemento, producirá sonido que se sumará al transmitido. Por ello, si se disponen dos capas del mismo

material y distinto espesor, y que por lo tanto tendrán distinta frecuencia de resonancia, la frecuencia que deje pasar en exceso la primera capa, será absorbida por la segunda.

- **Factor de disipación.** También mejora el aislamiento si se dispone entre las dos capas un material absorbente. Estos materiales suelen ser de poca densidad (30 kg/m³ - 70 kg/m³) y con gran cantidad de poros y se colocan normalmente porque además suelen ser también buenos aislantes térmicos. Así, un material absorbente colocado en el espacio cerrado entre dos tabiques paralelos mejora el aislamiento que ofrecerían dichos tabiques por sí solos. Un buen ejemplo de material absorbente es la lana de roca, actualmente el más utilizado en este tipo de construcciones.

La reflexión del sonido puede atenuarse también colocando una capa de material absorbente en los paramentos de los elementos constructivos, aunque estas técnicas pertenecen más propiamente al ámbito de la acústica.

3. TIPOS DE SISTEMAS.

3.1. GENERALIDADES.

La técnica para la elaboración de fachadas vegetales consiste en disponer una capa de sustrato (tierra, fibra de coco, fieltro...) sobre un muro para permitir el desarrollo de vegetales. Con este procedimiento se puede lograr que un muro que normalmente es yermo y sin vida, pueda albergar un jardín, y que los habitantes, tanto de la vivienda, como de los alrededores de ella puedan disfrutar de las ventajas que este aporta.

Existen diversas técnicas y procedimientos para lograr criar las plantas en vertical, permitiendo, la mayoría de ellas, la adaptación a distintas extensiones y formas de muros.



Ilustración 8: Fachada vegetal del Quai Branly Museum de Patrick Blanc (París, Mayo 2006).

No todo tipo de plantas se pueden cultivar en una pared vegetal, deberán ser especies de pequeño porte y que cuenten con la capacidad de crecer o de adaptarse a crecer en vertical. Las elecciones más lógicas y populares son las plantas tapizantes de diversos géneros, ya que estas en su medio natural suelen crecer en acantilados. En cualquier caso en la elección de especies adecuadas se tienen en cuenta aspectos tales como el clima, la disponibilidad de agua, la orientación concreta de la fachada en relación con su disponibilidad de luz solar, sus requerimientos de nutrientes, etc.

Siempre la mejor opción son las especies con las capacidades comentadas y que sean autóctonas. Así se evita la siempre arriesgada introducción de especies vegetales alóctonas (de fuera del medio natural donde se realice la fachada) que pueden reproducirse de forma incontrolada en el medio natural y afectar o entrar en competencia con las especies locales. Adicionalmente también las plantas autóctonas serán las mejor adaptadas al medio ambiente ya que han evolucionado para ese medio en concreto.

En cuanto a las partes que conforman una fachada vegetal hay que resaltar que existen muchos modelos y técnicas seguidas por los fabricantes para lograr el cultivo de vegetales en las paredes, sin embargo todas tienen los siguientes elementos comunes.

- ✚ **Marco contenedor.** Todas las fachadas vegetales cuentan con un elemento que contiene las plantas y el sustrato y que permiten, con diferentes métodos, adosarlo a los muros. Pueden ser de materiales plásticos, metálicos o de madera y de variadas formas. En muchas ocasiones también se trata de elementos modulares que permiten una fácil instalación y una fácil adaptación a las formas de la fachada. El marco contenedor está diseñado para permitir que el sustrato, en el cual crecen las plantas, se pueda mantener en posición vertical sin caerse. En ocasiones este se cubre con geotextiles para fijar el sustrato y después se hacen agujeros sobre él, para acceder a la tierra en la cual plantar las semillas o esquejes de las especies seleccionadas. En otras ocasiones simplemente se hace crecer la planta en posición horizontal en invernaderos y cuando las raíces ya se han fijado al sustrato se pone en posición vertical logrando que esta quede estable.
- ✚ **Sustrato.** Toda planta debe contar con un medio que le proporcione nutrientes y/o una base para fijar sus raíces y sostenerse. En principio se busca alcanzar un equilibrio en el cual la capa de sustrato sea lo más fina posible y que permita el cultivo adecuado de las especies seleccionadas. En los sistemas en los cuales los nutrientes se administran por vía acuosa (hidropónicos y aeropónicos), el sustrato no es más que el medio de enraizamiento de las plantas.
- ✚ **Sistema de riego.** Las plantas en posición vertical deberán regarse de forma artificial, ya que en muchas ocasiones recibirán muy poca o ninguna cantidad de agua de lluvia. El método elegido normalmente es el **riego por goteo**. Esta técnica consiste en dejar caer gotas de agua desde lo alto de la fachada, las cuales se van deslizando por el sustrato. El agua sobrante se recoge en la parte inferior en un canal, y, en ocasiones, cuenta con un sistema de bombeo para hacer regresar la cantidad de agua sobrante al depósito colocado en lo alto de la fachada. En muchas ocasiones también se le aportan nutrientes al agua de riego (**hidroponía**) para así evitar que el escaso sustrato colocado pueda llegar a empobrecerse, surjan carencias nutritivas en las plantas y que estas puedan debilitarse y morir. También existe el sistema de riego **aeropónico** en el que la aportación de agua se hace de manera difuminada mediante pulverizado. El principio básico de la aeroponía es hacer crecer las plantas en un entorno cerrado o semicerrado, pulverizando las raíces colgantes y el bajo tallo con una disolución acuosa rica en nutrientes. Tanto el sistema hidropónico como el aeropónico no precisa de sustrato en cuanto a la aportación de nutrientes, sin embargo será necesario como medio físico para el enraizamiento de las mismas.

Una vez clasificados los sistemas en estos tres grandes grupos, procederé a explicar las diferentes patentes de fachadas vegetales que se pueden encontrar en el mercado actual, detallando los materiales utilizados, las ventajas que ofrecen, tanto a nivel térmico y acústico como a nivel de ahorro en la ejecución, el coste por metro cuadrado, así como el coste de mantenimiento y el sistema de riego que se emplea en cada uno, ya que, a largo plazo, será la variable más determinante en el coste del mismo.

3.1.1. NORMATIVA.

En Europa solo existe un documento que regula el diseño, construcción, funcionamiento y mantenimiento de los sistemas verticales de edificios. Se trata de las “Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen Kletterpflanzen” (Directrices para la planificación, ejecución y mantenimiento de fachadas con plantas trepadoras). Es una normativa publicada en Alemania por la Asociación Alemana de Investigación y Desarrollo en Paisaje. Esta normativa se publicó por primera vez en 1995 y fue revisada en el 2000 como consecuencia de la necesidad de regular una práctica habitual en Alemania, como la utilización de plantas trepadoras o enredaderas en las paredes de las edificaciones, por motivos fundamentalmente estéticos. En los años 80 se llevó a cabo una campaña para favorecer el desarrollo de estas fachadas en muchas ciudades de Alemania para mejorar el ambiente urbano, y pasados unos años se consideró necesaria 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 partes superiores de los edificios.

Cabe señalar que esta norma regula solo las actividades de jardinería por los usuarios de los edificios, pero no la regula desde el punto de vista constructivo, o como elemento previsto por los arquitectos 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 el punto de vista técnico. Esto ha provocado la aparición en el mercado de nuevos sistemas y técnicas constructivas de fachadas vegetales para la edificación. Este hecho, sin embargo, no 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 mantenimiento.

Por lo que cabe deducir que, con el paso de los años y el incremento del uso de este tipo de sistemas, es más que recomendable que se redacte una normativa en el ámbito Europeo que regule tanto los estándares constructivos de las diferentes soluciones de sistemas de fachadas vegetales, como su puesta en obra, tolerancias, requisitos de seguridad, normas de funcionamiento y mantenimiento.

3.1.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES.

Los sistemas de fachadas vegetales, en general, presentan ciertas ventajas e inconvenientes que es oportuno tratar antes de comenzar con el estudio, para que, después del análisis de cada sistema podamos esclarecer si son ciertas o no las ventajas y los inconvenientes de los que se hablan al pensar en fachadas vegetales.

3.1.2.1. VENTAJAS.

➤ MEJORA DEL AISLAMIENTO TÉRMICO.


El aislamiento térmico consiste en reducir la transmitancia de calor de una superficie o volumen desde o hacia el ambiente mediante el uso de materiales de baja conductividad térmica (Santiago Netto), como ya vimos en el apartado 2.2.4. “*Aislamiento térmico y acústico*”.

Todos los materiales presentan cierta resistencia al paso de calor a su través, pero para conseguir un buen aislamiento térmico es necesario la elección de materiales que ofrezcan una mayor resistencia al paso de calor, es decir, que tengan una baja conductividad térmica, teniendo en cuenta el coste. Esto se hace con el fin de conseguir minimizar los flujos de temperatura entre los espacios que deben de mantener unos ciertos valores de temperatura. Así, va a depender de la conductividad térmica de los materiales y, además, de su espesor.

Los beneficios que se le atribuyen a los sistemas de fachadas vegetales se pueden dar, bien por el aislamiento térmico debido al soporte, al sustrato o a cualquier otro material integrante del sistema, o bien debido a la existencia de la capa de aire retenida entre las hojas de las plantas, y entre las mismas y las capas contiguas.

Los sistemas de fachadas vegetales pueden formar parte de un sistema de cerramiento da fachada más complejo, que puede estar formado por una capa de aislamiento térmico, cámara de aire y otros elementos que mejoren su comportamiento térmico. Como estos elementos pueden ir incorporados o no, y ya que el comportamiento térmico de los paramentos tradicionales es un tema sobradamente estudiado, en este apartado nos centraremos en las características distintivas de los sistemas vegetales verticales respecto a las soluciones de cerramiento habituales y a su aislamiento térmico.


Estas características distintivas son la presencia de un medio del cual las plantas se alimentan (normalmente va a ser el sustrato, aunque en sistemas hidropónicos puede ser cualquier otro material que desempeñe la función de retención de agua), y de los vegetales.

 Respecto al **aislamiento térmico debido al soporte, al sustrato o a cualquier otro material integrante del sistema**, los elementos característicos de los sistemas de fachadas vegetales son la presencia de sustrato, aunque en el caso de sistemas hidropónicos el sustrato no se utiliza, ya que se cambia por otro tipo de material, caracterizado por tener altos niveles de humedad.

Respecto a los **sistemas con sustrato**, hay que tener en cuenta que la conductividad de la tierra vegetal es de aproximadamente 0,52 W/m·K (CTE web 2007), pero este valor puede variar mucho dependiendo del grado de humedad, del grado de compactación, de la humedad... Así mismo, los sustratos empleados en sistemas de fachadas vegetales pueden contener una gran variedad de elementos para obtener ciertas características, como por ejemplo, el uso de la arcilla expandida para aligerar el sustrato y mejorar así la capacidad de retención de agua. Por tanto los valores de la transmitancia térmica del sustrato van a variar en función de estos valores.

En cuanto a los sistemas sin sustrato, los elementos que contienen las plantas si suelen tener menos conductividad térmica, como por ejemplo las láminas de fieltro utilizadas en el sistema Patrick Blanc (0,05 W/m·K), o elementos que permitan la distribución de agua por capilaridad, como espumas plásticas o lana de roca (0,04 y 0,031 W/m·K), pero, como su función en este tipo de sistemas es la de retener el agua para otorgarle los nutrientes necesarios a las plantas, van a estar continuamente saturados de agua, por lo que sus conductividades térmicas no tienen nada que ver con estos valores y estarán mucho más cerca de la conductividad térmica del agua (0,58 W/m·K).

Igualmente hay que tener en cuenta la continuidad de estos materiales en el sistema, ya que los sistemas de fachadas vegetales con sustrato van a ser menos continuos que los que lo sustituyen por otro material.

 Respecto al **aislamiento térmico** debido a otro elemento característico de los sistemas de fachadas vegetales, que son los **proprios vegetales**.

La vegetación no supone ninguna ventaja para el comportamiento térmico de un edificio, pero ciertos estudios realizados sobre este comportamiento de las envolventes vegetales nombran la capacidad de los sistemas vegetales de mantener una capa de aire en reposo que le proporciona una cierta capacidad de aislar térmicamente, como por ejemplo en cubiertas y en fachadas. Incluso se llegaron a medir las velocidades del viento próximas y entre las hojas de varios sistemas verticales, para probar la existencia de esta capa de aire y se observó que entre el follaje si se aminora mucho su velocidad.

Generalmente se analiza el sistema en conjunto, calculando la resistencia térmica del paramento al paso de calor hacia el interior, y se obtuvieron valores tales como que una capa vegetal añadida al paramento vertical proporciona una mejor resistencia térmica, aunque varía en función de la radiación solar (directamente proporcional), velocidad del viento (inversamente proporcional), grado de humedad (directamente proporcional) y la temperatura ambiente (inversamente proporcional). Estos incrementos de resistencia térmica se estiman en diversos estudios en 0,7-0,8 m²·K/W como máximo en fachadas cubiertas por hiedras (Susorova et al., 2013), 0,34 m²·K/W en una capa de 16cm de hiedra (Minke y Witter, 1985) o 0,5 m²·K/W en una capa de hiedra de 25cm (Kontoleon y Eumorfopolou, 2010). Estos valores de resistencia térmica de los sistemas vegetales verticales siempre se obtienen como resistencia térmica ante el flujo de calor del exterior hacia el interior, analizando las diferentes temperaturas entre el exterior y el interior, y teniendo en cuenta dentro del concepto de resistencia térmica otros factores que solo son positivos cuando el flujo de calor va en esa dirección, como son la absorción de energía por evapotranspiración o el reflejo y la absorción

de los rayos de sol por la misma planta. De hecho, en ocasiones, se llega a asumir que los valores de resistencia térmica obtenidos en los experimentos son solo validos cuando el flujo de calor va del exterior al interior, en caso contrario, se asume que la resistencia térmica del sistema es nula.

Todas estas virtudes en cuanto al aislamiento térmico no son veraces, ya que consideramos el aislamiento térmico como una propiedad que tiene que ser igual independientemente de la dirección del flujo de energía calorífica. Y de no ser así, es que los resultados están influenciados por otras propiedades que se explicaran posteriormente, pero que no son el aislamiento térmico tal y como lo entendemos.

Como vimos anteriormente, los sistemas vegetales verticales si pueden bajar las velocidades del aire en los espacios situados entre las hojas, lo que implica que habrá menos volumen de masas de aire en contacto con los paramentos. Y de estar ese aire a distinta temperatura que el paramento, habrá menores flujos de calor, lo que implica que los sistemas vegetales verticales si tienen ciertas propiedades como aislantes térmicos. Pero esas propiedades no están cuantificadas y dependen mucho del área de follaje de las especies vegetales, así como de la velocidad del viento.

Por tanto, la capacidad de aislamiento térmico de los sistemas vegetales, comparada con sistemas convencionales, no es muy relevante o no está suficientemente cuantificada. Como los sistemas de fachadas vegetales pueden combinarse con soluciones tradicionales que mejoren sus propiedades térmicas, ciertos sistemas de fachadas vegetales sí que pueden presentar grandes prestaciones en esta propiedad, pero hay que ser conscientes de que las singularidades de los sistemas vegetales verticales no son las que presentan los mayores beneficios en cuanto a ahorro energético.

➤ **MEJORA DE LA INERCIA TÉRMICA.**

Capacidad que tiene un material de acumular y almacenar energía calorífica para luego ser liberada durante un periodo de tiempo. (Lafarge, 2013)

El ciclo de carga y descarga de energía, debido a la inercia térmica de los materiales, utilizado de manera eficiente, puede mejorar el confort térmico reduciendo las diferencias de temperatura que se dan en los ciclos día-noche.

Esta propiedad depende del espesor del sistema, del calor específico y de la densidad de los materiales (Dominguez y Santamaría).

Además de reducir las temperaturas máximas en el día y aumentar las mínimas en la noche, este efecto también se caracteriza por retardar en el tiempo los picos de temperatura, como se muestra en el siguiente gráfico.

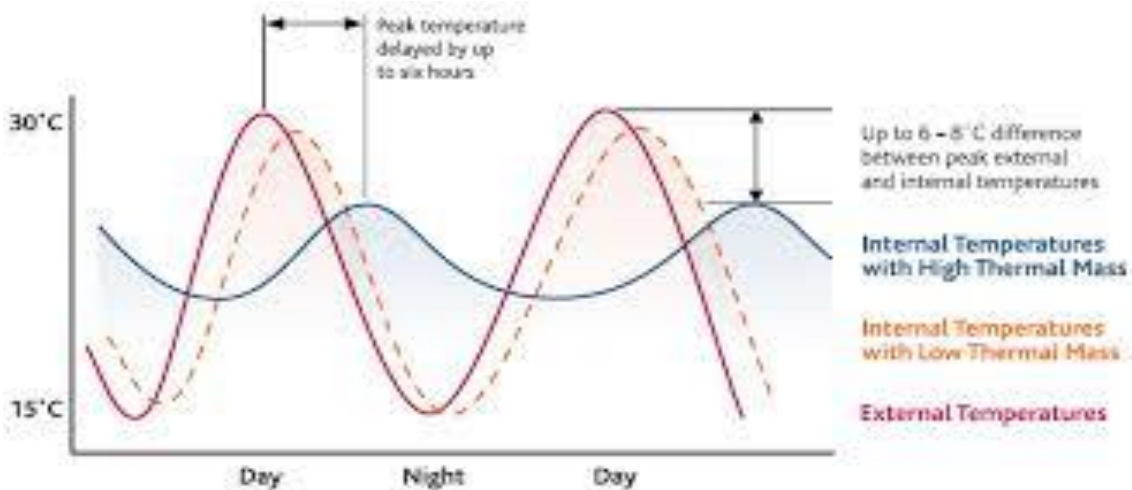


Ilustración 9: Efecto de los elementos que proporcionan gran inercia térmica sobre las temperaturas de los espacios interiores (Adaptación de Lafarge, 2013).

Las características que presenta un sistema de fachada vegetal respecto de una fachada convencional, es la presencia de un medio del que las plantas se alimentan, generalmente el sustrato aunque no siempre, y de vegetales.

Si el sustrato no supone un gran aislamiento térmico, en cuanto a la inercia térmica si se puede decir que supone una mejora (de Garrido, 2011). Pero existen factores que hacen que el sustrato, que es el medio específico de los sistemas vegetales verticales, y que puede acercarnos a mejoras significativas respecto a la inercia térmica, no tengan un papel relevante en la mejora de estas propiedades. Estos factores son la tendencia a ser minimizado en los sistemas vegetales verticales, hasta el punto de prescindir totalmente de él en el caso de los sistemas hidropónicos, y su discontinuidad en algún tipo de sistema. Por tanto, estas mejoras que si son apreciables en cubiertas vegetales, no lo son tanto en sistemas de fachadas vegetales.

El otro elemento específico de los sistemas de fachadas vegetales es la propia vegetación. Las propiedades térmicas de la vegetación son bastante complejas. Las plantas absorben una gran cantidad de energía solar que reciben para realizar la función clorofílica. Pero gran parte de esta energía se libera durante la noche, para mantener el balance energético. Esto puede ser considerado como un punto positivo en cuanto a la inercia térmica, pero no supone ninguna ventaja apreciable para el comportamiento térmico de un edificio.

Existe un problema en cuanto a la disposición de los sistemas vegetales dentro del conjunto de cerramiento vertical con el fin de mejorar la inercia térmica, y es que, debido a su naturaleza, los sistemas de fachadas vegetales constituyen la parte exterior del cerramiento. Este hecho, en el caso de existir elementos aislantes como capas de aislantes térmicos y cámaras de aire, hace que las supuestas ventajas en cuanto a la inercia térmica sean mucho menores, ya que ese elemento aislante se interpondría y minimizaría los flujos de calor hacia el interior.

➤ CAPACIDAD REFRIGERANTE.

La refrigeración consiste en aplicar frío artificial a un cuerpo o recinto para mantenerlo a baja temperatura, para prolongar su conservación o para evitar que se recaliente (RAE, 2012).

En las fachadas vegetales, las hojas expuestas al sol acumulan una gran cantidad de calor. Una hoja de espesor de 300 μm podría aumentar su temperatura hasta los 100°C por minuto si toda su energía fuese absorbida y no se disipase. Las **formas de disipar el calor** para evitar esto, son por **radiación de longitud de onda larga**, por **conducción y convección y por pérdida de calor latente debido a la evaporación del agua** (Taiz y Zeiger, 2006). La capacidad de los sistemas vegetales verticales para reducir la temperatura de los espacios donde se encuentran se basa en el principio de **evapotranspiración**. La evapotranspiración consiste en dos conceptos, la evaporación y la transpiración, que se dan de forma conjunta.

La **evaporación** es el proceso por el cual el agua, en estado líquido, cambia de estado para convertirse en vapor de agua, retirándose de la superficie evaporante. En el caso de los sistemas vegetales, el agua de la propia vegetación mojada, del sustrato y de las superficies de los materiales capilares mojados o de la propia superficie de las masas de agua (sistemas hidropónicos) es la que se evapora.

La **transpiración** es la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta, con su posterior retirada hacia la atmósfera, principalmente a través de las estomas (poros de las plantas). Este tipo de vaporización ocurre dentro de la propia hoja, en los espacios intercelulares y el intercambio de vapor con la atmósfera es controlado mediante la apertura de las estomas. La transpiración de las plantas depende de su especie y de su estado (Allen et al., 2006). Casi toda el agua absorbida por las plantas a lo largo de su vida se hace este modo (95%), y muy poca es usada en su metabolismo o crecimiento (5%) (Kramer, 1983).

La mayor parte del agua que pierde una planta se evapora desde las hojas al mismo tiempo que se absorbe el dióxido de carbono. En un día caluroso, soleado y seco, una hoja puede intercambiar el 100% de su agua en 1h.

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay ninguna forma simple de distinguir una de otra, de ahí que se use el término conjunto de evapotranspiración. Como vimos, se basan en la vaporización del agua, y para que esta agua se evapore, se requiere energía. Esta energía requerida por una sustancia para poder cambiar de estado es lo que se denomina calor latente, y la utilización de esta energía en los procesos de evapotranspiración de los sistemas vegetales verticales es lo que hace que tengan un efecto refrigerante.

Mientras exista suficiente cantidad de humedad disponible, la evapotranspiración es proporcional al estrés térmico, lo que significa que la capacidad de la vegetación de enfriar por evapotranspiración aumenta cuando más calor hace (Olivieri, 2013). Durante la noche, la capacidad de las plantas para reducir las temperaturas se debe sólo a la evapotranspiración (Hoelscher, Nehls, Jänicke y Wessolek, 2015), ya que no hay sombreadamiento.

Los factores que influyen en los procesos de evapotranspiración son: **los elementos que proporcionen energía** (en este caso, la energía se obtiene a partir de la radiación solar y de la temperatura ambiente), **la diferencia de presión entre la presión del vapor de agua en la superficie y la presión del vapor de agua en la atmósfera**, y **la disponibilidad de agua**, tanto de las plantas como de los demás elementos, ya que sin agua no se daría la evapotranspiración. También hay que tener en cuenta la disposición de esa agua al ser

evaporada, en la que influye la permeabilidad de los elementos que dispongan de ella (como, por ejemplo, los elementos que contienen el sustrato húmedo en los sistemas que dispongan de él, o los elementos por los que discurre el agua en algunos sistemas hidropónicos), así como la relación entre la superficie expuesta al aire y el volumen total de los elementos con agua. En el caso de la transpiración, también influye la resistencia estomática de la hoja, ya que, por ejemplo, con bajas humedades ambientales, las plantas reducen el flujo de vapor de agua a través de las estomas para evitar secarse (Gates, 2013), y la resistencia de la capa estacionaria, que es la capa de aire relativamente inmóvil en la superficie de la hoja (Taiz y Zeiger, 2006).

El calor latente de la vaporización del agua en su punto de ebullición (a 100°C a 1 atm, ya que depende de la presión) es de 2.257KJ/kg, pero a temperaturas menores, la energía necesaria para evaporar el agua es mayor. A temperaturas ambiente, como 20°C, se necesitan 2.450KJ/kg de energía para vaporizar el agua, lo que sería 0,68KW·h por cada litro de agua evaporado.

Por tanto, se puede estimar la capacidad de refrigeración por evapotranspiración en función del agua consumida por el sistema, pero hay que tener en cuenta que, por un lado, no se sabe con exactitud la cantidad de agua que usa una planta en concreto en la transpiración y, por otro lado, también desconocemos la proporción entre el agua que es transpirada por las plantas y la que se evapora por cualquier elemento del sistema.

Por tanto, los sistemas de fachadas vegetales aumentan la humedad ambiental reduciendo la temperatura del entorno, pero en climas húmedos este aumento de humedad puede suponer un problema.

➤ **PROTECCIÓN FRENTE A LA RADIACIÓN SOLAR.**

La radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas fruto de los procesos de fusión nuclear que tienen lugar en el Sol.

La energía solar incidente en una superficie se manifiesta de tres maneras: de forma directa (la que proviene directamente del Sol), difusa (la que viene dispersada por la atmósfera) y la reflejada (la procedente de la reflexión con la superficie terrestre o con otra superficie que se pueda tener en cuenta).

La cantidad de energía transportada por las ondas electromagnéticas (energía radiante) depende de la intensidad (que está relacionada con el número de fotones por unidad de tiempo) y de la longitud de onda (las ondas más cortas transmiten mayor cantidad de energía).

Intensidad

La intensidad con la que el Sol emite sufre muy pocas variaciones a lo largo del tiempo, por lo que la cantidad de energía recibida en la parte externa de la atmósfera terrestre en un plano perpendicular a sus rayos se puede considerar constante, y su valor numérico es de 1.367 W/m² según el *World Radiation Reference Centre*. En cambio, la insolación, que es la cantidad de energía en forma de radiación solar que llega a un lugar de la Tierra en un momento determinado, es menor. Esto se debe a la atenuación debida a los distintos procesos que se producen en el transcurso de la luz solar a través de la atmósfera, tales como la absorción y difusión de la luz por gases como el Ozono, vapor de agua o aerosoles (Sancho Ávila et al., 2012). Por tanto, en la cantidad de energía transmitida a una superficie de referencia influye el estado de la atmósfera (cantidad de Ozono, meteorología...), la longitud

del trayecto a través de la atmosfera que tienen que atravesar los rayos (en donde influyen la altitud, latitud y momento del día) así como el ángulo de incidencia sobre esa superficie.

Longitud de onda.

En cuanto a la longitud de onda, la radiación solar abarca un espectro desde el ultravioleta hasta el infrarrojo, pasando por la luz visible. La radiación emitida por el Sol se distribuye de forma que el 49,4% pertenece al infrarrojo (longitudes de onda $>0,7 \mu\text{m}$, hasta $1.000 \mu\text{m}$), el 42,3% se encuentra dentro del espectro de luz visible (entre $0,4$ y $0,7 \mu\text{m}$), y un 6,3% pertenece a los llamados UVA ($0,400$ - $0,315 \mu\text{m}$), el 1,5% a los UVB ($0,315$ - $0,280 \mu\text{m}$), mientras que el 0,5% restante tiene una longitud de onda $<0,280 \mu\text{m}$, de modo que el 99% de la radiación solar está comprendida entre las longitudes de onda $0,15 \mu\text{m}$ y $4 \mu\text{m}$. La zona del espectro electromagnético comprendida entre $0,1$ y $100 \mu\text{m}$ es la que se denomina radiación térmica y está relacionada con la transferencia de calor.

Esta radiación no es calor, pero se convertirá en calor mediante la absorción de las ondas electromagnéticas por la materia. Los rayos del espectro infrarrojo son en mayor parte los responsables del calentamiento de los objetos, pues logran aumentar el movimiento de las partículas, provocando un aumento de temperatura.

Los rayos ultravioleta, en cambio, se comportan de distinta manera. La energía de un fotón es inversamente proporcional a la longitud de onda (Ley de Planck). Por tanto, al tener los rayos UV menores longitudes de onda, tienen mucha más energía, y dentro del espectro ultravioleta, son más energéticos los rayos UVC que los UVB, y son los UVA los menos energéticos. Los rayos UVC son totalmente absorbidos por el Ozono y el Oxígeno de la atmosfera, pero los UVB no son absorbidos completamente, de modo que el 99% de la radiación ultravioleta que llega a la Tierra es del tipo UVA. Aun así, debido a su gran energía, logran provocar reacciones químicas, lo que puede implicar efectos perjudiciales sobre los seres vivos, el medio ambiente y los materiales.

Los sistemas de fachada vegetal pueden proteger los paramentos frente a la acción de la radiación solar, y no solo por el hecho de que se interponen entre los rayos del Sol y las superficies, función que podría desempeñar cualquier otro elemento. Los vegetales son más efectivos para bloquear la radiación solar porque parte de esa energía es utilizada por las mismas para realizar la fotosíntesis (proceso en el que la energía luminosa es capturada y guardada por un organismo, para ser usada en la realización de procesos celulares (Blankenship, 2002)), así como en el proceso de evapotranspiración, la diferencia de otros elementos, en los que gran parte de esa energía absorbida sería transformada en calor que radiaría a los elementos del contorno.

Del total de la energía procedente del Sol incidente en una hoja, entre el 5-30% es reflectada, un 5-20% es usada en la fotosíntesis, el 10-50% es transformada en calor, sobre 20-40% es usada en el proceso de evapotranspiración y un 5-30% pasa a través de la hoja (Krushe, Althaus y Gabriel, 1982). De estos datos se deduce que los vegetales absorben entre un 25% y un 60% de la energía que incide en la hoja, bien por procesos fotosintéticos o bien por procesos de evapotranspiración, particularidades intrínsecas a su naturaleza y de la que los demás materiales carecen. Un estudio sobre las hojas de hiedra nos muestra unos valores de 14,77% de energía reflectada, un 14,82% para a través de la hoja y el 70,41% restante es absorbida (Di y Wang, 1999), de la cual parte es usada para la fotosíntesis, parte para la evapotranspiración y otra parte será transformada en calor.

En cuanto a la longitud de onda, analizaremos el distinto comportamiento de las plantas en función de las distintas bandas del espectro electromagnético:

- La radiación en el espectro **ultravioleta** también tiene efectos nocivos sobre las plantas, ya que pueden sufrir quemaduras, inhibición de la fotosíntesis, daños en el ADN... Como la franja de los rayos UVC es absorbida totalmente por la atmosfera, la radiación más peligrosa para las plantas es la que se encuentra en la franja de los UVB. Para evitar estos daños, las plantas sintetizan y acumulan ciertos compuestos, formando pantallas protectoras frente a los rayos UVB, con una eficiencia del 65% (Dean, Kusaka, Walsh, Allais y Zwier, 2014). En cuanto a la franja ultravioleta con menos energía, la UVA, la podríamos subdividir en dos bandas: la banda de 315-380 nm que no tienen efecto en el crecimiento de la planta, y la banda que limita con la violeta del espectro de luz visible por los humanos, a 380-400 nm, que está comprendida dentro del rango usado para realizar la fotosíntesis (Spectrum).

- En la realización de la fotosíntesis, la energía del Sol es absorbida inicialmente por los pigmentos de la planta. El principal rango de acción de estos pigmentos está comprendido entre las longitudes de onda de 380 y 720 nm (que abarca todo el espectro visible y una pequeña banda de ultravioleta e infrarrojo), donde se encuentra concentrada la mayor proporción de la energía solar (45%) (Larcher, 2013). En la naturaleza existen diversos tipos de pigmentos. En las plantas vasculares (musgos, algas, líquenes...) el principal pigmento es la *clorofila a*, pero tienen otros pigmentos secundarios como la *clorofila b* y los carotenoides (Lawlor, 1993). Su proporción es aproximadamente de 65% clorofilas, 29% xantofilas y un 6% carotenos (Gates, Keegan, Schleter y Weidner, 1965), aunque este porcentaje de distribución es muy variable, dependiendo siempre de la especie y del estado de la hoja. Estos pigmentos tienen distintas capacidades de absorción de los fotones en función de la longitud de onda de la luz (ver ilustración 10), pero ninguno absorbe las regiones del espectro comprendidas entre los 500 y 600 nm. Aunque el rendimiento fotoquímico en condiciones óptimas en la banda de 400 a 700 nm está alrededor del 85-90%, solo el 24-27% es convertido en energía química, de la que la gran mayoría es destinada a la creación de biomasa. Hay que tener en cuenta que el sistema fotosintético puede llegar a saturarse por exceso de luz, lo que reduciría el rendimiento fotoquímico, pues la capacidad de absorción de fotones sería constante una vez llegado a ese límite, independientemente de la cantidad de fotones incidentes.

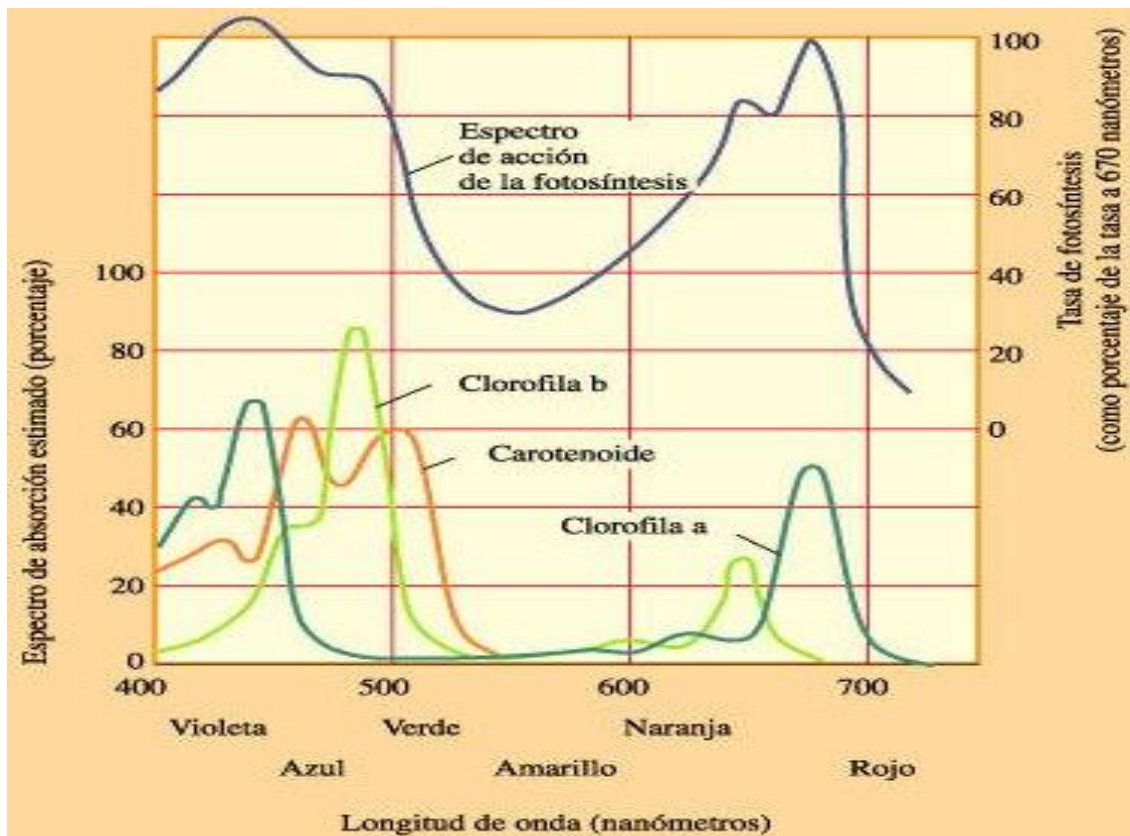


Ilustración 10: Espectro de acción de la fotosíntesis en las plantas (línea negra) y espectro de absorción de los tres pigmentos presentes en las plantas (líneas de color) (Amon et al., 2013).

- En cuanto a la banda de infrarrojo ($0,7-1.000 \mu\text{m}$), el comportamiento varía notablemente. Como ya se describió, la acción fotosintética de las plantas no tiene relevancia más allá del $0,7 \mu\text{m}$. No se conoce ningún organismo que pueda utilizar luz con longitudes de onda mayores a $1 \mu\text{m}$ (que supone el 30% de la radiación solar) para la realización de la fotosíntesis (Blankenship, 2002). A partir de los $0,7 \mu\text{m}$ hasta los $1,2 \mu\text{m}$ existe otra banda en la que las plantas tienen una pequeña absorción, pero a partir del $1,2 \mu\text{m}$ la absorción debida al agua aumenta de forma notable (Gates et al., 1965). Esto es debido a la gran cantidad de agua presente en la masa de las células vegetales (80-95%) (Taiz y Zeiger, 2006), y al espectro de absorción del agua, que absorbe gran parte de las radiaciones de longitudes de onda mayores a esa cifra (ver ilustración 11). Hay que tener en cuenta que puede haber una notable diferencia entre las hojas secas y las que no lo están. En diversos experimentos se demostró que las hojas secas reflejan mucho más la luz que en condiciones normales de humedad (Vaughan, Chuvieco, Salinero y Riaño, 2000; Vaughan, 2001; Westman y Price, 1988).

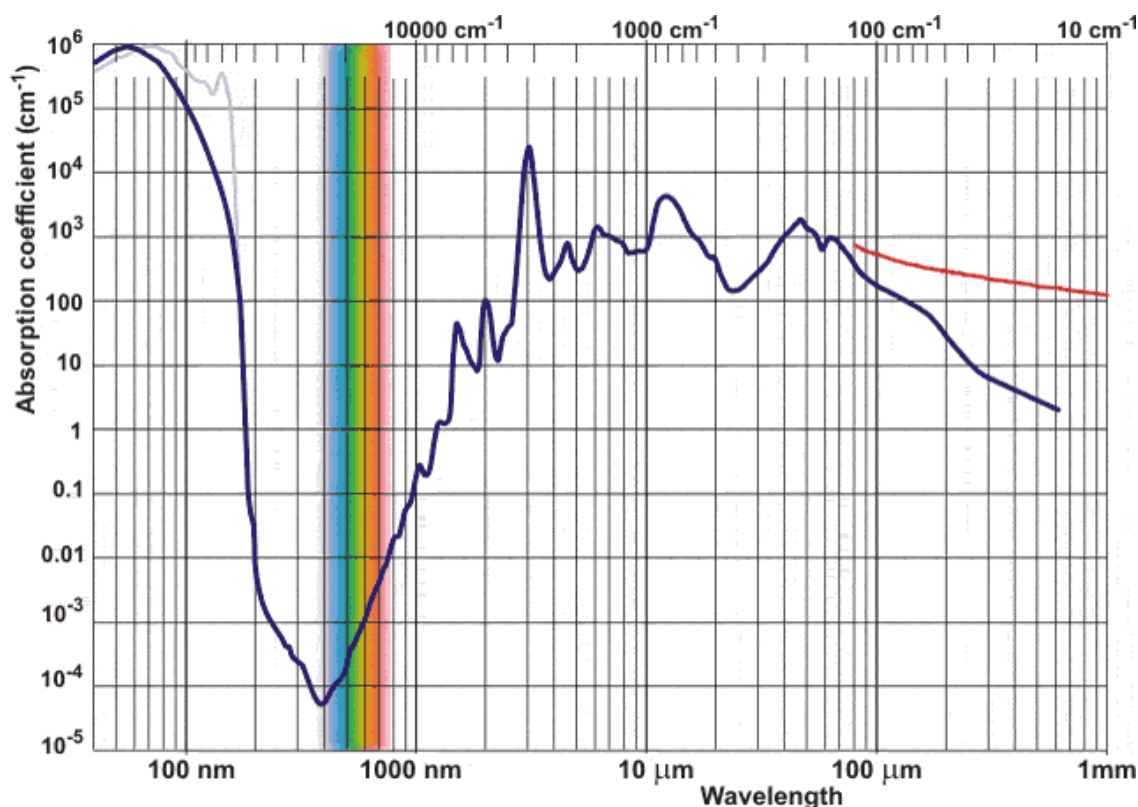


Ilustración 11: Espectro de absorción del agua en función de la longitud de onda de la luz (Sohn y Kim, 2012).

➤ **ABSORCIÓN DE CO₂.**

El dióxido de carbono, óxido de carbono, gas carbónico o anhídrido carbónico es un gas (en condiciones normales), notado como CO₂ y con una estructura molecular simétrica representada como O=C=O. Este gas es incoloro e inodoro, más denso que el oxígeno, y se puede acumular en las zonas más bajas llegando a producir deficiencia de oxígeno (INSHT, 2006). Se produce principalmente en procesos de combustión, respiración de los distintos organismos y descomposición de materia orgánica.

El dióxido de carbono, junto con el vapor de agua, es el principal responsable de la absorción de energía infrarroja reemitida, y de que parte de esa energía se re-irradie de vuelta a la superficie de la tierra (Manahan, 2007).

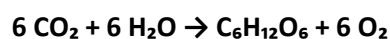
Este gas se encuentra en la atmósfera con una concentración media mundial de 396,0 ppm en muestras de aire seco, según datos de la Organización Meteorológica Mundial (año 2013), y experimentó un aumento de su concentración atmosférica del 142% respecto al año 1750, y en un 0,74% respecto al año 2012 (OMM, 2014).

En el año 771, el científico británico Joseph Priestley, considerado como el descubridor del Oxígeno (junto con Carl Wilhelm y Antoine Lavoisier) se fijó en que las plantas eran capaces de cambiar la composición del aire. En esa época se creía que en los procesos de combustión se liberaba una sustancia llamada flogisto, que era venenoso para los animales. En uno de sus experimentos colocó en un recipiente cerrado una vela junto con una planta de menta, hasta que la vela se apagó. Diez días después, la vela se encendió otra vez en ese recinto cerrado, supuestamente lleno de flogisto debido a la combustión de la propia vela, por lo que concluyó

que las plantas eran capaces de remover todo el “floxisto” del aire (Priestley, 2013). Acababa de identificar a lo que hoy en día llamamos dióxido de carbono y oxígeno, así como el proceso vegetal capaz de convertir el primero en el segundo: la fotosíntesis.

Las plantas, como organismos fotosintéticos, son capaces de sintetizar todas las sustancias esenciales para su metabolismo a partir de sustancias inorgánicas como el dióxido de carbono, utilizando la luz como fuente de energía. Este proceso transforma la energía luminosa en energía química. Esta energía sirve como fuente para todas las formas de vida. De hecho, la energía de los combustibles fósiles es fruto de la biomasa producida hace millones de años (Mann, Gahagan y Gordon, 2003).

Las reacciones químicas de la fotosíntesis son complejas. Existen por lo menos 50 reacciones intermedias distintas (Taiz y Zeiger, 2006), que parten de la absorción de los fotones por los pigmentos de la planta y que son almacenados como energía química a través de la formación de enlaces químicos, culminando con la formación de carbohidratos. Estos procesos se pueden representar de forma simplificada mediante la siguiente expresión:



- El CO_2 es la fuente de carbono, elemento principal de la química orgánica.
- El agua (H_2O) hace el papel de compuesto oxidable (compuesto del cual se pueden extraer electrones) que utilizan la mayoría de los organismos fotosintéticos para iniciar las reacciones químicas de la fotosíntesis.
- El elemento $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ representa un azúcar simple como la glucosa. Es usado como fuente de energía en la transpiración celular, y es el componente principal de polímeros de importancia estructural como la celulosa, así como polímeros para el almacenamiento de energía, como el almidón (Devlin, 2006).
- El O_2 es un excedente de esta reacción, que se libera a la atmosfera.

Por tanto, las plantas convierten, mediante la fotosíntesis, el carbono inorgánico del CO_2 en compuestos orgánicos que utilizan tanto como fuente de energía como para construir sus propias estructuras, liberando oxígeno. Hay que tener en cuenta que parte de este CO_2 captado en la fotosíntesis se devuelve a la atmosfera debido al proceso de respiración, y es liberado en este proceso una media del 59% del carbono captado en la fotosíntesis, dependiendo del tipo de planta (Amthor, 2000).

También cabe valorar que los sistemas vegetales naturales, debido a su naturaleza, no son buenas reservas de carbono. El ciclo de vida y muerte de las plantas tiene como resultado la acumulación de tejidos vegetales en descomposición y produce una gran cantidad de carbono orgánico en el suelo (McVay y Rice, 2005).

La cantidad de carbono retenida por los vegetales terrestres respecto al total retenido por los vegetales junto con el suelo es aproximadamente un 24%. En los bosques de zonas templadas (con una superficie media estimada de $1,04 \cdot 10^9$ ha), los vegetales retienen 59 PgC (37%) y el suelo 100 PgC. En praderas (con una superficie media estimada de $1,51 \cdot 10^9$ ha), los vegetales retienen una media de 16PgC (6%) y el suelo 235,5 PgC (Houghton et al., 2001).

Los sistemas de fachadas vegetales tienen ciertas características que hacen que su capacidad para retener carbono sea mucho menor respecto a cualquier otra área con vegetación, tanto natural como artificial:

- **Disposición vertical:** los tejidos vegetales que se desprenden de las plantas y que por la acción de la gravedad acabarían acumulándose en el suelo, tienden a salir del sistema debido a su disposición vertical.
- **Minimización del suelo:** Con el fin de hacer más ligeros y económicos los sistemas de fachadas vegetales, los espesores del suelo tienden a ser mínimos, incluso inexistentes en los sistemas hidropónicos.
- **Inexistencia de estratos:** Los ecosistemas naturales contienen distintos niveles en altura, con sus características, tales como suelo, sotobosque, troncos, copas... estratos de los que los sistemas de fachadas vegetales carecen. Por tanto, el volumen de biomasa por superficie es mucho menor, por lo que también será menor la cantidad de biomasa que se puede desprender y acumular.

En consecuencia, teniendo en cuenta, por un lado, que la mayor parte del carbono acaba retenida en el suelo (76% en general, 94% en praderas) y, por otro lado, que las características de estos sistemas hacen que el volumen de suelo sea mínimo o nulo y que la cantidad de carbono procedente de la propia biomasa del sistema que se pueda acumular en él sea también mínima, se puede concluir que la capacidad de retención de carbono en los sistemas de fachadas vegetales es reducida, y está muy limitada al volumen de biomasa existente en cada momento.

A mayores, sabiendo que esos sistemas se colocan en áreas urbanas, la biomasa excedente, bien porque se desprende o bien porque se retira en las labores de mantenimiento de los sistemas, no suele acabar en el mismo lugar. Esto implica una necesidad de transporte, lo que puede traducirse en emisiones de CO₂. En función del destino de esta biomasa, el carbono retenido en la estructura de la planta puede volver a ser liberado a la atmosfera.

➤ CAPTACIÓN DE CONTAMINANTES Y PARTÍCULAS.

La contaminación del aire se puede dar tanto en exteriores (contaminación ambiental o atmosférica) como en ambientes interiores.

Se entiende por contaminación atmosférica, a la presencia en el aire de materias o formas de energía que implican un riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza (Martínez Ataz y Díaz de Mera Morales, 2004).

Según el CTE, contaminantes del aire interior son aquellas sustancias que, durante el uso de un local, se incorporan al aire interior y deterioran su calidad en tal medida que puede producir molestias inaceptables o enfermedades en las personas ocupantes del local (Ministerio de Fomento).

Las principales causas de la contaminación urbana local son la industria, las calefacciones y el tráfico, y en los tres casos, el problema deriva de la utilización de los combustibles fósiles, el carbón y el petróleo, como fuente de energía, ya que los residuos de la combustión pasan a la atmosfera. Las emisiones más importantes que se hacen a la atmosfera son las emisiones de óxidos de nitrógeno, de compuestos orgánicos volátiles (COV), de monóxido de carbono, de compuestos de azufre, de plomo y del total de partículas en suspensión (TPS) (Martínez Ataz y Díaz de Mera Morales, 2004).

Los contaminantes en interiores incluyen el humo del tabaco, partículas biológicas y no biológicas, los compuestos orgánicos volátiles, los óxidos de nitrógeno, el plomo, el radón, el

monóxido de carbono y productos químicos sintéticos, entre otros, y pueden unirse con aquellos contaminantes que penetran desde el exterior. Los niveles de algunos contaminantes pueden ser mucho más elevados en interiores que en exteriores. La Agencia de Protección Ambiental señala que en algunas ciudades estadounidenses las concentraciones de óxidos de nitrógeno, de monóxido de carbono, de materia particulada y de compuestos orgánicos volátiles pueden alcanzar niveles de concentración entre 2 y 5 veces más que en exteriores (INECC, 2013).

La **Directiva 2008/50/CE** del Parlamento Europeo del Consejo de 21 de Mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmosfera más limpia en Europa, establece un sistema de evaluación de la calidad del aire ambiente con relación al dióxido de azufre, al dióxido de nitrógeno y a los óxidos de nitrógeno, a las partículas PM10 y PM2,5, al plomo, al benceno y al monóxido de carbono, así como al ozono.

La **Ley 34/2007**, del 15 de noviembre, de la calidad del aire y protección de la atmosfera muestra la siguiente relación de contaminantes atmosféricos: óxidos de azufre, óxidos de nitrógenos y otros compuestos de nitrógeno, óxidos de carbono, ozono, compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos aromáticos policíclicos y compuestos orgánicos persistentes, metales y sus compuestos, material particulado, amianto (partículas en suspensión, fibras), halógenos y sus compuestos, cianuros, policlorodibenzodioxinas y policlorodibenzofuranos, así como sustancias que agoten la capa de ozono y otras en las que existan indicios de tener propiedades cancerígenas, xenoestrogenas o que puedan afectar a la reproducción a través del aire.

El **Real Decreto 102/2011, del 28 de Enero, relativo a la mejora de la calidad del aire** enumera los siguientes contaminantes: dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno, monóxido de carbono, ozono, arsénico, cadmio, níquel, mercurio, benzopireno y otros hidrocarburos aromáticos policíclicos, precursores del ozono (compuestos orgánicos volátiles), amoniaco, cloro molecular, cloruro de hidrogeno, compuestos de flúor, fluoruro de hidrogeno, sulfuro de hidrogeno, sulfuro de carbono y arsénico.

Teniendo en cuenta estas normativas, concluimos que los principales contaminantes primarios que se pueden encontrar tanto en interiores como en el exterior, y los que más nos interesan para este estudio, son:

- **Dióxido de azufre (SO₂)**

Hay numerosas fuentes de azufre atmosférico, como las bacterias anaeróbicas, los organismos en el océano y las emisiones de volcanes. Con todo, las fuentes más importantes del dióxido de azufre atmosférico son la combustión de carbón, del petróleo y de sus derivados. Muchos factores, como la temperatura, la humedad, la luz, el transporte atmosférico y las características de la materia particulada, pueden influir en las reacciones químicas atmosféricas del dióxido de azufre. Gran parte de este compuesto presente en la atmosfera acaba oxidándose y convirtiéndose en ácido sulfúrico (H₂SO₄), anhídrido sulfúrico y sulfatos. La presencia de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno aumenta considerablemente la velocidad de oxidación del SO₂ atmosférico (Manahan, 2007).

- **Óxidos de Nitrógeno**

Los óxidos de nitrógeno encontrados en mayor parte en la atmosfera son el **óxido nitroso** (N₂O), el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂). La química de los óxidos de nitrógeno y de otros compuestos nitrogenados es muy importante en ámbitos como la

formación de niebla toxica (también llamada *smog*), lluvia ácida y agotamiento del ozono estratosférico.

El **óxido nitroso** (N_2O) es un componente de la atmosfera no contaminada (alrededor de 0,3 ppm), y es producido por procesos microbiológicos. No influye en las reacciones químicas de la parte más baja de la atmosfera, pero puede contribuir al agotamiento de la capa de ozono.

El **monóxido de nitrógeno** (NO) y el **dióxido de nitrógeno** (NO_2), son importantes en el aire contaminado. Estos gases pasan a formar parte de la atmosfera desde fuentes naturales, como rayos y procesos biológicos, y de fuentes contaminantes. La mayor parte (alrededor de 20 millones de toneladas al año) entra en la atmosfera a partir de la quema de combustibles fósiles, tanto en fuentes estacionarias como móviles. Las reacciones químicas atmosféricas convierten estos gases en ácido nítrico (HNO_3), sales de nitrato inorgánicas, nitratos orgánicos y nitrato de peroxiacilo (Manahan, 2007).

• **Monóxido de carbono (CO)**

El monóxido de carbono es un elemento toxico presente en la atmosfera de forma natural, en forma de gas, y que se comporta como un contaminante cuando se encuentra con encima de las concentraciones normales. Es un producto de la combustión incompleta del carbón, del petróleo y de la madera y está presente en los humos que sueltan los vehículos, así como en el humo del tabaco (INSHT, 2007). Las emisiones antropogénicas del monóxido de carbono se cuantifican en un 6% del total, pero también se produce en la descomposición de la materia orgánica, como la clorofila en el otoño. Debido a su emisión por motores, los niveles más altos de este gas se dan en zonas urbanas congestionadas por el tráfico. En este contexto se pueden dar concentraciones de 50-100 ppm (frente a su concentración normal en la atmosfera de 0,1 ppm), muy peligrosa para la salud (Manahan, 2007).

Tanto en el aire, al reaccionar con otras sustancias, como en el suelo, mediante microorganismos, se degrada al transformarse en dióxido de carbono. No se acumula en plantas ni en tejidos animales.

• **Compuestos orgánicos volátiles (COV)**

Los compuestos orgánicos son sustancias químicas que contienen carbono y que se encuentran en todos los elementos vivos. Los compuestos orgánicos volátiles son los compuestos orgánicos que se convierten fácilmente en vapores o gases. Junto con el carbono, contienen elementos como hidrogeno, oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. Los COV se liberan por la quema de combustibles, como la gasolina, la madera, el carbón y el gas natural. También provienen de emisiones de yacimientos de petróleo y gas y de los vapores del combustible diésel. También son liberados por disolventes, pinturas, pegamentos y otros productos empleados y almacenados tanto en el hogar como en lugares de trabajo.

Muchos compuestos orgánicos volátiles se suelen usar como disolventes de pinturas y lacas, repelentes de insectos, ambientadores, protectores de la madera, sustancias en aerosol, disolventes de grasas, productos de uso automotor y líquidos para la industria de lavado en seco (Tox Town, 2015).

Su importancia se debe a que, por una parte, actúan como precursores de los procesos de oxidación fotoquímica, lo que produce ozono troposférico y da lugar al *smog* fotoquímico; y, por otro lado, muchos de ellos son tóxicos y cancerígenos. El número de COVs presentes en la atmosfera es de varios centenares (Martínez Ataz y Díaz de Mera Morales, 2004). Algunos de ellos con el benceno, el tolueno, el formaldehido, el clorobenceno, el xileno, la acetona, el

tricloroetileno, el propano, el butano, el acetileno, el acetaldehído, el trimetilbenceno... Algunas fuentes incluyen el metano, aunque otras no lo consideran COV, como por ejemplo el Real Decreto 102/2011, que define los COV como “todos los compuestos orgánicos procedentes de fuentes antropoxénicas, distintos del metano, que puedan producir oxidantes fotoquímicos por reacción con óxidos de nitrógeno en presencia de luz solar”. El metano no es un gran precursor de los procesos de oxidación fotoquímica, pero sí que tiene una gran influencia en el efecto invernadero.

- **Metales pesados**

Este término se utiliza para definir un grupo de metales y metaloides que se asocian con la contaminación y la toxicidad, aunque esta definición como “metal pesado” no es un concepto bien definido (Duffus, 2002). Los principales metales pesados son el plomo, el mercurio, el arsénico y el cadmio, aunque existen muchos otros como el níquel, el cobalto, el cromo, el cobre, el magnesio, el estaño, el talio, el hierro, el aluminio, el cinc, el berilio... Su origen puede ser natural (procedente de los distintos minerales que componen el suelo) o antropogénica, por actividades industriales (fundiciones, transporte...), minerales o agrícolas (mediante fertilizantes que contienen trazas, plaguicidas...).

Se pueden manifestar como partículas, o como gases en el caso del mercurio. En el suelo, los metales pesados están presentes como iones libres, compuestos metálicos solubles, compuestos insolubles como óxidos, carbonatos e hidróxidos. Su acción directa sobre los seres vivos ocurre a través del bloqueo de las actividades biológicas, es decir, la inactivación enzimática por la formación de enlaces entre el metal y los grupos sulfhídricos de las proteínas, causando daños irreversibles (Sierra Villagrana, 2006).

Ciertas plantas tienen la capacidad de absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, en el aire, en el agua o en el sedimento, tales como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo (Delgadillo-López, González-Ramírez, Prieto-García, Villagómez-Ibarra y Acevedo-Sandoval, 2011).

Por tanto, los sistemas de fachadas vegetales, al estar formados por plantas, pueden tener las mismas capacidades, aunque con ciertas singularidades. Las funciones descontaminantes de los sistemas vegetales verticales se manifiestan por diversas vías: absorbiendo los contaminantes gracias al sustrato a través de las raíces de las plantas; mediante las complejas reacciones que se dan en la rizosfera entre las plantas, los microorganismos y los elementos del sustrato; absorbiendo contaminantes por vía aérea; o mediante la acción específica del sustrato. Otra manera es reteniendo los contaminantes sobre las hojas.

- Mediante la **absorción de contaminantes por medio de las raíces**. Los contaminantes elementales son en esencia inmutables por procesos biológicos o físicos (excepto las reacciones de fusión e fisión nucleares). Por tanto, la manera que tienen las plantas de descontaminar el suelo es de esta forma (Meagher, 2000). Más allá de la captación de contaminantes, las plantas en crecimiento tienen sistemas de enzimas que pueden degradar contaminantes orgánicos. Algunos contaminantes quedan acumulados en los tejidos sin ser degradados (Manahan, 2007), por lo que esa biomasa necesitaría ser procesada para que estos contaminantes no se liberen una vez que se descompongan los tejidos vegetales. Con todo, mientras que estos contaminantes estén retenidos en la biomasa, no están produciendo daños en otro lugar. De esta forma son absorbidos gran parte de los metales pesados. Algunos

metales como el Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni y Zn son elementos necesarios para el crecimiento y el desenvolvimiento de las plantas, pero otros, como As, Cd, Hg, Pb o Se, no lo son. Existen especies más tolerantes que otras respecto a suelos con metales pesados, pero dentro de las especies tolerantes, hay un tipo de plantas llamadas hiperacumuladoras que se caracterizan por, además de sobrevivir en este tipo de suelos, toman grandes cantidades de metales pesados y los distribuyen por sus tejidos (no solo en las raíces), probablemente con el fin de protegerse frente a los herbívoros. Estas especies son muy utilizadas en fitorremediación (eliminar contaminantes del medio empleando plantas) e incluso fitominería (recuperar minerales mediante las plantas) (Rascio y Navari-Izzo, 2011). Metales como Ag, AsO₃, Cd, Co, Cu, Hg, y Ni son retenidos por el azufre orgánicos presente en las moléculas de las proteínas metalotioneínas y de los péptidos fitoquelatinas y transportados a los vacúolos de las células vegetales para ser retenidos a largo plazo.

Los vegetales, además de acumular metales pesados, los pueden transformar en formas menos tóxicas. En el caso del cromo, las plantas son capaces de reducir compuestos de Cr⁶, que tienen alto poder contaminante, a Cr³, que son menos perjudiciales. En el caso del hierro, plantas del género *Arabidopsis*, reducen los compuestos de hierro Fe³ en otros menos contaminantes como los de Fe² (Meagher, 2000). En cuanto al plomo, un estudio demostró que la acción de la planta herbácea *Agrostis capillaris* fomentó la formación piromorfita (mineral que contiene plomo, pero de una manera menos perjudicial que otros compuestos del plomo presentes en el suelo) en suelos contaminantes de plomo y zinc (Cotter-Howells y Caporn, 1996), aunque este tipo de reacciones son provocadas por las relaciones que se dan en la rizosfera.

- La **rizosfera** es la parte del suelo inmediata a las raíces y que está bajo su influencia (April y Keller, 1990), donde se concentran gran cantidad de organismos. Esta concentración es de tal magnitud que normalmente hay de 5 a 20 veces más microorganismos en este lugar que en el resto del suelo, e incluso podría llegar a haber 100 veces más. Esta abundancia es la responsable de la mayor degradación de elementos xenobióticos en la rizosfera (Anderson, Guthrie y Walton, 1993).

La interacción entre plantas y microorganismos es tal que las plantas utilizan sus segregaciones para favorecer el crecimiento de microorganismos que sean de su interés. En función de la presencia de un tipo concreto de contaminante del cual la planta necesite protegerse, esta favorecerá con sus segregaciones una comunidad concreta de microorganismos que degraden ese contaminante y la ayuden a protegerse. Esto se sabe gracias al comportamiento de la caña de azúcar frente a un tipo de herbicida (Sandmann y Loos, 1984).

El PH del sustrato afecta a los procesos para el ingreso de los metales en las plantas, pero la actividad de las raíces afecta a la biodisponibilidad de esos metales al modificar el PH en la rizosfera. Las plantas exudan ácidos orgánicos, lo que hace que el PH de la rizosfera baje, por lo que ciertos metales se hacen solubles y de esta forma aumentan la capacidad de las plantas para poder absorber. Otros parámetros, como la concentración de oxígeno, los contenidos de humedad, la presencia de elementos reductores-oxidantes... también se ven influenciadas por la presencia de las plantas (Anderson et al., 1993).

En la rizosfera se dan las llamadas micorrizas, que definen la simbiosis entre un hongo y las raíces de una planta. Estos hongos crean un entramado de hifas (estructura filamentosa propia de los hongos) que se asocian a su vez con ciertas bacterias, que se desplazan por estos

filamentos como si fuera una red (Ibáñez, 2013). Pero no solo se desplazan por ellas las bacterias, sino que moléculas de hidrocarburos aromáticos policíclicos también pueden ser transportadas por estas vías. Esto implica que las hifas de los hongos pueden poner en contacto de forma más sencilla los HAP con las bacterias consumidas de estos contaminantes, elementos que normalmente se encuentran separados, pues las bacterias se encuentran normalmente en agua, y los PAH son prácticamente insolubles en agua y tienden a acumularse en partículas dentro de los poros de aire (Furuno et al., 2012).

Todos estos ejemplos sirven para comprender la complejidad y la importancia de la rizosfera para eliminar contaminantes. La importancia de la absorción de algunos contaminantes por la rizosfera sobre otras vías como la aérea se vio clara en ciertos experimentos con plantas y cámaras cerradas realizados por la NASA. En estos experimentos se mostraba que las plantas eliminaban más benceno con el suelo descubierto que con el suelo cubierto de grava. Igualmente se observó que las plantas con el follaje cortado absorbían más benceno que esa misma planta con todo el follaje (Wolverton, Douglas y Bounds, 1989). Con todo, en estudios posteriores se dieron cuenta de que esto solo ocurría cuando ese follaje cubría el suelo reduciendo el contacto del aire de la cámara con la superficie de este. En otro estudio con plantas en cámaras cerradas se mostró que la relación entre la absorción de formaldehído por la parte aérea de las plantas probadas y la parte enterrada era de 1:1 durante el día, pero por la noche a parte del suelo absorbía 11 veces más que la parte aérea. Se calculó que de esa absorción por parte de las raíces, un 90% era debido a la rizosfera y un 10% al sustrato (Kim et al., 2008). Las plantas extraen el tricloroetileno (TCE), una parte la transpiran y otra la exudan por las raíces alimentando las bacterias biodegradantes de la rizosfera (Meagher, 2000).

- Otra vía para la **captación de contaminantes por parte de las plantas es la aérea**, a través de las **estomas** y, en menor medida, de la **cutícula**. Las estomas son los orificios que las plantas tienen para realizar el intercambio de gases con el medio. La planta puede regular la apertura de estos orificios en función de sus necesidades. Durante la realización de la fotosíntesis las estomas están más abiertas para poder captar mayor cantidad de dióxido de carbono, pudiendo absorber también mayores cantidades de contaminantes (Hernández Cortés, 2013). Al aumentar la producción de oxígeno y la absorción de CO₂ aumenta la participación de las hojas en la absorción de COVs (Wolverton, Johnson et al., 1989). Los contaminantes que se absorben de esta forma pueden intervenir en los procesos vitales de la planta, como el formaldehído, el benceno o el tolueno, que entran en el ciclo de fijación de carbono de las plantas, por lo que sus moléculas son metabolizadas en otros compuestos (Kim et al., 2008).

De la misma manera, las plantas pueden metabolizar el dióxido de azufre incorporado en forma gaseosa a través de las estomas. Por lo que, una exposición prolongada (más de 8 horas) a altas concentraciones (más de 0,3 ppm) provoca un gran daño en los tejidos, debido a la formación de ácido sulfúrico (Taiz y Zeiger, 2006).

Otro elemento que demostró ser absorbido en gran parte por esta vía es el NO₂. En experimentos con plantas en macetas dentro de cámaras estancas se observó que en dos horas, en la cámara en la que se puso la planta con el sustrato cubierto por papel de aluminio, el NO₂ fue absorbido en un 85%, poco menos que el 96% absorbido por la misma especie de planta con el suelo expuesto (aunque hay que tener en cuenta que debido a la inestabilidad

del NO₂, en la cámara vacía que se usó de control el NO₂ fue absorbido en un 56%) (Wolverton y McDonald, 1985).

- En estudios de este tipo también se demostró la **capacidad del suelo para captar contaminantes del medio**, en los que en la cámara con solo la maceta con sustrato los contaminantes fueron absorbidos un 15% y 8% más que la cámara de control vacía, en el caso del benceno y del tricloroetileno respectivamente (Wolverton, Johnson et al., 1989).

Por tanto, queda clara la capacidad de captación, y en algunos casos eliminación, de contaminantes por parte de las plantas. Algunos no pueden ser metabolizados, como muchos metales pesados y compuestos orgánicos persistentes, pero también absorben gran cantidad de contaminantes como compuestos orgánicos volátiles como el benceno y el tolueno; y semivolátiles como el antraceno, pudiendo captarlos y transformarlos en elementos menos tóxicos, o biodegradables en elementos necesarios para la planta, dióxido de carbono o agua (Orwell, Wood, Tarran, Torpy y Burchett, 2004).

Pero esta capacidad de captación y descontaminación depende del tipo de planta y del contaminante concreto, pues unas son más aptas que otras para captar unos u otros contaminantes. Para optimizar la captación de contaminantes por parte de las plantas, se requieren grandes conocimientos sobre ellas. Lo que si podemos concluir es que, debido a la gran importancia de la rizosfera en la función descontaminante, así como la del suelo mismo, los sistemas hidropónicos tienen mejor capacidad para eliminar contaminantes. En estos sistemas, hay menos riqueza de elementos en el contorno de las raíces, y está muy orientada a las necesidades de las plantas, por lo que no se da la gran variedad de microorganismos característica de la rizosfera que ayudaban a la descontaminación.

Algunos ejemplos de la capacidad de las plantas para eliminar contaminantes se muestran a continuación:

	Formaldehido			Benceno			Tricloroetileno		
	Ppm inicial	Ppm final	%	Ppm inicial	Ppm final	%	Ppm inicial	Ppm final	%
<i>Dracaena massangeana</i>	20	6	70	14	11	21,4	16	14	12,5
<i>Chrysanthemum morifolium</i>	18	7	61	58	27	53	17	10	41,2
<i>Gerbera jamesonii</i>	16	8	50	55	21	67,7	20	13	35
<i>Dracaena deremensis</i>	8	4	50	27	13	52	20	18	10
<i>Ficus benjamina</i>	19	10	47,4	20	14	30	19	17	20,5
<i>Control</i>	18	17,5	2,8	20	19	5	20	18	10

Tabla 1: Reducción de ciertos COV ante la presencia de ciertas especies de plantas en experimentos en cámaras, en exposiciones de 24 h (Wolverton, Johnson, et al., 1989).

	Concentración en ppm			
	0 h	2 h	6 h	24 h
CO				
Cámara vacía	110		110	107
Maceta con sustrato	125		115	107
<i>Scindapsus aureus</i>	113		84	28
<i>Chlorophytum elatum</i>	128	98	68	<5
NO₂				
Cámara vacía	43	19	16	8
Maceta con sustrato	44	8	2	1
<i>Chlorophytum elatum</i> (con suelo expuesto)	49	2	<0,5	<0,5
<i>Chlorophytum elatum</i> (con suelo cubierto)	47	7	<0,5	<0,5

Tabla 2: Presencia de monóxido de carbono y de dióxido de nitrógeno en experimentos en cámaras (vacías, con maceta y sustrato, o con maceta, sustrato y planta) en función del tiempo (Wolverton & McDonald, 1985).

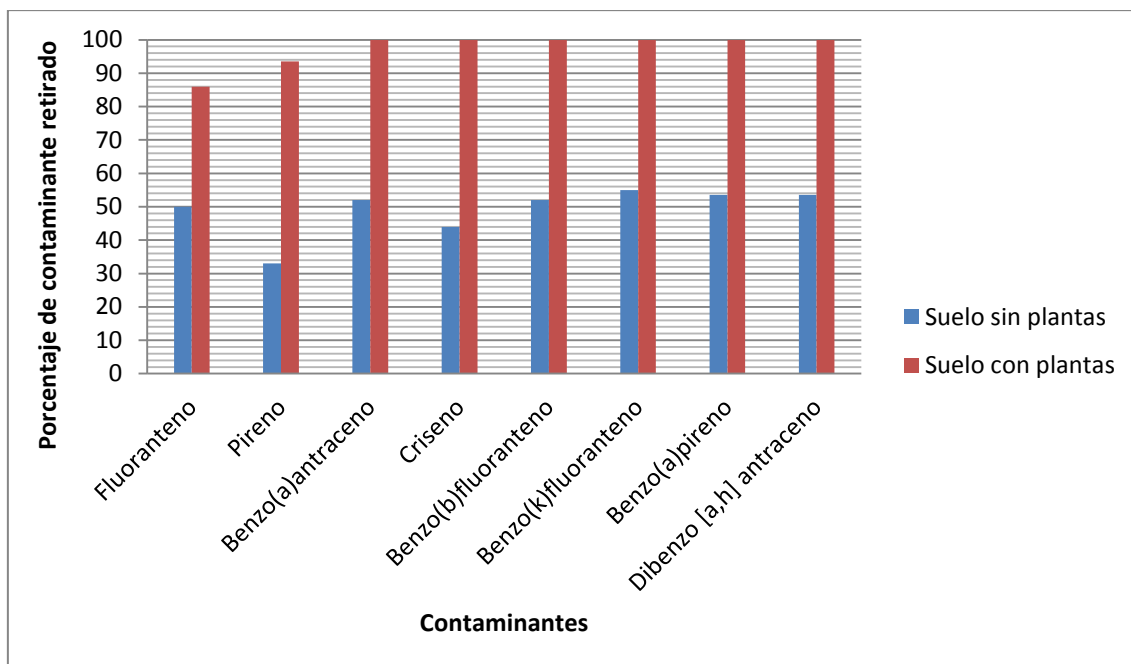


Gráfico 1: Eliminación de ciertos HAP en 150 días en experimentos en cámaras, comparando macetas con sustrato con macetas con sustrato y ciertas especies de gramíneas llamadas “Fire Phoenix”, como la *Festuca arundinacea*, *Festuca elata* Keng y *Festuca gigantea*. Consiguio eliminarse en esos 150 días al 99,40% del total de los HAPs probados. (Liu, Xiao, Wei, Zhao & An, 2014)

- Existe otra vía por la cual las plantas captan contaminantes, que es la **retención de partículas en su parte aérea**. Las plantas también tienen el beneficio de que las hojas emiten iones negativos que atraen a las partículas en suspensión. En este caso, los contaminantes no sufren ningún tipo de cambio químico, sino que simplemente son retirados del aire.

En un estudio que compara la captación por parte de la hiedra (*hedera hélix*) cerca de una carretera con otra planta de la misma especie situada en el bosque, los elementos más abundantes retenidos por las hojas fueron Ca, Si y Fe. Con todo, en la planta situada en la carretera también se captaron gran parte de partículas de cenizas volantes y elementos como Ti, S, F, Al y Cu, así como partículas de acero inoxidable. Las partículas PM_{2,5} provienen casi todas de fuentes antropogénicas, y en los medios urbanos el 80% de esas partículas se deben al tráfico rodado. La fracción de 2,5-4 μm contienen principalmente elementos relacionados con el polvo mineral, formado de componentes del suelo, tales como Si, Al y Fe.

Hay que tener en cuenta que, después de la deposición de esos elementos sobre las hojas, las partículas retenidas se pueden desprender y volver al aire, especialmente en tiempo seco y con mucho viento.

➤ **MEJORAS DE LAS CONDICIONES ACÚSTICAS.**

La acústica es la parte de la física que estudia las propiedades de los sonidos (RAE, 2012).

El sonido es un fenómeno que se produce cuando las vibraciones de un cuerpo se transmiten a través de un medio hasta llegar al oído humano. Por tanto, necesita tres elementos indispensables: el emisor, el medio de transmisión y el receptor.

Cuando una onda acústica atraviesa diferentes medios de propagación, parte de la energía vuelve al medio de origen, y parte se transmite al medio de destino. Además parte será absorbida en la frontera de los otros dos medios.

Cuando una onda sonora incide sobre una superficie, parte de esa onda es reflejada. El ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia, aunque la intensidad de esta es menor, ya que parte de esa energía es transmitida al medio y parte es absorbida en la superficie de impacto. La relación entre la energía reflejada y la energía incidente se denomina **coeficiente de reflexión**.

Parte de la energía de esa onda al incidir sobre una superficie se pierde, ya que se transforma en calor en el material sobre el que incide. Esta acción se da en mayor o menor medida en todos los materiales. La relación entre la energía absorbida y la incidente, se denomina **coeficiente de absorción**. Por tanto, los materiales con un alto coeficiente de absorción se denominan absorbentes. Este coeficiente varía con la frecuencia, por lo que los valores de absorción de los distintos materiales empleados en la construcción vienen especificados a distintas frecuencias.

Otra parte de la energía se transmite al medio de destino, experimentando un cambio de dirección llamado refracción, lo que hace que el ángulo de refracción sea distinto al de incidencia. Esta desviación de las ondas sonoras se debe al cambio de velocidad de propagación en los distintos medios de transmisión. La relación entre la energía transmitida y la incidente se denomina **coeficiente de transmisión**.

Existe otro fenómeno llamado difracción, que es un efecto de dispersión que se produce ante determinados obstáculos o aperturas. En vez de seguir la dirección normal, al llegar a estos obstáculos se dispersa, convirtiéndose en un nuevo punto de emisión sonora.

Un objeto solo representa un obstáculo cuando su tamaño es igual o superior a la longitud de onda sonora, ya que de no ser así, la onda rodea al objeto y sigue propagándose como si este objeto no existiera. Teniendo en cuenta el rango de frecuencias audibles por los seres humanos, que va de 20 Hz a 20 kHz, y que la velocidad del sonido en el aire es de 343 m/s (a 20°C de temperatura, con el 50% de humedad y al nivel del mar), resulta que las longitudes de las ondas sonoras audibles por los humanos a través del aire van desde 17,15 m a 1,7 cm. Esto implica que a bajas frecuencias (largas longitudes de onda) es más complicado obstaculizar el paso de las ondas.

En la acústica, normalmente no se utilizan directamente las magnitudes lineales del sistema internacional, sino que se utiliza una unidad logarítmica, los decibelios. Esto es debido a que, por un lado, con los decibelios se manejan cantidades numéricas más sencillas y, por otro lado, la respuesta a los estímulos del sistema auditivo humano se hace de manera logarítmica, ya que si la presión acústica de un tono se multiplica por diez, la sensación percibida es como si fuera el doble (Esteller, 2012).

En cuanto a la acústica en la edificación, existen numerosas normativas para tratar de paliar los efectos negativos de los sonidos.

Según las normas *UNE-EN 12354 Acústica en la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos*, los elementos que tenemos que tener en cuenta son el aislamiento acústico del ruido aéreo entre recintos, el aislamiento acústico al ruido de impactos entre recintos, el aislamiento acústico al ruido aéreo contra el ruido del exterior, la transmisión del ruido interior al exterior, los niveles sonoros producidos por los equipamientos en edificaciones, y la absorción sonora en espacios cerrados.

La existencia del Documento Básico HR – Protección frente al ruido (2009) del Código Técnico de la Edificación se centra en el aislamiento acústico al ruido aéreo y al ruido de impacto, a los tiempos de reverberación y al ruido y vibraciones de las instalaciones.

Muchos de los absorbentes sonoros utilizados en la construcción son materiales porosos (materiales absorbentes de estructura alveolar, granular, fibrosa, etc... que actúan degradando la energía mecánica en calor, mediante el rozamiento del aire con las superficies del material (DB HR – Protección frente al ruido, 2009)), o membranas de materiales flexibles que absorben parte de la energía de las ondas sonoras debido a la deformación del material al vibrar. Esta vibración depende de la frecuencia del sonido, que es máxima cuando coincide con la frecuencia de resonancia del material. También se utilizan elementos perforados que dejan cavidades de aire entre ellos y los paramentos, donde el sonido pierde energía (Isbert Carrión, 1988). Estas condiciones (elementos porosos, flexibles, cavidades de aire...) se dan en los sistemas de fachadas vegetales.

Las mejoras que nos acercan a los sistemas vegetales verticales en cuanto a la acústica se basan en su capacidad como absorbentes de ruidos, así como en la dispersión por difracción de los mismos, debidos al medio de cultivo y a las propias plantas.

La porosidad de la superficie del suelo permite al sonido penetrar y ser a la vez absorbido, debido a la fricción y a los intercambios térmicos (Attenborough, 2001). Así mismo, debido a la rugosidad superficial del sustrato, el sonido también es atenuado y dispersado (Attenborough, Boulanger, Qin y Linton, 2005). La presencia de vegetación contribuye en la porosidad y en la capacidad de suavizar los sonidos del suelo, debido al enraizamiento y a las capas de hojas que se desprenden de ellas (Van Renterghem, Botteldooren y Verheyen, 2012), aunque esto último se da en menor medida en los sistemas de fachadas vegetales.

La absorción se puede atribuir también a las vibraciones mecánicas de los elementos de las plantas causadas por las ondas sonoras, convirtiendo parte de la energía sonora en calor. Además existe una cierta contribución a la atenuación por efectos de la capa termo-viscosa de la vegetación. El sonido también puede ser dispersado por difracción debido a estos elementos, tales como ramas y hojas (Van Renterghem, Botteldooren y Verheyen, 2012). Esta absorción y dispersión por parte de las hojas contribuye a la atenuación del sonido, especialmente por encima de 1 kHz (Yang, Kang y Cheal, 2013).

Existen numerosos estudios sobre la capacidad de los vegetales para reducir los ruidos. Por ejemplo, son habituales reducciones de los niveles de sonido con franjas de árboles y arbustos del orden de 5 a 8 dB, sin ser raras reducciones de hasta 10 dB (Cook, Service y Haverbeke, 2004). Reducciones de 8-9 dB en una franja de árboles con abedules, olmos, hayas y otras especies de coníferas, respecto al contorno con solo hierba (Kragh, 1979). La combinación de un terraplén y plantas puede reducir el sonido de 6 a 15 dB (The University of Tennessee Agricultural Extension Service, 1998). En cuanto a otras envolventes vegetales, como las cubiertas ajardinadas, se midieron pérdidas de sonido de entre 5 y 20 dB, respecto a

cubiertas sin vegetales, y coeficientes de reducción del ruido de 0,2 a 0,63 en otras cubiertas ajardinadas (Connelly y Hodgson, 2015).

Los sistemas de fachadas vegetales, al disponer de elementos principales, como son el sustrato y los propios vegetales, también atesoran estas propiedades acústicas.

Experimentos realizados en este censo con sistemas vegetales verticales se muestran pérdidas de sonido (debido a la inserción de hasta 8 sistemas vegetales verticales distintos respecto a un muro de control, medidas en función de las diferencias de niveles de presión sonora) más altas a bajas y medias frecuencias debidas al sustrato, y una menor atenuación del sonido a altas frecuencias debidas a la dispersión de la vegetación. En el gráfico siguiente se muestran algunos de los datos obtenidos en dicho experimento (Wong, Kwang Tan, Tan, Chiang y Wong, 2010).

Si bien en el módulo 2, 7 y 8 (en el que se llega a la máxima pérdida de sonido, de 9,9 dB que corresponden a 800 Hz) se observan buenas absorciones de sonido respecto al muro de control, el módulo 3 (en el que la capa de sustrato era algo más estrecha respecto a la media y existen algunas zonas sin vegetación) muestra peores valores que un muro desnudo. No se muestran los valores respecto a frecuencias menores de 87,5 Hz, debido a que a frecuencias menores que esas, la longitud de onda del sonido es mayor que el ancho de los módulos (4m), por lo que debido a la difracción estos no supondrían un obstáculo.

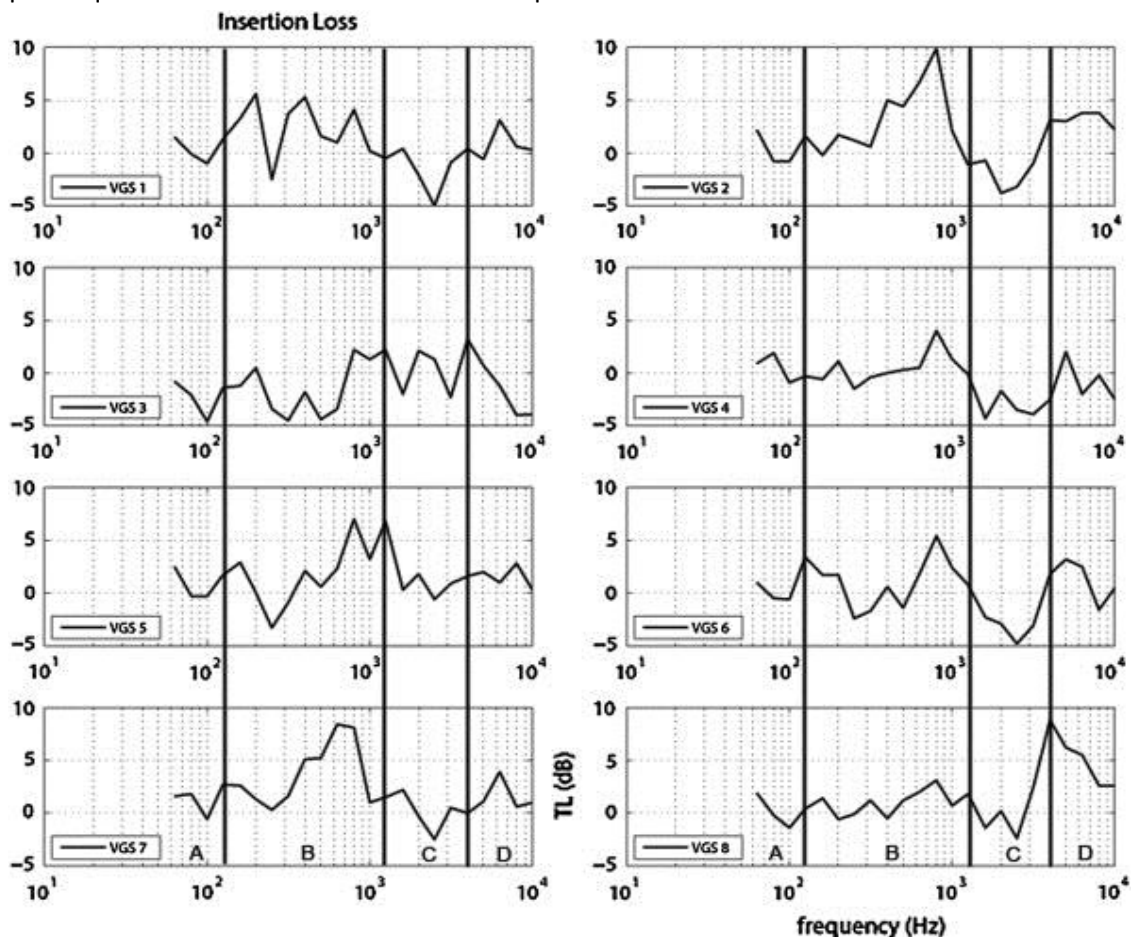


Ilustración 12: Absorción del sonido por parte de alguno de los módulos con sistemas vegetales verticales analizados respecto al módulo de control sin vegetación (Wong et al., 2010).

Comparando los sistemas de fachadas vegetales con otros sistemas, en cuanto al aislamiento acústico del ruido aéreo entre recintos, en estudios donde se mide la capacidad aislante de un elemento interpuesto entre dos habitáculos, los resultados del sistema vegetal vertical son más bien deficientes, con un índice de reducción acústica ponderado de 15 dB (0,4 de coeficiente ponderado de absorción), mientras sus competidores llegan a unos índices de 30 dB, 44 dB y 51 dB (gráfico) (Azkorra et al., 2015).

A pesar de todo, hace falta tener en cuenta que la masa del sistema vertical vegetal utilizado (50 kg/m²) era mucho menor que otras soluciones como la del ladrillo (200 kg/m²) o bloques (280 kg/m²), así como el sistema vegetal, al estar hecho por piezas modulares, presenta juntas que interrumpen su continuidad, algo que es fundamental para el aislamiento acústico (Azkorra et al., 2015).

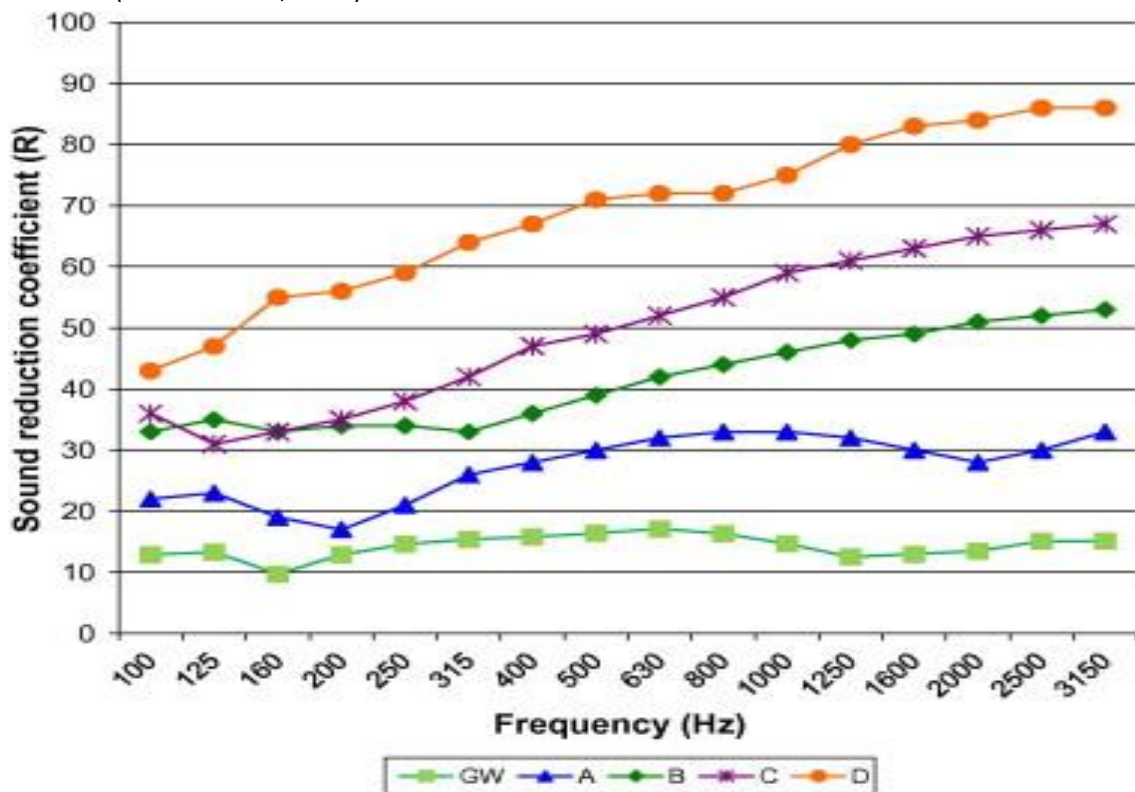


Ilustración 13: Coeficiente de reducción de sonido (R) Comparación entre una fachada vegetal (GW) y soluciones constructivas tradicionales: A. Doble acristalamiento térmico (6-12-6) con estructura de madera, B. Ladrillo de 100 mm de espesor. C. Bloque de termoarcilla.

En estudios en cámaras de reverberación, los sistemas vegetales verticales si muestran unos buenos resultados. Comparado con paredes de ladrillo, bloque o vidrio, los valores de absorción de las fachadas vegetales fueron los más altos, llegando a obtener coeficientes de absorción superiores al 50%. También se obtuvieron reducciones de tiempos de reverberación significativos.

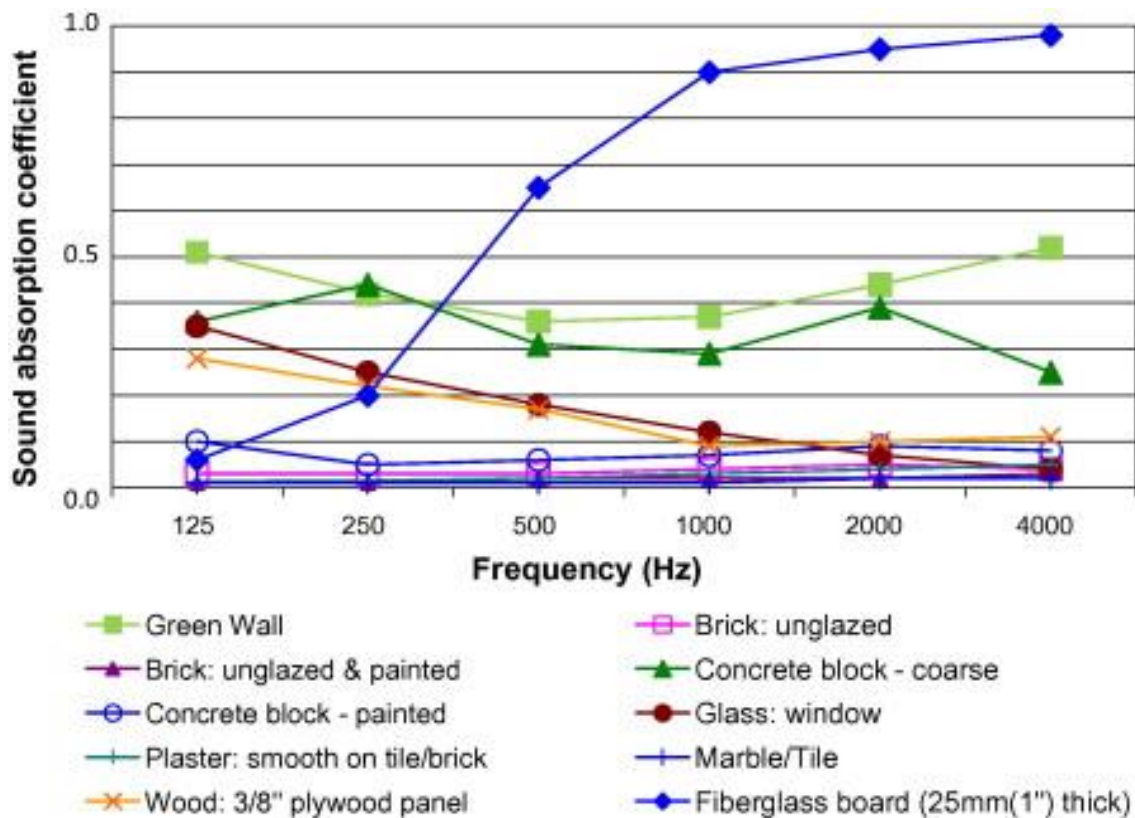


Ilustración 14: Comparativa de los valores de absorción sonoros del sistema vegetal vertical con otros elementos utilizados en la construcción (Azkorra et al., 2015).

➤ **ASPECTOS PSICOLÓGICOS.**

Si la presencia de vegetación influye en la salud, como por ejemplo, absorbiendo contaminantes o minimizando los ruidos, también se le atribuyen ciertas mejoras en los aspectos psicológicos de las personas.

La presencia de plantas parece influir en la capacidad de atención (Raanaas, Evensen, Rich, Sjøstrøm y Patil, 2015), reduce la sensación de estrés (Dijkstra, Pieterse y Pruyn, 2008), y mejora la productividad y los tiempos de reacción (Dover, 2015).

Con todo, semeja ser que algunos de los resultados de las plantas respecto a los beneficios psicológicos son confusos o están supeditados a las características de las personas y del contexto (Bringslimark, Hartig y Patilm 2009).

➤ **FOMENTO DE LA BIODIVERSIDAD.**

Las envolventes vegetales constituyen un hábitat, además de para las propias plantas, para diversos tipos de animales, como insectos, aves e incluso pequeños mamíferos.

Existe gran cantidad de documentación sobre la capacidad de las cubiertas ajardinadas para sustentar numerosos tipos de arañas, avispas, abejas, hormigas, aves, etc. (Francis y Lorimer, 2011) así como especies vegetales, aunque esta capacidad depende en gran parte de la profundidad del sustrato (Madre, Vergnes, Machon y Clergeau, 2014).

En cuanto a los sistemas vegetales verticales, también se analizó su capacidad para fomentar la biodiversidad. Al comparar un sistema de este tipo con un muro desnudo, se

comprobó que contenían de 16 a 39 veces más artrópodos por metro cuadrado (Matt, 2012). Dentro de los sistemas de fachadas vegetales, la mayor abundancia de escarabajos y arañas se dio en los sistemas con sustrato (Madre, Vergnes, Machon y Clergeau, 2014).

Ciertas especies que no se dispersen con facilidad tienen menos posibilidades de beneficiarse de las envolventes vegetales, a no ser que se introduzcan deliberadamente. De la misma manera, muchos de los sustratos utilizados en sistemas de fachadas vegetales no tienen la profundidad suficiente para albergar ciertas especies. Por ejemplo, las lombrices de tierra ya tienen problemas para sobrevivir en cubiertas ajardinadas con sustratos menores de 12 cm (Francis y Lorimer, 2011), por lo que en ciertas envolventes verticales podrían tener aún más problemas.

Hay que tener en cuenta que esta biodiversidad no siempre es bienvenida, especialmente en interiores, donde es habitual que se utilicen tratamientos de control de insectos. En exteriores, inquilinos habituales y poco deseados de los sistemas vegetales son los roedores, ya que pueden proliferar en el sistema, a la vez que se les facilita el acceso al interior a través de las ventanas.

Por eso es aconsejable la utilización de tratamientos como insecticidas naturales incorporados al agua de riego, para así poder hacer un control de fauna que se pueda llegar a crear en nuestro sistema de fachada vegetal.

➤ **RETENCIÓN DE AGUA DE LLUVIA.**

El exceso de agua de lluvia hace que esta discurra sobre la superficie del terreno, ya que el suelo no es capaz de absorber toda. En las ciudades, al existir gran cantidad de superficies impermeables, el agua es recogida en menor medida por el suelo o por otros elementos permeables, por lo que la mayoría acaba en los sistemas de alcantarillado.

Esta agua recoge gran cantidad de elementos, como sedimentos, plaguicidas, fertilizantes, basura, etc... que acaban en lagos, ríos o en el mar. En los medios urbanos estas aguas llegan a saturar los sistemas de recogida y tratamiento de aguas pluviales. Puede provocar inundaciones, erosión y deposición, así como la contaminación de acuíferos.

En este sentido, las envolventes vegetales suponen superficies permeables que pueden absorber el agua (y con ella los contaminantes) y minimizar estos efectos, especialmente aquellos sistemas que dispongan de sustrato. Existen numerosos estudios sobre la capacidad de las cubiertas vegetales para minimizar el agua de escorrentía, aunque algunos valoran esta capacidad como insuficiente (Czemieli Berndtsson, 2010). En cuanto a los sistemas de fachadas vegetales, la bibliografía es mucho más limitada. En muchas ocasiones se presuponen ventajas en este tema por el hecho de ser sistemas parecidos a las cubiertas vegetales, pero al tener volúmenes mucho menores de sustrato, así como al estar en posición vertical (lo que reduce su capacidad de retener el agua), estas ventajas son mucho menores.

➤ **PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS.**

La agricultura precisa grandes cantidades de superficie, que en España son de casi 25 millones de hectáreas (INE, 2009), lo que a veces implica la destrucción de ecosistemas. Por el contrario, las numerosas superficies verticales existentes en los medios urbanos están sin utilizar.

Una aplicación posible de los sistemas de fachadas vegetales es la de producir alimentos, plantas medicinales, etc... De cara al 2030 se estima que 5.000 millones de personas

vivirán en ciudades (UNFPA, 2007), por lo que producir alimentos en los medios urbanos podría reducir muchos costes de transporte, tanto de productos como de empleados. En este caso, tendrían gran importancia los sistemas hidropónicos, ya que ya se están utilizando para producir alimentos con alta productividad.

Si bien se trata de una solución más de futuro que de presente, es una opción que mucha gente ya tiene en consideración (Despommier, 2010; Kurasek, 2010).

➤ **ASPECTOS ECONÓMICOS.**

Los sistemas de fachadas vegetales nos acercan a mejoras en el aspecto económico, como resultado de ciertas ventajas que ya expuse anteriormente, como podría ser el ahorro de calefacción y refrigeración debido a sus prestaciones térmicas. Otra mejora es la protección de los cerramientos (especialmente el impermeabilizante que sufre daños con los cambios bruscos de temperatura) frente al sol, al viento, a contaminantes y a variaciones de temperaturas.

Pero existe otra ventaja económica que no tuvimos en cuenta, que es la del aumento del valor de la propiedad. Diversos estudios en esta línea aseguran que el valor de la propiedad puede incrementarse entre un 3,9 - 10,5% sobre la propiedad, o un 1,4 – 2,7% sobre los terrenos de la zona donde haya sistemas de este tipo (Perini y Rosasco, 2013).

También hay que tener en cuenta que este tipo de sistemas resultan muy atractivos hoy en día, por lo que pueden servir como reclamo para visitantes que puedan acudir a observar sistemas de este tipo.

3.1.2.2. INCONVENIENTES.

➤ **COSTE INICIAL.**

Los sistemas más económicos en cuanto a costes iniciales son los tradicionales de enredaderas, ya que solo la adquisición e instalación de las plantas en las proximidades del paramento puede ser suficiente, lo que tiene un coste de 20 - 30 €/m² (Perini y Rosasco, 2013), que puede variar mucho en función de la especie y de la cantidad de plantas que se coloquen por metro, ya que, por ejemplo, una hiedra no suele costar más de 5 €, mientras que una buganvilea cuesta más de 20 €. Si es necesaria la preparación del terreno los costes se pueden incrementar de forma considerable.

En cuanto a los sistemas de enredaderas de doble piel (como los sistemas Jakob y GreenScreen), que son como los anteriores pero interponiendo un entramado separado del paramento por donde crecerán las plantas, los costes iniciales respecto a las plantas son iguales al sistema anterior, pero hay que sumarle el precio del entramado, lo que supondría un precio total entre los 180 – 190 €/m² (Perini y Rosasco, 2013).

Los sistemas con sustrato distribuido por el paramento o en módulos, suelen ser más costosos. El precio de estos sistemas va desde los 53,31 €/m² en el caso del LeafBox, hasta los 1.663,64 €/m² del sistema G-Sky. Los sistemas que sustituyen el sustrato por láminas de fieltro rondan los 50 €/m², como es el caso del sistema Patrick Blanc.

Los sistemas modulares son suministrados por módulos sin tener en cuenta, en la mayoría de los casos, los costes de la estructura portante como del sistema de riego. Estos módulos tienen unos precios alrededor de los 50-150 €/U.

Además, hay sistemas que cuentan con una bomba de elevación de aguas, para rescatar el agua sobrante que no pudo absorber el sistema y devolverla al depósito, por lo que a veces esto supone un coste más elevado tanto en ejecución como en el posterior mantenimiento y gasto de energía.

➤ **MANTENIMIENTO.**

En cuanto a los costes de mantenimiento, en ellos influyen factores como la propia complejidad del sistema, la velocidad de crecimiento de las plantas (lo que influyen en la poda y en los trabajos de retirada de sobrantes) así como la cantidad de estas que necesiten sustitución, la cantidad de agua que se necesite, los sistemas de riego y fertirrigación y los sistemas de control de estos.

Los sistemas tradicionales de enredaderas tienen unos gastos de mantenimiento sobre los 2,8 €/m² al año, costes semejantes a los sistemas de enredaderas con estructura portante (Jakob y GreenScreen), siempre que fuesen elaborados con elementos con cierta durabilidad. Los sistemas con sustrato esta alrededor de los 9-11 €/m² al año. Los sistemas que utilicen sistemas de riego más complejos, como los de fertirrigación, pueden costar sobre 27 €/m² al año (Perini & Rosasco, 2013).

➤ **PESO.**

Otro factor importante que tenemos que tener en cuenta es el peso de los sistemas. Si bien los sistemas de enredaderas tienen un peso muy bajo (de 2,7 a 5,5 Kg/m²), y los sistemas de doble piel, como el Jakob y el GreenScreen, pesan alrededor de 10 – 20 Kg/m², los sistemas con sustrato pueden ser mucho más pesados.

Los sistemas con sustrato, además del peso del propio sustrato, pueden tener pesos desde los 40 kg/m² (en el caso del sistema G-Sky) hasta los 73,25 Kg/m² (en el caso del sistema ELT), pero teniendo en cuenta el peso del sustrato saturado de agua, así como de los distintos elementos de soporte, este peso puede superar los 100 Kg/m² (como es el caso del sistema Ecobin con un peso de 350 Kg/m²).

Si bien los sistemas ya resultan bastante pesados con espesores aproximados de 15 cm, los sistemas más pesados pueden tener espesores mucho mayores (30-40 cm de media), por lo que los pesos se multiplicarían. Pero hay que tener en cuenta que estos sistemas no se suelen utilizar anclados a paramentos, sino que son usualmente usados aprovechando su capacidad autoportante, sin llegar a tener grandes alturas.

En cuanto a los sistemas hidropónicos, estos son mucho más ligeros que los que disponen de sustrato, y rondan los 20-30 Kg/m² de peso.

Todos estos pesos están referidos a la superficie del paramento, sin tener en cuenta el peso de este.

➤ **CONSUMO DE AGUA.**

El agua juega un papel vital en la vida de las plantas. Por cada gramo de materia orgánica producida por la planta, las raíces absorben aproximadamente 500g de agua. Cualquier desequilibrio en el flujo del agua puede causar una disfunción en muchos procesos

celulares de la planta. El agua constituye entre el 80 y el 95% de la masa de los tejidos de los vegetales, pero la mayor parte del agua absorbida no acaba en los tejidos. En un día caluroso, soleado y seco, una hoja puede intercambiar el 100% de su agua en 1h. Durante su vida, una planta puede perder el equivalente a 100 veces su peso fresco en agua a través de la superficie de sus hojas. Este proceso de pérdida de agua a través de la superficie de la hoja se denomina transpiración (Taiz y Zeiger, 2006), como ya hemos explicado en apartados anteriores. Esta capacidad de refrigerar es proporcional al consumo de agua.

Pero no solo las plantas consumen agua en las envolventes vegetales, sino que gran parte de esta agua se evapora desde los distintos elementos expuestos al ambiente, como es el sustrato de los sistemas que lo tengan, y especialmente los medios de cultivo de la mayor parte de los sistemas hidropónicos. Esta evaporación es mayor cuanto más seco sea el ambiente y más agua este expuesta a este ambiente.

Los sistemas de fachadas vegetales, por su propia estructura, y al contrario de lo que ocurre en las cubiertas ajardinadas, tienen una alta necesidad de riego, así como de nutrientes y cuidados, por lo que resulta importante utilizar especies que se adapten con facilidad (de Garrido, 2011).

El consumo de agua total depende de multitud de factores, como el propio tipo de planta, el tipo de sistema, el clima, la orientación y el lugar concreto donde se sitúe, por lo que los valores pueden variar mucho. El consumo de agua en un sistema con sustrato se estima en 1-3 l/m² en un día de consumo medio dentro del año, pero en un sistema hidropónico se estima en 3-5 l/m²/d (Gerhardt & Vale, 2010; Ottelé et al., 2011).

➤ **POSIBLES DAÑOS DE LA VEGETACIÓN A LOS SOPORTES.**

Las especies vegetales que integran los sistemas de fachadas vegetales, especialmente las que crecen sobre el propio paramento, pueden producir daños al mismo. Sobre materiales como la piedra, los daños que pueden causar están bien documentados, y pueden ser de tipo físico, químico o biológico. Ahora bien, por otro lado, las envolventes vegetales también pueden proporcionar protección (Stermberg, Viles y Cathersides, 2011).

Existe la creencia de que las plantas son hostiles con las estructuras construidas, arrancando el mortero o haciendo que se abran las fisuras con sus raíces. Si bien estos problemas si se dan, parece que fueron exagerados, a no ser que los soportes ya estuvieran dañados previamente, en este caso las plantas sí que contribuyen a acelerar el deterioro. Ciertamente, hay pocas evidencias de que las plantas produzcan grandes daños, y en ciertos casos, la protección que ofrecen contra daños por acción del viento, del sol, de la lluvia o de contaminantes compensa estos daños producidos (Johnson y Newton, 2004).

Por ejemplo, un estudio sobre los efectos de una de las plantas más utilizadas en sistemas vegetales verticales tradicionales, así como una habitual sospechosa de causar daños a los paramentos, como la hiedra, revela que las raíces de esta planta causan problemas menores a las superficies pétreas. Ahora bien, de existir huecos o grietas, la hiedra sí que puede penetrar en esos orificios y causar daños relevantes (Viles, Sternberg & Cathersides, 2011).

3.1.3. VEGETACIÓN.

Existen diferentes especies de vegetación a emplear dependiendo de la fachada vegetal que se elabore. Para fachadas vegetales que se basan en enredaderas, en las cuales la plantación se lleva a cabo en el suelo, se utilizarán plantas trepadoras. Sin embargo para las fachadas que poseen sustrato, en las que la siembra se lleva a cabo en vertical (o en horizontal en invernadero, previamente a la colocación) y en la misma fachada vegetal, se usará otro tipo diferente de vegetación.

A continuación se procede a enumerar las especies de plantas que aceptan los diferentes sistemas de fachadas vegetales, siempre partiendo de que las especies sean autóctonas, y teniendo en cuenta el clima, la cantidad de agua que necesitan y la orientación. Las tablas utilizadas pertenecen al libro de Gernot Minke, "Muros y fachadas verdes, jardines verticales".

Para los **sistemas GreenScreen y Jakob** se emplearán especies de plantas trepadoras como las que se muestran a continuación:

6.3 Trepadoras											Figura				
Nombre Científico (Nombre Común)	Sin ayuda	Con ayuda	Colgante	Sol	Semisombra	Sombra	Caliente	Templado	Frío	Húmedo	Seco	Rápido	Lento	Observaciones	Nº
	Tipo Trepador	Luz	Clima Tropical	Agua	Crecimiento										
<i>Actinidia sinensis</i>		X		X	X			X			X	X		Follaje - Frutos	1
<i>Aeschynanthus speciosus</i>			X	X	X		X	X		X		X		Largas flores naranjas	2
<i>Antigonum leptopus</i>	X		X	X			X			X				Flores rosadas	3
<i>Aristolocia elegans</i>		X			X		X			X		X		Flores grandes acorazonadas	4
<i>Beaumontia grandiflora</i>	X	X		X			X	X		X			X	Grandes flores blancas	5
<i>Bigonía capreolata</i>		X		X	X			X		X		X		Racimo de flores rojo - anaranjado	6
<i>Bougainvillea glabra</i>		X	X	X			X	X			X		X	Bracteas coloridas	7
<i>Bougainvillea spectabilis</i>		X	X	X			X	X			X		X	Bracteas coloridas	8
<i>Cardiospermum halicacabum</i>		X	X	X	X		X	X			X	X		Frutos abultados	9
<i>Cissus antarctica</i>	X		X		X			X		X				Follaje	10
<i>Cissus discolor</i>	X		X		X		X			X		X		Follaje	11
<i>Cissus incisa</i>	X				X			X	X	X		X		Follaje verde	12
<i>Cissus rhombifolia</i>		X			X	X		X		X		X		Follaje verde	13
<i>Clematis armandii</i>		X		X	X			X	X	X				Flores blancas aromáticas	14
<i>Clematis florida</i>		X		X				X		X				Atractivas flores	15
<i>Cobaea scandens</i>	X		X	X	X			X	X	X		X		Flores	16
<i>Columnea hirta</i>			X		X			X		X	X	X		Flores rojas o amarillas	17
<i>Columnea microrphylla</i>			X		X			X		X	X			Flores	18

...continúa

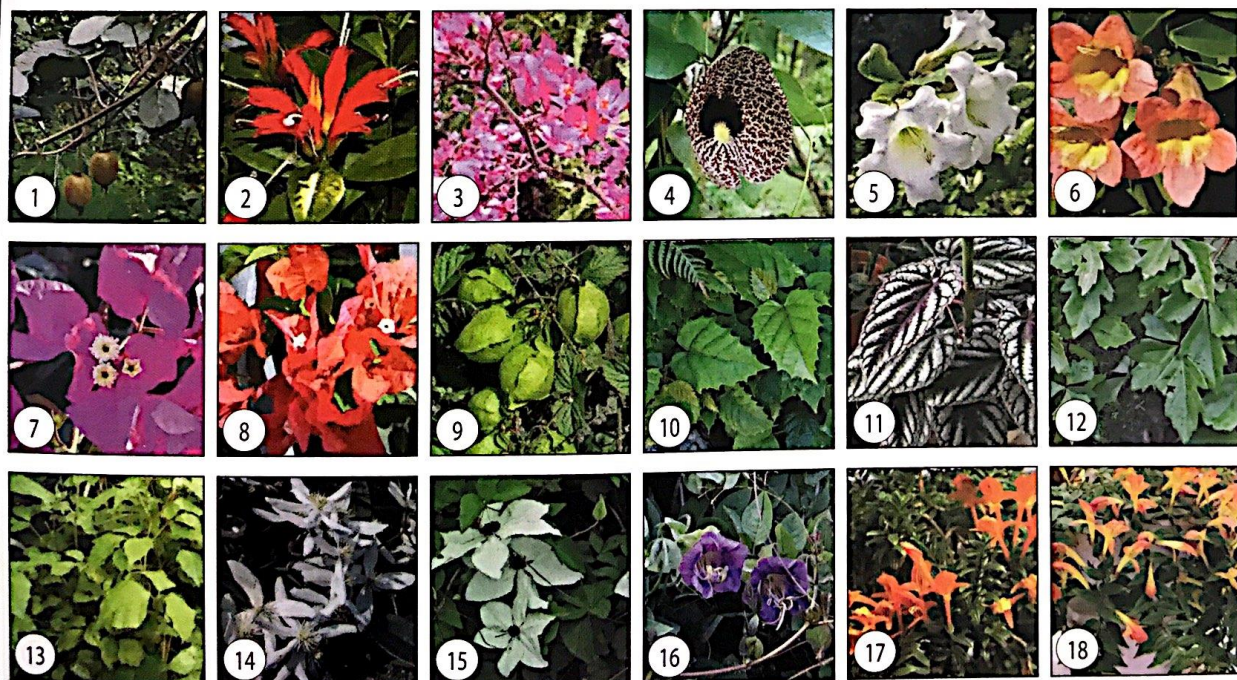


Ilustración 15: Tipos de plantas trepadoras para sistemas de enredaderas. ("Muros y fachadas verdes, jardines verticales", Gernott Minke, 2014).

6.3 Trepadoras											Figura				
Nombre Científico (Nombre Común)	Sin ayuda	Con ayuda	Colgante	Sol	Semisombra	Sombra	Caliente	Templado	Frío	Húmedo	Seco	Rápido	Lento	Observaciones	Nº
	Tipo Trepador			Luz			Clima Tropical			Agua		Crecimiento			
<i>Decumaria barbara</i>		X			X			X		X		X		Follaje y ramillete de flores	19
<i>Euonymus fortunei carrierei</i>		X		X	X			X		X			X	Follaje - flores	20
<i>Euonymus fortunei coloratus</i>		X		X	X			X	X	X			X	Follaje	21
<i>Euronymus fortunei kewensis</i>	X		X	X	X			X	X	X			X	Trepa como la Hiedra	22
<i>Euronymus fortunei var. radicans</i>	X			X	X			X	X	X			X	Follaje	23
<i>Ficus pumila</i>	X			X	X			X	X	X			X	Hojas verdes	24
<i>Ficus sagittata</i>	X		X	X										Follaje verde - variegado	25
<i>Hedera colchica</i>	X		X		X			X	X	X			X	Follaje verde - variegado	26
<i>Hedera helix subsp. Canariensis</i>	X		X	X	X				X	X			X	Follaje	27
<i>Hedera helix subsp. Helix</i>	X		X		X			X	X	X			X	Follaje	28
<i>Hedera helix var. Hibernica</i>	X		X		X			X	X	X			X	Follaje	29
<i>Hydrangea anomala subsp. Petiolaris</i>	X	X	X	X	X			X		X		X		Follaje - flores blancas	30
<i>Ipomoea sp (Batatillas)</i>	X	X	X	X			X	X	X	X			X	Flores de varios colores	31
<i>Jasminum floridum</i>		X	X	X	X			X	X	X				Flores amarillas	32
<i>Jasminum multiflorum</i>	X		X	X	X			X	X	X			X	Flores blancas	33
<i>Jasminum officinale</i>		X		X					X		X		X	Flores blancas y rosadas fragantes	34
<i>Jasminum polyanthum</i>		X		X	X			X		X			X	Flores blancas fragantes	35
<i>Jasminum x stephanense</i>		X		X				X	X	X			X	Flores rosadas	36

...continúa

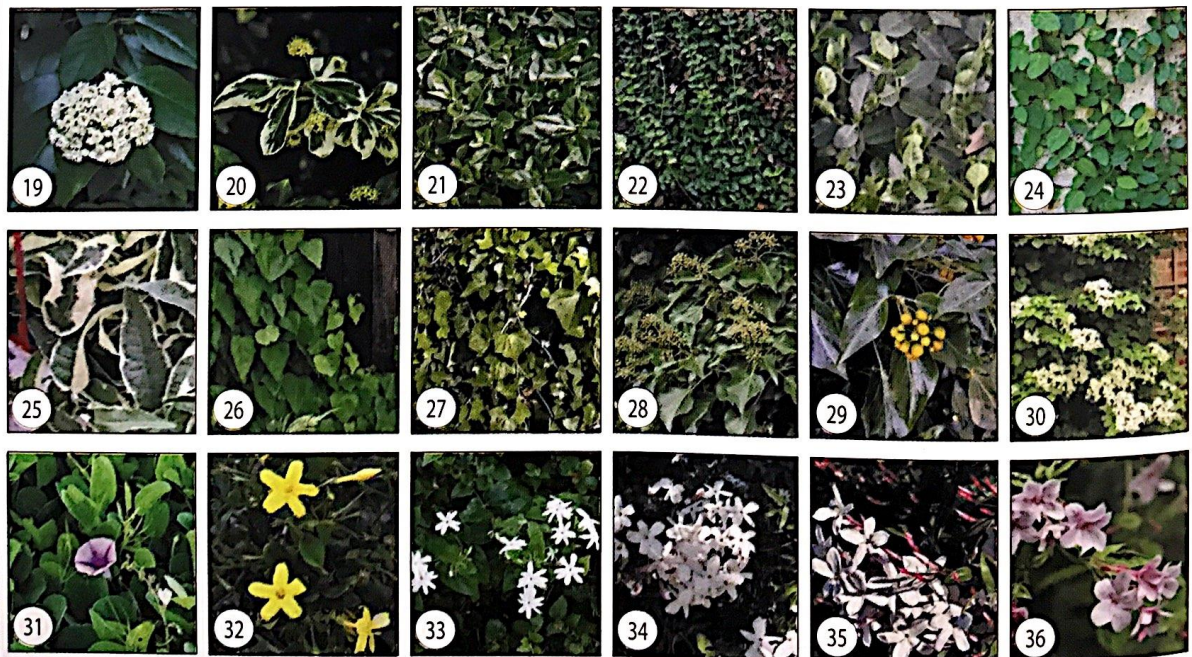


Ilustración 16: Tipos de plantas trepadoras para sistemas de enredaderas. ("Muros y fachadas verdes, jardines verticales", Gernott Minke, 2014).

6.3 Trepadoras											Figura				
Nombre Científico (Nombre Común)	Sin ayuda	Con ayuda	Colgante	Sol	Semisombra	Sombra	Caliente	Templado	Frío	Húmedo	Seco	Rápido	Lento	Observaciones	Nº
	Tipo Trepador			Luz			Clima Tropical			Agua		Crecimiento			
<i>Lonicera henryi</i>		X		X	X			X	X	X			X	Flores variedades	37
<i>Lonicera japonica</i>		X	X	X	X			X	X	X			X	Flores aromáticas	38
<i>Lonicera sempervirens</i>		X	X	X	X			X	X	X			X	Flores rojo anaranjado	39
<i>Lonicera x Brownii</i>		X	X	X	X			X	X	X			X	Flores rojo anaranjado	40
<i>Parthenocissus henryana</i>	X			X	X			X	X	X		X		Follaje caduco - rojo en otoño	41
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	X			X	X			X	X	X		X		Follaje caduco - rojo en otoño	42
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	X			X	X			X	X	X		X		Follaje caduco - vinotinto en otoño	43
<i>Passiflora caerulea</i>	X		X	X	X			X	X	X	X	X		Flores	44
<i>Passiflora coccinea</i>	X		X	X	X		X			X		X		Flores rojas - frutos	45
<i>Passiflora edulis</i>	X		X	X			X		X			X		Flores - frutas	46
<i>Passiflora quadrangularis</i>	X		X	X			X			X		X		Frutas grandes	47
<i>Passiflora racemosa</i>	X		X	X	X			X	X	X		X		Flores	48
<i>Philodendron domesticum</i>	X	X	X		X	X	X	X		X		X		Follaje	49
<i>Philodendron erubescens</i>	X	X	X		X	X	X	X		X		X		Follaje	50
<i>Philodendron panduriforme</i>	X	X	X		X	X	X	X		X		X		Follaje	51
<i>Philodendron sanguineum</i>	X	X	X		X	X	X	X		X		X		Hojas verdes - rojizas	52
<i>Philodendron scandens</i>	X	X	X		X	X	X	X		X		X		Follaje	53
<i>Philodendron squamiferum</i>	X	X	X		X	X	X	X		X		X		Follaje	54

...continúa

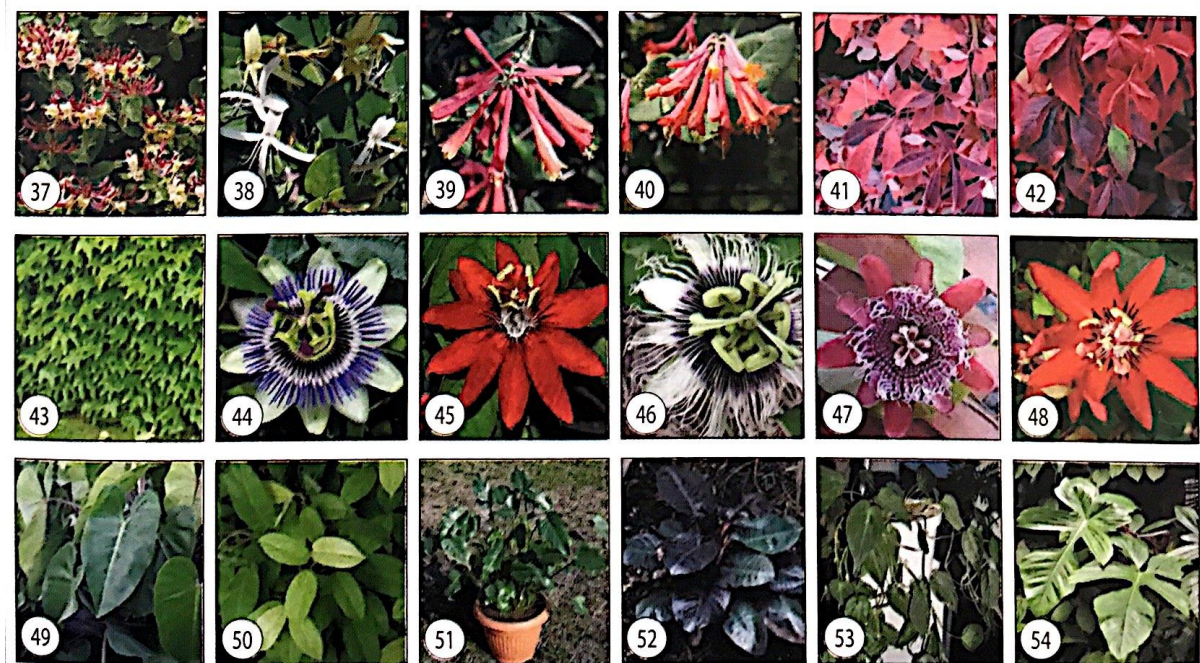


Ilustración 17: Tipos de plantas trepadoras para sistemas de enredaderas. ("Muros y fachadas verdes, jardines verticales", Gernott Minke, 2014).

6.3 Trepadoras											Figura				
Nombre Científico (Nombre Común)	Sin ayuda	Con ayuda	Colgante	Sol	Semisombra	Sombra	Caliente	Templado	Frío	Húmedo	Seco	Rápido	Lento	Observaciones	Nº
	Tipo Trepador	Luz	Clima Tropical	Agua	Crecimiento										
<i>Polygonum aubertii</i>		X		X	X			X	X	X		X		Flores blancas	55
<i>Polygonum balschuanicum</i>		X		X	X			X	X	X				Flores rosadas	56
<i>Rosa banksiae</i>		X	X	X				X	X	X				Flores	57
<i>Rosa wichuraiana</i>		X		X				X	X	X		X		Flores rosadas - blancas	58
<i>Rubus flagelliflorus</i>	X			X	X			X	X	X		X		Follaje	59
<i>Rubus henryi</i>	X	X		X	X			X	X	X		X		Follaje	60
<i>Rubus ulmifolius 'bellidiflorus'</i>	X	X		X				X	X	X		X		Flores frutas	61
<i>Senecio confusus</i>		X	X	X			X	X		X		X		Flores anaranjadas	62
<i>Senecio mikaniodes</i>		X	X	X				X	X	X		X		Flores amarillas	63
<i>Solanum jasminoides</i>		X	X	X	X				X	X		X		Flores blancas	64
<i>Thunbergia fragrans</i> (Invasora)	X			X	X			X		X		X		Flores	65
<i>Thunbergia grandiflora</i>		X	X	X	X		X	X	X	X		X		Flores azules	66
<i>Tropaeolum majus</i>		X	X	X	X			X	X			X		Flores anaranjadas - rojas	67
<i>Vinca major</i>		X	X	X	X			X	X			X		Flores	68
<i>Vinca minor</i>		X	X	X	X			X	X			X		Flores	69
<i>Vitis vinifera</i>		X		X				X	X		X	X		Follaje - Frutas	70
<i>Wisteria floribunda</i>		X		X				X	X	X			X	Flor	71
<i>Wisteria sinensis</i>		X		X				X	X	X			X	Flor	72

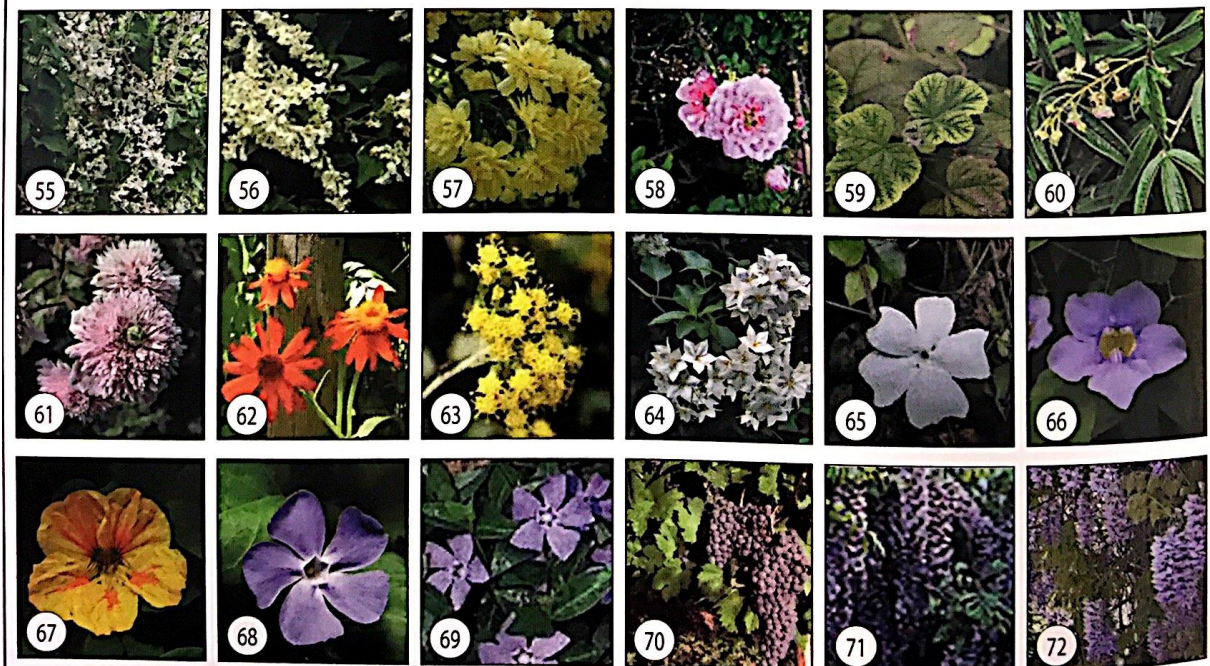


Ilustración 18: Tipos de plantas trepadoras para sistemas de enredaderas. ("Muros y fachadas verdes, jardines verticales", Gernott Minke, 2014).

En cuanto al resto de sistemas, tanto con sustrato como hidropónicos, se utilizarán las siguientes especies:

6.4 Plantas para muros hidropónicos y otros elementos verticales	Sol	Semisombra	Sombra	Caliente	Templado	Frío	Húmedo	Seco	Rápido	Lento	Agarrador	Hidropónico	Figura	
	Luz		Clima Tropical			Agua	Crecimiento			Observaciones	Nº			
<i>Ajuga atropurpurea</i>	X						X	X		X	X		Hojas verdes y moradas - flores	73
<i>Ajuga reptans</i>	X	X					X	X			X		Hojas verdes y moradas - flores	74
<i>Alchemilla mollis</i>	X				X	X	X	X				X	Follaje	75
<i>Alocasia plumbea</i>		X		X			X	X					Hojas grisáceo - plomizo	76
<i>Anthurium andreaeanum</i>		X	X	X	X		X	X				X	Flores rojas, blancas, anaranjadas	77
<i>Anthurium crystallinum</i>		X	X		X		X		X		X		Hojas con nervaduras vistosas	78
<i>Aptenia cordifolia</i>	X	X		X	X	X		X	X			X	Flores rojo púrpura	79
<i>Asplenium nidus-avis</i>			X	X			X		X				Follaje	80
<i>Asplenium scolopendrium</i>			X				X		X				Follaje	81
<i>Astilbe</i>			X			X	X		X				Flores	82
<i>Baccharis genistelloides</i>	X					X	X		X			X	Follaje	83
<i>Begonia evansiana</i>		X	X			X			X			X	Follaje flor	84
<i>Bergenia crassifolia</i>	X		X		X	X	X			X			Follaje Flor	85
<i>Blechnum spicant</i> ("Helecho")			X			X	X					X	Follaje	86
<i>Bromeliaceae guzmania</i>		X	X		X	X		X	X				Flor	87
<i>Carex siderostica</i>	X	X			X			X	X			X	Follaje	88
<i>Carex testacea</i>	X	X			X			X	X				Follaje	89
<i>Ceropegia lineare subsp. Woodii</i>		X	X		X	X		X	X				Follaje	90

...continúa

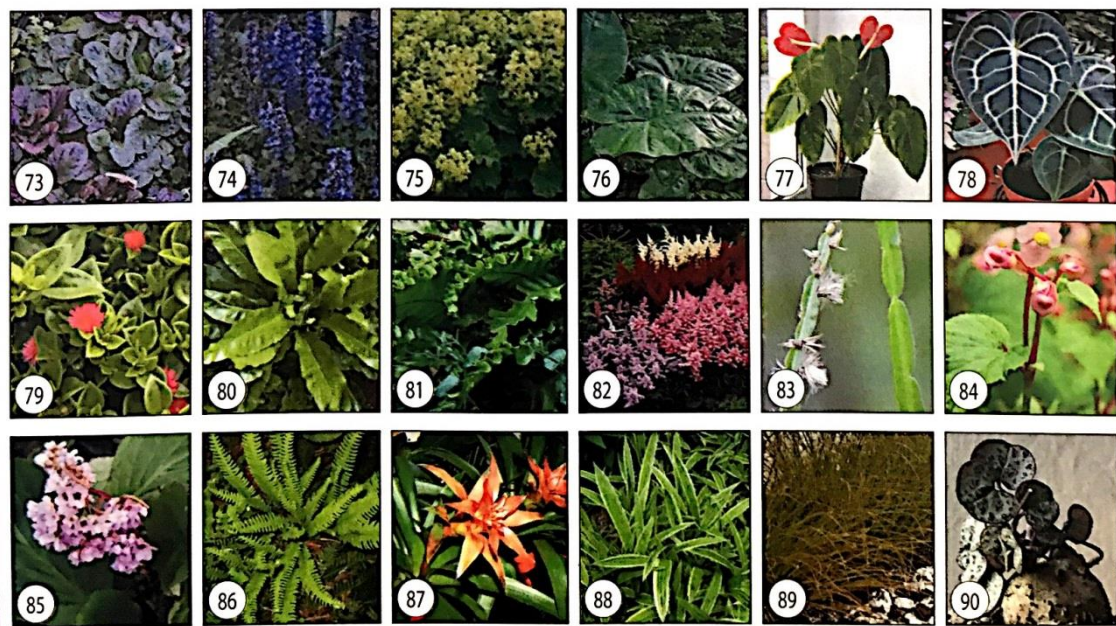


Ilustración 19: Tipos de plantas para sistemas de fachadas vegetales hidropónicas y con sustrato. ("Muros y fachadas verdes, jardines verticales", Gernott Minke, 2014).

6.4 Plantas para muros hidropónicos y otros elementos verticales	Sol	Semisombra	Sombra	Caliente	Templado	Frío	Húmedo	Seco	Rápido	Lento	Agarrador	Hidropónico	Figura	
	Nombre Científico (Nombre Común)	Luz		Clima Tropical			Agua	Crecimiento			Observaciones	Nº		
<i>Chrysanthemum</i>	X				X	X	X		X			X	Flor	91
<i>Codiaeum variegatum</i>	X			X	X		X		X			X	Follaje colorido	92
<i>Convolvulus sabaticus</i>	X					X		X	X		X		Flor	93
<i>Cornus suecica</i>		X				X				X	X	X	Follaje flor	94
<i>Cryptanthus</i>		X	X	X				X		X			Rosetas 15 cm ø	95
<i>Curculigo capitulata</i>			X		X	X	X		X			X	Hojas como palmas	96
<i>Cyrtomium falcatum</i>		X	X		X	X	X			X			Follaje	97
<i>Davallia</i> ("Helecho")			X	X			X				X		Follaje	98
<i>Epimedium peralchicum</i>			X			X							Follaje flor	99
<i>Eschscholtzia californica</i>	X				X	X		X	X				Flores anaranjadas	100
<i>Euphorbia robbiae</i>	X	X			X	X	X		X			X	Follaje	101
<i>Ficus pumila</i> ("Uña de gato")	X				X	X	X		X		X	X	Follaje	102
<i>Fittonia Verschafteltti</i>		X			X		X		X			X	Hojas llamativas	103
<i>Fragaria</i> ("Fresa")	X					X	X		X		X	X	Frutas	104
<i>Geranium palustre</i>		X			X	X	X		X				Flor	105
<i>Geranium soboliferum</i>		X			X	X	X		X			X	Flor	106
<i>Gynura</i>	X			X	X		X		X			X	Hojas coloridas	107
<i>Hakonechloa macra</i>	X	X			X	X	X		X				Follaje	108

...continúa



Ilustración 20: Tipos de plantas para sistemas de fachadas vegetales hidropónicas y con sustrato. ("Muros y fachadas verdes, jardines verticales", Gernott Minke, 2014).

6.4 Plantas para muros hidropónicos y otros elementos verticales							Sol	Semisombra	Sombra	Caliente	Templado	Frío	Húmedo	Seco	Rápido	Lento	Agarrador	Hidropónico	Figura
Nombre Científico (Nombre Común)	Luz			Clima Tropical			Agua	Crecimiento			Observaciones	Nº							
<i>Hedera helix</i> ("Hiedra")			X			X	X			X								Follaje	109
<i>Hederocentron elegans</i>	X					X	X			X								Flor	110
<i>Hemigraphis colorata</i>	X			X			X			X							X	Hojas verde y violáceo	111
<i>Heuchera</i>		X				X	X			X							X	Follaje flor	112
<i>Hosta venusta</i>		X	X			X	X			X								Follaje	113
<i>Houttuynia</i>	X					X	X											Follaje colorido	114
<i>Lamprantus productus</i>	X				X	X				X	X							Flores púrpura	115
<i>Lespedeza</i>						X	X	X									X	Colgante	116
<i>Luzula sylvatica</i>			X			X	X						X	X	X			Follaje	117
<i>Maranta leuconeura</i>		X		X			X			X							X	Hojas variegadas	118
<i>Monstera</i>			X	X	X		X							X				Hojas grandes perforadas	119
<i>Nephrolepis exaltata</i> ("Helecho")			X		X		X											Follaje	120
<i>Ophiopogon jaburan</i>		X				X	X			X								Hojas verde claro	121
<i>Ophiopogon japonicus</i> ("Pasto mondo")	X				X	X	X							X	X			Follaje	122
<i>Phlebodium sp</i>			X			X	X			X							X	Follaje	123
<i>Platynerium</i> ("Helecho")			X	X	X		X							X			X	Follaje	124
<i>Plectranthus coleoides</i>		X		X			X			X								Hojas con borde crema o blanco	125
<i>Polygonum persicaria</i>	X	X			X	X	X			X							X	Follaje	126

...continúa






































Ilustración 21: Tipos de plantas para sistemas de fachadas vegetales hidropónicas y con sustrato. ("Muros y fachadas verdes, jardines verticales", Gernott Minke, 2014).

6.4 Plantas para muros hidropónicos y otros elementos verticales	Sol	Semisombra	Sombra	Caliente	Templado	Frío	Húmedo	Seco	Rápido	Lento	Agarrador	Hidropónico	Observaciones	Figura
	Luz	Clima Tropical			Agua	Crecimiento						Nº		
<i>Polypodium vulgare</i> ("Helecho")			X		X							X	Follaje	127
<i>Ruellia squarrosa</i>	X	X		X			X		X			X	Flores moradas	128
<i>Ruscus</i>			X	X	X		X				X		Follaje	129
<i>Salvia greggii, Salvia microphylla</i>		X				X		X	X			X	Follaje flor	130
<i>Saxifraga sarmentosa, s. stolonifera</i>			X				X				X	X	Plantas en rosetas - Follaje	131
<i>Saxifraga tomentosa sarmentosa</i>		X				X	X				X	X	Plantas en rosetas - Follaje	132
<i>Sedum camtschaticum, s. spurium</i>	X				X	X		X	X				Follaje flor	133
<i>Sedum spectabile, s. telephium</i>	X				X	X		X	X				Follaje flor	134
<i>Spathiphyllum cannifolium</i>		X		X			X		X			X	Flores blancas	135
<i>Synponium sp.</i>			X	X	X		X		X			X	Follaje variegado	136
<i>Tolmiea</i>			X			X	X		X		X	X	Follaje	137
<i>Tradescantia zebrina</i>	X	X		X	X		X		X			X	Colgante	138
<i>Trifolium elegans</i>	X					X	X		X				Follaje	139
<i>Vinca major</i>		X			X	X	X		X		X		Flores azul morado, colgante	140
<i>Xanthosoma lindenii</i>		X		X			X		X			X	Hojas con nervaduras blancas	141
														142
														143
														144

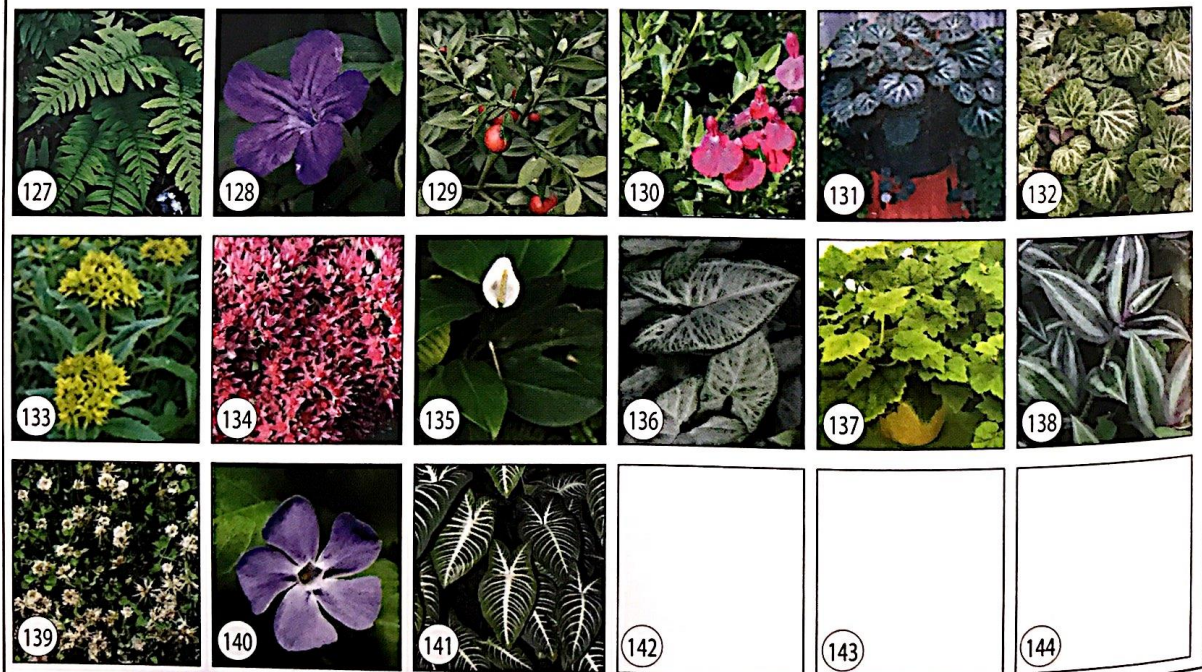


Ilustración 22: Tipos de plantas para sistemas de fachadas vegetales hidropónicas y con sustrato. ("Muros y fachadas verdes, jardines verticales", Gernott Minke, 2014).

También haremos referencia a especies comestibles que se pueden dar en jardines verticales, como veremos a continuación en la tabla:

6.5 Plantas con hojas o frutas para comer		Sol	Semisombra	Sombra	Caliente	Templado	Frío	Húmedo	Seco	Rápido	Lento	Figura	
Nombre Científico (Nombre Común)	Luz	Clima Tropical			Agua	Crecimiento		Observaciones		Nº			
<i>Anethum graveolens</i>	X					X	X		X			Condimento	145
<i>Artemisia dracunculis</i>	X				X	X	X		X			Aromática	146
<i>Capsicum frutescens</i>	X				X	X		X	X			Condimento	147
<i>Cucumis sativus</i>	X				X	X		X	X			Ensalada	148
<i>Cymbopogon citratus</i>	X				X	X		X		X		Aromática	149
<i>Foeniculum vulgare</i>	X					X	X		X			Aromática	150
<i>Fragaria vesca</i>	X					X	X		X			Fruta	151
<i>Lactuca sativa</i>	X				X	X	X	X	X			Ensalada	152
<i>Lycopersicon esculentum</i>	X				X	X		X	X			Fruta, Condimento	153
<i>Melissa officinalis</i>	X				X	X	X		X			Aromática	154
<i>Mentha piperita</i>	X					X	X		X			Aromática	155
<i>Ocimum basilicum</i>	X				X	X		X	X			Aromática, Condimento	156
<i>Origanum majorana</i>	X					X	X			X		Condimento	157
<i>Passiflora alata</i>	X				X	X	X			X		Fruta	158
<i>Passiflora edulis edulis</i>	X				X	X	X			X		Fruta	159
<i>Passiflora ligularis</i>	X				X		X			X		Fruta	160
<i>Passiflora maliformis</i>	X				X		X			X		Fruta	161
<i>Passiflora tripartita</i>	X					X	X			X		Fruta	162

...continúa

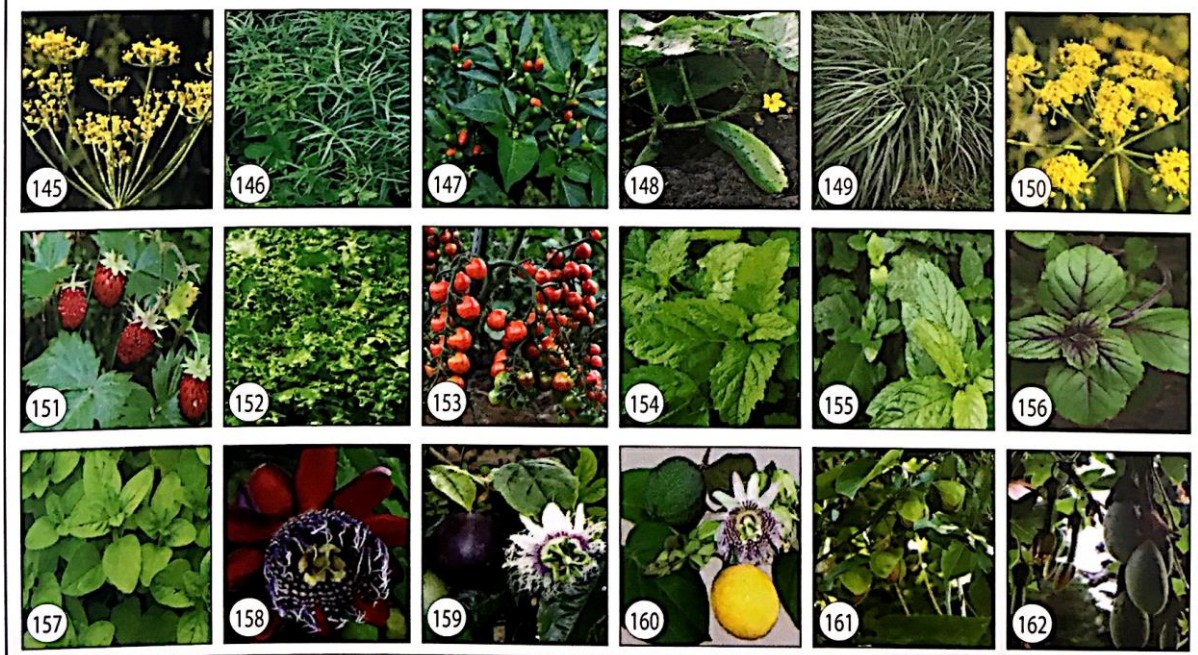


Ilustración 23: Tipos de plantas frutales y aromáticas para sistemas de fachadas vegetales hidropónicas y con sustrato. ("Muros y fachadas verdes, jardines verticales", Gernott Minke, 2014).

6.5 Plantas con hojas o frutas para comer											Figura		
Nombre Científico (Nombre Común)	Sol	Semisombra	Sombra	Caliente	Templado	Frío	Húmedo	Seco	Rápido	Lento	Agarrador	Observaciones	Nº
	Luz	Clima Tropical			Agua	Crecimiento							
<i>Petroselinum crispum</i>	X					X	X		X			Ensalada	163
<i>Portulaca oleracea</i>	X			X				X	X			Ensalada	164
<i>Poterium sanguisorba</i>	X				X	X			X			Ensalada, sopa y vinagre	165
<i>Rheum rhabarbarum</i>	X				X	X				X		Confitar	166
<i>Rosmarinus officinalis</i>	X				X	X	X		X			Condimento	167
<i>Rubus idaeus</i>	X				X	X			X			Fruta	168
<i>Rumex acetosa</i>	X				X	X			X			Ensalada, Sopa	169
<i>Salvia officinalis</i>	X				X	X			X			Aromática	170
<i>Satureja hortensis</i>	X				X	X				X		Condimento	171
<i>Spinacia oleracea</i>	X				X	X			X			Ensalada, Sopa	172
<i>Thymus vulgare</i>	X				X	X				X		Condimento	173
<i>Tropaeolum major</i>	X			X	X	X			X			Ensalada	174
<i>Vanilla fragans</i>		X		X			X			X		Aromatizar	175

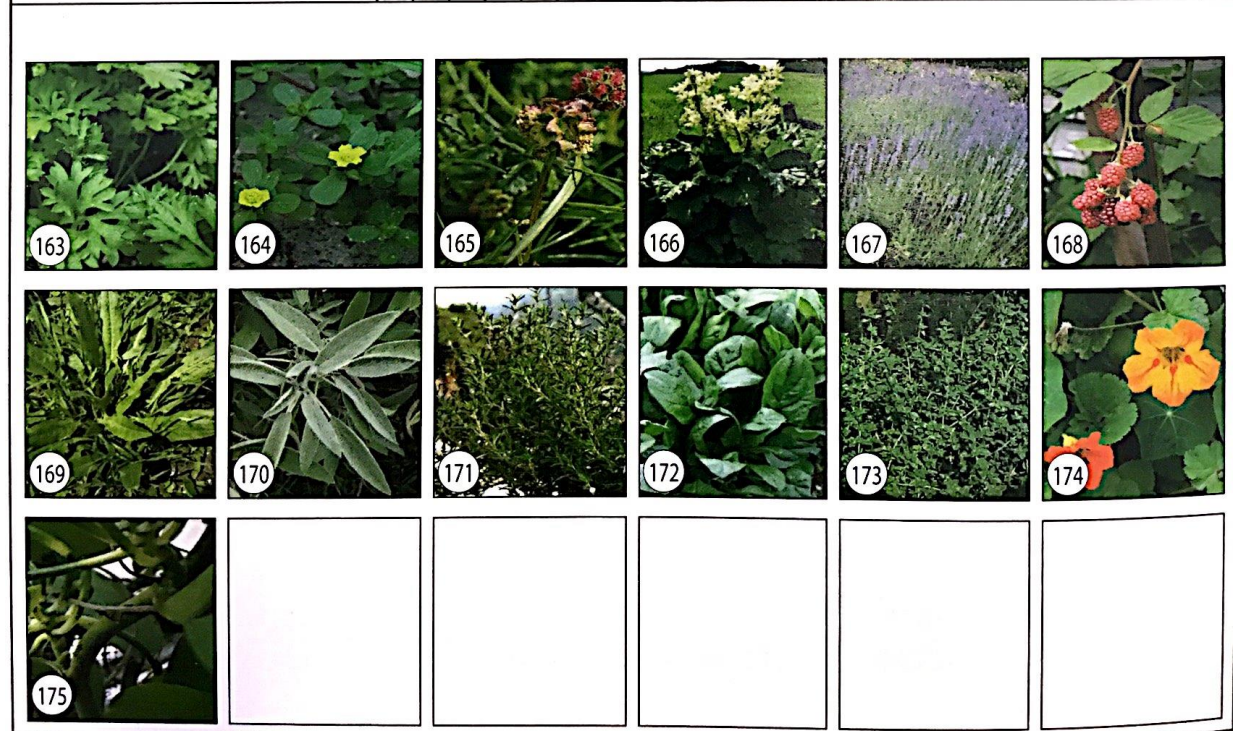


Ilustración 24: Tipos de plantas frutales y aromáticas para sistemas de fachadas vegetales hidropónicas y con sustrato. ("Muros y fachadas verdes, jardines verticales", Gernott Minke, 2014).

Además las plantas se deberán de tratar mediante insecticidas naturales y de bajo impacto ambiental para evitar el crecimiento de plagas en nuestra vegetación. Hay algunas condiciones que hacen que puedan aumentar las probabilidades de la aparición de plagas no deseadas (recordamos que tener insectos en el jardín vertical no es malo, pero tener una gran cantidad de especies o una gran cantidad de insectos de la misma especie no es aconsejable). El hecho de tener el sustrato muy húmedo y que no esté lo suficientemente ventilado puede favorecer la aparición de insectos haciendo que nuestros tratamientos no sean tan efectivos. También es importante señalar uno de los grandes problemas de la fitopatología, los hongos.

Actualmente, la gestión integrada de las plagas hace que tengamos la posibilidad de controlar las plagas de insectos malignos con insectos beneficiosos, esto supone una gran ventaja ya que a parte de la apuesta por la sostenibilidad que supone la jardinería vertical, reducimos el uso de pesticidas e insecticidas.

Por su parte, el control de hongos suele ser más efectivo realizando limpiezas frecuentes de hojas muertas, favoreciendo la ventilación y eliminando los focos que no puedan ser contrarrestados.

3.2. PATENTE PATRICK BLANC.



WEB FABRICANTE: <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/>

LUGAR DE COMERCIALIZACIÓN: Francia

Sistema ideado por el botánico francés Patrick Blanc, el pionero en cuanto a los sistemas de fachadas vegetales hidropónicas. Consiste en superponer diferentes elementos que garanticen el crecimiento, riego y fijación de las raíces de las plantas. Se coloca una estructura metálica de aluminio a 5cm de distancia de la fachada, dejando una cámara de aire intermedia que asegure el aislamiento del muro portador. A continuación se incorpora a dicha estructura unas planchas de PVC expandido de 10mm de espesor para que haga de impermeabilizante y a continuación se grapan a las planchas dos capas de fieltro de poliamida, mediante arandelas de fijación cada 0,5m, que será lo que sustituya al sustrato como medio de enraizamiento, además de ser el medio físico por donde discurra el agua de riego, ya que dispone de gran capilaridad y retención de agua. El riego se efectúa por goteo mediante hidroponía. Al carecer de sustrato, todos los nutrientes se administran por medio de electroválvulas acopladas a un distribuidor de solución nutritiva por medio del riego.



Ilustración 25: Fachada verde Caixa Forum de Madrid, diseñada por el botánico francés Patrick Blanc.

El sistema de riego hidropónico se compone de tuberías de PEX (Polietileno reticulado) de 4mm de diámetro, con agujeros cada cierta distancia para asegurar el riego de todas las plantas del jardín vertical. El recorrido de estas tuberías va en serpentín, instalado entre las dos capas de fieltro, y con una distancia de 1m entre tramos horizontales. Además, el sistema de riego cuenta con drenaje inferior de recogida de agua sobrante, conectado a una bomba de elevación, que hace que se recupere el agua que no ha sido absorbida por la vegetación y la eleva hasta el depósito para ser reutilizada.

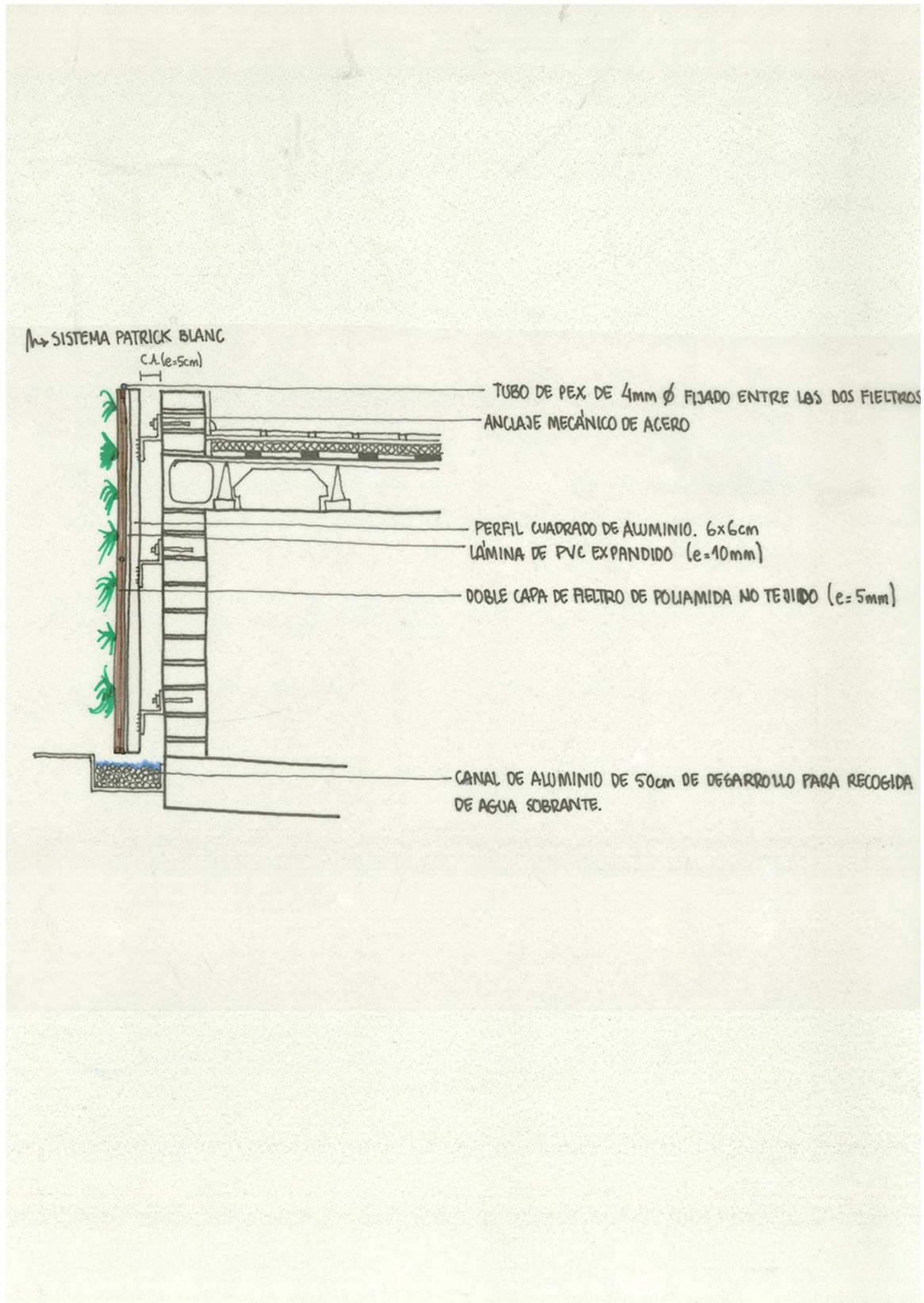


Ilustración 26: Detalle de elaboración propia del sistema Patrick Blanc.

3.2.1. MEDICIONES.

*Antes de comenzar con las mediciones de los diferentes sistemas es necesario acotar que **estas se han realizado en el supuesto de una fachada de 100 m², de 10 m de alto y 10 m de ancho en un edificio genérico situado en Santiago de Compostela. Se aplican las mismas condiciones para todos los sistemas objeto de estudio tanto en las mediciones como en el análisis del impacto ambiental.**

La base de precios utilizada es la **BEDEC (<http://itec.es/nouBedec.e/bedec.aspx>).

Nº de orden	Descripción	Nº PARTES IGUALES	DIMENSIONES			MEDICIONES	
			LONG	ANC	ALT	PARCIALES	TOTALES
	Capítulo 1: Sistema Patrick Blanc						
01.01	M2 Fachada vegetal Sistema Patrick Blanc.						
	M2 Fachada vegetal sistema Patrick Blanc compuesto por travesaños y montantes de acero galvanizado cada 3m de distancia y dejando una cámara de aire de 5cm de espesor respecto a la fachada, con lámina de PVC expandido de 10mm de espesor adheridas a la estructura metálica, y, dos laminas de fieltro de poliamida adheridas a la lámina de PVC. El sistema de fertirrigación se compone de tuberías de polietileno reticulado (PEX) de 4 mm de diametro, con una bomba para elevar hasta el depósito el agua sobrante y que es recogida por una canaleta de aluminio de 25 cm de ancho en la parte inferior del sistema. Incluso anclajes a la fachada, totalmente colocado. Sin contar el coste de los elementos vegetales.						
	Superficie fachada	1	10,00		10,00	100,00	
							100,00
01.02	U Bomba						
	Grupo hidráulico ESIMPLEX de una vía con bomba de circulación de caudal 13l/min, con controlador diferencial de 4 entradas y 1 salida, ref. B66904001 de la serie Grupo hidráulico de BUTECH. BNLA1551H3XS						
		1				1,00	
							1,00
01.03	M canal de aluminio						
	Canal exterior de sección rectangular, de plancha de aluminio lacado, de 0,8 mm de espesor, de 20 cm de ancho y 50 cm de desarrollo, incluidas las piezas especiales de soporte. B5ZH222A						
		1	10,00			10,00	
							10,00

M2 Fachada vegetal Sistema Patrick Blanc.

M2 Fachada vegetal sistema Patrick Blanc compuesto por perfiles de 6x4cm de aluminio anodizados cada 1m de distancia y dejando una cámara de aire de 5cm de espesor respecto a la fachada, con lámina de PVC expandido de 10mm de espesor adheridas a la estructura metálica, y, dos laminas de fieltro de poliamida adheridas a la lámina de PVC de 5mm de espesor cada una. El sistema de fertirrigación se compone de tuberías de polietileno reticulado (PEX) de 4 mm de diametro y 1,3mm de espesor, con una bomba para elevar hasta el depósito el agua sobrante y que es recogida por una canaleta de aluminio de 50cm de desarrollo en la parte inferior del sistema. Incluso anclajes a la fachada, totalmente colocado. Sin contar el coste de los elementos vegetales. Referencias de los materiales en base de datos Bedec.

PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN		CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
PERFILES ALUMINIO	B83ZCHJ4	1,8870	m/m2	10,06	€/m	18,98	€/m2
PVC EXPANDIDO (E=15mm)	B7421F00F5ZJ	1,1000	m2/m2	9,00	€/m2	9,90	€/m2
FIELTRO DE POLIAMIDA NO TEJIDO	B7B111B0	2,2000	m2/m2	0,83	€/m2	1,83	€/m2
CANAL DE ALUMINIO	B5ZH222A		m/m2	26,40	€/m		€/m2
POLIETILENO RETICULADO (PEX) DIÁMETRO 4mm	BFB42251	1,0000	m/m2	0,71	€/m	0,71	€/m2
	10%pérdidas	s/	31,42			3,77	€/m2
TOTAL PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN						35,19	€/m2

MANO DE OBRA		CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
			h/m2		€/h		€/m2
			h/m2		€/h		€/m2
TOTAL MANO DE OBRA						0,00	€/m2

MEDIOS AUXILIARES		CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
TOTAL MEDIOS AUXILIARES						0,00	€/m2

TOTAL COSTE SECO						35,19	€/m2
6% COSTE DIRECTO COMPLEMENTARIO						2,11	€/m2
TOTAL COSTES DIRECTOS						37,30	€/m2
9% COSTES INDIRECTOS DE EJECUCIÓN						3,36	€/m2
TOTAL PRECIO UNITARIO						40,66	€/m2

Nº de	Nº de	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
Orden	UNIDADES		€	€
CAPITULO 1: SISTEMA PATRICK BLANC				
01.01	100,00	M2 Fachada vegetal Sistema Patrick Blanc.	40,66	4066,00
		M2 Fachada vegetal sistema Patrick Blanc compuesto por travesaños y montantes de acero galvanizado cada 3m de distancia y dejando una cámara de aire de 5cm de espesor respecto a la fachada, con lámina de PVC expandido de 10mm de espesor adheridas a la estructura metálica, y, dos laminas de fieltro de poliamida adheridas a la lámina de PVC. El sistema de fertirrigación se compone de tuberías de polietileno reticulado (PEX) de 4 mm de diámetro, con una bomba para elevar hasta el depósito el agua sobrante y que es recogida por una canaleta de aluminio de 25 cm de ancho en la parte inferior del sistema. Incluso anclajes a la fachada, totalmente colocado. Sin contar el coste de los elementos vegetales.		
01.02	1,00	U Bomba	543,22	543,22
		Grupo hidráulico ESIMPLEX de una vía con bomba de circulación de caudal 13l/min, con controlador diferencial de 4 entradas y 1 salida, ref. B66904001 de la serie Grupo hidráulico de BUTECH. BNLA1551H3XS		
01.03	10,00	M canal de aluminio	26,40	264,00
		Canal exterior de sección rectangular, de plancha de aluminio lacado, de 0,8 mm de espesor, de 20 cm de ancho y 50 cm de desarrollo, incluidas las piezas especiales de soporte. B5ZH222A		
		PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)		4873,22
		16 % GASTOS GENERALES DE EMPRESA (GGE)		779,72
		6% BENEFICIO INDUSTRIAL (BI)		292,39
		PRESUPUESTO DE CONTRATA (PEC)		5945,33
		21% IVA		1187,12
		PRESUPUESTO DE LICITACIÓN		7132,44

3.2.2. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.

*Antes de comenzar con el análisis del impacto medioambiental, cabe acotar que se ha utilizado Santiago de Compostela como el emplazamiento del edificio a estudiar, de 100 m² de fachada. **Además se ha estimado un ciclo de vida de 1 año para todos los materiales empleados en los diferentes sistemas y sin contar con el reciclado posterior, una vez se retiren los materiales al final de su ciclo de vida.** Este análisis se ha efectuado con el programa CES Edupack, programa elaborado por la universidad de Cambridge y ha sido comparado con la base de datos Bedec (sin contar el transporte). **Se aplican las mismas condiciones para todos los sistemas objeto de estudio.**

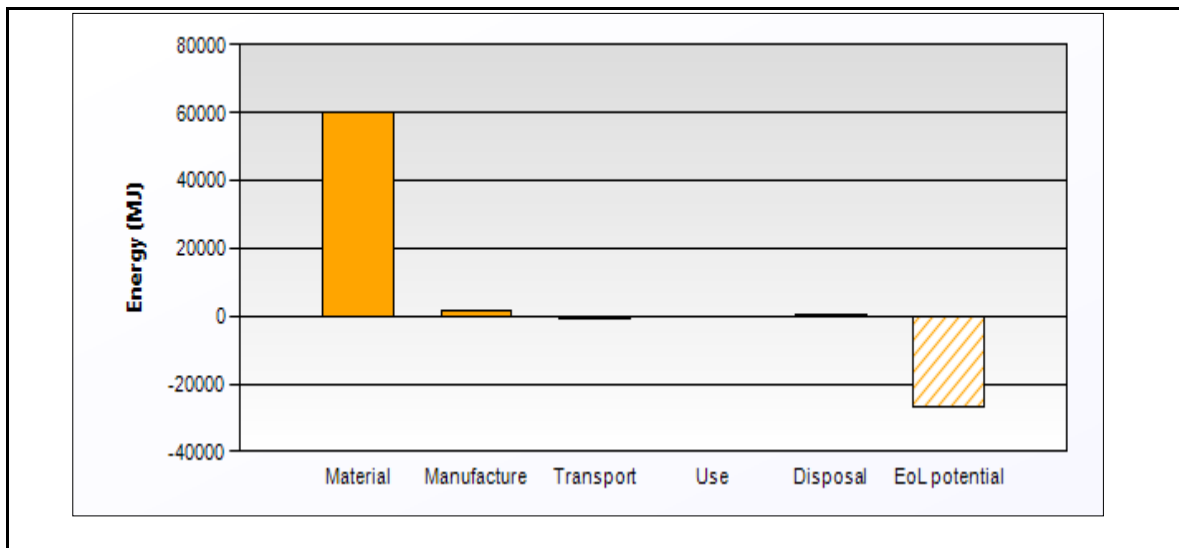


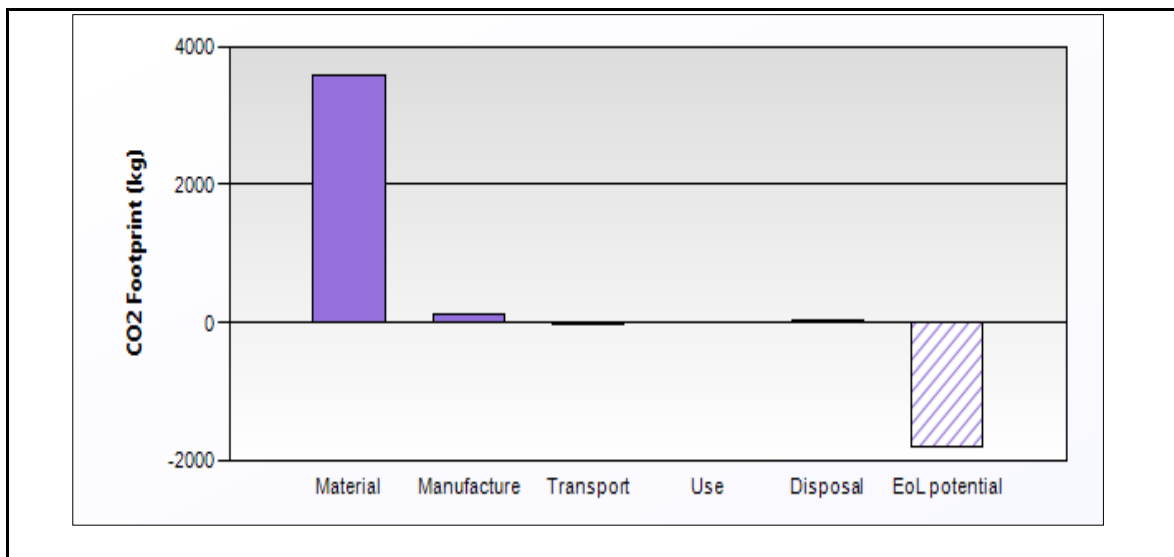
INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Nombre SISTEMA PATRICK BLANC

Ciclo de vida (años) 1

Energía y huella de CO2:





Fases	Energía (MJ)	Energía (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
Material	60.100	96.5	3.570	95.7
Manufacturación	1.760	2.8	132	3.5
Transporte	59.3	0.1	4.21	0.1
Uso	0	0.0	0	0.0
Eliminación de residuos	361	0.6	25.2	0.7
Total	62.300	100	3.740	100
Fin del ciclo de vida	-26.600		-1.800	



INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Análisis de energía

	Energía (MJ)
Consumo de energía	62.000

Desglose detallado de las diferentes fases de vida de cada material

Material:

Componente	Material	Contenido reciclado (%)	Masa (kg)	Cantidad	Masa total	Energía (MJ)	%
ALUMINIO	Aleación de aluminio forjado, (6061, T4)	(0%)	135	1	135	28.000	46.8
LÁMINA PVC	Policloruro de vinilo (PVC)	(0%)	143	1	143	8.300	13.8
GEOTEXTIL POLIAMIDA	Geotextiles	(0%)	330	1	330	24.000	39.2
PEX	Polietileno (PE)	(0%)	1.6	1	1.6	130	0.2
Total				4	610	60.000	100

Manufacturación:

Componentes	Proceso	Cantidad procesada (Kg)	Energía (MJ)	%
ALUMINIO	Extrusión, laminación	135	900	51.0
LÁMINA PVC	Extrusión	143	850	48.4
PEX	Extrusión	1.6	9.6	0.5
Total			1.800	100

Transporte:

Desglose de transporte

Masa total de material = 610 kg

Componentes	Tipo de transporte	Distancia (km)	Energía (MJ)	%
Perfil aluminio	Camión de 14 toneladas	6.5	3.4	5.7
Lamina PVC	Camión de 14 toneladas	6.4	3.3	5.6
Geotextil poliamida	Camión de 14 toneladas	95	49	83.1
PEX	Camión de 14 toneladas	6.4	3.3	5.6
Total		110	59	100

Desglose por componentes

Componentes	Masa de cada componente (kg)	Energía (MJ)	%
ALUMINIO	135	13	22.1
LÁMINA PVC	143	14	23.5
GEOTEXTIL POLIAMIDA	330	32	54.1
PEX	1.6	0.15	0.3
Total	610	59	100

Disposición:

Componentes	Final del ciclo de vida	Energía (MJ)	%
ALUMINIO	Reciclado	95	26.2
LÁMINA PVC	Reciclado	100	27.8
GEOTEXTIL POLIAMIDA	Reutilización	170	45.7
PEX	Reciclado	1.1	0.3
Total		360	100

Final de ciclo de vida:

Componentes	Final de ciclo de vida	Energía recuperada (MJ)	%
ALUMINIO	Reciclado	-23.000	87.8
LÁMINA PVC	Reciclado	-3.200	12.0
GEOTEXTIL POLIAMIDA	Reutilización	0	0.0
PEX	Reciclado	-49	0.2
Total		-27.000	100

Análisis de huella de CO2

	CO2 (kg)
Emisiones de CO2	3.740

Desglose detallado de las fases de vida

Materiales:

Componentes	Material	Contenido reciclado (%)	Masa (kg)	Cantidad	Masa total (kg)	Huella de CO2 (kg)	%
ALUMINIO	Aleación de aluminio forjado, (6061, T4)	(0%)	135	1	135	1.700	48.5
LÁMINA PVC	Policloruro de vinilo (PVC)	(0%)	143	1	143	360	10.0
GEOTEXTIL POLIAMIDA	Geotextiles	(0%)	330	1	330	1.500	41.4
PEX	Polietileno (PE)	(0%)	1.6	1	1.6	4.3	0.1
Total				4	610	3.600	100

Manufacturación:

Componentes	Proceso	Cantidad procesada (Kg)	Huella de CO2 (kg)	%
ALUMINIO	Extrusión, laminación	135	67	51.0
LÁMINA PVC	Extrusión	143	64	48.4
PEX	Extrusión	1.6	0.72	0.5
Total			130	100

Transporte:

Desglose de transporte

Masa total de material = 610 kg

Componente	Transporte	Distancia (km)	Huella de CO2 (kg)	%
Perfil aluminio	Camión de 14 toneladas	6.5	0.24	5.7
Lamina PVC	Camión de 14 toneladas	6.4	0.24	5.6
Geotextil poliamida	Camión de 14 toneladas	95	3.5	83.1
PEX	Camión de 14 toneladas	6.4	0.24	5.6
Total		110	4.2	100

Desglose por componentes

Componentes	Masa de componentes (kg)	Huella de CO2 (kg)	%
ALUMINIO	135	0.93	22.1
LÁMINA PVC	143	0.99	23.5
GEOTEXTIL POLIAMIDA	330	2.3	54.1
PEX	1.6	0.011	0.3
Total	610	4.2	100

Disposición:

Componentes	Opción de final de ciclo de vida	Huella de CO2 (kg)	%
ALUMINIO	Reciclado	6.6	26.2
LÁMINA PVC	Reciclado	7	27.8
GEOTEXTIL POLIAMIDA	Reutilización	12	45.7
PEX	Reciclado	0.076	0.3
Total		25	100

Final de ciclo de vida:

Componentes	Opción de final de ciclo de vida	Huella de CO2 (kg)	%
ALUMINIO	Reciclado	-1.600	88.0
LÁMINA PVC	Reciclado	-210	11.8
GEOTEXTIL POLIAMIDA	Reutilización	0	0.0
PEX	Reciclado	-3	0.2
Total		-1.800	100

A continuación compararemos los resultados del impacto ambiental de la base de datos del programa CES Edupack, con el de otra base de datos (BEDEC) sin tener en cuenta las emisiones de CO₂ y gasto de energía en el transporte.

BASE DE DATOS	MJ/m ²	Kg CO ₂ /m ²
CES Edupack	619	37,4
BEDEC	211,58	39,57

3.2.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE ESTE SISTEMA.

La principal ventaja de este sistema es el reducido precio en comparación con otros sistemas de similar rendimiento además del poco peso que le supone a la fachada (20-25Kg/m²) y su fácil instalación.

En cuanto a sus inconvenientes, uno de los principales es la incorporación de la bomba de elevación, que supone un gasto energético superior al ahorro en climatización y calefacción. Además de este, se encuentran otros inconvenientes a nivel constructivo, en cuanto a la dificultad de realizar la soldadura entre los perfiles de aluminio y los anclajes al muro portador, que son de acero. Esta unión se realizaría mejor mediante un anclaje mecánico. En cuanto al mantenimiento, decir que es costoso, dado que hay que revisarlo a menudo ya que las raíces, al carecer de sustrato, tienden a perforar partes de la instalación o de la lámina de PVC que actúa como impermeabilizante. También cabe destacar el gran consumo de agua en sistemas hidropónicos como este, que ronda los 3-5 l/m² al día.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Sistema muy económico (40,66 €/m ²)	Mantenimiento elevado (27 €/m ² al año)
Fácil de instalar	Alto gasto de energía a nivel de producción de materiales, transporte, e instalación (619 MJ/m ²)
No es modular y se puede instalar en fachadas de cualquier geometría	Unión soldada de perfiles de aluminio con anclajes de acero
Poco peso por metro cuadrado (20-25 kg/m ²)	Problemas en las instalaciones a causa de perforaciones de las raíces
No utiliza sustrato natural	Filtro de poliamida tiene alto impacto ambiental
Aprovechamiento del agua sobrante (ciclo de agua cerrado)	Altas emisiones de CO ₂ durante su ciclo de vida (37,4 Kg CO ₂ /m ²)
Sistema uniforme y con pocas juntas	Uso de bomba de elevación para aprovechamiento de agua sobrante
	Baja resistencia térmica debido al poco espesor

Tabla 3: Ventajas e inconvenientes del Sistema Patrick Blanc (Tabla de elaboración propia).

3.3. SISTEMA “ELT” (ELEVATED LANDSCAPE TECHNOLOGIES).

- ✚ WEB FABRICANTE: <http://www.eltlivingwalls.com/>
- ✚ LUGAR DE COMERCIALIZACIÓN: Canadá

Es un Sistema modular fabricado de Polietileno de alta densidad (HDPE) 100% reciclado, a modo de cajoneras, las cuales contienen el sustrato. Cada panel, de dimensiones 30x30x9,8 cm, dispone de 10 celdas individuales, para garantizar que todas las plantas reciban la misma cantidad de sustrato, y cuatro aberturas para albergar las conducciones de la instalación de riego. Los paneles se anclan directamente a la fachada mediante dispositivos de cuelgue. Entre la fachada y los módulos se interpone una lámina EPDM como impermeabilizante, impidiendo que se filtre agua a la fachada portante. El sistema de riego se compone de tuberías de PEX (Polietileno reticulado) de 4mm de diámetro, con agujeros cada cierta distancia para asegurar el riego de todas las plantas del jardín vertical. El recorrido de estas tuberías va en serpentín, colocado en la parte superior de cada módulo. (Ficha técnica adjunta en el anexo).



Ilustración 27: Sistema ELT aplicado a una fachada en Venice Beach, California, EEUU.

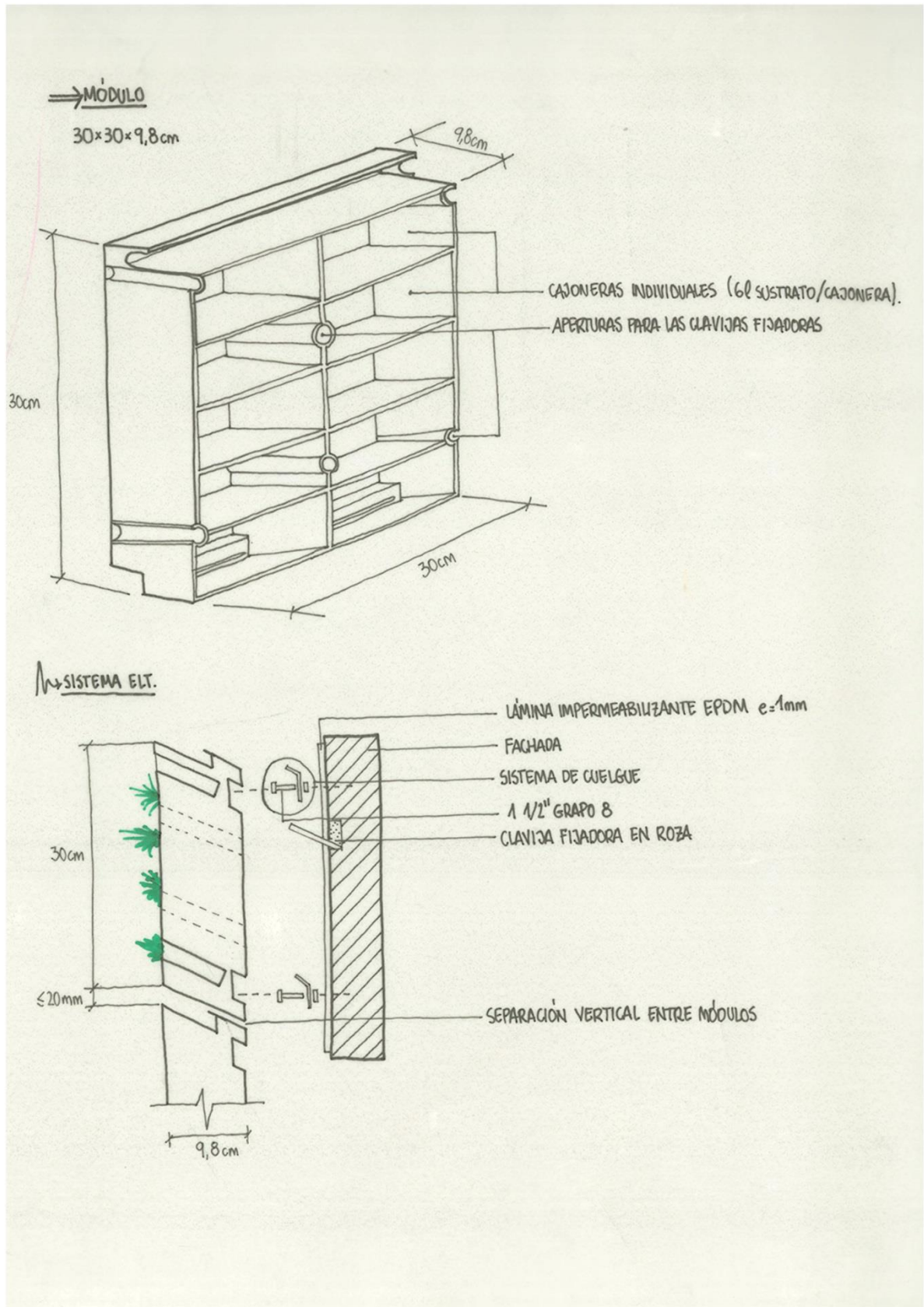


Ilustración 28: Detalle de elaboración propia del sistema ELT.

3.3.1. MEDICIONES.

Nº de orden	Descripción	Nº PARTES IGUALES	DIMENSIONES			MEDICIONES	
			LONG	ANC	ALT	PARCIALES	TOTALES
	Capítulo 2: Sistema ELT						
02.01	M2 Fachada vegetal Sistema ELT						
	M2 Fachada vegetal sistema ELT compuesto por módulos de polietileno de alta densidad reciclado de dimensiones 30x30x9,8 cm con 10 celdas individuales donde se instala el sustrato y 4 aberturas para la instalación del riego, con lámina EPDM adherida a la fachada. El riego se compone de un sistema de canalizaciones de polietileno reticulado (PEX) de 8mm de diámetro. El sistema de riego esta completamente integrado en los paneles modulares, funciona con un caudal de 30l/h a 2,7 bares de presión.						
	Superficie fachada	1	10,00		10,00	100,00	
							100,00

M2 Fachada vegetal Sistema ELT						
<p>M2 Fachada vegetal sistema ELT compuesto por módulos de polietileno de alta densidad reciclado de dimensiones 30x30x9,8 cm con 10 celdas individuales donde se instala el sustrato y 4 aberturas para la instalación del riego, con lámina EPDM de 1mm de espesor adherida a la fachada. El riego se compone de un sistema de canalizaciones de polietileno reticulado (PEX) de 4mm de diámetro y 1,3mm de espesor. El sistema de riego esta completamente integrado en los paneles modulares, funciona con un caudal de 30l/h a 2,7 bares de presión.</p>						
PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN		CANTIDAD		PRECIO		TOTAL
MÓDULO HDPE (30X30X9,8cm)		10,4170	U/m2	15,00	€/U	156,26 €/m2
SUSTRATO VEGETAL		625,0000	l/m2	0,19	€/l	118,75 €/m2
POLIETILENO RETICULADO (PEX) DIÁMETRO 4mm	BFB42251COMF	9,2500	m/m2	0,71	€/m	6,57 €/m2
LÁMINA EPDM	B7621600	1,2000	m2/m2	5,75	€/m2	6,90 €/m2
						€/m2
	10%pérdidas	s/	288,48			34,62 €/m2
TOTAL PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN						323,10 €/m2
MANO DE OBRA		CANTIDAD		PRECIO		TOTAL
			h/m2		€/h	€/m2
			h/m2		€/h	€/m2
TOTAL MANO DE OBRA						0,00 €/m2
MEDIOS AUXILIARES		CANTIDAD		PRECIO		TOTAL
TOTAL MEDIOS AUXILIARES						0,00 €/m2
TOTAL COSTE SECO						323,10 €/m2
6% COSTE DIRECTO COMPLEMENTARIO						19,39 €/m2
TOTAL COSTES DIRECTOS						342,48 €/m2
9% COSTES INDIRECTOS DE EJECUCIÓN						30,82 €/m2
TOTAL PRECIO UNITARIO						373,31 €/m2

3.3.2. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.

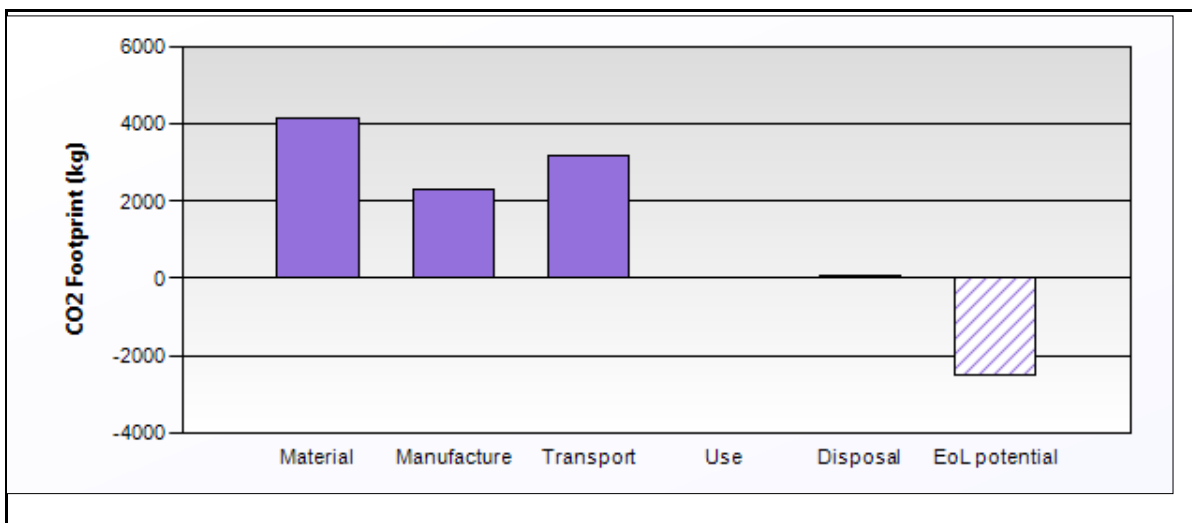
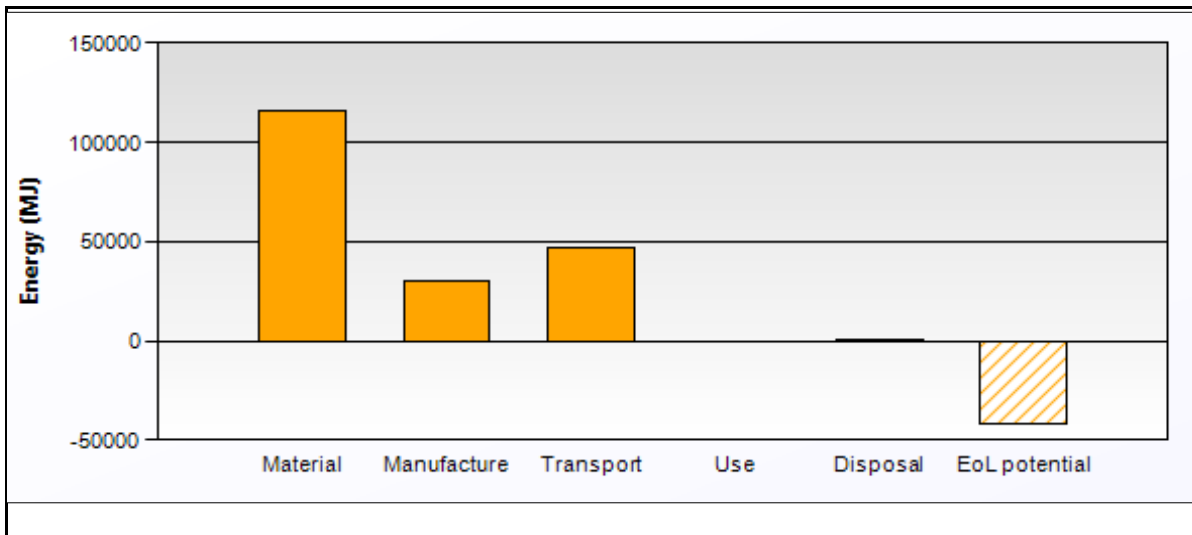


INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Nombre SISTEMA ELT

Ciclo de vida (años) 1

Energía y huella de CO2:



Fases	Energía (MJ)	Energía (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
Material	116.000	59.6	4.120	42.7
Manufacturación	30.500	15.7	2.300	23.9
Transporte	47.200	24.2	3.160	32.8
Uso	0	0.0	0	0.0
Eliminación de residuos	972	0.5	68	0.7
Total	195.000	100	9.650	100
Fin del ciclo de vida	-41.300		-2.520	



INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Análisis de energía

	Energía (MJ)
Consumo de energía	195.000

Desglose detallado de las diferentes fases de vida de cada material:

Materiales:

Componentes	Material	Contenido reciclado (%)	Masa (kg)	Cantidad	Masa total	Energía (MJ)	%
Módulo HDPE	Polietileno de alta densidad (HDPE)	0	1.300	1	1.300	110.000	91.2
Lámina EPDM	Etileno propileno terpolímero (EPDM)	0	100	1	100	9.800	8.4
PEX	Polietileno extruído(PEX)	0	5.2	1	5.2	420	0.4
Total				3	1.400	120.000	100

Manufacturación:

Componentes	Proceso	Cantidad procesada (Kg)	Energía (MJ)	%
Módulo HDPE	Moldeo	1.300	29.000	93.7
Lámina EPDM	Moldeo	100	1.800	5.9
PEX	Moldeo	5.2	110	0.4
Total			31.000	100

Transporte:

Desglose de transporte

Masa total de material = 1.400 kg

Componentes	Tipo de transporte	Distancia (km)	Energía (MJ)	%
Módulo HDPE	Carga aérea	4.000	47.000	99.7
Lámina EPDM	Camión de 14 toneladas	95	110	0.2
PEX	Camión de 14 toneladas	6.4	7.7	0.0
Total	Camión de 14 toneladas	4.100	47.000	100

Desglose por componentes

Componentes	Masa de cada componente (kg)	Energía (MJ)	%
Módulo HDPE	1.300	44.000	92.3
Lámina EPDM	100	3.500	7.3
PEX	5.2	170	0.4
Total	1.400	47.700	100

Disposición:

Componentes	Final del ciclo de vida	Energía (MJ)	%
Módulo HDPE	Reciclado	920	94.3
Lámina EPDM	Reutilización	52	5.3
PEX	Reciclado	3.6	0.4
Total		970	100

Final de ciclo de vida:

Componentes	Final de ciclo de vida	Energía (MJ)	%
Módulo HDPE	Reciclado	-41.000	99.6
Lámina EPDM	Reutilización	0	0.0
PEX	Reciclado	-160	0.4
Total		-41.000	100

Análisis de huella de CO2:

	CO2 (kg)
Emisiones de CO2	9.650

Desglose detallado de las fases de vida

Materiales:

Componentes	Material	Contenido reciclado (%)	Masa (kg)	Cantidad	Masa total (Kg)	Huella de CO2 (kg)	%
Módulo HDPE	Polietileno de alta densidad (HDPE)	0	1.300	1	1.300	3.600	88.3
Lámina EPDM	Etileno propileno termopolímero (EPDM)	0	100	1	100	470	11.3
PEX	Polietileno extruido (PEX)	0	5.2	1	5.2	14	0.3
Total				3	1.400	4.100	100

Manufacturación:

Componentes	Proceso	Cantidad procesada (kg)	Huella de CO2 (kg)	%
Módulo HDPE	Moldeo	1.300	2.200	93.4
Lámina EPDM	Moldeo	10	140	6.2
PEX	Moldeo	5.2	8.5	0.4
Total			2.300	100

Transporte:

Desglose de transporte

Masa total de material = 1.400 kg

Componente	Transporte	Distancia (km)	Huella de CO2 (kg)	%
Módulo HDPE	Carga aérea	4.000	3.200	99.7
Lámina EPDM	Camión de 14 toneladas	95	8.1	0.3
PEX	Camión de 14 toneladas	6.4	0.55	0.0
Total		4.100	3.200	100

Desglose por componentes

Componentes	Masa de cada componente (kg)	Huella de CO2 (kg)	%
Módulo HDPE	1.300	2.900	92.3
Lámina EPDM	100	230	7.3
PEX	5.2	12	0.4
Total	1.400	3.200	100

Disposición:

Componentes	Final de ciclo de vida	Huella de CO2 (kg)	%
Módulo HDPE	Reciclado	64	94.3
Lámina EPDM	Reutilización	3.6	5.3
PEX	Reciclado	0.25	0.4
Total		68	100

Final de ciclo de vida:

Componentes	Final de ciclo de vida	Huella de CO2 (kg)	%
Módulo HDPE	Reciclado	-2.500	99.6
Lámina EPDM	Reutilización	0	0.0
PEX	Reciclado	-9.9	0.4
Total		-2.500	100

A continuación compararemos los resultados del impacto ambiental de la base de datos del programa CES Edupack con el de otra base de datos (BEDEC) sin tener en cuenta las emisiones de CO₂ y gasto de energía en el transporte.

BASE DE DATOS	MJ/m ²	Kg CO ₂ /m ²
CES Edupack	1.478	64,9
BEDEC	842,35	124,36

3.3.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE ESTE SISTEMA.

La principal ventaja de este sistema es que se compone de paneles modulares que cuentan con aberturas para albergar las conducciones de la instalación de riego, lo cual supone una mayor facilidad en su instalación. Además los paneles no van anclados a la fachada, sino que se colocan mediante dispositivos de cuelgue, lo que facilita su reposición en caso de avería o rotura de alguno de los módulos.

En cuanto a sus inconvenientes cabe resaltar que no es un sistema económico (373,31€/m²) y que los materiales tienen un elevado impacto medioambiental (Polietileno, lamina EPDM) no solo en su producción, sino también en su reciclado, dado que las láminas EPDM no son reciclables y se convierten en un residuo cuando termina su ciclo de vida. Además de los ya citados, también es necesario destacar que, como puede ser una ventaja que los módulos no vayan anclados a la fachada, también puede ser un inconveniente que estén colocados mediante dispositivos de cuelgue, lo que puede aumentar el riesgo de caída debido a temporales o vientos de elevada velocidad. Otro de sus principales inconvenientes es que no reutiliza el agua sobrante del sistema de fertirrigación, lo cual aumenta el consumo de agua para el debido cuidado de la vegetación que albergue, aunque descienda el consumo de energía en comparación con el sistema de Patrick Blanc, dado que no es necesaria la instalación de una bomba de elevación.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Fácil de instalar	Alto coste (373,31 €/m ²)
Modular	Dispositivo de cuelgue para su fijación a la fachada
Las raíces de la vegetación no dañan la instalación de riego gracias a la alta densidad de los paneles de Polietileno y sus cavidades para albergar las canalizaciones	Lamina EPDM no es reciclable, es un desecho de alto impacto ambiental
Bajo mantenimiento (10 €/m ² al año)	Alto gasto de agua
Bajo gasto de agua (1-3 L/m ² al día)	Altas emisiones de CO ₂ (96,5 Kg CO ₂ /m ²)
	Alto gasto de energía a nivel de producción de materiales, transporte e instalación (1.950 MJ/m ²)

Tabla 4: Ventajas e inconvenientes del Sistema ELT (Tabla de elaboración propia).

3.4. SISTEMA G-SKY.

- ✚ WEB FABRICANTE: <http://gsky.com/>
- ✚ LUGAR DE COMERCIALIZACIÓN: Canadá y EEUU.

Consiste en paneles de polipropileno de 30x30 cm montados sobre bastidores de aluminio. Los paneles se llenan de sustrato natural y en la cara exterior se dispone una malla geotextil no tejida para evitar caídas y desprendimientos de sustrato. Entre los módulos y la fachada se dispone una lámina de PVC expandido para impermeabilizar la fachada. Todo el sistema va rematado con unos acabados de aluminio para los laterales y la parte superior. El riego se efectúa mediante fertirrigación por goteo mediante tuberías de PEX (Polietileno reticulado) de 4mm de diámetro, con agujeros cada cierta distancia para asegurar el riego de todas las plantas del jardín vertical. El recorrido de estas tuberías va en



Ilustración 29: Sistema G-Sky en Al-Shaheed Park in Kuwait City.

serpentín, por la parte superior de cada módulo. En la parte inferior de todo el sistema se dispone un drenaje para aprovechar el agua sobrante, la cual se devuelve al depósito por medio de una bomba elevadora. (Ficha técnica adjunta en el Anexo).

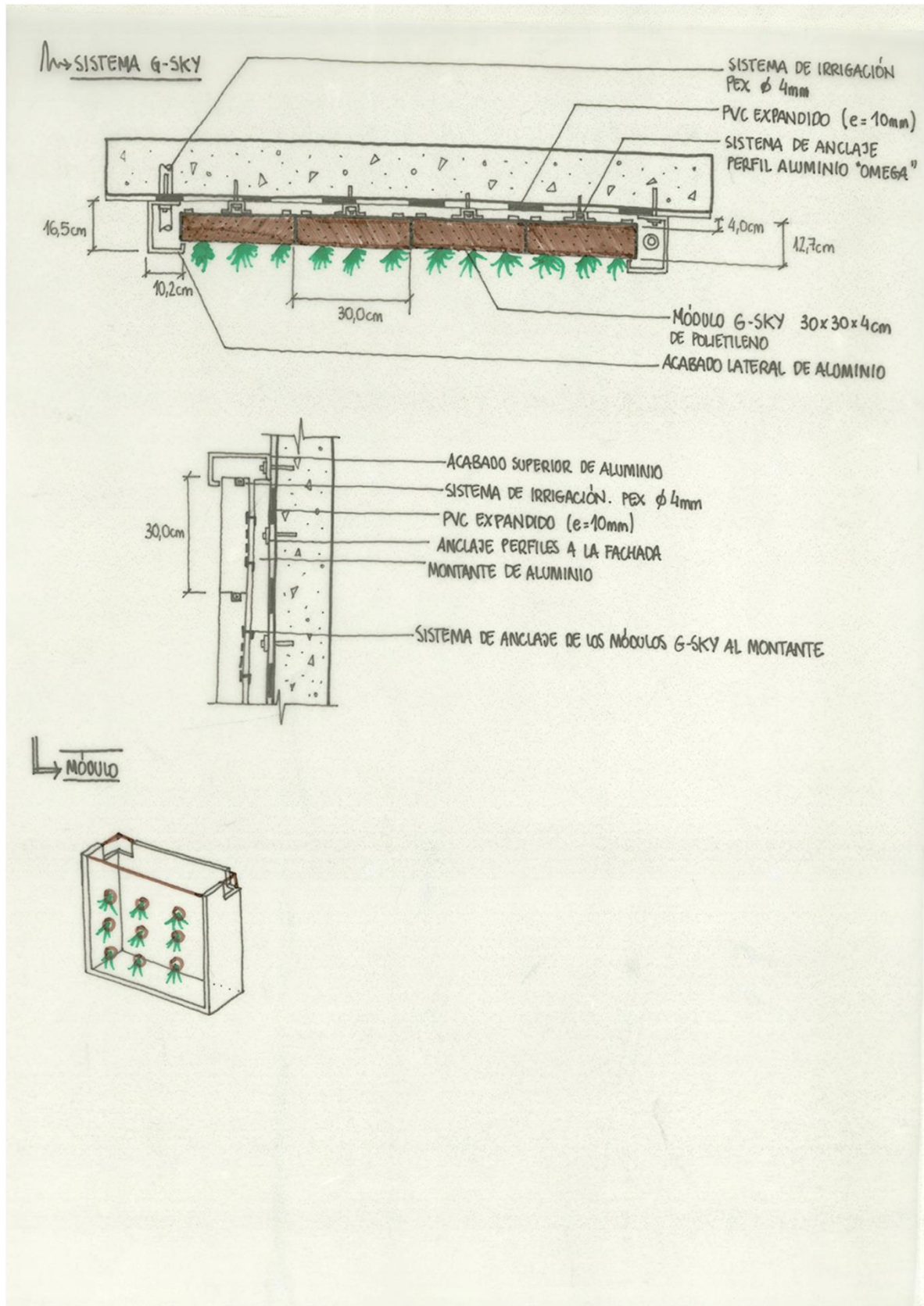


Ilustración 30: Detalle de elaboración propia del sistema G-Sky.

3.4.1. MEDICIONES.

Nº de orden	Descripción	Nº PARTES IGUALES	DIMENSIONES			MEDICIONES	
			LONG	ANC	ALT	PARCIALES	TOTALES
	Capítulo 3: Sistema G-Sky						
03.01	M2 Fachada vegetal Sistema G-Sky						
	M2 Fachada vegetal sistema G-Sky compuesto por una lámina de PVC expandido de 10mm de espesor, travesaños y montantes de acero galvanizado con una separación de 30 cm entre ellos, sobre la que se colocan los módulos de polipropileno de 30x30x4cm llenos con sustrato natural. En la cara exterior se dispone una malla geotextil no tejida. El riego se compone por canalizaciones de polietileno reticulado (PEX) de 4mm de diámetro, con un canalón de aluminio de drenaje en la parte inferior para la captación del agua sobrante y una bomba para el aprovechamiento del agua sobrante. Los acabados para el remate de los bordes se realizan con chapas de aluminio de diferentes medidas, según casos particulares.						
	Superficie fachada	1	10,00		10,00	100,00	
							100,00
03.02	U Bomba						
	Grupo hidráulico ESIMPLEX de una vía con bomba de circulación de caudal 13l/min, con controlador diferencial de 4 entradas y 1 salida, ref. B66904001 de la serie Grupo hidráulico de BUTECH. BNLA1551H3XS						
		1				1,00	
							1,00
03.03	M canal de aluminio						
	Canal exterior de sección rectangular, de plancha de aluminio lacado, de 0,8 mm de espesor, de 20 cm de ancho y 50 cm de desarrollo, incluidas las piezas especiales de soporte. B5ZH222A						
		1	10,00			10,00	
							10,00
03.04	M marco aluminio						
	Canal exterior de sección rectangular, de plancha de aluminio lacado, de 0,8 mm de espesor, de 10,2 cm de ancho y 16,5 cm de espesor, incluidas las piezas especiales de soporte.						
		1	30,00			30,00	
							30,00

M2 Fachada vegetal Sistema G-Sky

M2 Fachada vegetal sistema G-Sky compuesto por una lámina de PVC expandido de 10mm de espesor, travesaños y montantes de aluminio anodizado OMEGA con una separación de 30 cm entre ellos, sobre la que se colocan los módulos de polipropileno de 30x30x4cm llenos con sustrato natural. En la cara exterior se dispone una malla geotextil no tejida. El riego se compone por canalizaciones de polietileno reticulado (PEX) de 4mm de diámetro, con un canalón de aluminio de drenaje en la parte inferior para la captación del agua sobrante y una bomba para el aprovechamiento del agua sobrante. Los acabados para el remate de los bordes se realizan con chapas de aluminio de diferentes medidas, según casos particulares.

PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN		CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
MÓDULO POLIPROPILENO (30X30X4cm)		11,1111	U/m2	100,00	€/U	1111,11	€/m2
PERFILES ALUMINIO ANODIZADOS OMEGA	B83ZA668	3,3333	m/m2	26,51	€/m	88,37	€/m2
MALLA GEOTEXTIL	B7B111B0	1,1000	m2/m2	0,83	€/m2	0,91	€/m2
PVC EXPANDIDO (E=10mm)	B7421F00F5ZJ	1,1000	m2/m2	9,00	€/m2	9,90	€/m2
MARCOS DE ALUMNIO			m/m2	7,77	€/m		€/m2
CANAleta DE POLIPROPILENO			m/m2	6,98	€/m		€/m2
SUSTRATO DE FIBRA DE COCO		625,00	l/m2	0,11	€/l	68,75	
POLIETILENO RETICULADO (PEX) DIÁMETRO 4mm	BFB42251C0MF	9,2500	m/m2	0,71	€/m	6,57	€/m2
	10%pérdidas		s/	1285,61		154,27	€/m2
				TOTAL PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN		1439,88	€/m2

MANO DE OBRA		CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
			h/m2		€/h		€/m2
			h/m2		€/h		€/m2
				TOTAL MANO DE OBRA		0,00	€/m2

MEDIOS AUXILIARES		CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
				TOTAL MEDIOS AUXILIARES		0,00	€/m2

				TOTAL COSTE SECO		1439,88	€/m2
				6% COSTE DIRECTO COMPLEMENTARIO		86,39	€/m2
				TOTAL COSTES DIRECTOS		1526,28	€/m2
				9% COSTES INDIRECTOS DE EJECUCIÓN		137,36	€/m2
				TOTAL PRECIO UNITARIO		1663,64	€/m2

CAPITULO 3: SISTEMA G-SKY				
03.01	100,00	M2 Fachada vegetal Sistema G-Sky M2 Fachada vegetal sistema G-Sky compuesto por una lámina de PVC expandido de 10mm de espesor, travesaños y montantes de acero galvanizado con una separación de 30 cm entre ellos, sobre la que se colocan los módulos de polipropileno de 30x30x4cm llenos con sustrato natural. En la cara exterior se dispone una malla geotextil no tejida. El riego se compone por canalizaciones de polietileno reticulado (PEX) de 4mm de diámetro, con un canalón de aluminio de drenaje en la parte inferior para la captación del agua sobrante y una bomba para el aprovechamiento del agua sobrante. Los acabados para el remate de los bordes se realizan con chapas de aluminio de	1647,50	164750,00
03.02	1,00	U Bomba Grupo hidráulico ESIMPLEX de una vía con bomba de circulación de caudal 13l/min, con controlador diferencial de 4 entradas y 1 salida, ref. B66904001 de la serie Grupo hidráulico de BUTECH. BNLA1551H3XS	543,22	543,22
03.03	10,00	M canal de aluminio Canal exterior de sección rectangular, de plancha de aluminio lacado, de 0,8 mm de espesor, de 20 cm de ancho y 50 cm de desarrollo, incluidas las piezas especiales de soporte. B5ZH222A	26,40	264,00
		PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)		165557,22
		16 % GASTOS GENERALES DE EMPRESA (GGE)		26489,16
		6% BENEFICIO INDUSTRIAL (BI)		9933,43
		PRESUPUESTO DE CONTRATA (PEC)		201979,81
		21% IVA		40329,74
		PRESUPUESTO DE LICITACIÓN		242309,55

3.4.2. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.

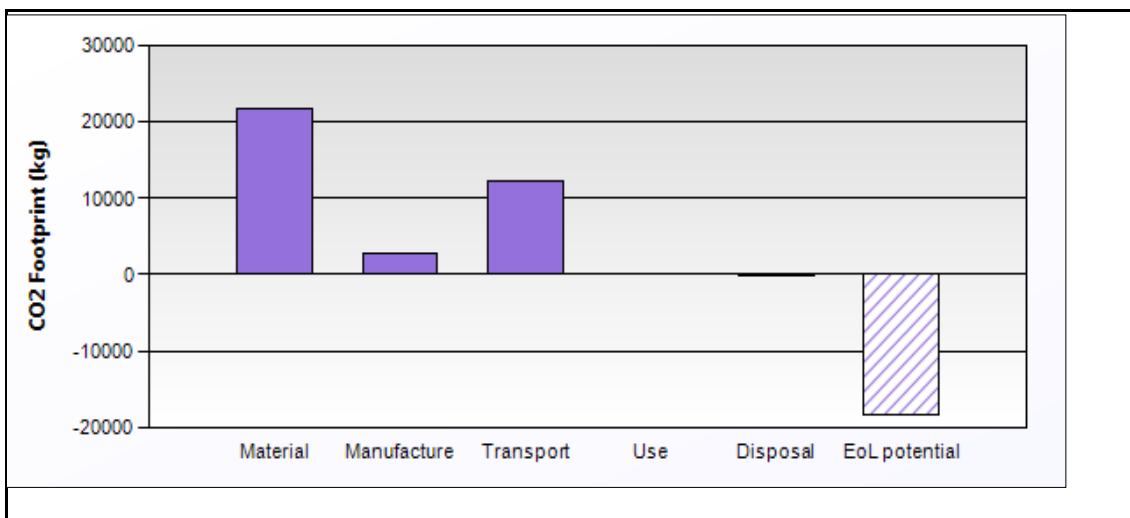
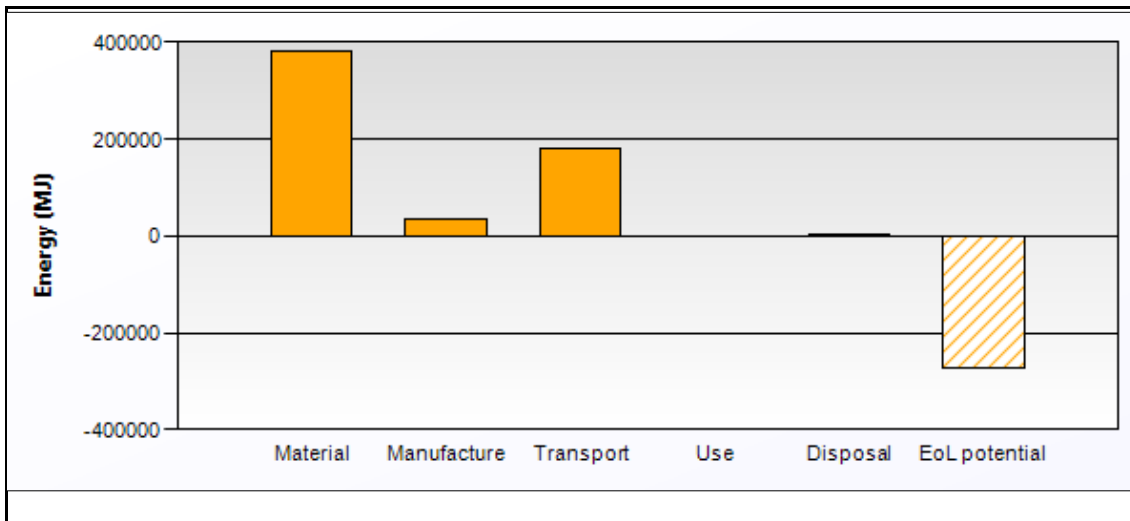


INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Nombre SISTEMA G-SKY

Ciclo de vida (años) 1

Energía y huella de CO2:



Fases	Energía (MJ)	Energía (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
Material	382.000	63.5	21.700	59.0
Manufacturación	35.200	5.8	2.700	7.4
Transporte	182.000	30.3	12.200	33.3
Uso	0	0.0	0	0.0
Eliminación de residuos	1.910	0.3	134	0.4
Total	602.000	100	36.800	100
Final del ciclo de vida	-273.000		-18.500	



INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Análisis de energía

	Energía (MJ)
Consumo de energía:	602.000

Desglose detallado de las diferentes fases de vida de cada material:

Materiales:

Componentes	Material	Contenido reciclado (%)	Masa (kg)	Cantidad	Masa total	Energía (MJ)	%
MÓDULO POLIPROPILENO	Polipropileno (PP)	0	630	1	630	50.000	13.1
PERFILES ALUMINIO	Aleación de aluminio (6061, T4)	0	1.400	1	1.400	290.000	75.2
PVC EXPANDIDO	Policloruro de vinilo (PVC)	0	660	1	660	38.000	10.1
GEOTEXTIL	Geotextiles	0	83	1	83	5.900	1.5
PEX	Poliétileno (PE)	0	5.2	1	5.2	420	0.1
Total				5	2.800	380.000	100

Manufacturación:

Componentes	Proceso	Cantidad procesada	Energía (MJ)	%
MÓDULO POLIPROPILENO	Moldeo	630	13.000	38.3
PERFILES ALUMINIO	Polvo metálico	1.400	12.000	34.0
PVC EXPANDIDO	Moldeo	660	9.700	27.5
PEX	Extrusionado	5.2	32	0.1
Total			35.000	100

Transporte:

Desglose de transporte

Masa total de material = 2.800 kg

Componentes	Tipo de transporte	Distancia (km)	Energía (MJ)	%
Modulo polipropileno	Carga aérea	8.000	180.000	99.9
Perfiles aluminio	Camión de 14 toneladas	6.5	15	0.0
PVC	Camión de 14 toneladas	6.4	15	0.0
Geotextil	Camión de 14 toneladas	95	220	0.1
PEX	Camión de 14 toneladas	6.4	15	0.0
Total		8.100	180.000	100

Desglose por componentes

Componentes	Masa de cada componente (kg)	Energía (MJ)	%
MÓDULO POLIPROPILENO	630	42.000	22.8
PERFILES ALUMINIO	1.400	91.000	50.0
PVC EXPANDIDO	660	44.000	23.9
GEOTEXTIL	83	5.500	3.0
PEX	5.2	340	0.2
Total	2.800	180.000	100

Disposición:

Componentes	Final de ciclo de vida	Energía (MJ)	%
MÓDULO POLIPROPILENO	Reciclado	440	23.0
PERFILES ALUMINIO	Reciclado	970	50.5
PVC EXPANDIDO	Reciclado	460	24.1
GEOTEXTIL	Reutilización	41	2.2
PEX	Reciclado	3.6	0.2
Total		1.900	100

Final de ciclo de vida:

Componentes	Final de ciclo de vida	Energía (MJ)	%
MÓDULO POLIPROPILENO	Reciclado	-19.000	7.0
PERFILES ALUMINIO	Reciclado	-240.000	87.6
PVC EXPANDIDO	Reciclado	-15.000	5.4
GEOTEXTIL	Reutilización	0	0.0
PEX	Reciclado	-160	0.1
Total		-270.000	100

Análisis de la huella de CO2

	CO2 (kg)
Emissiones de CO2:	36.800

Desglose detallado de las fases de vida:

Materiales:

Componentes	Material	Contenido reciclado (%)	Masa (kg)	Cantidad	Masa total	Huella de CO2 (kg)	%
MÓDULO POLIPROPILENO	Polipropileno (PP)	0	630	1	630	2.000	9.0
PERFILES ALUMINIO	Aleación de aluminio (6061, T4)	0	1.400	1	1.400	18.000	81.6
PVC EXPANDIDO	Policloruro de vinilo (PVC)	0	660	1	660	1.600	7.6
GEOTEXTIL	Geotextiles	0	83	1	83	370	1.7
PEX	Polietileno (PE)	0	5.2	1	5.2	14	0.1
Total				5	2.800	22.000	100

Manufacturación:

Componentes	Proceso	Cantidad procesada	Huella de CO2 (kg)	%
MÓDULO POLIPROPILENO	Moldeo	630	1.000	37.5
PERFILES ALUMINIO	Polvo metálico	1.400	960	35.5
PVC EXPANDIDO	Moldeo	660	730	27.0
PEX	Extrusión	5.2	2.4	0.1
Total			2.700	100

Transporte:

Desglose de transporte

Masa total de material = 2.800 Kg

Componentes	Tipo de transporte	Distancia (km)	Huella de CO2 (kg)	%
Módulo polipropileno	Carga aérea	8.000	12.000	99.8
Perfiles aluminio	Camión de 14 toneladas	6.5	1.1	0.0
PVC	Camión de 14 toneladas	6.4	1.1	0.0
Geotextil	Camión de 14 toneladas	95	16	0.1
PEX	Camión de 14 toneladas	6.4	1.1	0.0
Total		8.100	12.000	100

Desglose por componentes:

Componentes	Masa de cada componente (kg)	Huella de CO2 (kg)	%
MÓDULO POLIPROPILENO	630	2.800	22.8
PERFILES ALUMINIO	1.400	6.100	50.0
PVC EXPANDIDO	660	2.900	23.9
GEOTEXTIL	83	370	3.0
PEX	5.2	23	0.2
Total	2.800	12.000	100

Disposición:

Componentes	Final de ciclo de vida	Huella de CO2 (kg)	%
MÓDULO POLIPROPILENO	Reciclado	31	23.0
PERFILES ALUMINIO	Reciclado	68	50.5
PVC EXPANDIDO	Reciclado	32	24.1
GEOTEXTIL	Reutilización	2.9	2.2
PEX	Reciclado	0.25	0.2
Total		130	100

Final de ciclo de vida:

Componentes	Final de ciclo de vida	Huella de CO ₂ (kg)	%
MÓDULO POLIPROPILENO	Reciclado	-1.200	6.7
PERFILES ALUMINIO	Reciclado	-16.000	87.9
PVC EXPANDIDO	Reciclado	-980	5.3
GEOTEXTIL	Reutilización	0	0.0
PEX	Reciclado	-9.9	0.1
Total		-18.000	100

A continuación compararemos los resultados del impacto ambiental de la base de datos del programa CES Edupack con el de otra base de datos (BEDEC) sin tener en cuenta las emisiones de CO₂ y gasto de energía en el transporte.

BASE DE DATOS	MJ/m ²	Kg CO ₂ /m ²
CES Edupack	4.200	246
BEDEC	404,52	49,49

3.4.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE ESTE SISTEMA.

La única ventaja de este sistema es que es el que mejor rematado está de todos, ya que las instalaciones van alojadas dentro de unos perfiles de aluminio, y tanto los laterales como la parte superior están rematadas con estos perfiles, lo cual hace que no se vean las instalaciones y que no queden a la intemperie para evitar posibles averías. Además, reutiliza el agua sobrante del sistema de riego gracias a una bomba elevadora.

El resto son todo inconvenientes; es el sistema más caro de todos (1.663,64€/m² más la bomba de elevación, 543,22€), tiene un peso elevado por metro cuadrado lo que hace que no todas las fachadas puedan soportar este sistema, los módulos son de polipropileno (de 100€/U) que se convierte en un residuo al finalizar su ciclo de vida debido a su difícil reciclado y lo mismo ocurre con el impermeabilizante de PVC expandido.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Reutilización del agua sobrante	Coste muy elevado (1.663,64 €/m ²)
Buen remate y albergue de instalaciones	Difícil instalación del sistema
Bajo mantenimiento (10 €/m ² al año)	Elevado peso
Bajo gasto de agua (1-3 L/m ² al día)	Alto gasto de energía a nivel de producción de materiales, transporte e instalación (6.020 MJ/m ²)
	Altas emisiones de CO ₂ en la producción de los materiales, transporte, instalación y mantenimiento (368 Kg CO ₂ /m ²)
	Alto impacto ambiental de los materiales utilizados
	Alto consumo de energía debido a la bomba de elevación

Tabla 5: Ventajas e inconvenientes del Sistema G-Sky (Tabla de elaboración propia).

3.5. SISTEMA GREEN SCREEN.



WEB FABRICANTE: <http://greenscreen.com/>

LUGAR DE COMERCIALIZACIÓN: EEUU

Este sistema consiste en la colocación de dos mallas de acero de 4,2mm de diámetro superpuestas y ancladas, mediante clips de anclaje especiales, a la fachada del edificio con una separación de 5,5cm. La vegetación se compone de plantas trepadoras plantadas en las bases de las fachadas. Este sistema no requiere de mantenimiento ni riego, únicamente una poda cada 6 meses aproximadamente. (Ficha técnica adjunta en el Anexo).



Ilustración 32: Green Screen en Beverly Connection, Beverly Hills, California.

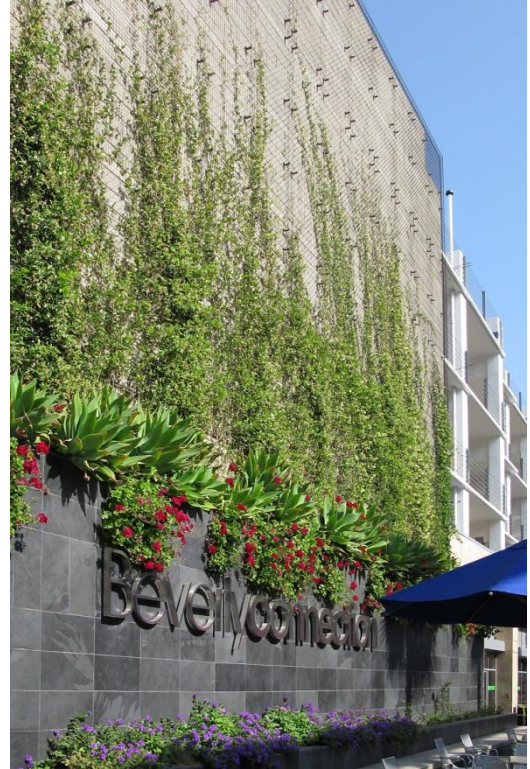


Ilustración 31: Green Screen en Beverly Connection, Beverly Hills, California.

3.5.1. MEDICIONES.

Nº de orden	Descripción	Nº PARTES	DIMENSIONES			MEDICIONES	
		IGUALES	LONG	ANC	ALT	PARCIALES	TOTALES
	Capítulo 4: Sistema Green Screen						
04.01	M2 Fachada vegetal Sistema Green Screen.						
	M2 Fachada vegetal sistema Green Screen compuesto por malla de acero de 4,2 mm de diámetro anclada a la fachada del edificio por medio de clips especiales de anclaje. Incluso clips de anclaje, sin contar el coste de la instalación, materiales vegetales, embalaje ni trabajos en taller para adaptar las formas especiales de la fachada.						
		1	10,00		10,00	100	
							100,00

M2 Fachada vegetal Sistema Green Screen.					
M2 Fachada vegetal sistema Green Screen compuesto por malla de acero de 4,2 mm de diámetro anclada a la fachada del edificio por medio de clips especiales de anclaje. Incluso clips de anclaje, sin contar el coste de la instalación, materiales vegetales, embalaje ni trabajos en taller para adaptar las formas especiales de la fachada.					

PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN	CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
SISTEMA GREENSCREEN	1,0000	m2/m2	139,78	€/m2	139,78	€/m2
						€/m2
						€/m2
10%pérdidas	s/	139,78			16,77	€/m2
TOTAL PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN					156,55	€/m2

MANO DE OBRA	CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
		h/m2		€/h		€/m2
		h/m2		€/h		€/m2
TOTAL MANO DE OBRA					0,00	€/m2

MEDIOS AUXILIARES	CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
TOTAL MEDIOS AUXILIARES					0,00	€/m2

TOTAL COSTE SECO					156,55	€/m2
6% COSTE DIRECTO COMPLEMENTARIO					9,39	€/m2
TOTAL COSTES DIRECTOS					165,95	€/m2
9% COSTES INDIRECTOS DE EJECUCIÓN					14,94	€/m2
TOTAL PRECIO UNITARIO					180,88	€/m2

CAPITULO 4: SISTEMA GREEN SCREEN				
04.01	100,00	M2 Fachada vegetal Sistema Green Screen.	180,88	18088,00
		M2 Fachada vegetal sistema Green Screen compuesto por malla de acero de 4,2 mm de diámetro anclada a la fachada del edificio por medio de clips especiales de anclaje. Incluso clips de anclaje, sin contar el coste de la instalación, materiales vegetales, embalaje ni trabajos en taller para adaptar las formas especiales de la fachada.		
		PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)		18088,00
		16 % GASTOS GENERALES DE EMPRESA (GGE)		2894,08
		6% BENEFICIO INDUSTRIAL (BI)		1085,28
		PRESUPUESTO DE CONTRATA (PEC)		22067,36
		21% IVA		4406,24
		PRESUPUESTO DE LICITACIÓN		26473,60

3.5.2. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.

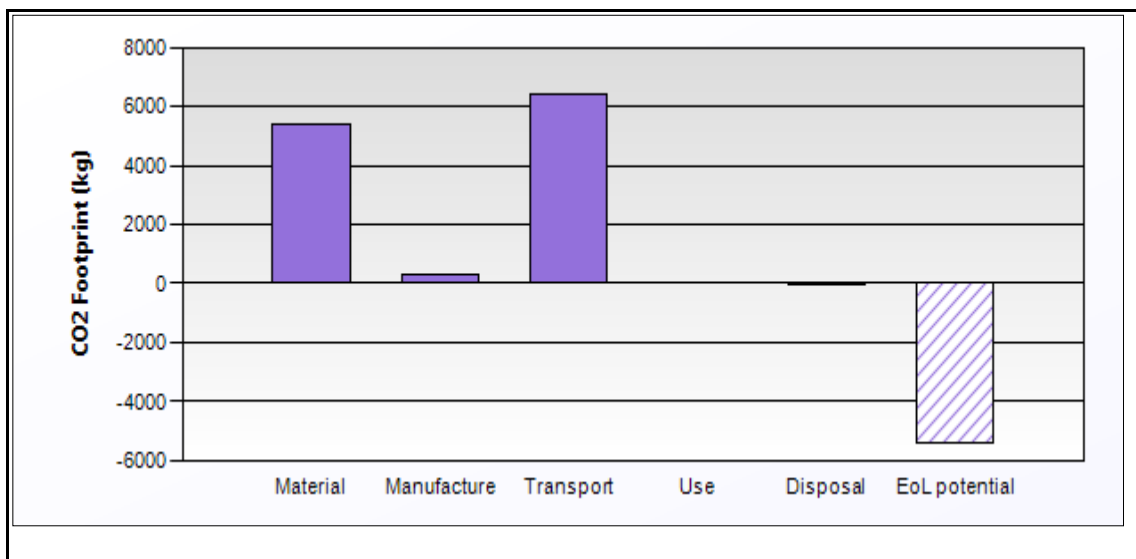
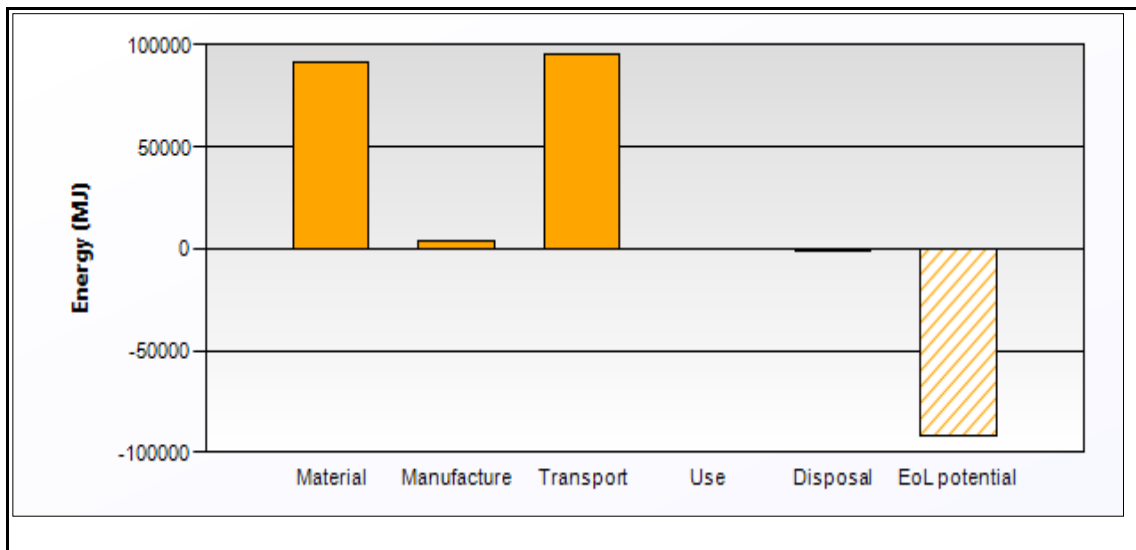


INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Nombre SISTEMA GREENSCREEN

Ciclo de vida (años) 1

Energía y huella de CO2:



Fases	Energía (MJ)	Energía (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
Material	91.500	47.9	5.390	44.5
Manufacturación	3.600	1.9	270	2.2
Transporte	95.900	50.1	6.420	53.1
Uso	0	0.0	0	0.0
Eliminación de residuos	218	0.1	15.3	0.1
Total	191.000	100	12.100	100
Final del ciclo de vida	-91.500		-5.390	



INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Análisis de energía

	Energía (MJ)
Consumo de energía:	191.000

Desglose detallado de las diferentes fases de vida de cada material:

Materiales:

Componentes	Material	Contenido reciclado (%)	Masa (kg)	Cantidad	Masa total	Energía (MJ)	%
ACERO	Acero inoxidable	0,0%	1.100	1	1.100	92.000	100.0
Total				1	1.100	92.000	100

Manufacturación:

Componentes	Proceso	Cantidad procesada	Energía (MJ)	%
ACERO	Extrusión	1.1000	3.600	100.0
Total			3.600	100

Transporte:**Desglose de transporte**

Masa total de material = 1.100 kg

Componentes	Tipo de transporte	Distancia (km)	Energía (MJ)	%
Sistema Green Screen	Avión	11.000	96.000	100
Total		11.000	96.000	100

Desglose por componentes

Componentes	Masa de cada componente (kg)	Energía (MJ)	%
ACERO	1.100	96.000	100.0
Total	1.100	96.000	100

Disposición:

Componentes	Final del ciclo de vida	Energía (MJ)	%
ACERO	Reutilización	220	100.0
Total		220	100

Final del ciclo de vida:

Componentes	Final del ciclo de vida	Energía (MJ)	%
ACERO	Reutilización	-92.000	100.0
Total		-92.000	100



INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Análisis de la huella de CO2

[Ene](#)
[O2 St](#)

	CO2 (kg)
Emisiones de CO2	12.100

Desglose detallado de las fases de vida:

Materiales:

Componentes	Materiales	Contenido reciclado (%)	Masa (kg)	Cantidad	Masa total	Huella de CO2 (kg)	%
ACERO	Acero inoxidable	0,0%	1.1e+03	1	1.100	5.400	100.0
Total				1	1.100	5.400	100

Manufacturación:

Componentes	Proceso	Cantidad procesada (kg)	Huella de CO2 (kg)	%
ACERO	Extrusión	1.100	270	100.0
Total			270	100

Transporte:**Desglose por transporte:**

Masa total de material = 1.100 kg

	Tipo de transporte	Distancia (km)	Huella de CO2 (kg)	%
Sistema Green Screen	Avión	11.000	6.400	100.0
Total		11.000	6.400	100

Desglose por componentes:

Componentes	Masa de cada componente (kg)	Huella de CO2 (kg)	%
ACERO	1.100	6.400	100.0
Total	1.100	6.400	100

Disposición:

Componentes	Final de ciclo de vida	Huella de CO2 (kg)	%
ACERO	Reutilización	15	100.0
Total		15	100

Final de ciclo de vida:

Componentes	Final de ciclo de vida	Huella de CO2 (kg)	%
ACERO	Reutilización	-5.400	100.0
Total		-5.400	100

A continuación compararemos los resultados del impacto ambiental de la base de datos del programa CES Edupack con el de otra base de datos (BEDEC) sin tener en cuenta las emisiones de CO₂ y gasto de energía en el transporte.

BASE DE DATOS	MJ/m ²	Kg CO ₂ /m ²
CES Edupack	951	56,7
BEDEC	818,52	61,43

3.5.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE ESTE SISTEMA.

Las principales ventajas de este sistema son la fácil instalación del sistema, el bajo mantenimiento y el bajo coste del mismo (180,88€/m²)

En cuanto a sus inconvenientes, decir que, al ser un sistema en el que la vegetación se compone por plantas trepadoras o enredaderas, se depende mucho del tiempo que tarde en desarrollarse toda la vegetación para que este completado. Además, produce altas emisiones de CO₂ durante su ciclo de vida y un alto consumo de energía. También es necesario mencionar que, debido a la cantidad de acero que se emplea en este sistema, la influencia de los campos electromagnéticos es un factor determinante, ya que se puede crear una jaula de Faraday como la que se produce en los ascensores, que produce un mal funcionamiento de las instalaciones de radio, televisión, internet y teléfonos móviles. (Se conoce como jaula de Faraday el efecto por el cual el campo electromagnético en el interior de un conductor en equilibrio es nulo, anulando el efecto de los campos externos. Esto se debe a que, cuando el conductor está sujeto a un campo electromagnético externo, se polariza, de manera que queda cargado positivamente en la dirección en que va el campo electromagnético, y cargado negativamente en el sentido contrario. Puesto que el conductor se ha polarizado, este genera un campo eléctrico igual en magnitud pero opuesto en sentido al campo electromagnético, luego la suma de ambos campos dentro del conductor será igual a 0).

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Bajo precio (180,88 €/m ²)	Tiempo de crecimiento de las plantas trepadoras
Fácil instalación	Altas cantidades de acero
Bajo mantenimiento (3 €/m ² al año)	Altas emisiones de CO ₂ en la producción de los materiales, transporte e instalación durante su ciclo de vida (121 Kg CO ₂ /m ²)
Poco espesor	Alto gasto de energía a nivel de producción de materiales, transporte, instalación y mantenimiento (1.910 MJ/m ²)
Gasto de agua nulo	Necesidad de plantación de la vegetación en el suelo

Tabla 6: Ventajas e inconvenientes del Sistema GreenScreen (Tabla de elaboración propia).

3.6. SISTEMA ECO.BIN.

- ✚ WEB FABRICANTE: <http://www.alicanteforestal.es/jardines-verticales/>
- ✚ LUGAR DE COMERCIALIZACIÓN: España

Consiste en una fábrica de celdas cerámicas clocadas con una inclinación de 7-15º respecto a la fachada, dentro de las cuales se encuentra el sustrato. El diseño del sistema consiste en una membrana impermeable de poliuretano de 20mm de espesor, a continuación se aplica una capa de mortero mixto 1:2:10, de cal y arena, donde se van a colocar las celdas hexagonales cerámicas, que tienen unas dimensiones de 24cm de largo y un diámetro de 9cm. El mortero va anclado a la fachada portante por medio de alambres de acero de 4mm de diámetro colocados cada 1,5 m. Las plantas en este sistema deben ser plantas que no requieran una gran cantidad de agua. Este sistema es muy eficiente en climas áridos, ya que al presentar las celdas inclinadas, el fondo del sustrato siempre va a estar húmedo al retener el agua gracias a su inclinación. El sistema de riego es una red de líneas de goteo autocompensante con goteos de 4l/h y 3m de separación entre líneas. Además cuenta con un sistema de monitorización y control de riego y una membrana hidrófila para captación de agua ambiental. (Ficha técnica adjunta en el anexo).



Ilustración 34: Sistema ECO.BIN en hotel Ushüaia de Ibiza.



Ilustración 33: Sistema ECO.BIN en hotel Ushüaia de Ibiza.

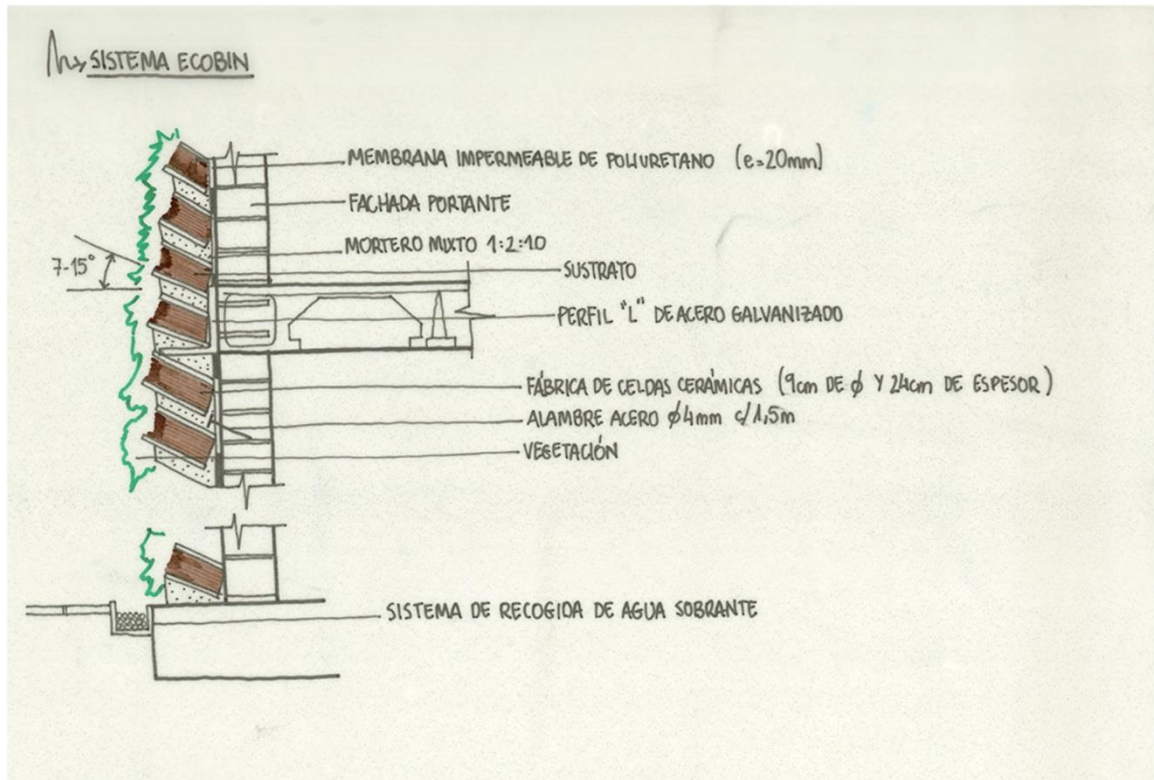


Ilustración 35: Detalle de elaboración propia del sistema ECO.BIN.

3.6.1. MEDICIONES.

Nº de orden	Descripción	Nº PARTES	DIMENSIONES			MEDICIONES	
		IGUALES	LONG	ANC	ALT	PARCIALES	TOTALES
	Capítulo 5: Sistema Ecobin						
05.01	M2 Fachada vegetal Sistema EcoBin.						
	M2 Fachada vegetal sistema EcoBin compuesto por una membrana impermeable de poliuretano 1,5kg/m2, fábrica de botellero cerámico hexagonal de 2 huecos hidrofugado, inclinado de 7-15º sobre la horizontal y anclada a muro de hormigón en la cara posterior mediante mortero mixto 1:2:10 y conectores de alambre de acero inoxidable de 4mm de diámetro anclados al muro de hormigón cada 1,5m. Relleno con sustrato retenedor aireador Ug-a200 y sustrato específico según selección de especies, plantación de especies vegetales en módulos Ug-p10 a razón de 80 plantas/m2. Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo los huecos de superficie mayor de 5 m².						
		1	10,00		10,00	100	
							100,00

M2 Fachada vegetal Sistema EcoBin.

M2 Fachada vegetal sistema EcoBin compuesto por una membrana impermeable de poliuretano de 20mm de espesor y 1,5kg/m², fábrica de botellero cerámico hexagonal de 2 huecos hidrofugado, inclinado de 7-15° sobre la horizontal y anclada a muro de hormigón en la cara posterior mediante mortero mixto 1:2:10 y conectores de alambre de acero inoxidable de 4mm de diámetro anclados al muro de hormigón cada 1,5ml. Relleno con sustrato retenedor aireador Ug-a200 y sustrato específico según selección de especies, plantación de especies vegetales en módulos Ug-p10 a razón de 80 plantas/m². Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo los huecos de superficie mayor de 5 m².

PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN		CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
MEMBRANA POLIURETANO 1,5kg/m ²	B7C34200	1,1000	m ² /m ²	4,33	€/m ²	4,76	€/m ²
MORTERO MIXTO 1:2:10 DENSIDAD=200Kg/m ³	D070A4D1	0,2400	m ³ /m ²	155,82	€/m ³	37,40	€/m ²
CELDAS CERÁMICAS HEXAGONALES HIDROFUGADAS DE 90MM DE DIÁMETRO	B0F15H52	126,5800	U/m ²	0,23	€/U	29,11	€/m ²
Sustrato retenedor aireador Ug-a200.		240,5000	l/m ²	0,19	€/l	45,70	€/m ²
CONECTORES DE ALAMBRE DE ACERO INOXIDABLE DE 4mm DE DIÁMETRO	B0A12000	0,0350	kg/m ²	2,01	€/kg	0,07	€/m ²
	10%pérdidas	s/	117,04			14,04	€/m ²
TOTAL PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN						131,08	€/m ²

MANO DE OBRA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	h/m ²	€/h	€/m ²
	h/m ²	€/h	€/m ²
TOTAL MANO DE OBRA			0,00 €/m ²

MEDIOS AUXILIARES	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
TOTAL MEDIOS AUXILIARES			0,00 €/m ²

TOTAL COSTE SECO		131,08	€/m ²
6% COSTE DIRECTO COMPLEMENTARIO		7,87	€/m ²
TOTAL COSTES DIRECTOS		138,95	€/m ²
9% COSTES INDIRECTOS DE EJECUCIÓN		12,51	€/m ²
TOTAL PRECIO UNITARIO		151,46	€/m ²

3.6.2. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.

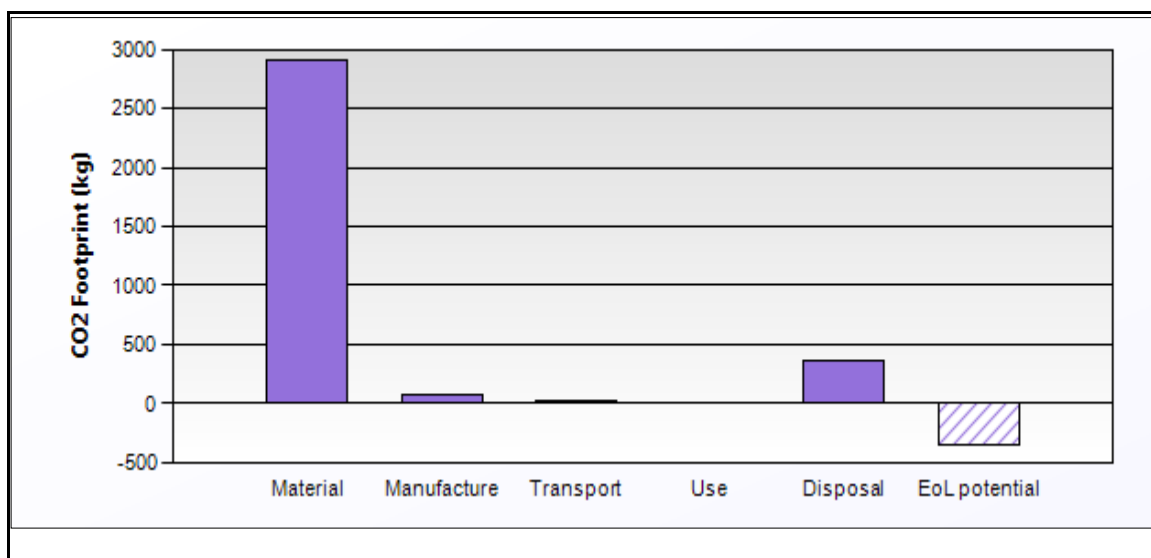
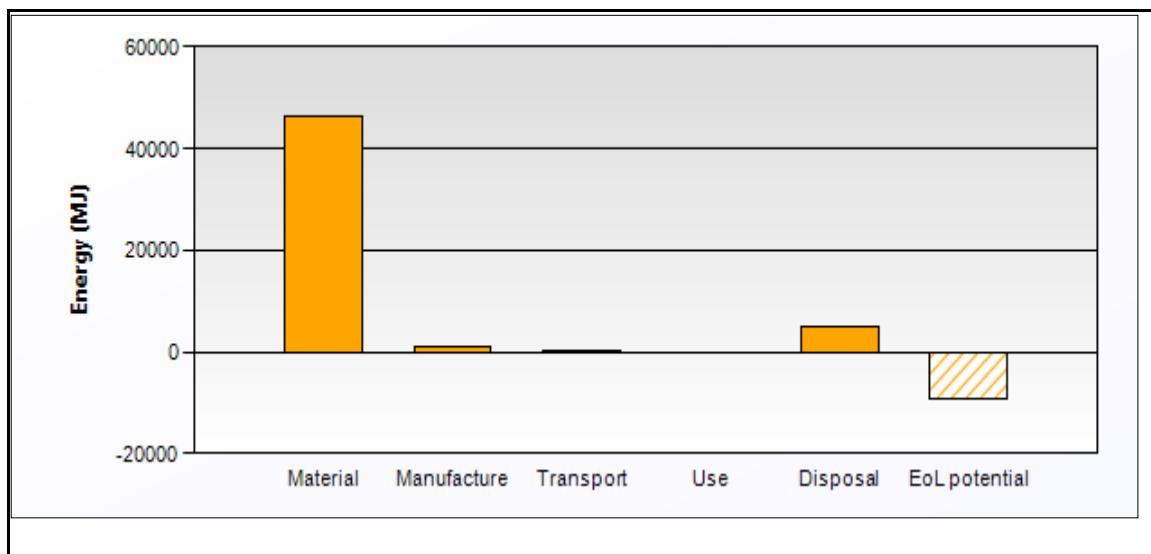


INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Nombre SISTEMA ECOBIN

Ciclo de vida (años) 1

Energía y huella de CO2:



Fases	Energía (MJ)	Energía (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
Material	46.400	88.0	2.910	86.6
Manufacturación	1.010	1.9	76	2.3
Transporte	219	0.4	15.5	0.5
Uso	0	0.0	0	0.0
Eliminación de residuos	5.120	9.7	358	10.7
Total	52.700	100	3.360	100
Final del ciclo de vida	-9.230		-349	

INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Análisis de energía

	Energía (MJ)
Consumo de energía:	52.700

Desglose detallado de las diferentes fases de vida de cada material:

Materiales:

Componentes	Material	Contenido reciclado (%)	Masa (kg)	Cantidad	Masa total	Energía (MJ)	%
MEMBRANA POLIURETANO	Poliuretano (PU)	0	170	1	170	14.000	31.0
MORTERO MIXTO 1:2:10	Cemento	0	370	1	370	2.100	4.5
MORTERO MIXTO 1:2:10	Cal	0	740	1	740	210	0.5
FÁBRICA CERAMICA	LH	0	8.900	1	8.900	29.000	63.6
ALAMBRE ACERO	Acero inoxidable	0	2.6	1	2.6	220	0.5
Total				5	10.000	46.000	100

Manufacturación:

Componentes	Proceso	Cantidad procesada	Energía (MJ)	%
MEMBRANA POLIURETANO	Extrusión	170	1.000	99.1
ALAMBRE ACERO	Extrusión	2.6	8.6	0.9
Total			1.000	100

Transporte:

Desglose de transporte: Masa total de material = 10.000 kg

Componentes	Tipo de transporte	Distancia (km)	Energía (MJ)	%
Membrana poliuretano	Camión de 14 Tn	9.7	84	38.3
Mortero mixto	Camión de 14 Tn	5.6	48	22.1
Fábrica cerámica	Camión de 14 Tn	3.8	33	15.0
Alambre de acero	Camión de 14 Tn	6.2	54	24.6
Total		25	220	100

Desglose por componentes:

Componentes	Masa de cada componente (kg)	Energía (MJ)	%
MEMBRANA POLIURETANO	170	3.6	1.6
MORTERO MIXTO 1:2:10	370	7.9	3.6
MORTERO MIXTO 1:2:10	740	16	7.3
FÁBRICA CERÁMICA	8.900	190	87.5
ALAMBRE ACERO	2.6	0.056	0.0
Total	10.000	220	100

Disposición:

Componentes	Final de ciclo de vida	Energía (MJ)	%
MEMBRANA POLIURETANO	Reciclado	120	2.3
MORTERO MIXTO 1:2:10	Reutilización	180	3.6
MORTERO MIXTO 1:2:10	Reutilización	370	7.2
FÁBRICA CERÁMICA	Reutilización	4.400	86.9
ALAMBRE ACERO	Reciclado	1.8	0.0
Total		5.100	100

Final del ciclo de vida:

Componentes	Final del ciclo de vida	Energía (MJ)	%
MEMBRANA POLIURETANO	Reciclado	-8.100	87.3
MORTERO MIXTO 1:2:10	Reutilización	-37	0.4
MORTERO MIXTO 1:2:10	Reutilización	-74	0.8
FÁBRICA CERÁMICA	Reutilización	-890	9.6
ALAMBRE ACERO	Reciclado	-170	1.9
Total		-9.200	100

ANÁLISIS DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Análisis de la huella de CO2

	CO2 (kg)
Emissiones de CO2:	3.360

Desglose detallado de las fases de vida:

Materiales:

Componentes	Materiales	Contenido reciclado (%)	Masa (kg)	Cantidad	Masa total	Huella de CO2 (kg)	%
MEMBRANA POLIURETANO	Poliuretano (PU)	0	170	1	170	610	21.0
MORTERO MIXTO 1:2:10	Cemento	0	370	1	370	350	12.1
MORTERO MIXTO 1:2:10	Cal	0	740	1	740	11	0.4
FÁBRICA CERÁMICA	LH	0	8.900	1	8.900	1.900	66.1
ALAMBRE ACERO	Acero inoxidable	0	2.6	1	2.6	13	0.4
Total				5	10.000	2.900	100

Manufacturación:

Componentes	Proceso	Cantidad procesada	Huella de CO2 (kg)	%
MEMBRANA POLIURETANO	Extrusión	170	75	99.1
ALAMBRE ACERO	Extrusión	2.6	0.65	0.9
Total			76	100

Transporte:**Desglose por transporte:**

Masa total de producto = 10.000 kg

Componentes	Tipo de transporte	Distancia (km)	Huella de CO2 (kg)	%
Membrana poliuretano	Camión de 14 Tn	9.7	5.9	38.3
Mortero mixto	Camión de 14 Tn	5.6	3.4	22.1
Fábrica cerámica	Camión de 14 Tn	3.8	2.3	15.0
Alambre de acero	Camión de 14 Tn	6.2	3.8	24.6
Total		25	16	100

Desglose por componentes:

Componentes	Masa de cada componente (kg)	Huella de CO2 (kg)	%
MEMBRANA POLIURETANO	170	0.25	1.6
MORTERO MIXTO 1:2:10	370	0.56	3.6
MORTERO MIXTO 1:2:10	740	1.1	7.3
FÁBRICA CERÁMICA	8.900	14	87.5
ALAMBRE ACERO	2.6	0.004	0.0
Total	10.000	16	100

Disposición:

Componentes	Final del ciclo de vida	Huella de CO2 (kg)	%
MEMBRANA POLIURETANO	Reciclaje	8.1	2.3
MORTERO MIXTO 1:2:10	Reutilización	13	3.6
MORTERO MIXTO 1:2:10	Reutilización	26	7.2
FÁBRICA CERÁMICA	Reutilización	310	86.9
ALAMBRE ACERO	Reciclaje	0.13	0.0
Total		360	100

Final del ciclo de vida:

Componentes	Final del ciclo de vida	Huella de CO2 (kg)	%
MEMBRANA POLIURETANO	Reciclaje	-270	77.3
MORTERO MIXTO 1:2:10	Reutilización	-2.6	0.7
MORTERO MIXTO 1:2:10	Reutilización	-5.2	1.5
FÁBRICA CERÁMICA	Reutilización	-62	17.8
ALAMBRE ACERO	Reciclaje	-9.2	2.6
Total		-350	100

A continuación compararemos los resultados del impacto ambiental de la base de datos del programa CES Edupack con el de otra base de datos (BEDEC) sin tener en cuenta las emisiones de CO₂ y gasto de energía en el transporte.

BASE DE DATOS	MJ/m ²	Kg CO ₂ /m ²
CES Edupack	525	33,6
BEDEC	1654,9	199,41

3.6.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE ESTE SISTEMA.

Las ventajas de este sistema son el bajo coste (151,46€/m²), el bajo impacto ambiental, tanto en gasto de energía como en emisiones de CO₂ durante su ciclo de vida, así como su bajo mantenimiento, ya que no necesita mucho aporte de agua debido a su gran facilidad para captar agua del ambiente y almacenarla gracias a la inclinación con la que se presentan las celdas cerámicas. Otra de las ventajas es que es un sistema que se comercializa en España por lo que las emisiones de CO₂ y el gasto de energía en el transporte son casi nulas, además de que ofrece unas buenas características medioambientales.

Los principales inconvenientes son su peso (350Kg/m²) y su espesor (30cm), por lo que no podrá ser instalado en cualquier fachada. Otro de los inconvenientes es la ejecución, tanto en dificultad, como en tiempo estimado de la misma. Además, la instalación de riego, que aunque no es abundante (canal de riego por goteo cada 3m), se encuentra vista sobre el sistema, lo que puede producir roturas o averías debido a fuertes temporales o vientos de alta velocidad.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Bajo coste (151,46 €/m ²)	Dificultad en la ejecución
Bajas emisiones de CO ₂ en la producción de los materiales, transporte, instalación y mantenimiento (33,6 Kg CO ₂ /m ²)	Tiempo de ejecución
Bajo gasto de energía a nivel de producción de materiales, transporte, instalación y mantenimiento (527 MJ/m ²)	Peso (350Kg/m ²)
Bajo mantenimiento (10 €/m ² al año)	Espesor (30cm)
Bajo gasto de agua (1-3 L/m ² al día)	

Tabla 7: Ventajas e inconvenientes del Sistema Ecobin (Tabla de elaboración propia).

3.7. SISTEMA LEAF BOX.



WEB FABRICANTE: <http://www.alicanteforestal.es/jardines-verticales/>

LUGAR DE COMERCIALIZACIÓN: España

Sistema de paneles modulares de dimensiones 80x80x10cm compuesto por malla de alambre de acero de 4mm de espesor y de fibras vegetales, instalados sobre bastidores de aluminio dejando una cámara de aire de 3cm de espesor respecto a la fachada. Además, dispone de una capa impermeabilizante de espuma de poliuretano de 20mm de espesor. El sistema de riego se ejecuta en los espacios horizontales entre paneles. Las tuberías de goteo están conectadas a la tubería general de distribución. (Ficha técnica adjunta en el Anexo).



Ilustración 36: Sistema Leaf box en Celler Cooperatiu de Rubí, Barcelona.

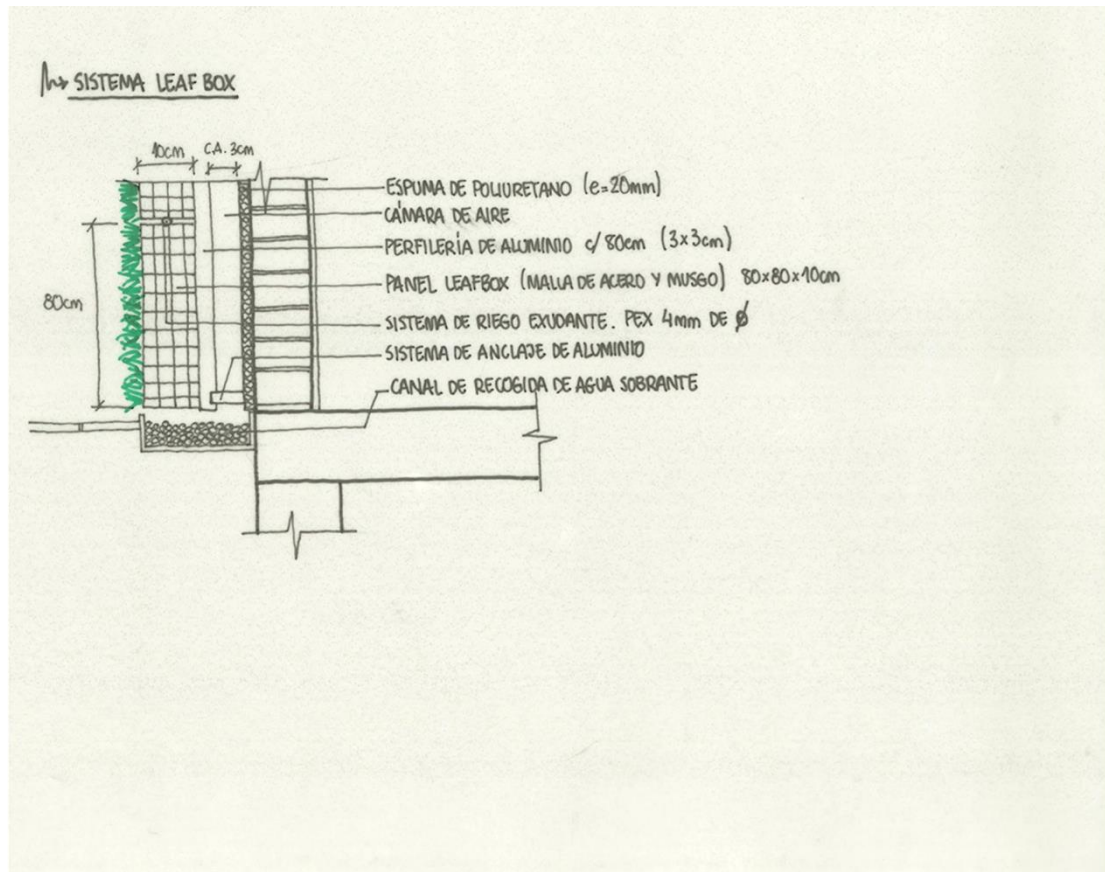


Ilustración 37: Detalle de elaboración propia del sistema LeafBox.

3.7.1. MEDICIONES.

Capítulo 6: Sistema Leafbox						
06.01	M2 Fachada vegetal Sistema LeafBox					
	M2 Fachada vegetal sistema LeafBox compuesto por una capa aislante e impermeable de espuma de poliuretano 35Kg/m3 de 20mm, estructura portante de perfilera de aluminio, paneles leaf.box Ug-15 o Ug-10 contruidos a medida, realizados en varilla metálica, cerrados con alambre galvanizado, electro-soldado y plastificado, rellenos de sustrato de fibras vegetales Ug-ms05, y plantación de especies vegetales de variedades idóneas para el clima de la zona (seleccionadas en colaboración con la dirección facultativa) en módulos Ug-ms10 a razón de 40 plantas/m2. Incluso instalación de riego mediante tubería exudante propia del muro. Superficie medida según documentación gráfica de proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo los huecos de superficie mayor de 5 m².					
		1	10,00		10,00	100
						100,00
06.02	M canal de aluminio					
	Canal exterior de sección rectangular, de plancha de aluminio lacado, de 0,8 mm de espesor, de 20 cm de ancho y 50 cm de desarrollo, incluidas las piezas especiales de soporte. B5ZH222A					
		1	10,00			10,00
						10,00

M2 Fachada vegetal Sistema LeafBox							
<p>M2 Fachada vegetal sistema LeafBox compuesto por una capa aislante e impermeable de espuma de poliuretano 35Kg/m3 de 20mm, estructura portante de perfilera de aluminio cada 0,8m, paneles leaf.box Ug-15 o Ug-10 contruidos a medida de dimensiones 80x80x10 cm, realizados en varilla metálica, cerrados con alambre galvanizado, electro-soldado y plastificado, rellenos de sustrato de fibras vegetales Ug-ms05, y plantación de especies vegetales de variedades idóneas para el clima de la zona (seleccionadas en colaboración con la dirección facultativa) en módulos Ug-ms10 a razón de 40 plantas/m2. Incluso instalación de riego mediante tubería exudante propia del muro. Superficie medida según documentación gráfica de proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo los huecos de superficie mayor de 5 m².</p>							

PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN		CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
Impermeabilización de espuma de poliuretano 35kg/m3, 20mm	B7C34200	1,0000	m2/m2	4,33	€/m2	4,33	€/m2
Perfilera de aluminio	B83ZCHJ4	1,2500	m/m2	10,06	€/m	12,58	€/m2
Panel leaf.box Ug-15 o Ug-10		1,5600	U/m2	15,00	€/U	23,40	€/m2
POLIETILENO RETICULADO (PEX) DIÁMETRO 4mm	BFB42251COMF	1,2500	m/m2	0,71	€/m	0,89	€/m2
							€/m2
							€/m2
							€/m2
							€/m2
	10%pérdidas	s/	41,20			4,94	€/m2
TOTAL PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN						46,14	€/m2

MANO DE OBRA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	h/m2	€/h	€/m2
	h/m2	€/h	€/m2
TOTAL MANO DE OBRA			0,00 €/m2

MEDIOS AUXILIARES	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
TOTAL MEDIOS AUXILIARES			0,00 €/m2

TOTAL COSTE SECO		46,14	€/m2
6% COSTE DIRECTO COMPLEMENTARIO		2,77	€/m2
TOTAL COSTES DIRECTOS		48,91	€/m2
9% COSTES INDIRECTOS DE EJECUCIÓN		4,40	€/m2
TOTAL PRECIO UNITARIO		53,31	€/m2

CAPITULO 6: SISTEMA LEAFBOX				
06.01	100,00	M2 Fachada vegetal Sistema LeafBox	53,31	5331,00
		M2 Fachada vegetal sistema LeafBox compuesto por una capa aislante e impermeable de espuma de poliuretano 35Kg/m3 de 20mm, estructura portante de perfilera de aluminio, paneles leaf.box Ug-15 o Ug-10 contruidos a medida, realizados en varilla metálica, cerrados con alambre galvanizado, electro-soldado y plastificado, rellenos de sustrato de fibras vegetales Ug-ms05, y plantación de especies vegetales de variedades idóneas para el clima de la zona (seleccionadas en colaboración con la dirección facultativa) en módulos Ug-ms10 a razón de 40 plantas/m2. Incluso instalación de riego mediante tubería exudante propia del muro. Superficie medida según documentación gráfica de proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo los huecos de superficie mayor de 5 m².		
06.02	10,00	M canal de aluminio	26,40	264,00
		Canal exterior de sección rectangular, de plancha de aluminio lacado, de 0,8 mm de espesor, de 20 cm de ancho y 50 cm de desarrollo, incluidas las piezas especiales de soporte. B5ZH222A		
		PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)		5595,00
		16 % GASTOS GENERALES DE EMPRESA (GGE)		895,20
		6% BENEFICIO INDUSTRIAL (BI)		335,70
		PRESUPUESTO DE CONTRATA (PEC)		6825,90
		21% IVA		1362,94
		PRESUPUESTO DE LICITACIÓN		8188,84

3.7.2. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.

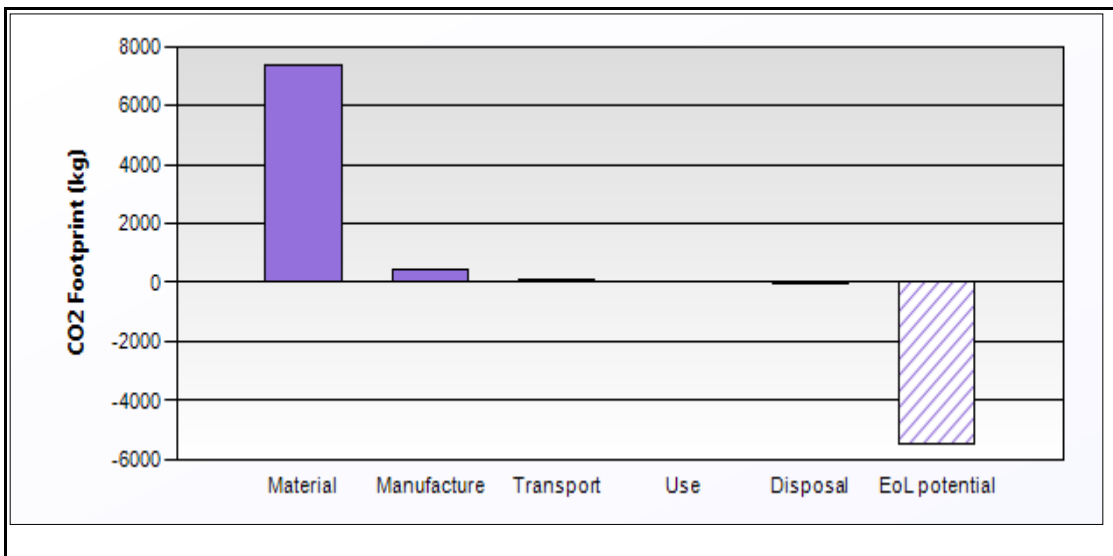
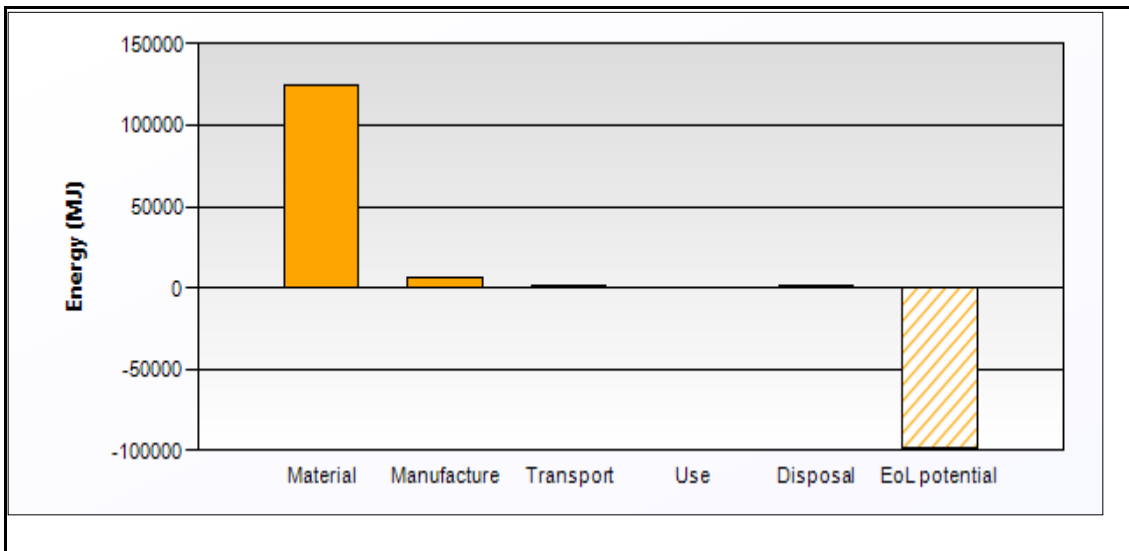


INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Nombre: SISTEMA LEAF.BOX

Ciclo de vida (años): 1

Energía y huella de CO2:



Fases	Energía (MJ)	Energía (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
Materiales	125.000	94.1	7.340	92.7
Manufacturación	5.790	4.4	434	5.5
Transporte	1.140	0.9	81.1	1.0
Uso	0	0.0	0	0.0
Disposición	901	0.7	63.1	0.8
Total	133.000	100	7.910	100
Final del ciclo de vida	-98.500		-5.500	



INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Análisis de energía:

	Energía (MJ)
Consumo de energía:	133.000

Desglose detallado de las diferentes fases de vida de cada material:

Materiales:

Componentes	Material	Contenido reciclado (%)	Masa (kg)	Cantidad	Masa total	Energía (MJ)	%
ESPUMA POLIURETANO	Poliuretano (PU)	0	70	1	70	6.100	4.9
PERFIL ALUMINIO	Aluminio	0	140	1	140	28.000	22.5
PANELES LEAF.BOX	Acero inoxidable	0	1.100	1	1.100	91.000	72.5
PEX	Polietileno (PE)	0	1.6	1	1.6	130	0.1
Total				4	1.300	130.000	100

Manufacturación:

Componentes	Proceso	Cantidad procesada	Energía (MJ)	%
ESPUMA POLIURETANO	Moldeo	70	1.300	22.8
PERFIL ALUMINIO	Extrusión	140	900	15.5
PANELES LEAF.BOX	Extrusión	1.100	3.600	61.6
PEX	Extrusión	1.6	9.6	0.2
Total			5.800	100

Transporte:

Desglose por transporte: Masa total del producto = 1.300 kg

Componente	Tipo de transporte	Distancia (km)	Energía (MJ)	%
Poliuretano	Camión de 14 Tn	9.7	11	0.9
Perfiles aluminio	Camión de 14 Tn	6.5	7.1	0.6
Paneles leafbox	Camión de 14 Tn	1.000	1.100	98.4
Total		1.000	1.100	100

Desglose por componentes:

Componentes	Masa de cada componente (kg)	Energía (MJ)	%
ESPUMA POLIURETANO	70	62	5.4
PERFIL ALUMINIO	140	120	10.5
PANELES LEAF.BOX	1.100	960	84.0
PEX	1.6	1.4	0.1
Total	1.300	1.100	100

Disposición:

Componentes	Final del ciclo de vida	Energía (MJ)	%
ESPUMA POLIURETANO	Reciclaje	49	5.4
PERFIL ALUMINIO	Reciclaje	95	10.5
PANELES LEAF.BOX	Reciclaje	760	84.0
PEX	Reciclaje	1.1	0.1
Total		900	100

Final del ciclo de vida:

Componentes	Final del ciclo de vida	Energía (MJ)	%
ESPUMA POLIURETANO	Reciclaje	-3.400	3.5
PERFIL ALUMINIO	Reciclaje	-23.000	23.7
PANELES LEAF.BOX	Reciclaje	-72.000	72.8
PEX	Reciclaje	-49	0.0
Total		-98.000	100



INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Análisis de la huella de CO2:

	CO2 (kg)
Emisiones de CO2:	7.910

Desglose detallado de las fases de vida:

Materiales:

Componentes	Material	Contenido reciclado (%)	Masa (kg)	Cantidad	Masa total	Huella de CO2 (kg)	%
ESPUMA POLIURETANO	Poliuretano (PU)	0	70	1	70	260	3.5
PERFIL ALUMINIO	Aluminio	0	140	1	140	1.700	23.6
PANELES LEAF.BOX	Acero inoxidable	0	1.100	1	1.100	5.300	72.8
PEX	Polietileno (PE)	0	1.6	1	1.6	4.3	0.1
Total				4	1.300	7.300	100

Manufacturación:

Componentes	Proceso	Cantidad procesada	Huella de CO2 (kg)	%
ESPUMA POLIURETANO	Moldeo	70	99	22.7
PERFIL ALUMINIO	Extrusión	140	67	15.5
PANELES LEAF.BOX	Extrusión	1.100	270	61.6
PEX	Extrusión	1.6	0.72	0.2
Total			430	100

Transporte:

Desglose por transporte: Masa total de producto = 1.300 kg

Componentes	Tipo de transporte	Distancia (km)	Huella de CO2 (kg)	%
Poliuretano	Camión de 14 Tn	9.7	0.75	0.9
Perfiles aluminio	Camión de 14 Tn	6.5	0.51	0.6
Paneles Leafbox	Camión de 14 Tn	1.000	80	98.4
Total		1.000	81	100

Desglose por componentes:

Componentes	Masa de cada componente (kg)	Huella de CO2 (kg)	%
ESPUMA POLIURETANO	70	4.4	5.4
PERFIL ALUMINIO	140	8.5	10.5
PANELES LEAF.BOX	1.100	68	84.0
PEX	1.6	0.098	0.1
Total	1.300	81	100

Disposición:

Componentes	Final del Ciclo de vida	Huella de CO2 (kg)	%
ESPUMA POLIURETANO	Reciclaje	3.4	5.4
PERFIL ALUMINIO	Reciclaje	6.6	10.5
PANELES LEAF.BOX	Reciclaje	53	84.0
PEX	Reciclaje	0.076	0.1
Total		63	100

Final del ciclo de vida:

Componentes	Final del ciclo de vida	Huella de CO2 (kg)	%
ESPUMA POLIURETANO	Reciclaje	-110	2.1
PERFIL ALUMINIO	Reciclaje	-1.600	28.9
PANELES LEAF.BOX	Reciclaje	-3.800	69.0
PEX	Reciclaje	-3	0.1
Total		-5.500	100

A continuación compararemos los resultados del impacto ambiental de la base de datos del programa CES Edupack con el de otra base de datos (BEDEC) sin tener en cuenta las emisiones de CO₂ y gasto de energía en el transporte.

BASE DE DATOS	MJ/m ²	Kg CO ₂ /m ²
CES Edupack	1.319	78,3
BEDEC	344,68	28,6

3.7.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE ESTE SISTEMA.

Las principales ventajas de este sistema son su bajo coste (53,31€/m²), y su fácil instalación, ya que es modular. Además, no es un sistema que suponga una gran carga a la fachada (50Kg/m²). Otra de las ventajas es que es un sistema que se comercializa en España por lo que las emisiones de CO₂ y el gasto de energía en el transporte son casi nulas.

Los principales inconvenientes son las uniones entre el acero de los paneles Leaf Box y el aluminio de los perfiles, lo que puede ocasionar un par galvánico entre estos metales si no se ejecuta bien la unión (mediante una membrana de neopreno). Otro inconveniente es que la instalación de riego no funciona con circuito cerrado, por lo que el agua sobrante no se reutiliza, lo que aumenta el gasto de agua de riego.

Su impacto medioambiental no puede considerarse ni una ventaja ni un inconveniente, ya que no es el que más energía consume en todo el proceso ni el que menos (1.330 MJ/año), y lo mismo pasa en cuanto a las emisiones de CO₂ (78,3 Kg CO₂/m²) durante todo su ciclo de vida.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Bajo precio (53,31 €/m ²)	Gasto de agua
Modular. Fácil instalación	Unión entre acero y aluminio. Posible par galvánico si no se ejecuta correctamente
Bajo mantenimiento (10 €/m ² al año)	Sistema con alta cantidad de metales
Bajo gasto de agua (1-3 L/m ² al día)	

Tabla 8: Ventajas e inconvenientes del Sistema LeafBox (Tabla de elaboración propia).

3.8. SISTEMA JAKOB DE BRIMAT.

- ✚ WEB FABRICANTE: <http://brimat.cl/sistema-jacob/>
- ✚ LUGAR DE COMERCIALIZACIÓN: Chile

El sistema Jakob esta dimensionado según cada parte del proyecto. Está diseñado para soportar su propio peso, la presión y succión del viento y la carga de la lluvia. La carga total es absorbida por las fijaciones superiores e inferiores (perfil angular 30x30x4 mm) en distinta medida y a esto se le suma un factor de seguridad. Dichas fijaciones están sujetas a la fachada del edificio por medio de soportes piramidales de alta resistencia. Cada cuadrilla de cables y barras horizontales están diseñadas a medida, ambos elementos están fabricados del mismo material de alta calidad y un mismo diámetro efectivo (3,7 mm). Estas conforman una superficie ideal para el crecimiento de las plantas trepadoras. Las dimensiones entre cables y barras horizontales serán de 25 cm entre cables verticales



y 35 cm entre barras horizontales. (Ficha técnica adjunta en el anexo 6).

Ilustración 38: Sistema Jakob de Brimat aplicado.

SISTEMA JAKOB DE BRIMAT

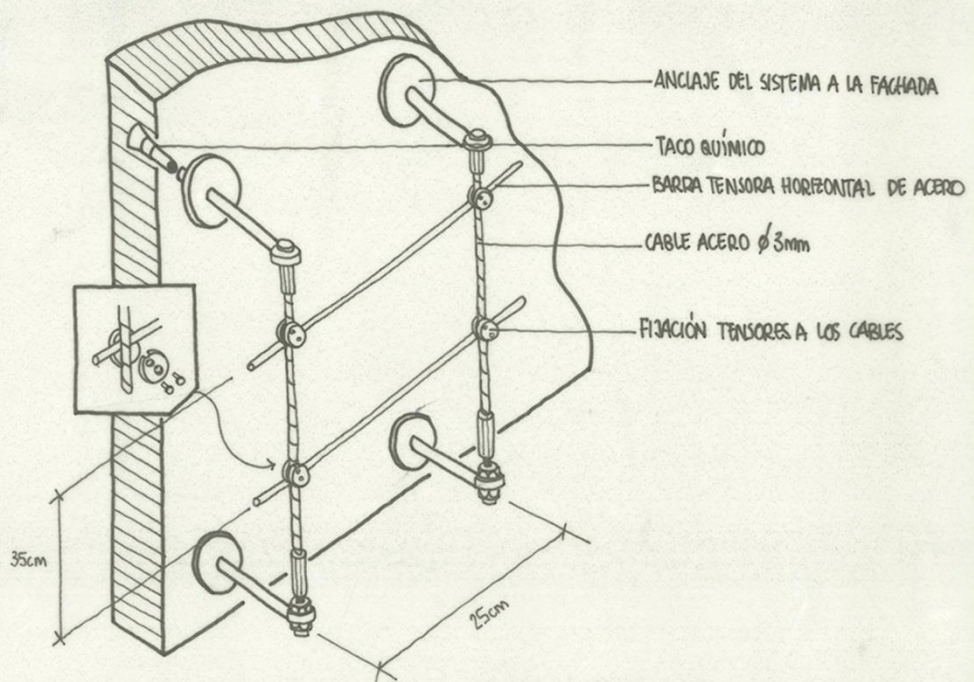


Ilustración 39: Sistema Jakob de Brimat aplicado.

3.8.1. MEDICIONES.

Nº de orden	Descripción	Nº PARTES	DIMENSIONES			MEDICIONES	
		IGUALES	LONG	ANC	ALT	PARCIALES	TOTALES
	Capítulo 7: Sistema Jakob						
07.01	M2 Fachada vegetal Sistema Jakob.						
	M2 Fachada vegetal sistema Jakob compuesto por una estructura de cables verticales de acero (AISI 316) de 3mm de diámetro y una separación entre ellos de 25cm y barras horizontales tensoras de acero inoxidable (AISI 316) de 3,7mm de diámetro con una separación de 35cm. Los cables verticales están tensados por medio de un angular de acero inoxidable (30/30/4mm) en la parte superior e inferior y están anclados a la fachada mediante fijaciones cónicas de acero inoxidable de 40mm de diámetro y colocadas cada 100mm. Incluida la instalación en el precio de la medición.						
		1	10,00		10,00	100	
							100,00

M2 Fachada vegetal Sistema Jakob.						
<p>M2 Fachada vegetal sistema Jakob compuesto por una estructura de cables verticales de acero (AISI 316) de 3mm de diametro y una separacion entre ellos de 25cm y barras horizontales tensoras de acero inoxidable (AISI 316) de 3,7mm de diámetro con una separación de 35cm. Los cables verticales están tensados por medio de un angular de acero inoxidable (30/30/4mm) en la parte superior e inferior y están anclados a la fachada mediante fijaciones cónicas de acero inoxidable de 40mm de diámetro y colocadas cada 100mm. Incluida la instalación en el precio de la medición.</p>						

PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN	CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
SISTEMA JAKOB	1,0000	m2/m2	142,44	€/m2	142,44	€/m2
10%pérdidas	s/	142,44			17,09	€/m2
TOTAL PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN					159,53	€/m2

MANO DE OBRA	CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
		h/m2		€/h		€/m2
		h/m2		€/h		€/m2
TOTAL MANO DE OBRA					0,00	€/m2

MEDIOS AUXILIARES	CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
TOTAL MEDIOS AUXILIARES					0,00	€/m2

TOTAL COSTE SECO					159,53	€/m2
6% COSTE DIRECTO COMPLEMENTARIO					9,57	€/m2
TOTAL COSTES DIRECTOS					169,10	€/m2
9% COSTES INDIRECTOS DE EJECUCIÓN					15,22	€/m2
TOTAL PRECIO UNITARIO					184,32	€/m2

CAPITULO 7: SISTEMA JAKOB				
07.01	100,00	M2 Fachada vegetal Sistema Jakob.	184,32	18432,00
		M2 Fachada vegetal sistema Jakob compuesto por una estructura de cables verticales de acero (AISI 316) de 3mm de diametro y una separacion entre ellos de 25cm y barras horizontales tensoras de acero inoxidable (AISI 316) de 3,7mm de diámetro con una separación de 35cm. Los cables verticales están tensados por medio de un angular de acero inoxidable (30/30/4mm) en la parte superior e inferior y están anclados a la fachada mediante fijaciones cónicas de acero inoxidable de 40mm de diámetro y colocadas cada 100mm. Incluida la instalación en el precio de la medición.		
		PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)		18432,00
		16 % GASTOS GENERALES DE EMPRESA (GGE)		2949,12
		6% BENEFICIO INDUSTRIAL (BI)		1105,92
		PRESUPUESTO DE CONTRATA (PEC)		22487,04
		21% IVA		4490,04
		PRESUPUESTO DE LICITACIÓN		26977,08

3.8.2. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.

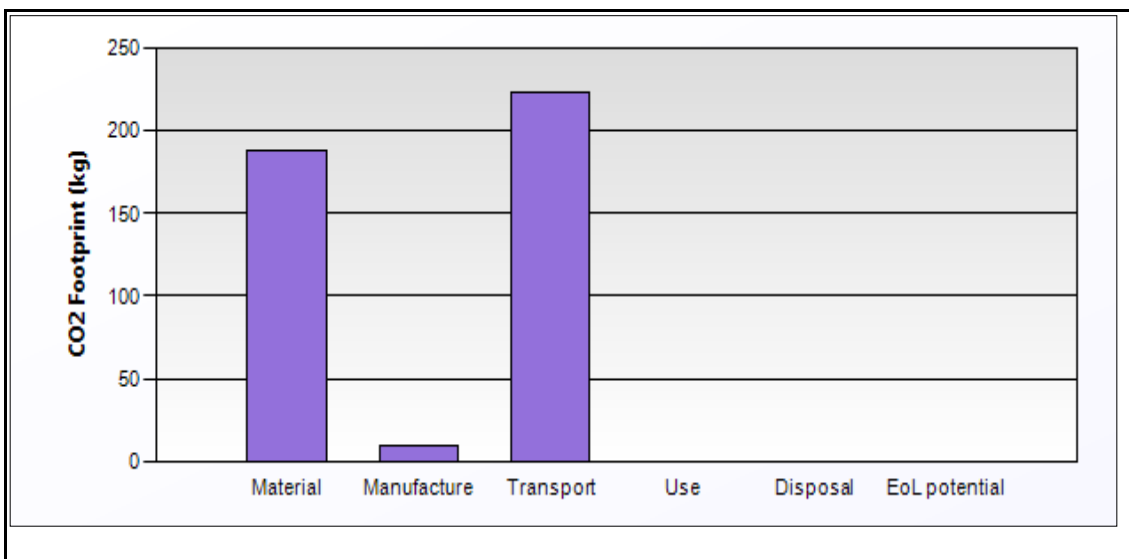
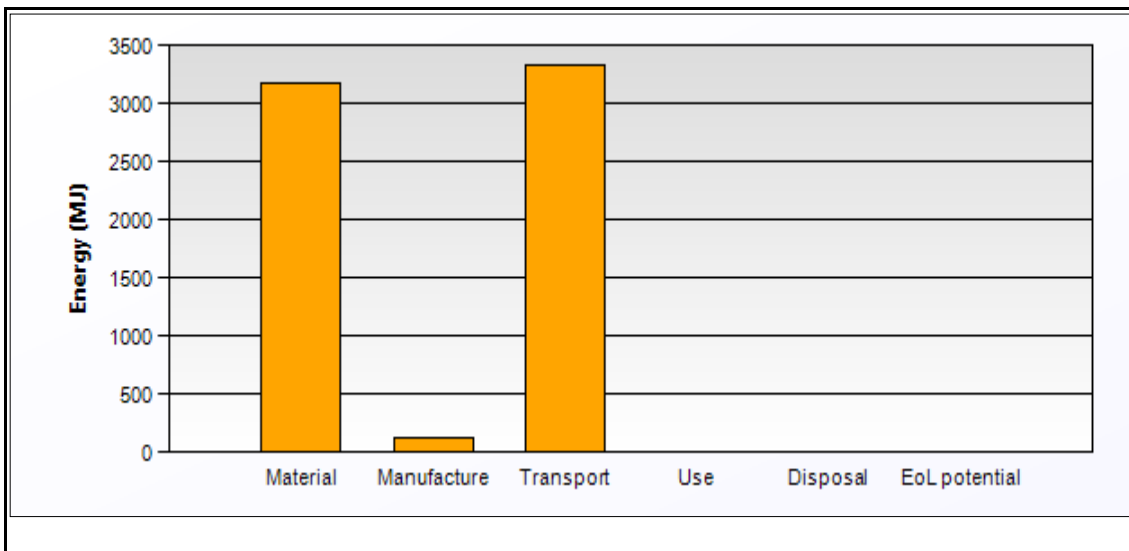


INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Nombre: SISTEMA JAKOB DE BRIMAT

Ciclo de vida (años) 1

Energía y huella de CO2:



Fases	Energía (MJ)	Energía (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
Materiales	3.180	47.9	187	44.6
Manufacturación	125	1.9	9.37	2.2
Transporte	3.330	50.2	223	53.1
Uso	0	0.0	0	0.0
Disposición	0	0.0	0	0.0
Total	6.630	100	419	100
Final del ciclo de vida	0		0	



INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Análisis de energía

	Energía (MJ)
Consumo de energía	6.630

Desglose detallado de las diferentes fases de vida de cada material:

Materiales:

Componentes	Materiales	Contenido reciclado (%)	Masa (kg)	Cantidad	Masa total	Energía (MJ)	%
ACERO	Acero inoxidable	0	38	1	38	3.200	100.0
Total				1	38	3.200	100

Manufacturación:

Componentes	Proceso	Cantidad procesada	Energía (MJ)	%
ACERO	Extrusión	38	130	100.0
Total			130	100

Transporte:

Desglose por transporte: Masa total del producto = 38 kg

Componentes	Tipo de transporte	Distancia (km)	Energía (MJ)	%
Sistema Jakob	Avión	11.000	3.300	100.0
Total		11.000	3.300	100

Desglose por componentes:

Componentes	Masa de cada componente (kg)	Energía (MJ)	%
ACERO	38	3.300	100.0
Total	38	3.300	100

Disposición:

Componentes	Final del ciclo de vida	Energía (MJ)	%
ACERO	Ninguna opción	0	
Total		0	100

Final del ciclo de vida:

Componentes	Final del ciclo de vida	Energía (MJ)	%
ACERO	Ninguna opción	0	
Total		0	100



INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Análisis de la huella de CO2:

	CO2 (kg)
Emissiones de CO2	419

Desglose detallado de las fases de vida:

Materiales:

Componentes	Materiales	Contenido reciclado (%)	Masa (kg)	Cantidad	Masa total	Huella de CO2 (kg)	%
ACERO	Acero inoxidable	0	38	1	38	190	100.0
Total				1	38	190	100

Manufacturación:

Componentes	Proceso	Cantidad procesada	Huella de CO2 (kg)	%
ACERO	Extrusión	38	9.4	100.0
Total			9.4	100

Transporte:

Desglose por transporte: Masa total del producto = 38 kg

Componentes	Tipo de transporte	Distancia (km)	Huella de CO2 (kg)	%
Sistema Jakob	Avión	11.000	220	100.0
Total		11.000	220	100

Desglose por componentes:

Componentes	Masa de cada componente (kg)	Huella de CO2 (kg)	%
ACERO	38	220	100.0
Total	38	220	100

Disposición:

Componentes	Final del ciclo de vida	Huella de CO2 (kg)	%
ACERO	Ninguna opción	0	
Total		0	100

Final del ciclo de vida:

Componentes	Final del ciclo de vida	Huella de CO2 (kg)	%
ACERO	Ninguna opción	0	
Total		0	100

A continuación compararemos los resultados del impacto ambiental de la base de datos del programa CES Edupack con el de otra base de datos (BEDEC) sin tener en cuenta las emisiones de CO₂ y gasto de energía en el transporte.

BASE DE DATOS	MJ/m ²	Kg CO ₂ /m ²
CES Edupack	33	1,96
BEDEC	818,5	61,43

3.8.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE ESTE SISTEMA.

Las principales ventajas son la fácil instalación del sistema y su bajo coste (184,32€/m²). Además de su bajísimo impacto ambiental (en cuanto a emisiones de CO₂ y gasto energético durante todo su ciclo de vida), no necesita instalación de riego y tiene un mantenimiento casi nulo (únicamente podas periódicas).

En cuanto a sus inconvenientes cabe destacar que se depende mucho del tiempo de crecimiento de las plantas trepadoras para dar por ejecutada y finalizada la fachada.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Bajo precio (184,32 €/m ²)	Tiempo de crecimiento de las plantas trepadoras
Fácil instalación	Altas cantidades de acero
Bajo mantenimiento (3 €/m ² al año)	Necesidad de plantación de la vegetación en el suelo
Bajo gasto de energía a nivel de producción de materiales, transporte, instalación y mantenimiento (66,3 MJ/m ²)	
Bajas emisiones de CO ₂ en la producción de los materiales, transporte e instalación durante su ciclo de vida (4,19 Kg CO ₂ /m ²)	
No precisa de instalación de riego. Gasto de agua nulo.	

Tabla 9: Ventajas e inconvenientes del Sistema Jakob de Brimat (Tabla de elaboración propia).

3.9. COMPARATIVA DE SISTEMAS.

Comparativas entre los diferentes sistemas de fachadas vegetales en donde se procederá a contrastar las diferentes características que presentan los tipos de soluciones. Se contrastarán propiedades como el peso y espesor que supone cada solución a la fachada para poder prever la aplicación de cada sistema sobre distintos tipos de fachadas, el aislamiento térmico y acústico que supone cada solución, el impacto ambiental durante todo su ciclo de vida, tanto en producción, transporte, mantenimiento y reciclado, y el coste de cada uno de los sistemas.

3.9.1. COMPARATIVA DE PRECIOS.

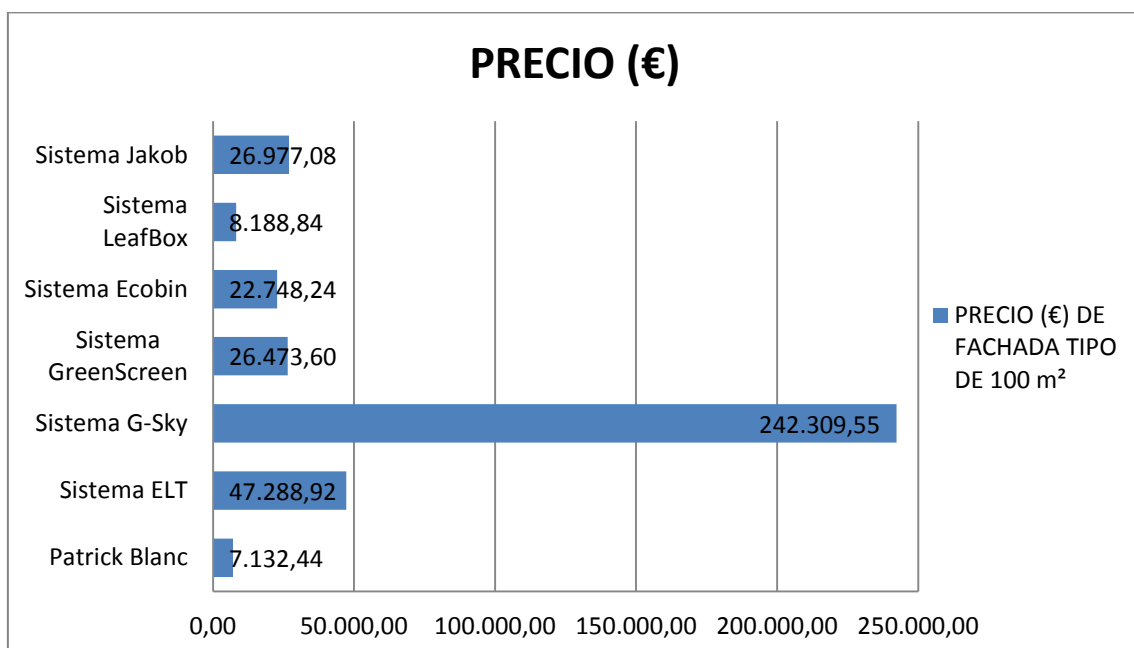


Gráfico 2: Comparativa de precios de los distintos sistemas de fachadas vegetales. (Gráfico de elaboración propia).

*Datos obtenidos de las mediciones realizadas en cada sistema y de las aportaciones de los fabricantes. Realizados sobre una fachada tipo de 100 m² (10x10m).

Una vez comparados los sistemas entre ellos, cogemos el más económico y lo comparamos con el precio de fachadas tradicionales.

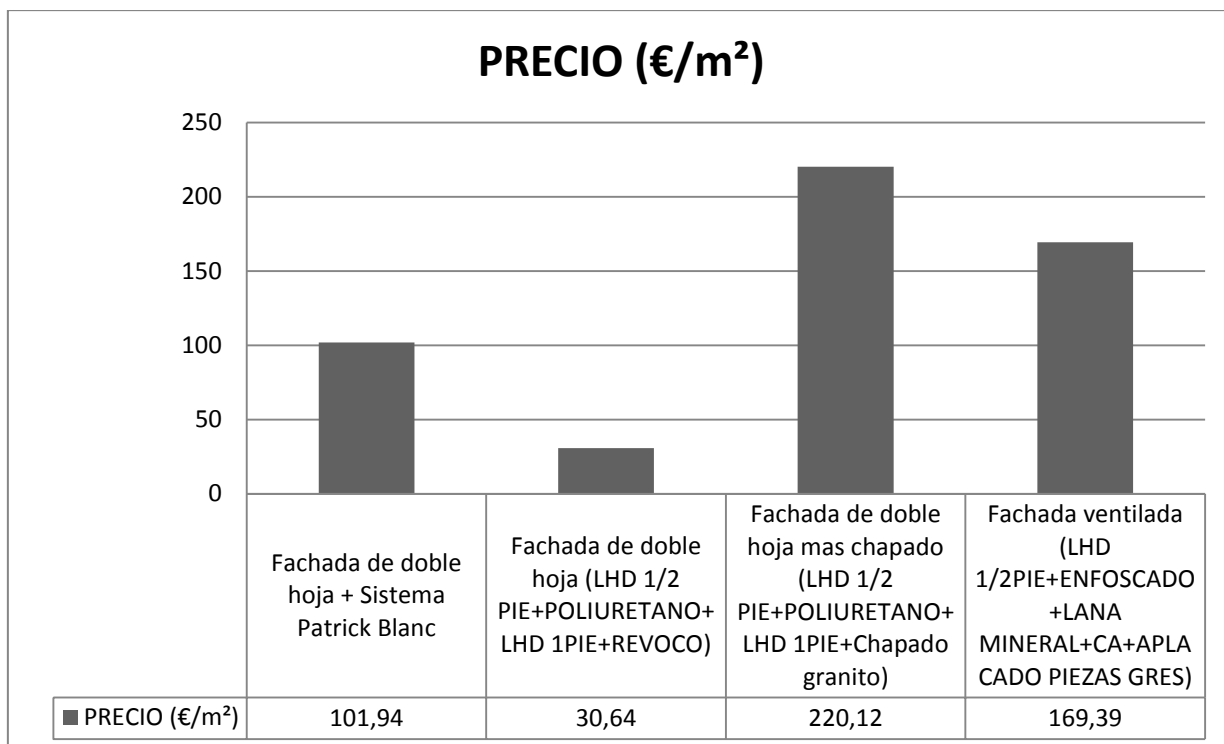


Gráfico 3: Comparativa de precios de un sistema de fachada vegetal con sistemas tradicionales de fachada. (Gráfico de elaboración propia).

Como se puede observar una fachada de doble hoja con un sistema vegetal es una solución más barata que una fachada aplacada o ventilada.

3.9.2. COMPARATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS MATERIALES UTILIZADOS.

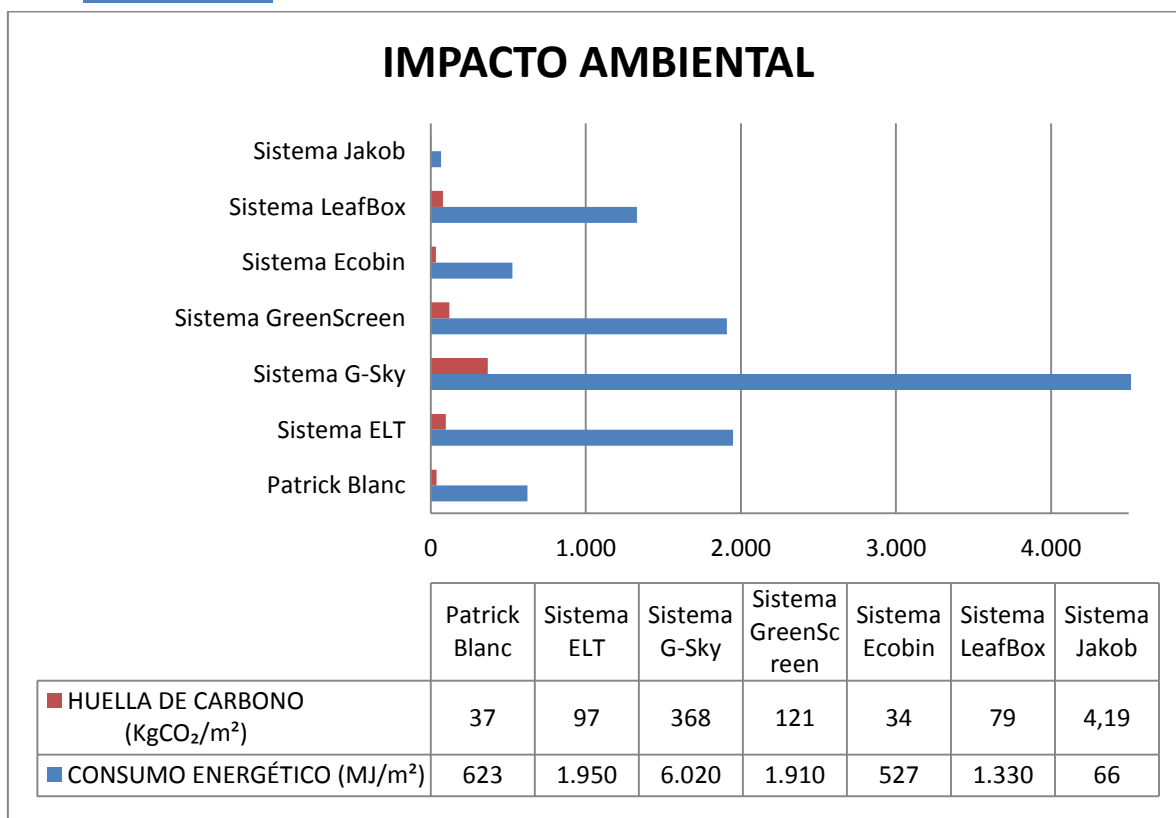


Gráfico 4: Comparativa del impacto medioambiental de los distintos sistemas de fachadas vegetales. (Gráfico de elaboración propia).

*Cálculo realizado mediante el programa desarrollado por la universidad de Cambridge, CES EduPack 2013.

Además, vamos a comparar el impacto medioambiental de los diferentes sistemas en cada uno de los procesos que sigue hasta llegar a obra y ser colocado, así como también respecto a su reciclaje o reutilización.

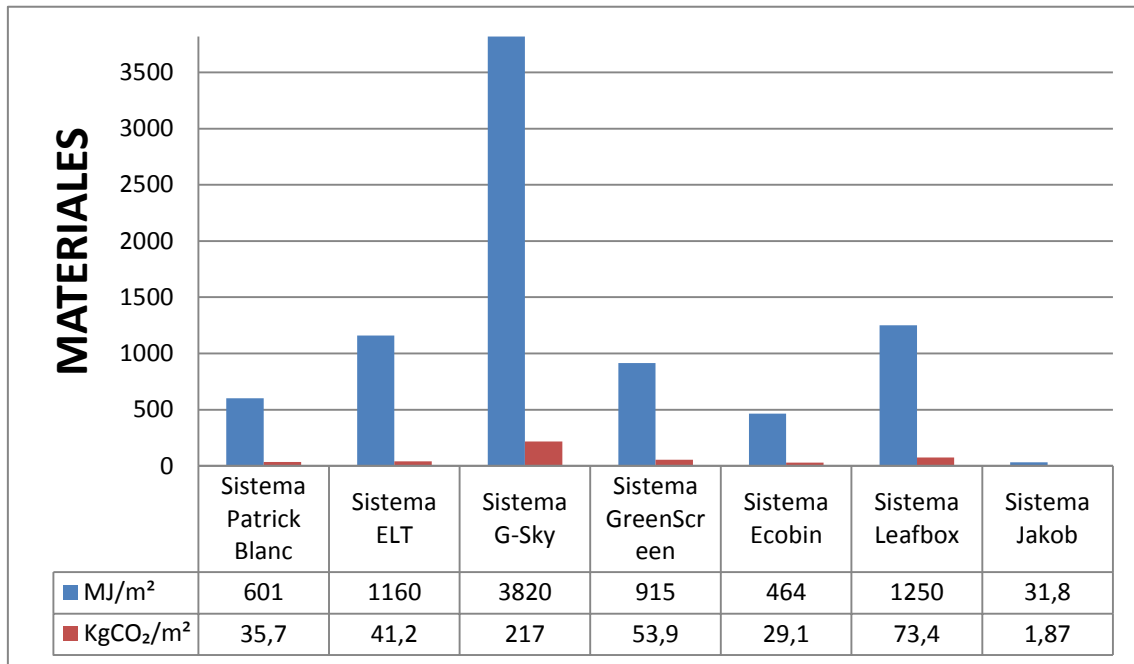


Gráfico 5: Comparativa del impacto medioambiental de los materiales empleados en los distintos sistemas de fachadas vegetales. (Gráfico de elaboración propia).

En cuanto al consumo de energía y emisiones de CO₂ en la extracción de los materiales vemos que el sistema mas contaminante y menos sostenible es el G-Sky con una amplia diferencia sobre los demás. Sin embargo, el sistema de Patrick Blanc y el Ecobin son los mas sostenibles dentro de las fachadas vegetales, sin contar las que estan formadas por enredaderas como son el sistema GreenScreen y el Jakob.

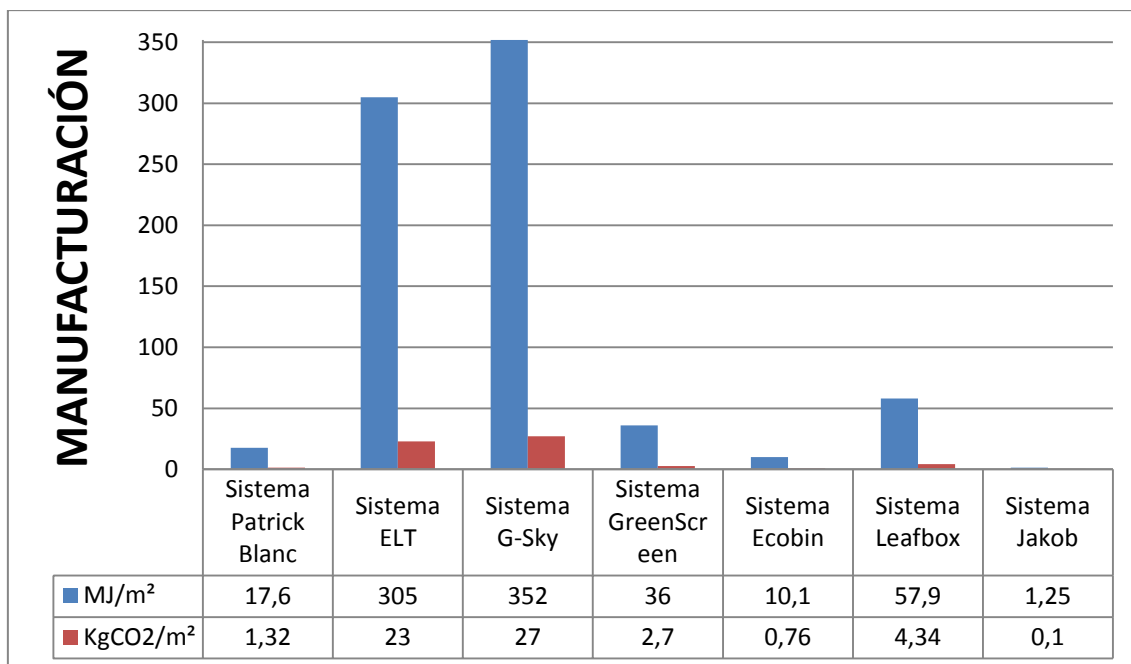


Gráfico 6: Comparativa del impacto medioambiental respecto a la manufacturación de los materiales empleados en los distintos sistemas de fachadas vegetales. (Gráfico de elaboración propia).

En relación con la manufacturación de los materiales, tanto en tratamiento como en la modificación de la materia prima o el producto, vemos que el sistema G-Sky es otra vez el menos sostenible de todos seguido por el ELT ya que son los dos que más productos polímeros tiene. El resto están bastante igualados en cuanto al consumo de energía y a las emisiones de CO₂ con una diferencia muy significativa respecto a los más contaminantes.

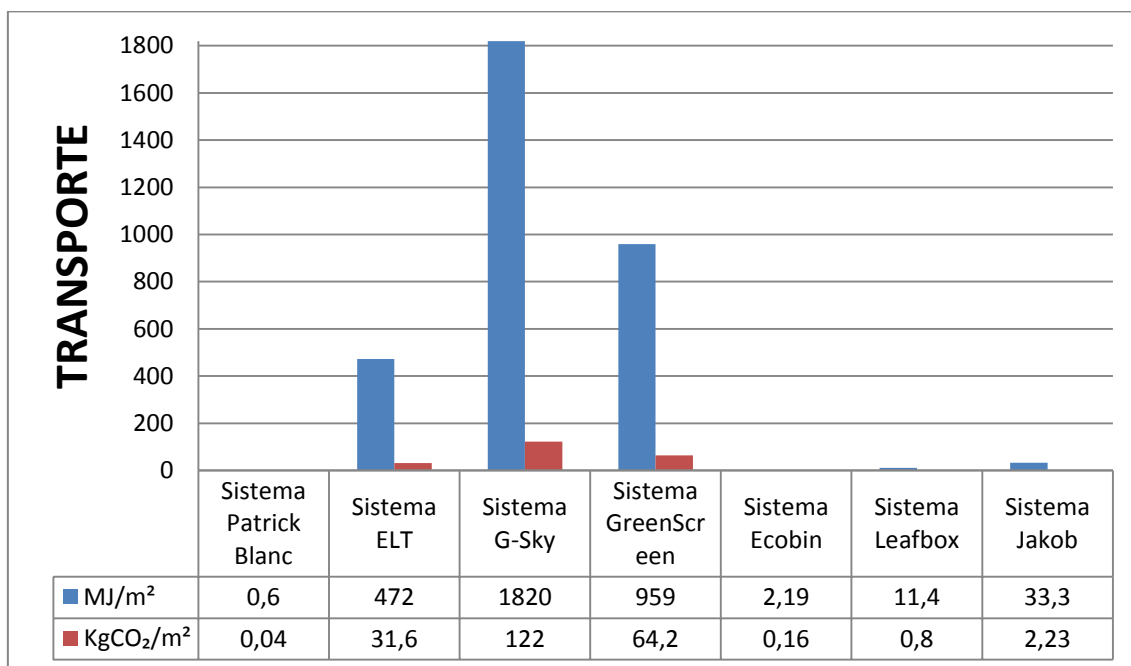


Gráfico 7: Comparativa del impacto medioambiental en cuanto al transporte en los distintos sistemas de fachadas vegetales. (Gráfico de elaboración propia).

En cuanto al transporte, volvemos a tener el sistema G-Sky como uno de los menos sostenibles, dado que se comercializa en Canadá y USA y los módulos son transportados desde allí a nuestro edificio tipo en Santiago. Seguido de este sistema se encuentra el GreenScreen y el ELT, que se comercializan en USA y Canadá, respectivamente. Tanto los sistemas Patrick Blanc, Ecobin y Leafbox se comercializan en España, de ahí su bajo impacto medioambiental en el transporte.

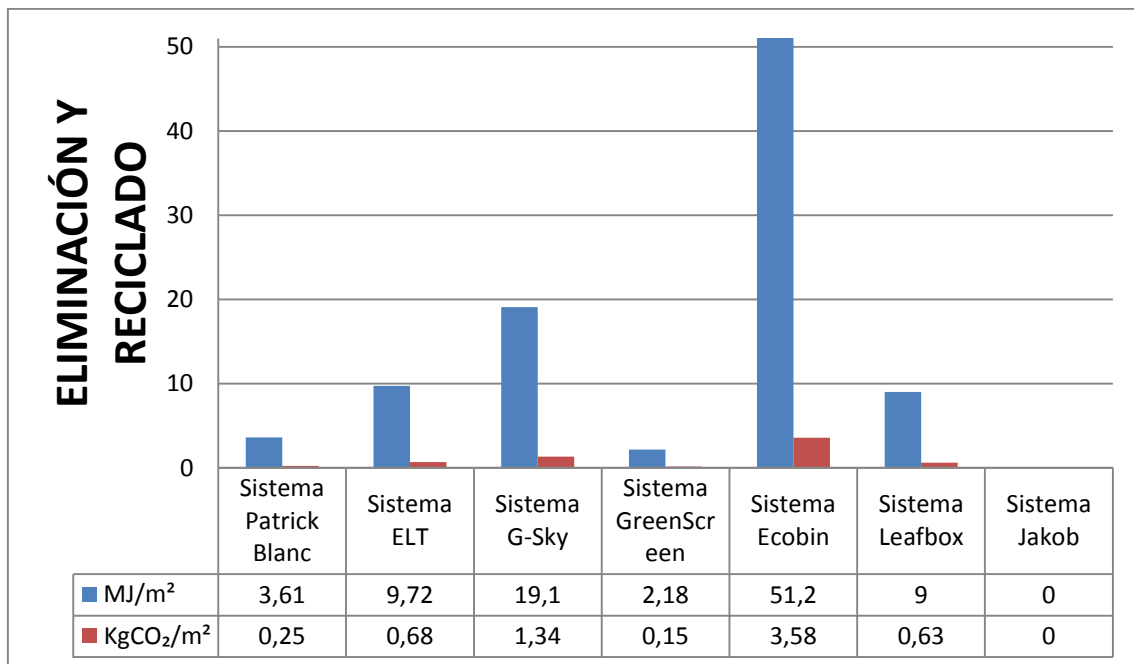


Gráfico 8: Comparativa del impacto medioambiental en cuanto a la eliminación y reciclado de los materiales empleados en los distintos sistemas de fachadas vegetales. (Gráfico de elaboración propia).

En cuanto a la eliminación y reciclado de los materiales que componen cada sistema, vemos que el de mayor impacto ambiental es el sistema Ecobin, dado que es el que mayor número de productos distintos presenta, entre los que se destacan la membrana de poliuretano, el mortero mixto y la fábrica cerámica como los causantes del mal proceso de reutilización y reciclado que sufre este sistema, dado que un porcentaje muy bajo de estos productos se puede reciclar.

Tras haber analizado los diferentes procesos desde la extracción del material a su puesta en obra, vamos a centrarnos en las emisiones de CO₂ que genera cada sistema durante todo su ciclo de vida y en las que puede llegar a absorber en el mismo, para dilucidar si estos sistemas pueden ser considerados como ecológicos o se puede decir que son sistemas que ayudan al medio ambiente.

Según www.lessCO2.es, un 1m² de vegetación en un año puede llegar a absorber 1,5 Kg de CO₂, por lo que si aplicamos estos valores a nuestra fachada tipo de 100m² de superficie, los valores de emisión y captación de CO₂ en un año son los siguientes:

	EMISIONES (Kg de CO ₂)	CAPTACIÓN (Kg de CO ₂ /AÑO)	AÑOS PARA AMORTIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL
SISTEMA PATRICK BLANC	3.570	150	24
SISTEMA ELT	6.490	150	43
SISTEMA GSKY	24.500	150	163
SISTEMA GREENSCREEN	5.670	150	38
SISTEMA ECOBIN	3.360	150	23
SISTEMA LEAFBOX	7.930	150	53
SISTEMA JAKOB	419	150	3

Tabla 10: Años que tarda el sistema de fachada vegetal en absorber la misma cantidad de CO₂ que emitió al ambiente durante su proceso de fabricación, transporte y colocación. (Gráfico de elaboración propia)

De donde deducimos que un único sistema, el Jakob de Brimat, es el único que podría llegar a amortizar las emisiones y captación de Kg de CO₂, en tan solo 3 años. En el resto de los sistemas se tardaría demasiado tiempo en absorber la misma cantidad de CO₂ que se ha vertido al ambiente durante su ciclo de vida (extracción, fabricación, transporte e instalación de los materiales), por lo que medioambientalmente no sería sostenible, a diferencia de cómo nos lo venden las empresas instaladoras.

Además, también se tiene que tener en cuenta que las emisiones y el consumo de energía de cada sistema se pueden amortizar con el ahorro de energía gracias al aislamiento térmico. Por lo que el ahorro energético que supone cada sistema habría que tenerlo en cuenta a la hora de buscar el sistema que más rápido amortice el impacto ambiental en su ciclo de vida.

Conociendo estos datos de los diferentes sistemas de fachadas vegetales, vamos a compararlos con datos de emisiones de Kg de CO₂ de algo de uso cotidiano hoy en día para poder contrastarlo.

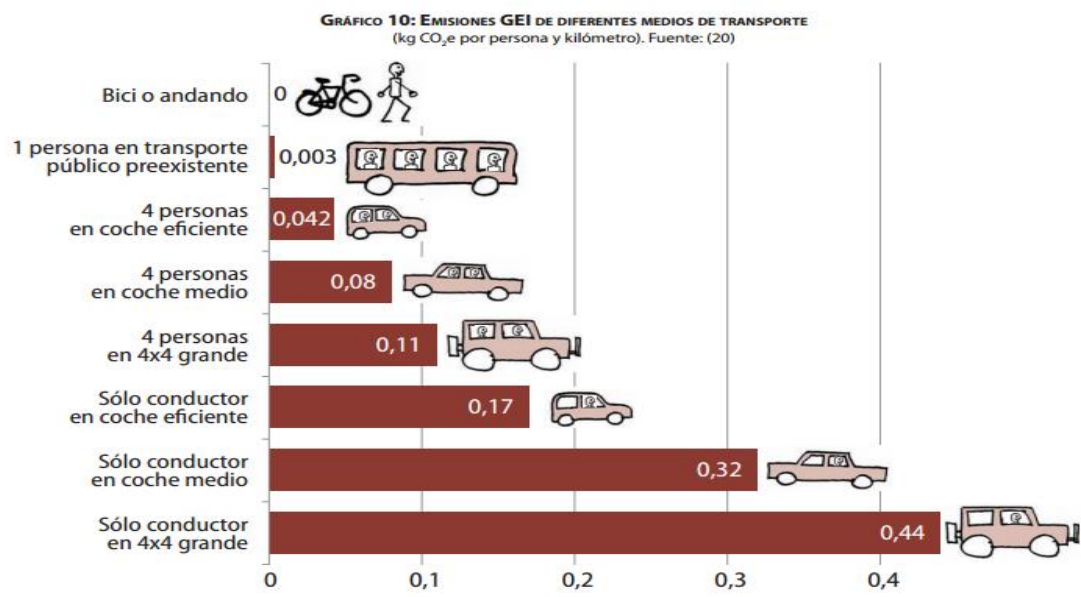


Ilustración 40: Emisiones de CO₂ de los diferentes medios de transporte por persona y Km. (http://www.verdegaia.org/cospesnaterra/index.php?option=com_content&task=view&id=64&Itemid=122&ed=3).

Es decir, que un coche medio (de emisiones iguales a 0,32 Kg de CO₂ por Km realizado), que realice una media de 10 km al día durante un año tendrá unas emisiones aproximadas de 1168 Kg de CO₂. En nuestra tabla solo encontramos un sistema que genere menos emisiones de CO₂ que dicho coche. Es decir, estamos vendiendo sistemas sostenibles y naturales con un poder contaminante, durante su ciclo de vida, mayor que un coche, algo de lo que tenemos certeza que es una de las principales fuentes de contaminación en el mundo.

En cuanto a la comparativa del impacto ambiental de fachadas tradicionales respecto a un sistema de fachada vegetal los datos son los siguientes:

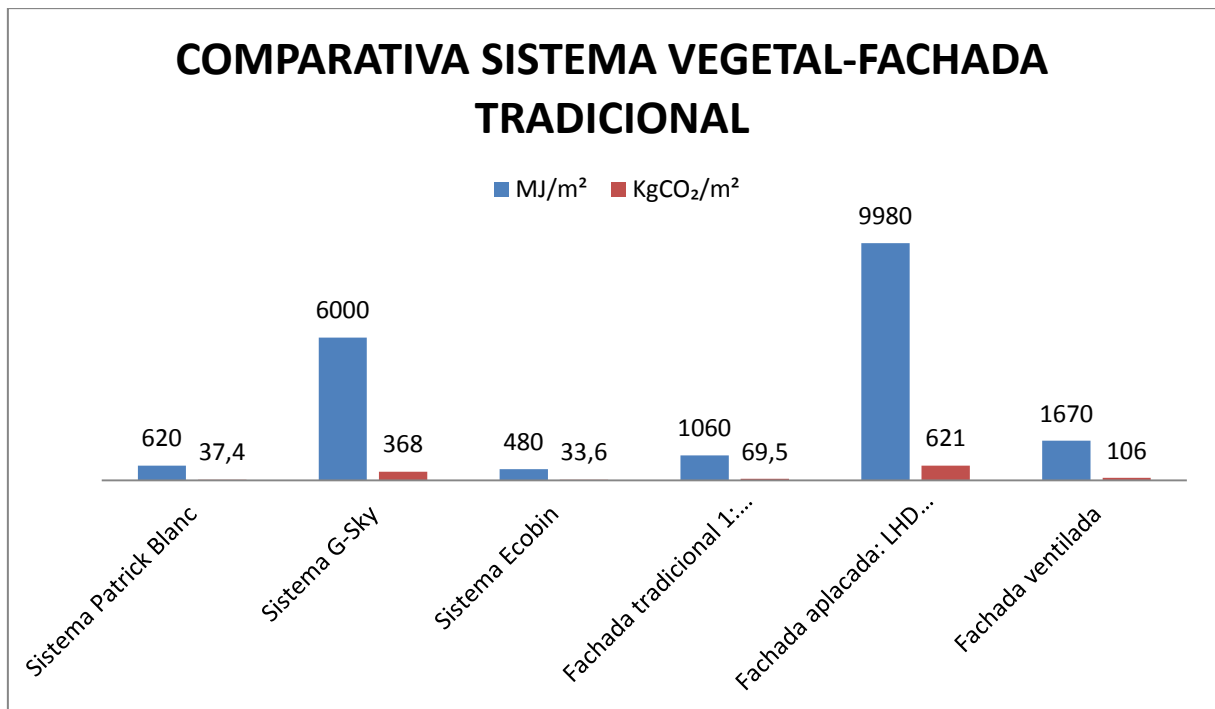


Gráfico 9: Comparativa de sistemas vegetales con sistemas tradicionales en función de su impacto ambiental. (Tabla de elaboración propia).

Como se puede observar, los dos sistemas de fachadas vegetales con menor impacto ambiental están por debajo tanto en consumo energético, como en emisiones de CO₂ respecto a las fachadas tradicionales. En cuanto al sistema G-Sky, que es el que mayor impacto ambiental presenta, tanto en el consumo energético como las emisiones de CO₂, es superior al de las fachadas tradicionales 1 y ventilada. Esto nos hace pensar que no todos los sistemas de fachadas vegetales presentan el mismo impacto ambiental, algunos, incluso presentan un mayor impacto ambiental que fachadas tradicionales, cuando lo que buscamos con este tipo de solución, entre otras cosas, es disminuir el impacto ambiental.

3.9.3. COMPARATIVA DE AISLAMIENTO TÉRMICO.

Es por medio de la evaporación de agua, la fotosíntesis y la capacidad de almacenar calor de su propia agua, que la planta extrae el calor de su ambiente. Este efecto de enfriamiento, que se hace perceptible fundamentalmente en los días cálidos de verano, puede demandarle el 90% de la energía solar consumida.

Con la evaporación de un litro de agua son consumidos casi 2,2 MJ (530 kcal) de energía. La condensación del vapor de agua en la atmósfera, pasa a formar nubes, donde la misma cantidad de energía calórica es liberada nuevamente. Lo mismo sucede cuando por la noche se condensa la humedad en las plantas. La formación del rocío matinal en fachadas y techos verdes trae aparejada una recuperación del calor. Por lo tanto, las plantas solas pueden, a través de la evaporación y la condensación de agua,

reducir las oscilaciones de temperatura. Este proceso se fortalece aún más por la gran capacidad de almacenamiento de calor del agua existente en las plantas y en el sustrato, como así también a través de la fotosíntesis, ya que por cada molécula de $C_6H_{12}O_6$ (glucosa) generada son consumidos 2,83 kJ de energía.

Las figuras 1 y 2 muestran que en una cubierta verde en Kassel (Alemania), con un sustrato de 16 cm de espesor para una temperatura exterior al mediodía de 30°C, había bajo la vegetación 23°C y bajo la capa de sustrato solamente 17,5°C (fig. 1). En la misma cubierta se midieron en invierno, para una temperatura exterior de -14°C, sólo 0°C (fig. 2), bajo la capa de sustrato. Las curvas aclaran que una densa cubierta vegetal en verano tiene un efecto de enfriamiento considerable y en invierno muestra un muy buen efecto de aislamiento térmico. Pero cabe destacar que las cubiertas verdes no funcionan exactamente igual que las fachadas vegetales en cuanto a su aislamiento térmico, ya que muchos sistemas de fachadas vegetales son modulares, lo que supone que los sistemas no son continuos a lo largo de todo el paramento, lo que se deduce como una pérdida del aislamiento térmico que supondría si el sistema fuera continuo.

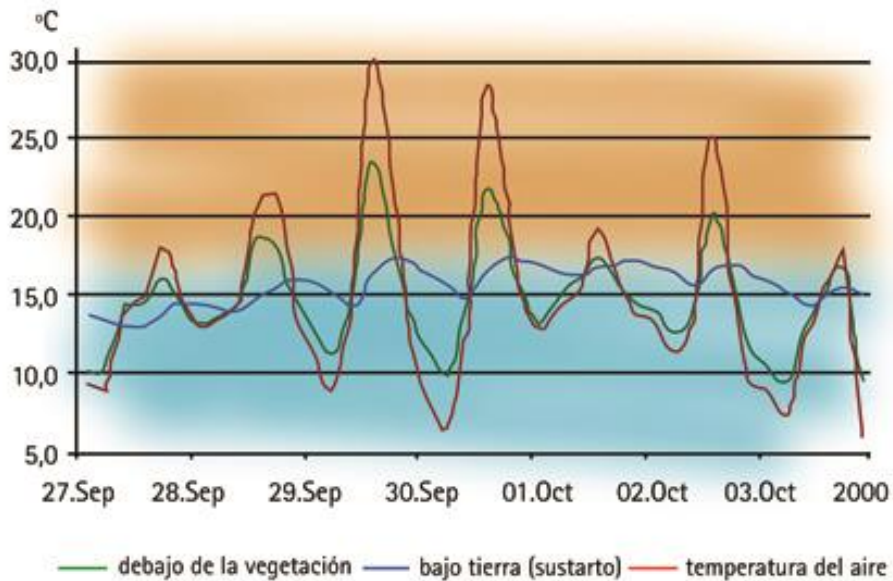


Ilustración 41: Diferencia de temperatura en verano de una cubierta verde en Kassel (Alemania), con un sustrato de 16 cm de espesor. Para una temperatura exterior al mediodía de 30°C, había bajo la vegetación 23°C y bajo la capa de sustrato solamente 17,5°C.

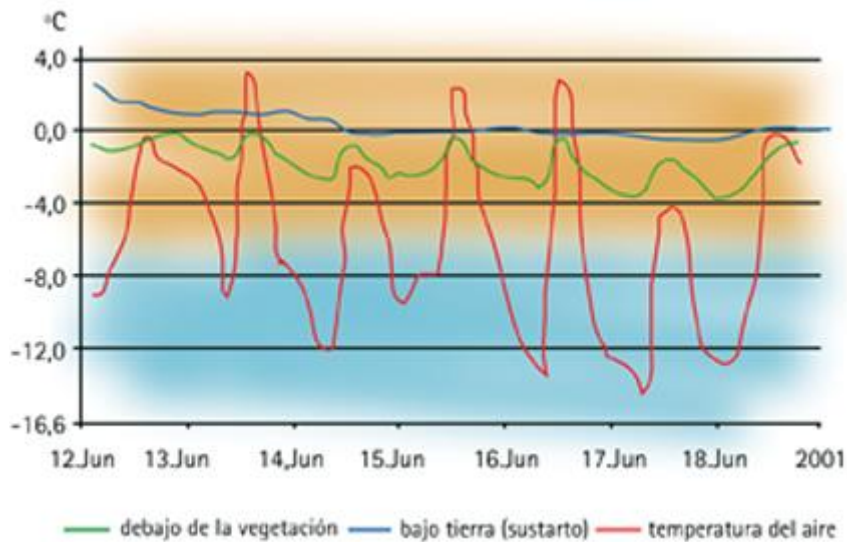


Ilustración 42: Diferencia de temperatura en invierno de una cubierta verde en Kassel (Alemania), con un sustrato de 16 cm de espesor. Para una temperatura exterior de -14°C, sólo hay 0°C bajo la capa de sustrato.

Por lo que, una fachada vegetal mantiene una temperatura constante en el interior de nuestra vivienda a lo largo de todo el año, además de impedir cambios bruscos de temperatura, ayudando así a los materiales que componen nuestra fachada y sobre todo aumentando la vida útil del impermeabilizante, que sufre mucho en dichos cambios bruscos de temperatura.

Esta propiedad debería ser así, pero debido a la falta de continuidad en los sistemas y al elevado número de juntas en sistemas modulares de este tipo de soluciones, no se aprecia un aislamiento térmico tan elevado como se puede dar en una cubierta vegetal, además, muchos tienen una cámara de aire de un espesor superior a los 5 cm, por lo que no aporta aislamiento alguno.

Una vez explicado esto, vamos a proceder con una comparativa del aislamiento térmico que nos ofrece cada uno de los sistemas que componen este estudio. Para poder determinar que materiales son los que le otorgan un mejor o peor comportamiento en este aspecto, vamos a proceder a elaborar los cálculos de aislamiento térmico de cada uno de los sistemas de fachadas vegetales. Como ya vimos anteriormente en el apartado 2.2.4. "Aislamiento térmico.", la resistencia térmica va a venir dada por la suma de los cocientes entre el espesor del material y la conductividad térmica de los diferentes materiales que componen el cerramiento.

✚ **Sistema Patrick Blanc.**

L.H.D (1/2 pie) + P.U + L.H.T (1 pie) + C.A (5cm esp.)

$$R = \frac{0,11}{0,432} + \frac{0,05}{0,25} + \frac{0,23}{0,427} + C.A = \mathbf{1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}}$$

$$R = 0,26 + 0,2 + \mathbf{0,54}$$

✚ **Sistema ELT.**

L.H.D (1/2 pie) + P.U + L.H.T (1 pie) + E.P.D.M. + H.D.P.E + Sustrato + Vegetación

$$R = \frac{0,11}{0,432} + \frac{0,05}{0,25} + \frac{0,23}{0,427} + \frac{0,001}{0,25} + \frac{0,003}{0,5} + \frac{0,095}{0,52} + \mathbf{0,88} = \mathbf{2,07 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}}$$

$$R = 0,26 + 0,2 + \mathbf{0,54} + 0,004 + 0,006 + 0,183 + \mathbf{0,88}$$

✚ **Sistema G-Sky.**

L.H.D (1/2 pie) + P.U + L.H.T (1 pie) + PVC expand. + C.A

$$R = \frac{0,11}{0,432} + \frac{0,05}{0,25} + \frac{0,23}{0,427} + \frac{0,04}{0,17} = \mathbf{1,235 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}}$$

$$R = 0,26 + 0,2 + \mathbf{0,54} + 0,235$$

✚ **Sistema Ecobin.**

L.H.D (1/2 pie) + P.U + L.H.T (1 pie) + P.U + Mortero (6%) + Fábrica cerámica (31%) + Vegetación (63%)

$$R = \frac{0,11}{0,432} + \frac{0,05}{0,25} + \frac{0,23}{0,427} + \frac{0,02}{0,25} + \frac{0,24}{1,8} + \frac{0,24}{0,667} = \mathbf{1,74 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}}$$

$$R = 0,26 + 0,2 + \mathbf{0,54} + 0,08 + 6\% 0,133 + 31\% \mathbf{0,36} + 63\% \mathbf{0,88}$$

✚ **Sistema LeafBox.**

L.H.D (1/2 pie) + P.U + L.H.T (1 pie) + P.U + C.A

$$R = \frac{0,11}{0,432} + \frac{0,05}{0,25} + \frac{0,23}{0,427} + \frac{0,02}{0,25} = \mathbf{1,08 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}}$$

$$R = 0,26 + 0,2 + \mathbf{0,54} + 0,08$$

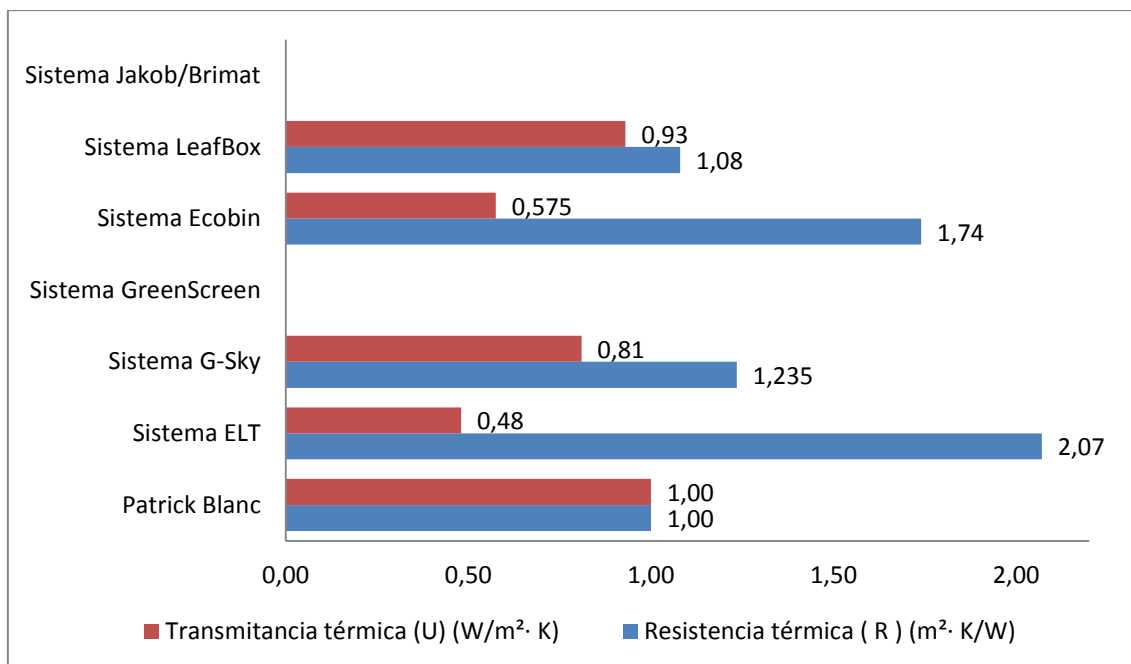
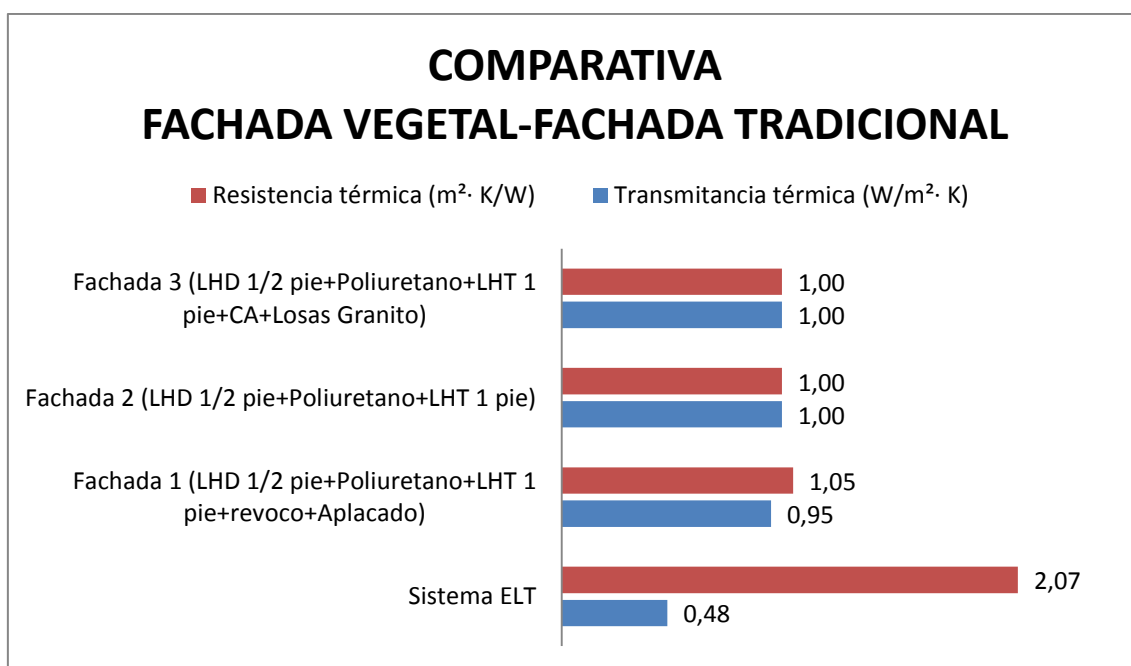


Gráfico 10: Comparativa del aislamiento térmico y transmitancia de los diferentes sistemas de fachadas vegetales (Elaboración propia).

*Cálculo mediante el CTE DB HE 1. Información de transmitancia térmica extraída de la norma UNE EN ISO 10 456:2001.

****Cabe destacar que este aislamiento térmico se ha calculado como si el sistema de fachada vegetal fuera continuo y sin juntas.**

Ahora procedemos a comparar el mejor sistema en cuanto al aislamiento térmico (**Sistema ELT**), en cuanto a aislamiento térmico, con las diferentes soluciones convencionales.



Gráfica 11: Comparativa del aislamiento térmico y transmitancia entre los diferentes sistemas de fachadas vegetales y fachadas tradicionales (Elaboración propia).

Procedemos ahora a comparar la reducción de la demanda de calefacción al incorporar alguno de los sistemas de fachadas vegetales a una fachada tradicional compuesta por un tabique de ladrillo hueco doble a ½ pie, un aislamiento de poliuretano de 5cm de espesor y un tabique de ladrillo hueco triple a 1 pie, así como el consiguiente ahorro económico. Para ello, se ha de definir una envolvente térmica común, donde se ha supuesto una cubierta en contacto con el aire y con una transmitancia térmica de 0,41 W/m²·k, también se han supuesto los puentes térmicos tan solo en el contorno de los cerramientos y en las cajas de persiana. El precio del Kwh es de 0,1218 según la empresa eléctrica Endesa.

TIPO DE FACHADA	RESISTENCIA TÉRMICA (m ² ·k/W)	TRANSMITANCIA TÉRMICA (W/m ² ·k)	DEMANDA ENERGÉTICA (Kwh/m ²)	COSTE (€/m ²)
Fachada tradicional (LHD ½ pie+PU+LHT 1 pie)	1,00	1,00	66,40	8,08

A continuación a esta misma fachada tradicional se le incorpora un sistema de fachada vegetal, vamos a ver como disminuye el coste energético de calefacción al incorporar los distintos sistemas de fachada (antes y después de la incorporación de las distintas soluciones vegetales).

SISTEMA	RESISTENCIA (m ² ·k/W)		TRANSMITANCIA (W/m ² ·k)		DEMANDA (Kwh/m ²)		COSTE (€/m ²)		REDUCCIÓN DEMANDA ENERGÉTICA Y COSTE (%)
	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	
SISTEMA PATRICK BLANC	1,00	1,00	1,00	1,00	66,4	66,4	8,08	8,08	0
SISTEMA ELT	1,00	2,07	1,00	0,48	66,4	52,7	8,08	6,42	21
SISTEMA G-SKY	1,00	1,24	1,00	0,81	66,4	61,4	8,08	7,48	8
SISTEMA GREENSCREEN	1,00	1,00	1,00	1,00	66,4	66,4	8,08	8,08	0
SISTEMA ECOBIN	1,00	1,74	1,00	0,58	66,4	55,1	8,08	6,71	19
SISTEMA LEAFBOX	1,00	1,08	1,00	0,93	66,4	64,4	8,08	7,84	3
SISTEMA JAKOB	1,00	1,00	1,00	1,00	66,4	66,4	8,08	8,08	0

Tabla 11: Comparativa del aislamiento térmico y ahorro en la demanda energética de los sistemas de fachada vegetal. (Elaboración propia).

*Cálculos realizados mediante el programa CE3X de certificación energética y cálculo de la demanda energética.

Los sistemas que más aíslan térmicamente y, por lo tanto, mayor ahorro generan, son el sistema ELT y el sistema Ecobin, en los cuales se reduce tanto el coste como la demanda energética en un 21% y un 19% respectivamente, lo que supone un ahorro de 1,66 €/m² y 1,37 €/m².

Ahora compararemos cual ha sido el gasto energético en todo el proceso constructivo de cada sistema con lo que ahorraremos en aspectos térmicos con cada una de las soluciones, para saber cuántos años tardaremos en amortizar este gasto de energía mediante el ahorro energético en calefacción.

SISTEMA	GASTO ENERGÉTICO (MJ)	AHORRO ENERGÉTICO (MJ)	AMORTIZACIÓN (AÑOS)
SISTEMA ELT	195.000	4.932	39
SISTEMA G-SKY	602.000	1.800	334
SISTEMA ECOBIN	52.700	4.068	13
SISTEMA LEAFBOX	133.000	720	185

Tabla 12: Comparativa del gasto y ahorro energético de los diferentes sistemas de fachadas vegetales, así como el tiempo que tarda el propio sistema en ahorrar la energía que ha consumido durante su proceso de fabricación, transporte y puesta en obra (Elaboración propia).

***Aplicado a nuestra fachada tipo de 100m².**

Como se puede observar, ningún sistema es capaz de amortizar el gasto energético durante su ciclo de vida mediante el ahorro energético en calefacción, gracias al aislamiento térmico, en menos de 13 años. Por lo que se deduce que, para que un sistema pueda llegar a amortizar su gasto energético en un periodo de tiempo inferior a los 5 años, debe mejorar el aislamiento térmico y, a su vez, disminuir su gasto energético en todo su proceso de elaboración, transporte y puesta en obra.

3.9.4. COMPARATIVA AISLAMIENTO ACÚSTICO.

Cabe destacar que las fachadas vegetales se comportan mejor en la absorción acústica que en aislamiento acústico a ruido aéreo, como vimos en el apartado 2.2.4. “*Aislamiento térmico y acústico.*”

Dado que todos los sistemas se asemejan en composición y, exceptuando los sistemas de plantas trepadoras, que no aíslan acústicamente, procederemos a comparar la reducción acústica de diversas fachadas tradicionales con una vegetal.

Mediante un ensayo, realizado en laboratorio según la norma **UNE-EN ISO 10140-2** y llevado a cabo en el área de acústica del Laboratorio de Control de Calidad de Edificios, del Gobierno Vasco y dirigido por TECNALIA, lograron determinar el índice de reducción acústica de una fachada vegetal.

Las condiciones en las que se realizó la prueba fueron las siguientes: el volumen de la sala de recepción era de 55 m³, el volumen de la sala de la fuente fue 65 m³, el área de la muestra fue 2,42 m², la masa de la superficie estimada fue de 57 kg /m².

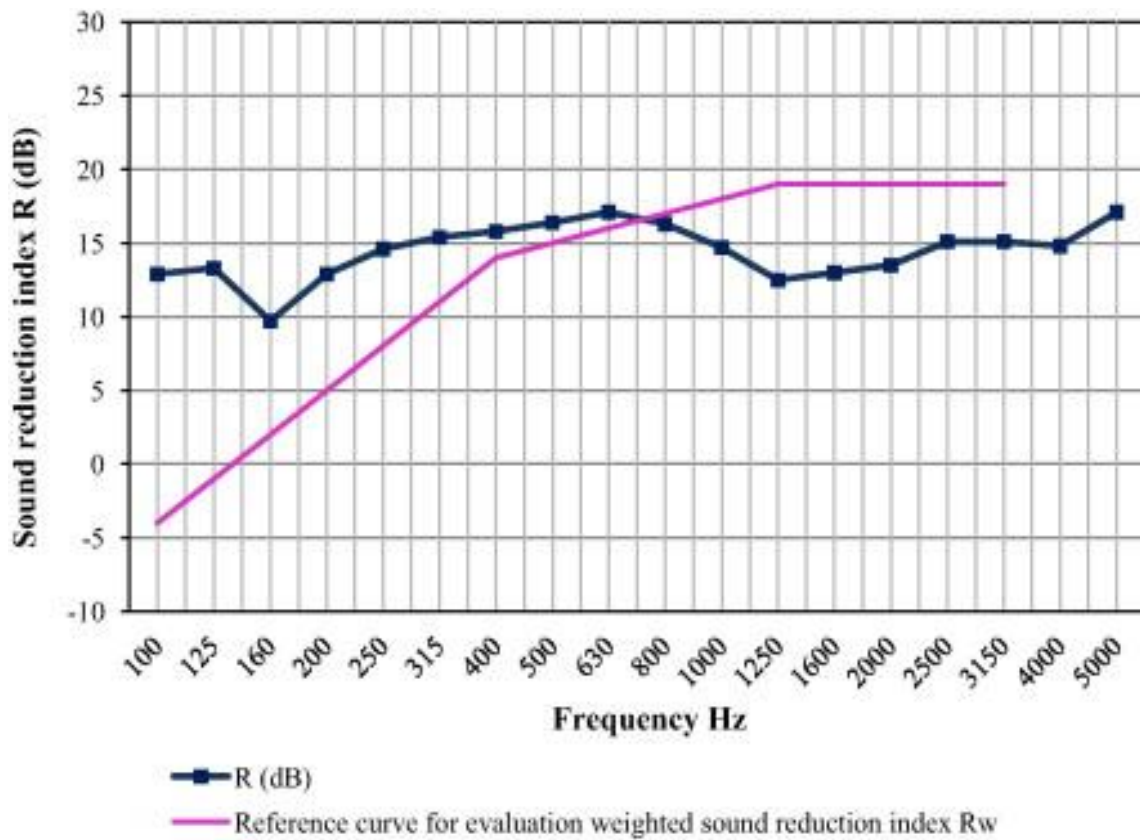


Ilustración 43: extraída de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X14002333>

R se calcula de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 10140-2, Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción.

Ahora procedemos a compararla con fachadas tradicionales.

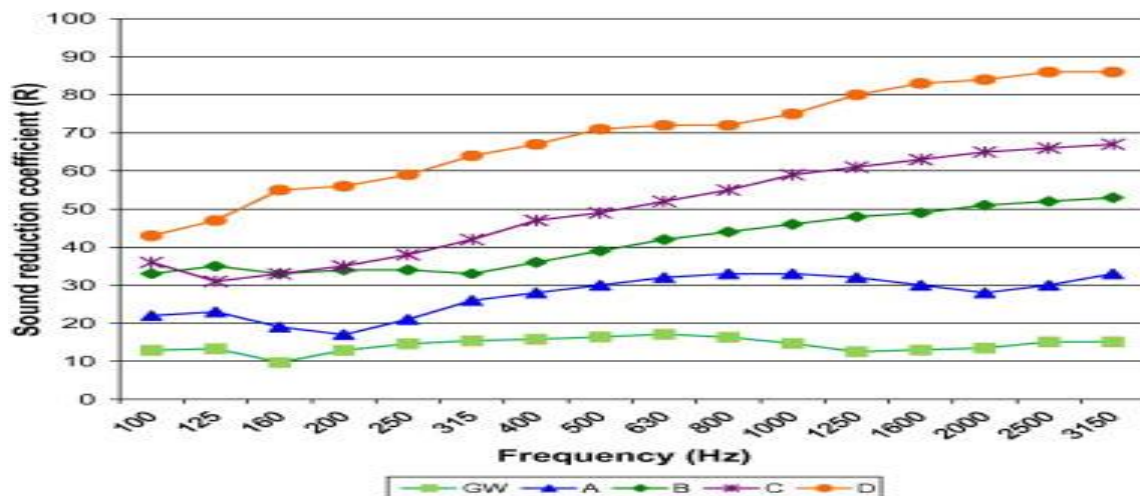


Ilustración 44: extraída de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X14002333>

Coefficiente de reducción de sonido (R) Comparación entre una fachada vegetal (GW) y soluciones constructivas tradicionales: **A.** Doble acristalamiento térmico (6-12-6) con estructura de madera, **B.** Ladrillo de 100 mm de espesor. **C.** Bloque de termoarcilla de 215 mm de espesor con revoco de yeso por ambos lados. **D.** Dos hojas de 12,5 mm + 19 mm de yeso, separados por 250 mm de cámara de aire y con 100 mm de lana mineral.

En cuanto a la medición de absorción acústica se obtuvieron los siguientes resultados, siguiendo el procedimiento de la norma UNE-EN ISO 354.

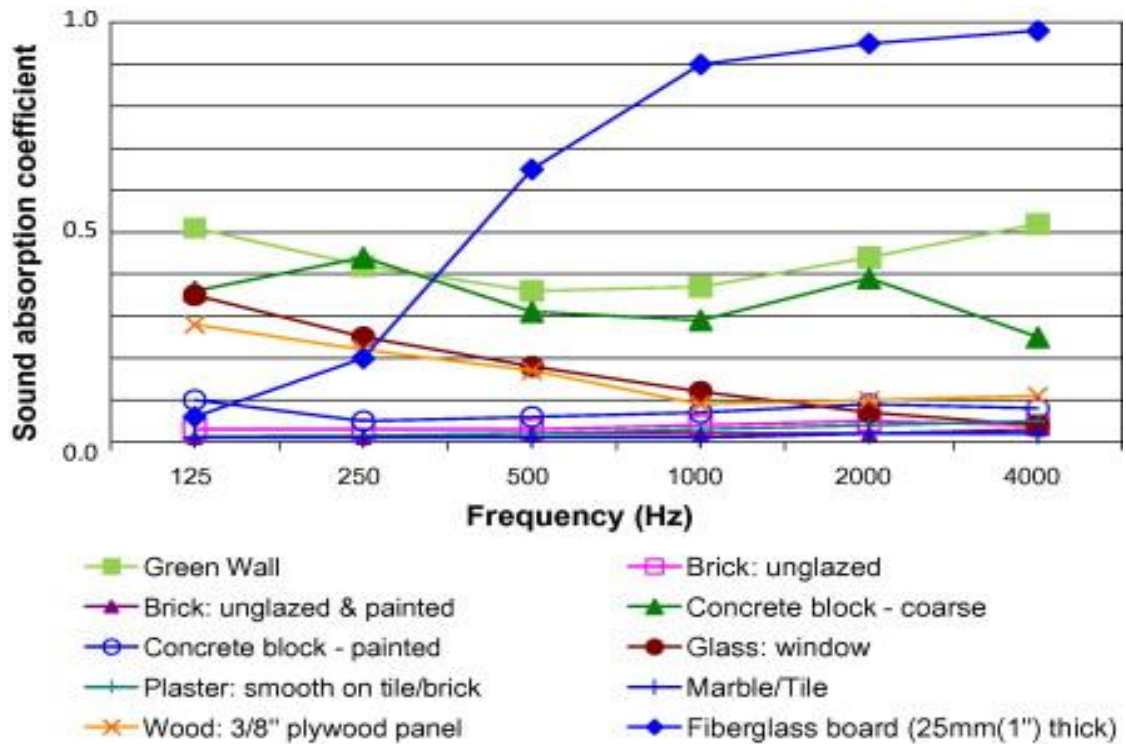


Ilustración 45: extraída de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X14002333>

3.10. CONCLUSIONES.

Partiendo de las ventajas que nos aportan los distintos fabricantes, y las que ya hemos tratado en el apartado 3.1.2. “*Ventajas e inconvenientes*”, de fachadas vegetales, y con los datos obtenidos de este estudio sobre las mismas, se tratará de diferenciar las que son ciertas y las que no, así como determinar qué condiciones se tienen que dar para mejorar cada una de ellas y cuantificar las mejoras que pueden ofrecer este tipo de soluciones para poder aplicarlas en el sistema propuesto.

SISTEMA PATRICK BLANC

Las principales ventajas de este sistema son su bajo coste (40,66 €/m²), en comparación con el coste del resto de sistemas, y su bajo impacto ambiental, tanto a nivel de consumo de energía (623 MJ/m²), como a nivel de emisiones de CO₂ (37 KgCO₂/m²) durante todo su ciclo de vida. También son ventajas, respecto a los otros sistemas, su poco espesor y su peso, en cuanto a su colocación en cualquier fachada, ya que hemos visto que los sistemas con poco espesor son peores en cuanto al aislamiento térmico, ya que el espesor es un factor determinante en la resistencia térmica que va a presentar nuestra fachada vegetal. También cabe destacar el aprovechamiento y ahorro del agua de riego gracias a la recogida de la sobrante en la parte inferior del sistema y la reconducción hacia el depósito mediante una bomba de elevación (lo que supone el inconveniente del gasto energético de la misma).

En cuanto a los inconvenientes, decir que, a pesar de ser un sistema muy continuo y que no muestra un gran número de juntas, es un sistema que no aísla térmicamente, ya que interpone una cámara de aire de 5cm de espesor entre la fachada tradicional y el sistema de fachada vegetal, por lo que el sistema en sí no aporta una mejora de la resistencia térmica. Otro inconveniente es que no mejora, como en los sistemas con sustrato, la inercia térmica de la fachada, que aunque esta propiedad depende mucho de si la fachada de la que partimos dispone de aislante o no, ya que si dispone de aislante el flujo de calor que transcurre entre el ambiente interior y el exterior va a ser mínimo. En cuanto al nivel de absorción de CO₂ y captación de contaminantes del ambiente, cabe decir que también va a ser inferior al resto de sistemas, ya que para mejorar estas propiedades es necesario que el sistema disponga de sustrato, ya que éste, con los tejidos vegetales que están dispuestos sobre él, produce carbono orgánico, lo que ayuda a la absorción del CO₂ y a la captación de contaminantes.

Por último, decir que el mantenimiento de sistemas que incorporan un sistema de riego por fertirrigación es más costoso que los que disponen de sustrato retenedor de agua. El precio de mantenimiento en el sistema de Patrick Blanc ronda los 27 €/m² al año y el gasto de agua los 3-5 L/m² al día.

SISTEMA ELT.

La principal ventaja de este sistema es el aislamiento térmico que presenta debido a que no dispone de cámara de aire intermedia, sino que el sistema va a continuación de la propia fachada, por lo que su aislamiento térmico ronda los 2 m²·K/W. Además, es un sistema que presenta poco espesor, por lo que es fácil de instalar en multitud de fachadas.

El hecho de que el sistema tenga sustrato mejora características del sistema como pueden ser la mejora de la inercia térmica, ya que el sustrato ayuda al flujo de calor entre el

exterior y el interior; la absorción de CO₂, que aumenta en sistemas con sustrato, ya que este ayuda a crear tejidos vegetales que producen carbono orgánico por lo que el volumen de biomasa es mayor y también lo es la capacidad de captación de CO₂ y contaminantes del ambiente.

Es necesario resaltar el bajo coste del mantenimiento de sistemas que incorporan sustrato, ya que se reduce hasta llegar a los 10€/m² al año, debido a que no es necesario un riego constante, gracias a la retención de agua de la tierra vegetal, así como el bajo gasto de agua de riego (1-3 L/m² al día).

En cuanto a los inconvenientes que presenta este sistema cabe destacar el elevado precio (373,31 €/m²), y su elevado impacto ambiental, 1950 MJ/m² en cuanto al consumo de energía y 97 KgCO₂/m² en cuanto a las emisiones de CO₂, unas cantidades muy elevadas que costaría mucho tiempo amortizar mediante el ahorro de energía de calefacción y la absorción de CO₂ por parte del sistema.

Otro de los inconvenientes es el elevado peso (75Kg/m²) lo que reduce significativamente el número de fachadas en las que puede ser colocado.



SISTEMA G-SKY.

Este sistema carece de demasiadas ventajas, una de las pocas es que presenta sustrato como medio de enraizamiento, por lo que mejora en características como la absorción de CO₂ y captación de contaminantes, en la inercia térmica o flujo de calor entre exterior e interior y en el coste de mantenimiento (10-11 €/m² al año), que precisa de menos agua de riego (1-3L/m² al día) y menos cuidado que un sistema hidropónico, además este sistema incorpora una bomba de elevación para el aprovechamiento del agua sobrante, lo que supone un ahorro de agua de riego pero también un incremento en gasto energético.

El resto de propiedades no se mejoran al optar por este sistema de fachada verde, ya que el coste es el más elevado de todos los sistemas vegetales (1.663,64 €/m²), así como el impacto ambiental 6.020 MJ/m², en cuanto al gasto de energía, y 368 KgCO₂/m², en cuanto a las emisiones de CO₂, por lo que sería muy difícil poder amortizar el gasto energético mediante el ahorro de energía calefactora, así como absorber las cantidades de CO₂ emitidas al ambiente gracias a la vegetación. Además, el aislamiento térmico que ofrece este sistema no mejora prácticamente, en relación a la fachada sin este sistema, debido a la cámara de aire que se interpone entre parte del sistema y la fachada portadora.



SISTEMA GREENSCREEN.

Las principales ventajas de este sistema, comunes a todos los sistemas de enredaderas, son la fácil instalación del sistema en cualquier tipo de fachada, ya que no supone un peso (20 Kg/m²) ni un espesor (13 cm) que puedan condicionar la colocación de este sistema en algún tipo de fachada. También es necesario mencionar el bajo coste que supone la elección de un sistema de fachada vegetal de estas características, en concreto este, tiene un coste de 180,88 €/m², que puede parecer mucho comparándolo con el sistema Patrick Blanc, pero es que el mantenimiento de este tipo de fachadas con enredaderas es de 3 €/m² al año y el gasto de agua de riego es nulo, que comparado con el Sistema Patrick Blanc (27 €/m² al año y 3-5L/m² al día) supondría una diferencia (en nuestra fachada tipo de 100m²) de 2.400 € y de 73.000 L de agua al año. Por lo tanto el coste inicial sería más elevado que en otros sistemas, pero lo ahorraríamos en mantenimiento.

En cuanto a los inconvenientes que presenta este sistema cabe destacar el tiempo de espera desde su instalación hasta que el jardín vertical está totalmente poblado, ya que los sistemas de plantas trepadoras suelen plantarse en el suelo y esperar a que crezcan y no admiten su cultivo en invernadero para su posterior colocación una vez crecidas las plantas, como puede suceder en sistemas modulares de fertirrigación. Además, es necesario destacar que este tipo de sistemas no mejora ni el aislamiento térmico ni el acústico, ya que entre la fachada portadora y nuestro sistema se interpone una cámara de aire de 5,5 cm de espesor, por lo que no aportan demasiadas ventajas respecto a otro tipo de soluciones.

Además de no aportar las características que se requieren para la colocación de una fachada vegetal, el impacto medioambiental que genera este sistema no es nada favorable, ya que las emisiones de CO₂ son de 121 KgCO₂/m² y el gasto energético es de 1.910 MJ/m², cantidades muy elevadas para las aportaciones que ofrece este sistema.



SISTEMA ECOBIN.

Las principales ventajas de este sistema son su comercialización en España, lo que baja las emisiones de CO₂ y el gasto energético en su fase de transporte, el bajo coste (151,46 €/m²) y el bajo impacto ambiental, en cuanto a emisiones de CO₂ (33,4 KgCO₂/m²) y en cuanto a gasto energético (527 MJ/m²). Además, es un sistema que no dispone de cámara de aire, por lo que aumenta la resistencia térmica de la fachada a 1,74 m²·k/W, lo que supone un ahorro de energía de calefacción y refrigeración de un 20%. Además, al disponer de sustrato, mejoran sus características de aislamiento acústico y captación de CO₂ y contaminantes del ambiente. También cabe destacar el bajo mantenimiento que supone, 10 €/m² al año y la baja cantidad de agua de riego que requiere (1-3 L/m² al día).

En cuanto a los inconvenientes, resaltar el elevado peso que supone este sistema para la fachada portante (350 Kg/m²), lo que hace que no se pueda colocar en cualquier tipo de fachada, sino que tendrá que ser una fachada de alta resistencia. Además, el tiempo de ejecución y la dificultad de la misma aumenta el coste de la fachada en su ejecución, esto es debido a la gran cantidad de materiales presentes en este sistema y el uso del mortero para la fábrica de celdillas cerámicas, lo que aumenta el tiempo de ejecución y, por consiguiente el coste.



SISTEMA LEAFBOX.

Las ventajas que presenta este sistema son su bajo coste (53,31€/m²) y su fácil instalación debido a que es un sistema modular. No requiere de un alto mantenimiento, sobre 10 €/m² al año y un gasto de agua de 1-3 L/m². Además, cabe destacar que es un sistema que se comercializa en España, por lo que las emisiones de CO₂ en el transporte descienden de manera significativa, aunque no sea el sistema más respetuoso con el medioambiente debido a su gasto energético y a sus emisiones durante todo su ciclo de vida.

Además de los inconvenientes de su impacto ambiental, que supone un gasto energético de 1.330 MJ/año y unas emisiones de 79 Kg CO₂/m², cabe destacar también que no mejora la resistencia térmica de la fachada (1,08 m²·k/W), ya que integra una cámara de aire de 3 cm de espesor entre la fachada portante y el sistema vegetal, así como tampoco mejora el aislamiento acústico.

También presenta algunos defectos constructivos, ya que las uniones entre el acero, de la malla modular, y el aluminio de los perfiles, pueden originar un par galvánico que produzca la corrosión del aluminio de los rastreles.



SISTEMA JAKOB DE BRIMAT.

Sistema prácticamente idéntico en ventajas e inconvenientes al Sistema GreenScreen, solo que este necesita menos material, al tratarse de cables (disponible en acero o aluminio), para proporcionar las mismas características. Esto es por lo que el Sistema Jakob de Brimat es el que menor impacto ambiental genera de todos los sistemas que hemos tratado en este estudio con unas emisiones de 4,19 KgCO₂/m² y un gasto energético de 66,3 MJ/m². Esto quiere decir que a pesar de que no proporciona aislamiento alguno, su gasto energético es asumible durante todo su ciclo de vida y, sus emisiones de CO₂ serían absorbidas por la propia vegetación del sistema en tan solo 3 años (recordamos que un metro cuadrado de vegetación es capaz de absorber 1,5 Kg de CO₂ al año).

Por lo tanto es un sistema que aunque no aporta las ventajas que deberían aportar los sistemas de fachadas vegetales, es sostenible y respetuoso con el medioambiente, lo que es un punto a su favor, ya que hemos visto sistemas de un elevado coste que tampoco aportaban las ventajas que debería de aportar y además presentaban un alto impacto ambiental.

Además, concluiremos con una tabla resumen de las distintas propiedades de cada sistema, donde destacaremos los que presentan mejores y peores condiciones en cada apartado para así saber que valores tiene que reunir la fachada que propondré a continuación.

SISTEMA	PRECIO (€/m ²)	IMPACTO AMBIENTAL		ESPESOR (cm)	PESO (Kg/m ²)	AISLAMIENTO		DURABILIDAD	CAPTACIÓN CONTAMINANTES	CONTINUIDAD	CONSUMO DE AGUA
		CONSUMO ENERGIA (MJ/m ²)	EMISIONES CO2 (Kg/m ²)			TÉRMICO (m ² ·K/W)	ACÚSTICO (dBa)				
Sistema Patrick Blanc	40,66	620	37,4	20	25	1,00	10	↕	↓	↑↑	↓
Sistema ELT	373,31	1940	96,5	15	75	2,07	10	↕	↑↑	↕	↑
Sistema G-Sky	1663,64	6000	368	20	40	1,235	10	↑	↑↑	↓	↑
Sistema GreenScreen	180,88	1910	121	13	20		10	↑	↕	↑↑	↑↑
Sistema Ecobin	151,46	480	33,6	27	350	1,74	10	↑	↑↑	↕	↑↑
Sistema LeafBox	69,58	1320	79,1	25	50	1,08	10	↑	↑↑	↓	↑
Sistema Jakob	184,32	66,3	4,19	15	15		10	↑	↕	↑↑	↑↑

↑↑: Muy favorable, ↑: Favorable, ↕: Favorabilidad media, ↓: Desfavorable, ↓↓: Muy desfavorable

Tabla 12: Comparativa general de las diferentes características más relevantes de los sistemas de fachadas vegetales (Elaboración propia).

Por lo tanto, un sistema que sea sostenible, sin perder las ventajas del resto de sistemas, debería cumplir:

1. Precio inferior a 40€/m².
2. Consumo de energía inferior a 300 MJ/m². Ya que con un aislamiento térmico en torno a 2,5 m²·k/W podríamos ahorrar 160 MJ/m², lo que supondría un ahorro de 16.000 MJ/año, lo que nos permitiría recuperar la energía que se perdió en su elaboración y colocación en tan solo 2 años.
3. Emisiones de CO₂/m² inferiores a 1,5 KgCO₂/m² (para que el sistema no tarde más de un año en absorber las emisiones que se han desprendido al ambiente durante todo su ciclo de vida).
4. El espesor es un tema significativo en cuanto a la mejora del aislamiento térmico, ya que, cuanto mayor sea el espesor, mejor aislamiento térmico presentará el sistema. Espesor óptimo entre 20 y 30 cm.
5. En cuanto al peso, la mejor opción es que, cuanto menos peso tenga el sistema, en más fachadas de diferentes tipos se podrá colocar, por lo que un peso razonable es todo aquel que este comprendido entre 15-25 Kg/m².
6. El aislamiento térmico debería ser superior a 2,5 m²·K/W.
7. En relación al aislamiento acústico, se mejora en sistemas con grandes espesores y elementos constituyentes de gran porosidad por lo que me he decantado por el uso del corcho como impermeabilizante y aislante, tanto acústico como térmico.
8. Deberá ser un sistema continuo, con pocas juntas, para mejorar el aislamiento acústico y térmico.
9. Mantenimiento en torno a los 10€/m²/año.
10. Consumo de agua en torno a los 2 l/m².

Con estos requisitos mejoraríamos todos los sistemas que se comercializan a día de hoy, tanto a nivel económico como de sostenibilidad, así como en su mantenimiento y demás prestaciones.

4. PROPUESTA DE SISTEMA DE FACHADA VEGETAL SOSTENIBLE.

Vamos a perseguir el objetivo de tratar de encontrar un sistema de jardín vertical que sea sostenible, es decir, de emisiones de CO2 y gasto energético casi nulo durante todo su ciclo de vida, o al menos, que las emisiones de CO2 sean absorbidas por el propio sistema propuesto y que el gasto energético en su proceso de fabricación y colocación sea después contrarrestado mediante el ahorro en calefacción y refrigeración.

Para ello trataremos de usar materiales reciclados, que no requieran de un largo proceso de elaboración, y que, además, sean reciclables al finalizar su ciclo de vida, o lo que es lo mismo, que no se transformen en un residuo peligroso para el medioambiente. Por lo que se ha usado madera tratada como elemento portante (rastreles de madera de 14 cm de cuadría) de todo el sistema, sustituyendo el aluminio o acero que se utiliza en la mayoría de los sistemas comercializados a día de hoy, lo que disminuye el impacto ambiental sin perjudicar al resto de características del sistema. También se ha sustituido el impermeabilizante plástico que siempre se interpone entre el sistema vegetal y la fachada portante para evitar humedades por un impermeabilizante natural, el corcho. Este material, además de estar tratado contra la humedad y ser un buen impermeabilizante, también tiene la

propiedad de ser muy buen aislante acústico y térmico, por lo que con una lámina de 2 cm de corcho conseguiríamos evitar que la humedad del sistema se transmitiera a la fachada portante y además, mejoraríamos el aislamiento térmico y acústico de los sistemas que están en el mercado. Sobre este impermeabilizante, y fijado mecánicamente a los rastreles de madera, se colocan los pallets de 1,2 x 1,0 x 0,145 m forrados interiormente con geotextil y rellenos de sustrato para la colocación de las semillas. Estos pallets están tratados tanto contra humedad mediante tratamientos térmicos y

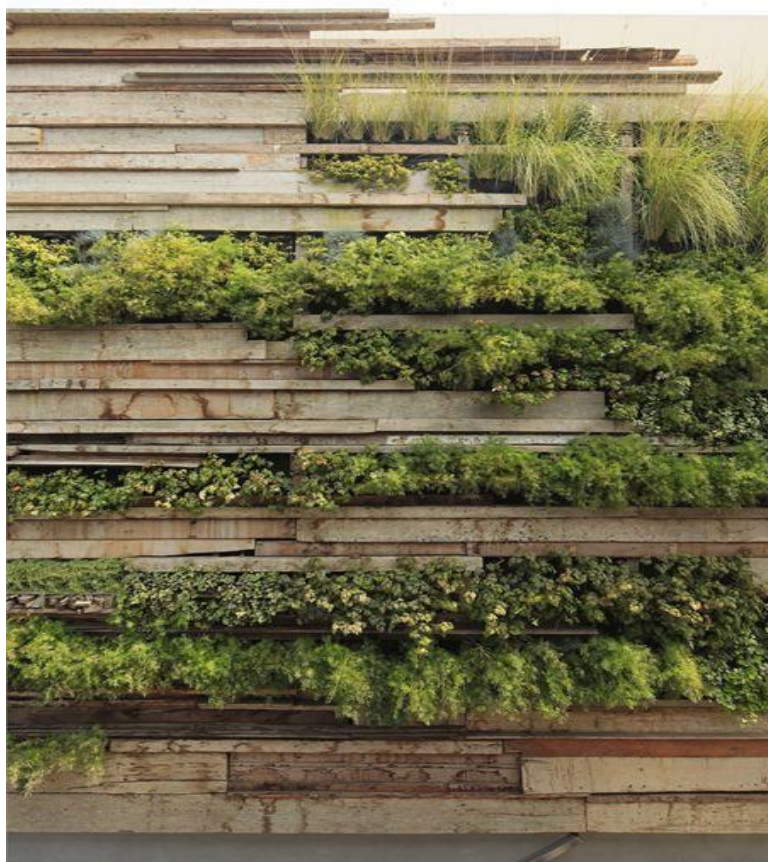


Ilustración 46: Fachada vegetal de listones de madera reutilizada elaborada por Verónica Crousse en el edificio Zentro Building, Lima, Perú.

además, están tratados contra plagas de insectos xilófagos mediante metil bromuro, según especifica la normativa NIMF-15 o ISPM-15, en inglés.

El uso de pallets reciclados y madera para los rastreles nos permite fusionar dos elementos vivos, la madera como elemento estructural y la vegetación, fusión más vistosa y más natural que la unión de elementos vegetales con metales o plásticos.

Además, si el jardín vegetal se fuera a instalar en un edificio en construcción, se pueden aprovechar los pallets de los materiales para elaborar el sistema, lo que nos ahorraría el transporte de los pallets reciclados.

En cuanto al sistema de riego, por goteo, decir que la idea principal es el aprovechamiento total de las aguas pluviales, mediante un depósito de 500L en lo alto del sistema, donde se reconducen las aguas pluviales recogidas por los canalones de la cubierta. Además, se colocarán unas bandejas de aluminio de poco espesor en la parte inferior de los vierteaguas, para tener la opción de que sea el usuario el que riegue el jardín vertical desde la ventana en tiempo de sequía. Para esto, se coloca un serpentín de polietileno extruido de 4 mm de diámetro por toda la fachada vegetal. Los dos sistemas son aislados y van por separado, por lo que tendremos un sistema automatizado para cuando se disponga de agua en periodo de lluvias y a mayores tendremos otro sistema, con una red independiente, para poder regar nuestro jardín vertical en periodos de sequía. De esta manera conseguimos ahorrar mucha energía en sistemas de riego y aprovechamiento y elevación del agua y, además, se consigue que sea el usuario el que se haga cargo de parte del mantenimiento de su fachada vegetal.



La uniformidad de algunas medidas y la estética de los pallets reciclados es diferente a la de los pallets nuevos, pero tenga en cuenta que:

“Utilizando pallets reciclados colabora con el ahorro de energía y la conservación del medio ambiente.”

Ilustración 47: Detalles y dimensiones del Europalet a utilizar.

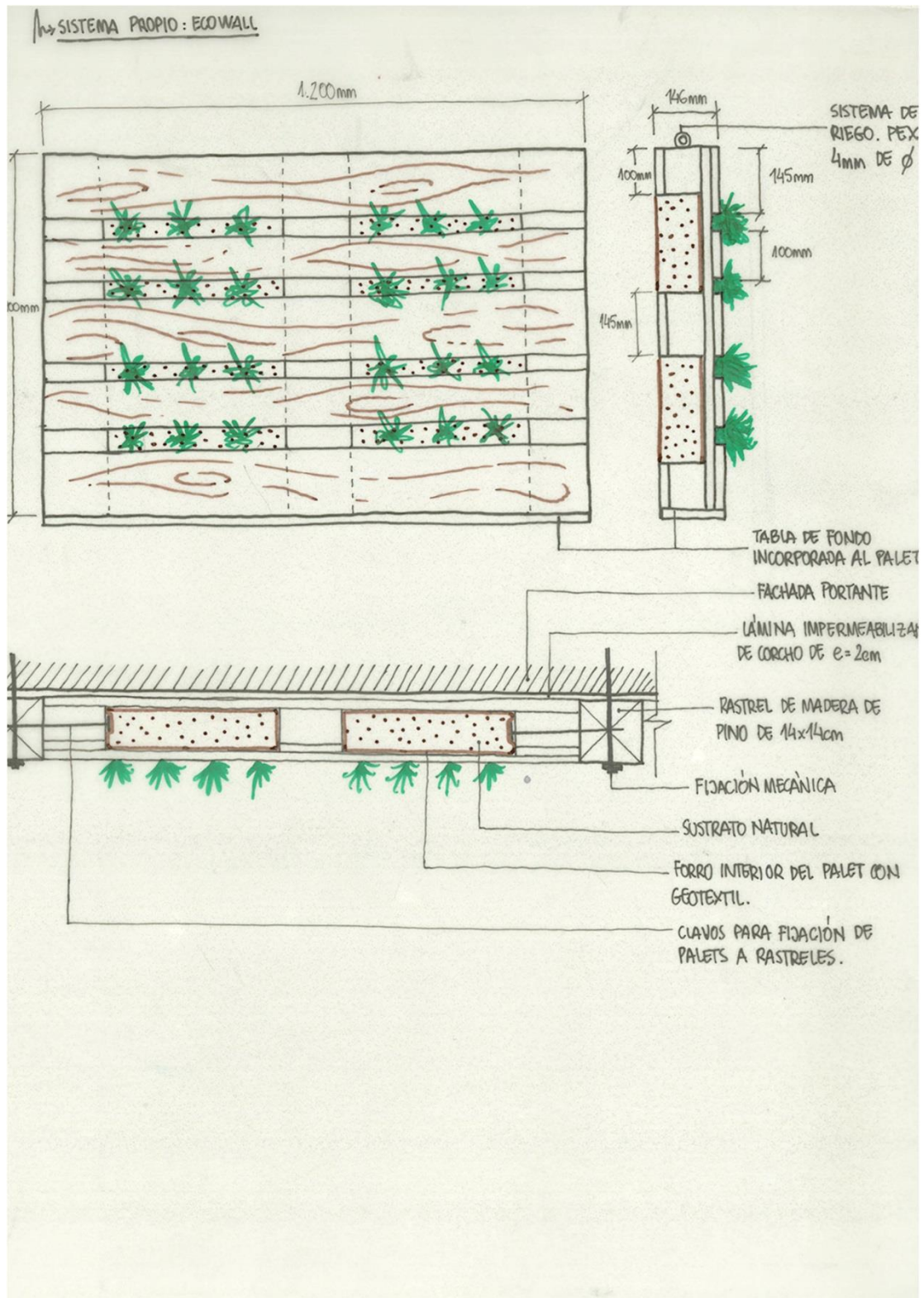


Ilustración 48: Detalle de elaboración propia del sistema propuesto, ECOWALL.

4.1. MEDICIONES.

*Antes de comenzar con las mediciones del sistema que se propone es necesario acotar que estas se han realizado en el supuesto de una fachada de 100 m², de 10 m de alto y 10 m de ancho en un edificio genérico situado en Santiago de Compostela común a todos los sistemas con el fin de poder elaborar una comparativa con los diferentes sistemas de fachadas vegetales.

Capítulo 1: Sistema ECOWALL						
01.01	m2 Fachada vegetal Sistema ECOWALL					
	m2 de fachada vegetal Sistema ECOWALL compuesto por una lamina de corcho de espesor 20 mm anclada a la pared mediante fijaciones mecánicas. Rastrelado de madera de pino de escuadría 14x14 cm tratada a una clase de exposición 2-3 (dependiendo del caso específico de cada fachada) con inmersión breve o autoclave vacío-vacío separados cada 1 m. Sobre los rastreles se anclan mecánicamente los pallets, de 1.200x1.000x145 mm, desde el interior. Los pallets se colocarán con el forro interior de geotextil, el sustrato y la semilla de la planta y con los tabloncillos hacia el exterior y en horizontal de manera que su lado de mayor medida quede en vertical a la fachada. El sistema de riego se compone de canalizaciones de polietileno extruido (PEX) de 4 mm de diámetro, colocado en serpentín por toda la fachada en la parte superior de cada módulo (pallet). Además, el sistema cuenta con un depósito que recoge el agua de los canalones y bandejas de recogida de agua debajo de los vierteaguas para el aprovechamiento máximo del agua de lluvia. Los pallets cumplirán con la normativa NIMF-15 (ISPM-15, en inglés). Incluso anclajes a la fachada, totalmente colocado.					
		1	10,00		10,00	100,00
						100,00
01.02	Ud. Depósito de 500L					
	Depósito de recogida de aguas pluviales entre el alero de la fachada y la parte superior del sistema vegetal.					
		1			1,00	1,00
01.03	M2 bandejas de aluminio para vierteaguas.					
	Chapa de aluminio de 2 mm de espesor colocada debajo de los vierteaguas para aprovechar el agua de lluvia y permitir el riego directo desde la vivienda en épocas de sequía.					

M2 Fachada vegetal Sistema ECOWALL							
<p>m2 de fachada vegetal Sistema ECOWALL compuesto por una lamina de corcho de espesor 20 mm anclada a la pared mediante fijaciones mecánicas. Rastrelado de madera de pino de escuadria 14x14 cm tratada a una clase de exposición 2-3 (dependiendo del caso específico de cada fachada) con inmersión breve o autoclave vacío-vacío separados cada 1 m. Sobre los rastreles se anclan mecánicamente los pallets, de 1.200x1.000x145 mm, desde el interior. Los pallets se colocarán con el forro interior de geotextil, el sustrato y la semilla de la planta y con los tablonces hacia el exterior y en horizontal de manera que su lado de mayor medida quede en vertical a la fachada. El sistema de riego se compone de canalizaciones de polietileno extruido (PEX) de 4 mm de diámetro, colocado en serpentín por toda la fachada en la parte superior de cada módulo (pallet). Además, el sistema cuenta con un deposito que recoge el agua de los canalones y bandejas de recogida de agua debajo de los vierteaguas para el aprovechamiento máximo del agua de lluvia. Los pallets cumplirán con la normativa NIMF-15 (ISPM-15, en inglés). Incluso anclajes a la fachada, totalmente colocado.</p>							

PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN	CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
PALETS	0,9328	U/m2	5,00	€/U	4,66	€/m2
CORCHO B7C51200	1,0000	m2/m2	3,24	€/m2	3,24	€/m2
MALLA GEOTEXTIL B7B111B0	1,7000	m2/m2	0,83	€/m2	1,41	€/m2
SUSTRATO	78,0000	l/m2	0,11	€/l	8,58	€/m2
POLIETILENO RETICULADO (PEX) DIÁMETRO 4mm BFB4225	0,8333	m/m2	0,71	€/m	0,59	€/m2
RASTRELADO MADERA ESCUADRIA 14x14 cm B5Z31100	0,0146	m3/m2	227,80	€/m	3,33	€/m2
	10%pérdidas	s/ 21,81			2,62	€/m2
	TOTAL PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN				24,43	€/m2

MANO DE OBRA	CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
		h/m2		€/h		€/m2
		h/m2		€/h		€/m2
	TOTAL MANO DE OBRA				0,00	€/m2

MEDIOS AUXILIARES	CANTIDAD		PRECIO		TOTAL	
	TOTAL MEDIOS AUXILIARES				0,00	€/m2

	TOTAL COSTE SECO			24,43	€/m2
	6% COSTE DIRECTO COMPLEMENTARIO			1,47	€/m2
	TOTAL COSTES DIRECTOS			25,89	€/m2
	9% COSTES INDIRECTOS DE EJECUCIÓN			2,33	€/m2
	TOTAL PRECIO UNITARIO			28,22	€/m2

CAPITULO 1: SISTEMA ECOWALL				
01.01	100,00	M2 Fachada vegetal Sistema ECOWALL	28,22	2822,00
		m2 de fachada vegetal Sistema ECOWALL compuesto por una lamina de corcho de espesor 20 mm anclada a la pared mediante fijaciones mecánicas. Rastrelado de madera de pino de escuadría 14x14 cm tratada a una clase de exposición 2-3 (dependiendo del caso específico de cada fachada) con inmersión breve o autoclave vacío-vacío separados cada 1 m. Sobre los rastreles se anclan mecánicamente los pallets, de 1.200x1.000x145 mm, desde el interior. Los pallets se colocarán con el forro interior de geotextil, el sustrato y la semilla de la planta y con los tablonces hacia el exterior y en horizontal de manera que su lado de mayor medida quede en vertical a la fachada. El sistema de riego se compone de canalizaciones de polietileno extruido (PEX) de 4 mm de diámetro, colocado en serpiente por toda la fachada en la parte superior de cada módulo (pallet). Además, el sistema cuenta con un depósito que recoge el agua de los canalones y bandejas de recogida de agua debajo de los vierteaguas para el aprovechamiento máximo del agua de lluvia. Los pallets cumplirán con la normativa NIMF-15 (ISPM-15, en inglés). Incluso anclajes a la fachada, totalmente colocado.		
		PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)		2822,00
		16 % GASTOS GENERALES DE EMPRESA (GGE)		451,52
		6% BENEFICIO INDUSTRIAL (BI)		169,32
		PRESUPUESTO DE CONTRATA (PEC)		3442,84
		21% IVA		687,44
		PRESUPUESTO DE LICITACIÓN		4130,28

4.2. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL.

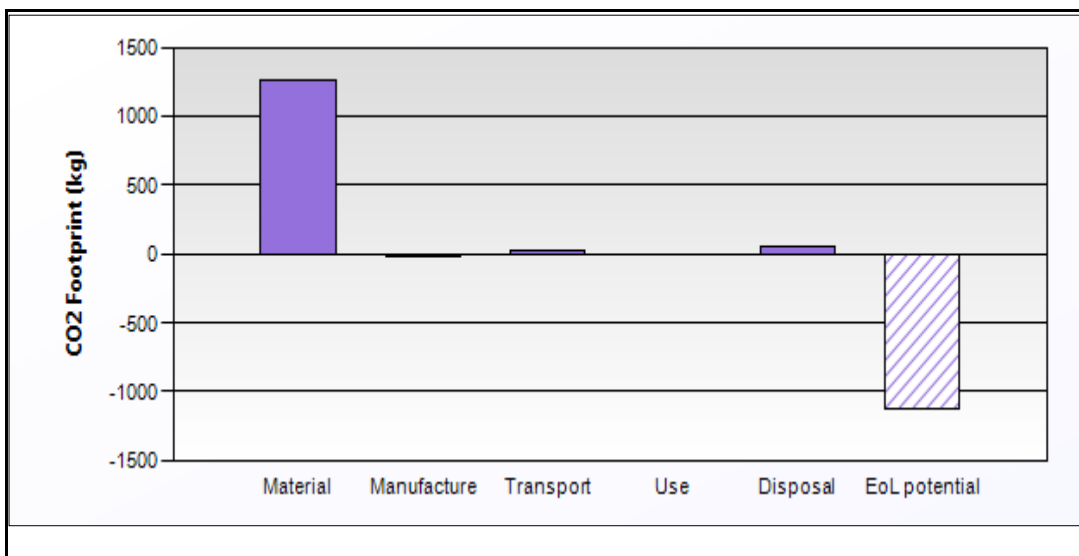
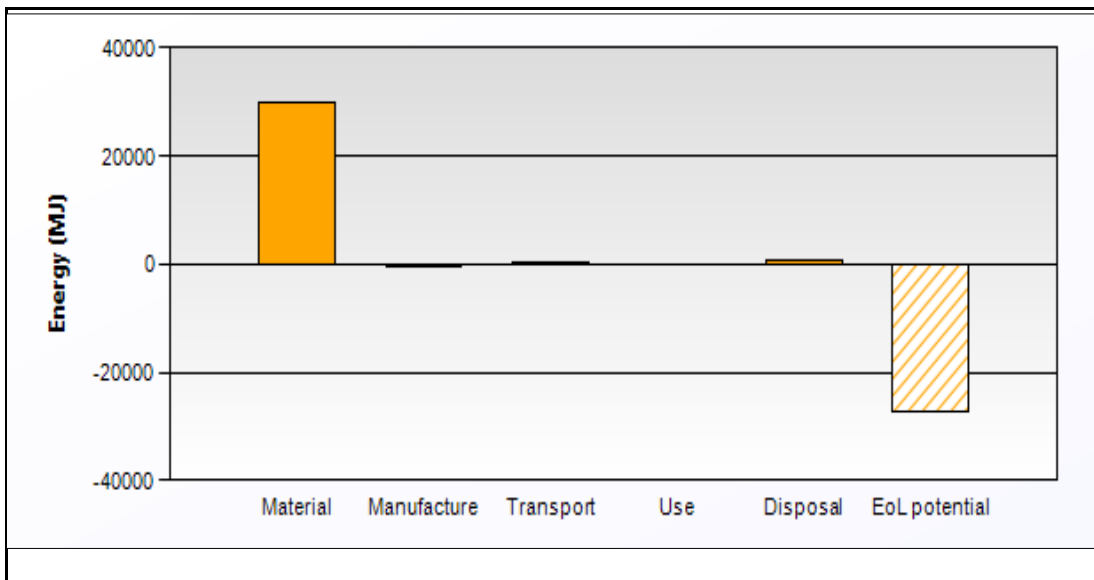


INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Nombre: SISTEMA ECOWALL

Ciclo de vida (años) 1

Energía y huella de CO2:



Fases	Energía (MJ)	Energía (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
Material	30.000	96.8	1.260	94.7
Manufacturación	9.92	0.0	0.744	0.1
Transporte	287	0.9	20.4	1.5
Uso	0	0.0	0	0.0
Disposición	709	2.3	49.6	3.7
Total	31.000	100	1.330	100
Final del ciclo de vida	-27.400		-1.120	



INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Análisis de energía:

	Energía (MJ)
Consumo de energía:	30.300

Desglose detallado de las diferentes fases de vida de cada material:

Materiales:

Componentes	Material	Contenido reciclado (%)	Masa (kg)	Cantidad	Masa total	Energía (MJ)	%
Corcho	Corcho	0	220	1	220	880	2.9
Geotextil	Geotextiles	0	22	1	22	1.600	5.3
Pallets	Madera de pino	100	2.300	1	2.300	21.000	69.2
Rastreles	Madera de pino	0	720	1	720	6.600	22.2
PEX	Polietileno (PEX)	0	1.6	1	1.6	130	0.4
Total				5	3.200	30.000	100

Manufacturación:

Componentes	Proceso	Cantidad procesada	Energía (MJ)	%
PEX	Extrusión	1.6	9.9	100.0
Total			9.9	100

Transporte:

Desglose por transporte:

Masa total del producto: 3.200 kg

Componentes	Tipo de transporte	Distancia (km)	Energía (MJ)	%
Corcho	Camión de 14 Tn	3.6	9.8	3.4
Geotextil	Camión de 14 Tn	95	260	90.5
PEX	Camión de 14 Tn	6.4	17	6.1
Total		110	290	100

Desglose por componentes:

Componentes	Masa de cada componente (kg)	Energía (MJ)	%
Corcho	220	20	6.8
Geotextil	22	2	0.7
Pallets	2.300	200	70.0
Rastreles	720	64	22.4
PEX	1.6	0.14	0.0
Total	3.200	290	100

Disposición:

Componentes	Final del ciclo de vida	Energía (MJ)	%
Corcho	Reciclado	110	15.5
Geotextil	Vertedero	4.4	0.6
Pallets	Reutilización	450	63.5
Rastreles	Reutilización	140	20.3
PEX	Landfill	0.32	0.0
Total		710	100

Final del ciclo de vida:

Componentes	Final del ciclo de vida	Energía (MJ)	%
Corcho	Reciclado	-22	0.1
Geotextil	Vertedero	0	0.0
Pallets	Reutilización	-21.000	75.7
Rastreles	Reutilización	-6.600	24.2
PEX	Vertedero	0	0.0
Total		-27.000	100

INFORME DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Análisis de la huella de CO2:

	CO2 (kg)
Emisiones de CO2	1.330

Desglose detallado de las fases de vida:

Materiales:

Componentes	Material	Contenido reciclado (%)	Masa (kg)	Cantidad	Masa total	Huella de CO2 (kg)	%
Corcho	Corcho	0	220	1	220	42	3.3
Geotextil	Geotextiles	0	22	1	22	99	7.9
Pallets	Madera de pino	100	2.300	1	2.300	850	67.0
Rastreles	Madera de pino	0	720	1	720	270	21.5
PEX	Polietileno (PEX)	0	1.6	1	1.6	4.4	0.4
Total				5	3.200	1.300	100

Manufacture:

Componentes	Proceso	Cantidad procesada	Huella de CO2 (kg)	%
PEX	Extrusión	1.6	0.74	100.0
Total			0.74	100

Transporte:

Desglose por transporte: Masa total del producto = 3.200 kg

Componentes	Tipo de transporte	Distancia (km)	Huella de CO2 (kg)	%
Corcho	Camión de 14 Tn	3.6	0.7	3.4
Geotextil	Camión de 14 Tn	95	18	90.5
PEX	Camión de 14 Tn	6.4	1.2	6.1
Total		110	20	100

Desglose por componentes

Componentes	Masa de cada componente (kg)	Huella de CO2 (kg)	%
Corcho	220	1.4	6.8
Geotextil	22	0.14	0.7
Pallets	2.300	14	70.0
Rastreles	720	4.6	22.4
PEX	1.6	0.01	0.0
Total	3.200	20	100

Disposición:

Componentes	Final del ciclo de vida	Huella de CO2 (kg)	%
Corcho	Reciclado	7.7	15.5
Geotextil	Vertedero	0.31	0.6
Pallets	Reutilización	32	63.5
Rastreles	Reutilización	10	20.3
PEX	Vertedero	0.022	0.0
Total		50	100

Final del ciclo de vida:

Componentes	Final del ciclo de vida	Huella de CO2 (kg)	%
Corcho	Reciclado	-1.5	0.1
Geotextil	Vertedero	0	0.0
Palets	Reutilización	-850	75.7
Rastreles	Reutilización	-270	24.2
PEX	Vertedero	0	0.0
Total		-1.100	100

Una vez analizado el impacto ambiental, se procederá a examinar el tiempo que tardará el sistema en absorber las emisiones de CO₂ emitidas en todo el proceso de fabricación y colocación, además del tiempo que tardará en amortizar el gasto energético gracias al ahorro en calefacción y refrigeración.

Por lo que, si el gasto energético durante todo el ciclo de vida del sistema es de 90

MJ/m², en nuestra fachada tipo será de 9.000 MJ. Gracias al aislamiento térmico que nos ofrece esta solución (2,55 m²·k/W) podemos descender la demanda energética en calefacción un 69% (pasaríamos de 66,4 KWh/m² a 20,8 KWh/m² de demanda energética), lo que se traduce en un ahorro energético de 45,6 KWh/m² que son 164,16 MJ/m². En nuestra fachada de 100m², gastaríamos 9.000 MJ y ahorraríamos al año 16.410 MJ, por lo que amortizaríamos el gasto energético en medio año, lo que es un resultado excelente. Además, el ahorro económico que se deduce es de 555 € al año, que pasaría de 808 €/año a 253 €/año.

En cuanto a las emisiones de CO₂, el sistema absorberá al año 1,5 Kg CO₂/m², lo que supone 150 Kg CO₂ al año en nuestra fachada tipo. Las emisiones en todo su proceso de fabricación, transporte y colocación son de 480 Kg CO₂ por lo que nuestro sistema tardaría unos 3 años en absorber el CO₂ vertido a la atmósfera.

Por lo tanto, nuestro sistema sería amortizado medioambientalmente en apenas 3 años, que es un resultado mucho más sostenible que el resto de los sistemas que se encuentran en el mercado ahora mismo.

4.3. COMPARACIONES.

SISTEMA	PRECIO (€/m ²)	IMPACTO AMBIENTAL		ESPE- SOR (cm)	PESO (Kg/ m ²)	AISLAMIENTO	
		CONSUMO O ENERGIA (MJ/m ²)	EMISIO- NES CO2 (Kg/m ²)			TÉRMI- CO (m ² ·K/ W)	ACÚSTIC O (dBa)
Mejor sistema en cada campo (Sin contar sistemas de plantas trepadoras)	S.Patrick Blanc	S. Ecobin	S. Ecobin	S. ELT, G-Sky o Patrick Blanc	S. Patrick Blanc	S. ELT	Todos
	40,66	480	33,6	15-20	25	2,07	10
Sistema ECOWALL	28,22	90	4,8	25,6	47,72	2,55	>10

Tabla 13: Comparativa del sistema propio ECOWALL con el sistema que mejores prestaciones ofrece en cada una de sus características más relevantes (Elaboración propia).

Como se puede observar, con el sistema diseñado se mejorarían las propiedades más importantes que se precisan de una fachada vegetal pero con un impacto medioambiental mucho más bajo.

5. CONCLUSIONES GENERALES.

Resulta difícil hacer un estudio teórico sobre este tipo de sistemas, ya que existe una **falta de información técnica y normativa**, así como la dificultad que se presenta al convertir un elemento vivo, como la vegetación, en un material de construcción para así favorecer el aprovechamiento de sus ventajas, reduciendo sus inconvenientes.

A pesar de esto, se han podido analizar los principales sistemas, con lo que se deducen sus principales inconvenientes, o lo que es lo mismo, las características que es preciso mejorar para que se extienda este tipo de soluciones naturales en las fachadas de nuestras ciudades.

Las principales **ventajas** que nos llevan a querer implantar un sistema de fachada vegetal son el aislamiento térmico, cosa que es muy difícil conseguir debido a la falta de continuidad de los sistemas que se encuentran en el mercado o por pérdidas de calor por cualquier otro puente térmico de la envolvente térmica, ya que no es solo la fachada; el aislamiento acústico, que sí que es una ventaja real, aunque ocurre lo mismo que en el caso anterior; la absorción de CO₂ y partículas contaminantes, donde hay estudios científicos que demuestran que cada planta absorbe diferentes tipos de partículas contaminantes en el ambiente; la reducción del efecto isla de calor en las ciudades, dado que la vegetación da frescura al ambiente gracias a la evapotranspiración; la protección de elementos constructivos de la radiación solar, dado que los rayos de sol no inciden directamente sobre ellos y porque no sufren tantos cambios de temperatura; y, en cierta parte, los aspectos psicológicos que aportan a las personas. Por lo que todas las ventajas de este tipo de sistemas se enfocan hacia la minimización del gasto de energía y a la reducción de contaminantes cada vez más presentes en nuestros núcleos urbanos, es decir, todas las ventajas nos dirigen a la sostenibilidad y al bajo impacto ambiental, aunque muchas veces el coste medioambiental a pagar es mucho más elevado de lo que es posible amortizar con estas soluciones, además de no conseguir las propiedades adecuadas en cuanto al aislamiento térmico para el ahorro energético. En este estudio se ha cuantificado ese impacto, llegando a la conclusión de que no se puede instalar algo sostenible y natural pagando un coste tan alto medioambientalmente, ya que no tiene sentido.

En cuanto a los **inconvenientes**, los principales son: la falta de continuidad de los sistemas, lo que hace que el aislamiento térmico no sea relevante porque no supone ninguna ventaja; el gasto de agua, si no se hace un estudio detallado de la necesidad del jardín vertical, condiciones climatológicas de la zona, tipo de vegetación a plantar, cómo aprovechar el agua de lluvia...; el mantenimiento, dado que hay que hacer podas anuales y en algunos sistemas con bomba de elevación o sistema de riego eléctrico puede suponer un gasto muy elevado; el alto impacto ambiental de la mayoría de los sistemas y el peso, lo que influye en el tipo de fachada donde se puede implantar este tipo de soluciones vegetales.

Con esto, nos encontramos con una cantidad de interrogantes respecto a la adopción de sistemas de jardines verticales. ¿Compensa instalar una fachada vegetal?, ¿Las ventajas e inconvenientes son comunes a todos los sistemas?, ¿Por qué es tan alto el impacto medioambiental en sistemas vegetales?...

Estas cuestiones hacen que me haya planteado cuales son los aspectos a mejorar para poder obtener unas buenas características térmicas y acústicas, a bajo coste y con un bajo impacto medioambiental:

1. Consumo de energía inferior a 300 MJ/m^2 . Ya que con un aislamiento térmico en torno a $2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$ podríamos ahorrar 160 MJ/m^2 , lo que supondría un ahorro de 16.000 MJ/año , lo que nos permitiría recuperar la energía que se perdió en su elaboración y colocación en tan solo 2 años.
2. Emisiones de CO_2/m^2 inferiores a $1,5 \text{ KgCO}_2/\text{m}^2$ (para que el sistema no tarde más de un año en absorber las emisiones que se han desprendido al ambiente durante todo su ciclo de vida).
3. El espesor es un tema significativo en cuanto a la mejora del aislamiento térmico, ya que, cuanto mayor sea el espesor, mejor aislamiento térmico presentará el sistema.
4. El aislamiento térmico debe ser superior a $2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ para poder afirmar que el sistema mejora la resistencia térmica de la fachada y reduce la demanda de energía para la climatización del ambiente interior.
5. En relación al aislamiento acústico, se mejora en sistemas con grandes espesores y elementos constituyentes de gran porosidad, así como con la continuidad del sistema.
6. Deberá ser un sistema continuo, con pocas juntas, para mejorar el aislamiento acústico y térmico.
7. Mantenimiento en torno a los $10\text{€}/\text{m}^2/\text{año}$.
8. Consumo de agua en torno a los 2 l/m^2 .
9. Presentar materiales sostenibles y de bajo impacto ambiental.

Con **estos requisitos mejoraríamos todos los sistemas que se comercializan a día de hoy**, por lo que una vez detalladas las características que tiene que presentar lo que yo entiendo como un sistema de fachada vegetal sostenible y de bajo impacto ambiental, se procedió a la elección de los materiales que nos pueden hacer llegar a estas prestaciones, siempre teniendo en mente que lo principal es la sostenibilidad, ya que de nada sirve instalar algo natural para la mejora del medioambiente si vamos a tener que pagar un gran impacto ambiental durante todo su ciclo de vida.

Con el sistema propuesto, ECOWALL®, se ha conseguido rebajar el tiempo de amortización del impacto medioambiental, gracias a la reducción de la demanda energética y a la absorción de CO_2 de la vegetación, a tan solo 2 años y medio, lo que es un resultado muy favorable en cuanto a sostenibilidad. También se mejoran aspectos como el aislamiento térmico y acústico, así como el precio.

Pero también hay conceptos que quedan en el aire, ya que muchos de los aspectos estudiados, como el sistema de riego o el aislamiento térmico y acústico, son teóricos, por lo que sería necesaria la experimentación del funcionamiento de este sistema propuesto previo a su comercialización.

6. ANEXOS.

A continuación se adjuntarán las fichas técnicas que hemos encontrado de los diferentes sistemas que hemos tratado.



SISTEMA ELT.

09950
ELT EasyGreen® Specification
Vertical Living Wall System



SPECIFICATION ELT EasyGreen® - Living Wall System

This specification describes the ELT EasyGreen® Living Wall System designed to provide a vegetative cover on vertical surfaces. This specification is intended to be included in **Section 09950 - Wall Covering**.

SECTION 09950 - WALL COVERING

PART I - GENERAL:

1. RELATED SECTIONS

- 1.1. Section [02810] - [Irrigation Systems]
- 1.2. Section [07620] - [Sheet Metal Flashing]

2. INSTALLATION CONTRACTOR

- 2.1. The ELT EasyGreen® Living Wall System must be installed by ELT Certified Contractor to qualify for ELT System Warranties.

3. APPROVALS

- 3.1. Permits if required are the responsibility of the client.
- 3.2. Architectural and engineering evaluations need to be obtained and provided to the client and the contractor prior to installation to ensure compliance with any and all building codes the project will be subject to.

4. PLANS AND SHOP DRAWINGS

- 4.1. The client must provide scale drawings for quotation and design purposes.
- 4.2. If acceptable scale drawings are not available, ELT or approved alternate will be required to produce said drawings at the client's expense.
- 4.3. Shop drawings to client showing all material terminations, transitions and penetrations may be provided by an ELT Certified Contractor upon request.

5. ACCESSORIES

- 5.1. All other living wall components or accessories must be approved or provided by ELT to ensure viability and performance of the system as per the specifications.

6. LEAD TIME

- 6.1. Lead times depend on the availability of the specified plant list. Check with ELT Certified Contractors to determine time lines.

7. CONTRACT DOCUMENTS

- 7.1. A contract should be in place with an ELT Certified Contractor to guarantee delivery times.
- 7.2. A one year maintenance contract should be included as part of the contract.



PART II – WARRANTIES AND MAINTENANCE:

1. WARRANTY ON WORKMANSHIP

- 1.1. ELT Certified Contractors offer a 5 (five) year workmanship warranty at no additional charge.

2. WARRANTY ON COMPONENTS

- 2.1. ELT warranties on supplied products that make up the ELT systems are published in the most current ELT Warranty Program.
- 2.2. Term of warranties can be found on the published data sheet for the specific product.

3. 1 YEAR WARRANTY ON VEGETATION

- 3.1. Warranties on vegetation are provided to the client by the certified ELT contractor. A 1year warranty from the date of project completion is standard and is subject to the terms, conditions and limitations contained herein.
- 3.2. An ELT Certified Contractor must warrant the vegetation installed on the ELT EasyGreen® Living Wall to be of good quality and grown to meet ELT's published physical properties and quality control standards. Based on the information collected in the warranty application, the vegetation is to be suitable for growth in the installed conditions.
- 3.3. The recommended one (1) year vegetation warranty is subject to the minimum requirements and terms and conditions in the current ELT Warranty Program year.
- 3.4. ELT Living Wall vegetation warranties are supported by the ELT Certified Contractors Network. ELT Certified Contractors are to be engaged in the installation and maintenance programs of ELT projects to ensure quality control measures are adequate.

4. ELT EXTENDED SYSTEM WARRANTY

- 4.1. An extended system warranty can be purchased for the ELT EasyGreen® Living Wall System subject to ELT Warranty minimum requirements.
- 4.2. ELT extended system warranties are supported by the ELT Certified Contractors Network. ELT Certified Contractors are to be engaged in the installation and maintenance programs for warranty approval.
- 4.3. ELT may deny warranty approval if it is deemed the client has not met the minimum requirements for ELT EasyGreen® system warranties.
- 4.4. Request information for the ELT EasyGreen® Warranty Program from ELT or an ELT Certified Contractor to ensure your living wall will qualify.

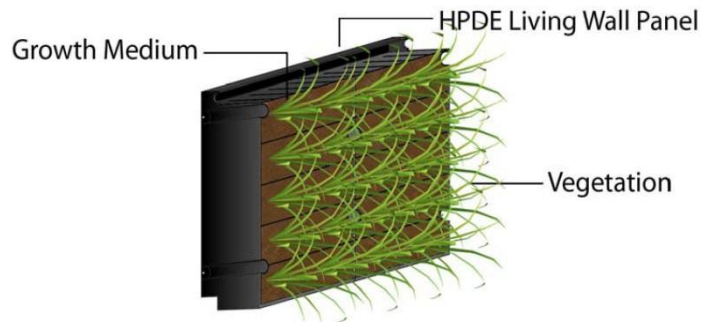
5. MAINTENANCE PROGRAM

- 5.1. A maintenance program from an ELT Certified Contractor is required to support all offered Warranties. Maintenance performed by non-certified contractor will void ELT Warranties.
- 5.2. A maintenance contract must be in effect detailing schedules and tasks to be performed.
- 5.3. Controllers and mechanical equipment used in the maintenance of the wall must be in an area accessible to maintenance personnel. This provision should be included in the design of the living wall project.
- 5.4. Other provisions to be considered:
 - Access to the wall itself for plant or panel replacement
 - Application equipment for nutritional requirements and pest management
 - Time of day that maintenance is to be performed and possible interference with work schedules etc.

PART III – SYSTEM:

1. DESCRIPTION

- 1.1. The ELT EasyGreen® Living Wall System is made up of modular panels 30 cm (12 inches) by 30 cm (12 inches) including overlap areas or 30 cm (12 inches) by 30 cm (12 inches) of vegetation area that are delivered as a pre-assembled product to the site for installation. The plants may be pre-grown into the modules. The ability to customize and accessorize the system with various options is possible, provided the design has been approved by ELT or Certified Contractor.
- 1.2. The ELT EasyGreen® Living Wall panels need to be mounted on a stand alone or stand off structure or can be mounted directly to existing walls or vertical barriers. The mounting of the panels require either ELT brackets or mounting strips to be affixed to the supporting structure securely in order for the panels to mount properly.



2. REQUIRED COMPONENTS

2.1. ELT EasyGreen® Living Wall Panels

- 2.1.1. The ELT EasyGreen® Living Wall Panel must be provided by ELT and meet or exceed the following:
 - Made of high density polyethylene (HDPE)
 - Class "B" fire rating
 - UV resistant
 - Temperature range -40°C (-40°F) to 80° C (176°F).
- 2.1.2. There are a total of 10 individual cells in each living wall panel. Each cell is set on a 30 degree angle and has a depth of 18 centimetres from the front of the panel to the back. Each cell also has notches in the bottom surface of the cell to allow for drainage and aeration. The notches do not extend completely to the back of the cell; this provides a water retention zone in each cell reducing the irrigation requirements.
- 2.1.3. There is a collection chamber at the top of each panel to collect water from the irrigation emitter line and direct it into each of the panel cells. There is a drip edge at the bottom of each panel to allow for excess water to drain away. The drip edge of each panel nests over top of the collection chamber of the lower panel and the water that is drained from the top panel is then collected and used by the lower panel. It is important to check that the spacing between the drip edge of the top panel and the collection chamber of the lower panel is not more than 4 millimetres. If this distance is greater then water from above panel may be able to find a path to the back of the panels and drip down behind the panel rather than continue on a course through the growth medium profile of each panel.

- 2.1.4. There are four (4) fastener channels down each side of the living wall panel to provide an access point for fasteners to be used in securing the living wall panel to mounting hardware.
- 2.1.5. Each panel has a horizontal support channel formed into the back to carry and disperse the weight evenly across the panel. This channel is configured with a 30 degree angle, essentially using gravity for greater stability once mounted.
- 2.1.6. There are two tubes or cylindrical holes formed into the centre of the panel as another means of affixing the panels to a wall. This allows the panels to be used on curved wall applications where the mounting strip fastening detail would not work. These are required for use with the vertical support stanchions to be used in regions prone to high wind or earthquake forces.

2.2. ELT EasyGreen® Mounting Hardware

- 2.2.1. The ELT EasyGreen® Living Wall System has several options for mounting hardware depending on the application. All brackets used must be manufactured or approved by ELT for use with the ELT EasyGreen® System. Any mounting system or product other than those included in this specification require approval from ELT as well Engineer approved drawings. Mounting hardware is listed below along with the acceptable applications for each.
- 2.2.2. The Mounting strip method of affixing the panels to a wall is subject to approval by the client. This method requires the mounting strips to be fastend to the wall. The wall must be able to carry the load of the living wall panels. (See illustration a.)
- 2.2.3. The vertical stanchion mounting system will carry four (4) panel per stanchion and is used to mitigate the risk of detachment associated with certain applications or regions due to either design or environmental factors.

2.3. ELT EasyGreen® Living Wall Irrigation System

- 2.3.1. The ELT EasyGreen® Living Wall System comes complete with a standard irrigation system fully integrated within the panels.
- 2.3.2. An irrigation water source must be provided in the area of the living wall with a shut-off valve installed by others.
- 2.3.3. Grey water or rainwater irrigation water is encouraged for use with the ELT EasyGreen® Living Wall System subject to compliance with any and all codes; compliance with any codes is the responsibility of the client.
- 2.3.4. The use of grey water may require specialized irrigation equipment. Check with ELT for specifications regarding grey water.
- 2.3.5. Water quantity and quality must be approved by ELT prior to installation.
- 2.3.6. The ELT EasyGreen® Living Wall irrigation system is completely integrated with the living wall panels. An 8 millimetre emitter line is placed and run continuously in the collection chamber of each living wall panel. The collection chamber protects the emitter line from being pinched as well as secures it in place. The panels are able to distribute the water that moves from the collection chamber into the cells evenly throughout the panel. The emitter spacing is 9 centimetres apart providing 2 (two) per panel. Each emitter has an output of 30 l/h at 30 psi (an operating range of 0.7 to 2.7 bars or 10 to 40 psi is acceptable).
- 2.3.7. A static loop system must be used in applications where the irrigation emitter lines have to deliver water in a run greater than 20 meters. The emitter lines have a maximum operating run length of 30 meters. A static loop equalizes the pressure in the emitter lines requiring fewer zones to irrigate the wall.



3. ELT EasyGreen® Fertilizer Applicator

- 3.1. An injection applicator is required to be installed for nutrient management as well as integrated pest control. The injection applicator injects nutrients and soil amendments into the irrigation feeder lines in a controlled manner at the rates specified by ELT.

4. ADDITIONAL REQUIRED COMPONENTS

4.1. ELT Growth Medium

- 4.1.1. Growth mediums must be approved or provided by ELT to ensure viability and performance of the system. Use of growth mediums not approved by ELT will void ELT Living Wall System Warranties.
- 4.1.2. Standard growth mediums consist of both organic and inorganic components formulated to culture micro-organisms beneficial to plant performance while maintaining growth medium structure and stability.
- 4.1.3. ELT EasyGreen® Growth Mediums are formulated to maximize longevity, promote drainage and aeration of growth medium. Check with ELT for growth medium percolation rates and performance specifications.
- 4.1.4. Growth medium components may be sourced locally if the components available are able to meet both the ELT performance requirements and the ELT sustainability standards.

4.2. ELT Approved Vegetation

- 4.2.1. The plant list and design must be approved by ELT to ensure viability and performance of the system.
- 4.2.2. Vegetation specifications depend on the following variables:
 - Interior versus Exterior
 - Climatic zones
 - Micro Climates that exist on the project
 - Loading and structural issues
 - Water availability
 - Design considerations
 - Maintenance budget of the client
- 4.2.3. Plant replacement requirements will vary depending on the plants specified as well as the climatic conditions of the project. Plant replacements deemed to be part of the natural processes of the vegetation specified are to be included in the maintenance contract and schedules provided by ELT Certified Contractors. Plant replacement targets are set and approved by ELT when the project information sheet is submitted. Replacement needs that fall within these targets are part of the maintenance contract for the project. Replacement needs that are in excess of these targets would be cause for a claim by the client.

4.3. Lighting

- 4.3.1. Most indoor living walls (with tropical plants) need plenty of natural light to perform optimally. Living walls under a skylight, near a large window may have adequate lighting. A test using a light meter is required by ELT to quantify the lighting levels existing in the proposed location for the living wall.
- 4.3.2. ELT will require artificial lighting for indoor living walls with inadequate natural light for warranty approval.
- 4.3.3. Ambient and artificial light can be measured with a light meter (Luxmeter). A minimum rating of 1800 lux will work in most applications that are using tropical plants. As an example the use of a 600 watt metal halide HID light installed in a spacing interval of 3 linear metres apart and 3 meters distance between the vegetation and the lights, would in most cases achieve a rating greater than 1800



lux. Five hours of exposure to grow lights every day is sufficient to keep most tropical plants healthy. Start by getting plants used to the light by exposing them one hour a day for the first week before their normal lighting schedule.

- 4.3.4. Building codes may require grow lights to be enclosed in a reflector casing with a glass window to protect the bulb. This will eliminate the risk of the light bulb breaking or exploding as a result of direct contact with hard objects or other substances like water that may have the same damaging result due to thermal shock. Installation of artificial lights is subject to the local building codes and compliance with these codes is the responsibility of the client.
- 4.3.5. Grow lights can emit a lot of heat and light. The excess heat or light generated may have an effect on the indoor environment and therefore it is important to manage lighting requirements in a manner that meets the needs of the vegetation while maintaining a comfortable indoor environment. Grow lights are to be controlled with an automatic timer. This makes it possible to provide the additional lighting at times of the day where there are not people present to be affected by any excess heat or light generated.
- 4.3.6. Exterior living walls generally have sufficient access to natural light but not always. Identify the amount of direct sunlight received by the wall each day to determine an acceptable plant list.

5. OPTIONAL COMPONENTS

5.1. ELT EasyGreen® Edging Details

- 5.1.1. The panels may be edged with wood, metal, plastic or other materials to match the proposed or existing façade of the building.
- 5.1.2. All edging must be approved by ELT for use with the ELT EasyGreen® system.
- 5.1.3. Vegetated corner panels are available as a custom fabricated product to provide a vegetated corner. The panel provides for a completely vegetated corner that eliminates the need for flashing covering other wise required to cover exposed sides of the living wall panels.

5.2. ELT EasyGreen® Irrigation Diversion Channels

- 5.2.1. Irrigation diversion channel diverts any water that may drip from panels that are mounted over doorways, windows or other features of the wall that must be protected from exposure to water. The diversion channel snaps on to the last cell of the living wall panel. The offset double 'J' formation keeps the channel in place as well as collects and diverts the water received from the drip edge of the living wall panel.
- 5.2.2. Diversion channels come in 1.25 metre lengths and can be joined to extend to any length required. This is an overlap joint and the overlap must be no less than 15 cm. Two beads of Firestone Water Block is to be applied around the exterior of the diversion channel that will be inserted into the adjacent diversion channel. It is important to note that the diversion channel moving the water to the next channel is the male fitting and the next channel that is taking the flow of the water is to be the female fitting to ensure water is shedding past the connections.
- 5.2.3. Stoppers are available to provide a termination at the end of the diversion channels if required. They are a rubber block that is placed inside the end of the diversion channel. A bead of Water Block mastic is to be applied before inserting the Water Diversion Channel Stopper into the diversion channel.

5.3. ELT EasyGreen® Living Wall Growth Medium Stabilizers

- 5.3.1.1. Growth Medium Stabilizers are sometimes required in applications where the vegetation specified and/or the growth medium specified is prone to erosion



or becomes unstable due to the structure of the medium. They may also be required in instances where the plants were not transplanted and grown into the panels long enough for proper establishment prior to installation.

- 5.3.1.2. The Stabilizer is a series of vertical aluminum rods designed to be pressed into the notches located on the lower shelf of each cell.
- 5.3.1.3. Coconut coir should be used in conjunction with the stabilizers to provide a completely protected growth medium fascia that still provided the benefits of an open fascia where aeration can still occur in the growth medium and the vegetation can spread, root and propagate as it would in a natural environment.
- 5.3.1.4. The Stabilizer rods can be easily removed for general maintenance purposes.

5.4. ELT EasyGreen® Living Wall Panel Extension

- 5.4.1. The ELT EasyGreen® Extensions may be needed where the vegetation specification requires deeper depths of growth medium.
- 5.4.2. The extension mounts to the panel in the same manner as the growth medium stabilizers. It also has the same angled fin feature as the stabilizers allowing it to provide this functionality as well.
- 5.4.3. Notched features on the front of the fins allow for roots and water to move from cell to cell and panel to panel.

PART IV – EXECUTION:

1. DELIVERY

- 1.1. Co-ordination of delivery timelines are the responsibility of the contractor installing the system; 2 (two) weeks advance notice to the Grower is necessary to ensure there are no delays.
- 1.2. The pre-grown panels will be loaded on carts and/or skids and delivered to site on the date of installation, unless otherwise specified by the contractor.

2. STORAGE

- 2.1. Vegetation materials must be stored in a secure, cool, shady environment out of direct sunlight prior to installation. Vegetation must be protected from rapid temperature changes of more than 15°C (59°F)/hour. All vegetation is to be installed within 2 (two) days of being delivered. If this is not possible contact ELT for further care instructions.
- 2.2. All other materials (non-living) should be stored in a dry location out of direct sunlight with original packaging and documentation left intact prior to installation.

3. INSTALLATION

- 3.1. The wall surface must be free and clear of any obstructions prior to the installation of the living wall brackets or support structure.
- 3.2. Waterproofing or vapour barriers that may have been specified should be applied or installed prior to any mounting brackets or stand off structure being installed.
- 3.3. The brackets or support structure must be mounted to the wall using appropriate fasteners to support the load of the living wall when fully saturated. All brackets or structures must be perfectly level to ensure even water distribution through out the panels.
- 3.4. Installations should begin from the bottom of the wall and work across and then upward.
- 3.5. The LW panels can then be picked up and hung from the levelled brackets or support structure.
- 3.6. Irrigation emitter lines should be installed along the collection chamber of each panel before the above row of panels is installed.
- 3.7. The panels must overlap by the Z shaped portion on the top and bottom of each panel, making sure to leave a 6 millimetres (¼ inches) gap for expansion.



- 3.8. Secondary fasteners should be installed in the holes provided; 2 (two) per panel are required as panels are hung.
- 3.9. The fasteners must be such that they can be removed if access to the surface behind the system becomes necessary.
- 3.10. All edging and accessories should be installed as per the most recent plan drawings. Report any discrepancies to ELT and/or designer immediately upon discovery.
- 3.11. Irrigation source lines are to be installed around the perimeter and inbetween zone perimeters for the emitter lines to be connected to.
- 3.12. Irrigation controllers, check valves, pressure reducers and evacuation ports should be installed once main lines and emitter lines are connected on the wall.
- 3.13. An irrigation test must be performed after installation to check that the system is functioning properly.

For more information on the ELT EasyGreen® Living Wall System you may contact the ELT Technical Support Department.

ELT Canada Limited. (ELT)
245 King George Rd., Suite 320
Brantford Ontario Canada N3R 7N7
p: 1.866.306.7773 · f: 519.458.8208
www.elteasygreen.com
support@elteasygreen.com

TECHNICAL INFORMATION SHEET



ELT EasyGreen®
Working With Nature

ELT EasyGreen® Living Wall Panel

DESCRIPTION:

The ELT EasyGreen® Living Wall panel is a modular living wall panel that can be either pre-grown or planted in place. The panel has a rectangular shape consisting of a total of 10 individual cells. Each cell is independently designed to contain enough space to add growing medium and to sustain water supply to the roots, maintaining a healthy and growing plant.

FUNCTION:

The modular ELT Living Wall Panel provides the following functions needed for a successful living wall system: drainage, erosion control, water retention, carry growth medium and vegetation, protection for the waterproof membrane, root anchoring for vegetation and irrigation/water distribution.

COMPONENTS:

The ELT Living Wall Panel is a combination of multiple components:

- High density polyethylene (HDPE)
- 10 individual cells
- Collection chamber
- Two (4) fastener channel
- 2 Horizontal support channels
- 2 panel mounting channels

METHOD OF APPLICATION:

1. The brackets or support structure must be mounted to the wall using appropriate fasteners to support the load of the living wall when fully saturated.
2. The Living Wall Panel's are picked up and hung directly on the appropriate brackets or support structure and fastened.

Please contact ELT EasyGreen® Technical Support for additional information.



PRODUCT DATA

PHYSICAL PROPERTIES:

Fire Rating: Class "B"
UV Resistance: Approved
Thermal resistance: -40°C (-40°F) to 80°C (176°F)

PRODUCT DATA:

HPDE Living Wall Panel

Material: 100% recyclable black High density polyethylene (HDPE) panel.
Color: Black
Size: 12" (300 mm) x 12" (300 mm) x 4" (12 mm)

Warranty Period: 15 years warranty program on the module.

STORAGE:

Store the panels in a dry location out of direct sunlight with original packaging.

PRECAUTIONS:

1. Exercise caution when lifting, moving, transporting and handling the panel to avoid damage on the living wall panel components.
2. Please refer to your ELT EasyGreen® Certified Contractor for specific recommendations regarding the installation procedures.

ELT Living Walls (ELT)
245 King George Rd., Suite 320
Brantford Ontario Canada N3R 7N7
p: 1.866.306.7773 f: 416.479.094
www.elteasygreen.com

TECHNICAL INFORMATION SHEET



ELT EasyGreen® Living Wall System

DESCRIPTION:

The ELT EasyGreen® Living Wall System is made out of the ELT EasyGreen® modular living wall panel product (refer to ELT Living Wall panel for description). The living wall system can be installed in both indoors and outdoors projects. The easy application of the living wall module makes it simple to design the most creative and customized systems.

FUNCTION:

The ELT EasyGreen® Living Wall System provides numerous of benefits: from energy savings by cooling down the interior of a building to protecting the structure of the wall from weather and sun light damage. The vegetated modules provides temperature regulation, reduction of storm water run off, air improvements such as reducing the Urban Heat Island Effect in cities as well as benefits for the environment by creating ecological habitats.

COMPONENTS:

The ELT EasyGreen® Living Wall System is a combination of multiple components:

- HDPE Living Wall Panel
- Mounting hardware
- Irrigation system
- Growth Medium
- Vegetation

OPTIONAL COMPONENTS:

This section is related to optional components that can be added to the ELT EasyGreen® Living Wall Systems.

- ELT EasyGreen® Edging Details
- ELT EasyGreen® Irrigation Diversion Channel
- ELT EasyGreen® Living Wall Growth Medium Stabilizers
- ELT EasyGreen® Living Wall Panel Extension
- Grow Lights

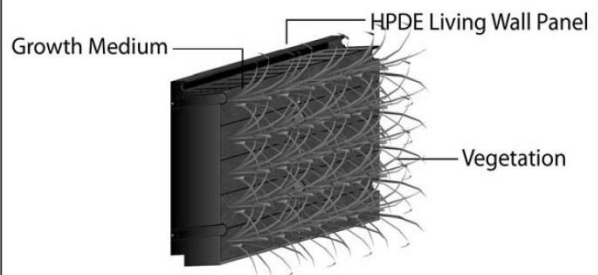
METHOD OF APPLICATION:

1. The brackets or support structure must be mounted to the wall using appropriate fasteners to support the load of the living wall when fully saturated.
2. The Living Wall Panel's are picked up and hung directly on the appropriate brackets or support structure.
3. Irrigation emitter is installed along the collection chamber on each panel.
4. Fasteners are installed in the fastener channel as required.

***ELT Living Wall panels are pre-vegetated before installation. ***

Please contact ELT EasyGreen® Technical Support for additional information.

PRODUCT DATA



PRODUCT DATA

Fire Rating:	Class "B"
UV Resistance:	Approved
Thermal resistance:	-40°C (-40°F) to 80°C (176°F)
Water Retention:	
Dimension:	12" (300 mm) x 12" (300 mm) x 4" (18 mm)
Saturated Weight:	Average: 15 lbs/ft ²
Warranty Period :	Annually renewable full system warranty and maintenance (including vegetation) program available through ELT approved contractors.

STORAGE:

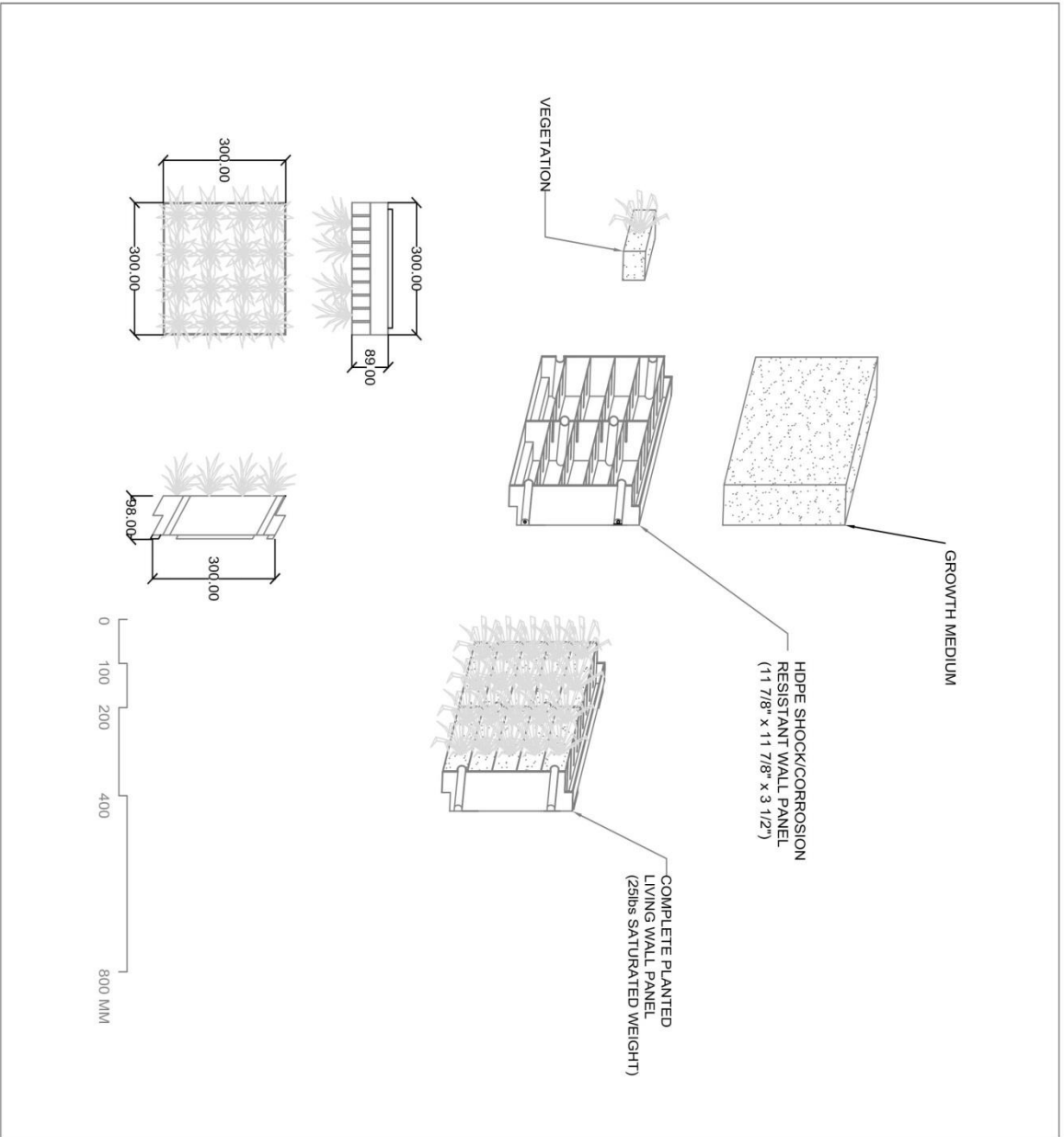
Store the panels in a dry location out of direct sunlight with original packaging. Vegetated panels must be protected from rapid temperature changes of more than 15°C/hour (59°F/hour). All vegetation is to be installed within two (2) days of being delivered

*If storage is not possible, section above, please contact ELT EasyGreen® for further instructions.

PRECAUTIONS:

1. Exercise caution when lifting, moving, transporting and handling the panel to avoid damage on the vegetation carrier components.
2. Please refer to your ELT EasyGreen® Certified Contractor for specific recommendations regarding the installation procedures.

ELT Living Walls (ELT)
245 King George Rd., Suite 320
Brantford Ontario Canada N3R 7N7
p: 1.866.306.7773 f: 416.479.0943
www.elteasygreen.com



- NOTES**
1. INSTALLATION TO BE COMPLETED IN ACCORDANCE WITH MANUFACTURERS SPECIFICATIONS.
 2. DRAWINGS ARE IN INTERNATIONAL METRIC SYSTEM
 3. FOR PRODUCT AND COMPANY INFORMATION VISIT WWW.ELTEASYGREEN.COM



ELT EASY GREEN HEAD OFFICE
 245 King George RD, Suite 320,
 Brantford, ON, Canada
 N3R 7N7
 P: 1.416.479.0942
 F: 1.416.479.0943
info@elteasygreen.com
www.elteasygreen.com

SPECIFICATION / SPECIFICATION

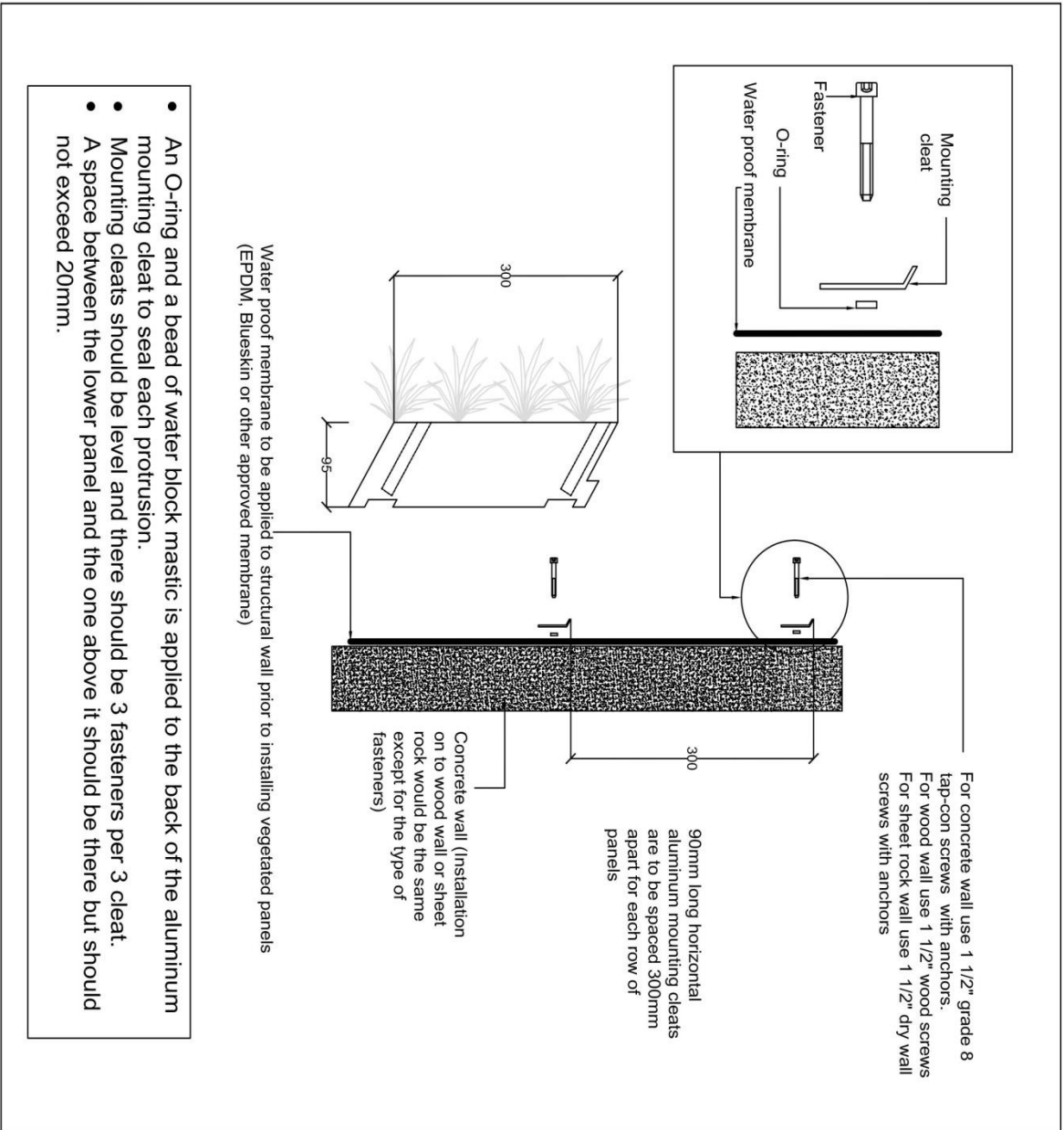
ELT Easy Green Living Wall
 Specification / ELT Easy Green devis
 et spécifications pour mur végétal.

TITRE DU DESSIN / DRAWING TITLE

ELT Easy Green 300 x 300 Living
 Wall Planted Panel Assembly

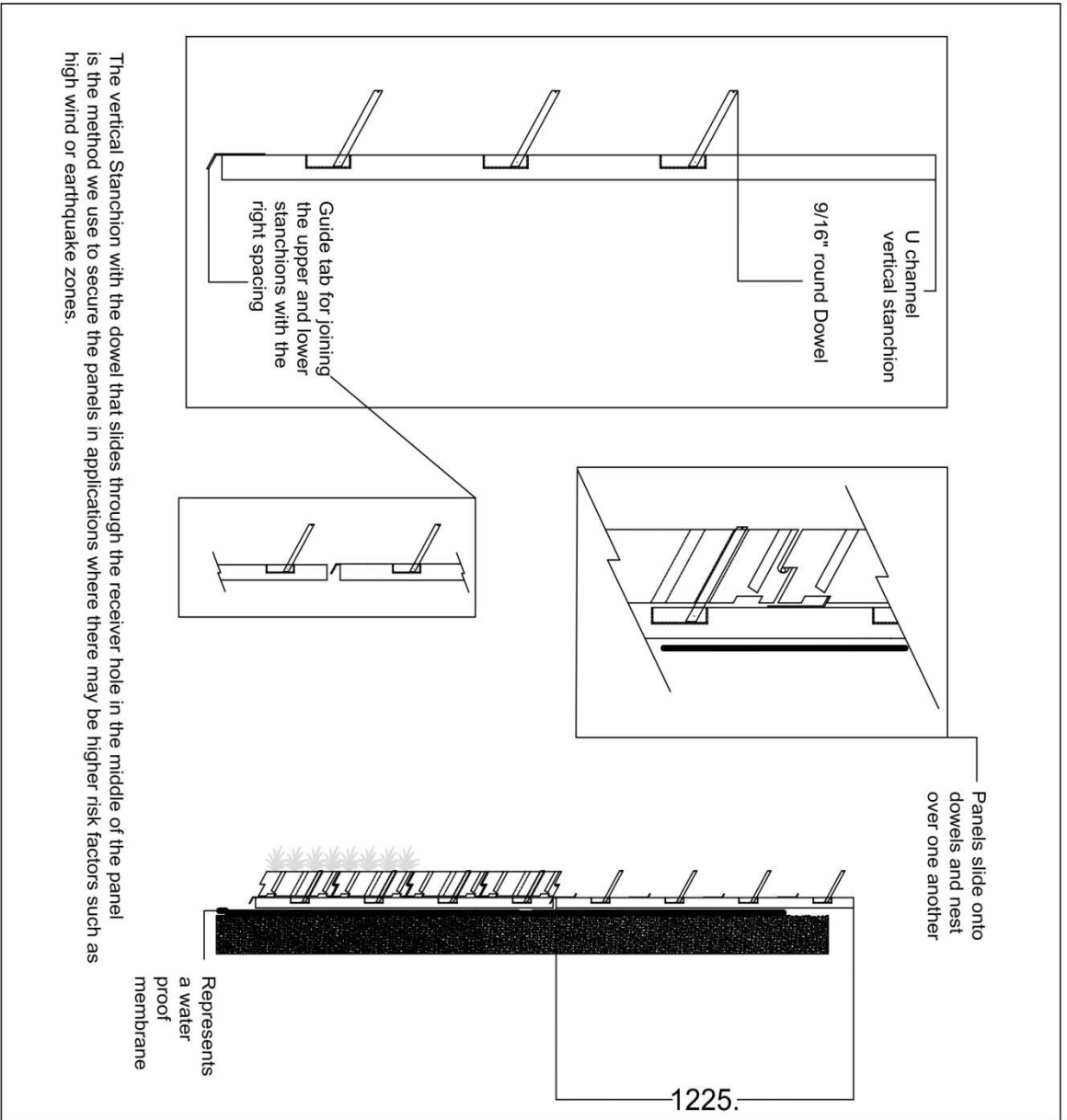
DATE	DESSINÉ PAR / DRAWN BY
2011-01-01	J.G.
ÉCHELLE / SCALE	VÉRIFIÉ PAR / CHECKED BY
not to scale	ELT Easy Green
NOT DESSINÉ / DWG NUMBER	

LW2011-01



- An O-ring and a bead of water block mastic is applied to the back of the aluminum mounting cleat to seal each protrusion.
- Mounting cleats should be level and there should be 3 fasteners per 3 cleat.
- A space between the lower panel and the one above it should be there but should not exceed 20mm.

<p>ELT EASY GREEN HEAD OFFICE 245 King George RD, Suite 320, Brantford, ON, Canada N3R 7N7</p> <p>P: 1.416.479.0942 F: 1.416.479.0943 info@elteasygreen.com www.elteasygreen.com</p>	
<p>SPECIFICATION / SPECIFICATION</p> <p>ELT Easy Green Living Wall Specification / Elt Easy Green devis et spécifications pour mur végétal.</p>	
<p>NOTES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. INSTALLATION TO BE COMPLETED IN ACCORDANCE WITH MANUFACTURERS SPECIFICATIONS. 2. DRAWINGS ARE IN INTERNATIONAL METRIC SYSTEM 3. FOR PRODUCT AND COMPANY INFORMATION VISIT WWW.ELTEASYGREEN.COM 	
<p>TITRE DU DESSIN / DRAWING TITLE</p> <p>ELT Easy Green 300 x 300 Living Wall Direct Cleat to Wall mounting Method</p>	<p>DESSINE PAR / DRAWN BY</p> <p>J.G.</p>
<p>DATE</p> <p>2011-01-01</p>	<p>VERIFIE PAR / CHECKED BY</p> <p>ELT Easy Green</p>
<p>ECHELLE / SCALE</p> <p>not to scale</p>	<p>NO DESSIN / DWG NUMBER</p> <p>LW2011-02</p>



- NOTES
1. INSTALLATION TO BE COMPLETED IN ACCORDANCE WITH MANUFACTURERS SPECIFICATIONS.
 2. DRAWINGS ARE IN INTERNATIONAL METRIC SYSTEM AND COMPANY INFORMATION VISIT WWW.ELTEASYGREEN.COM
 3. FOR PRODUCT AND COMPANY INFORMATION VISIT WWW.ELTEASYGREEN.COM



ELT EASY GREEN HEAD OFFICE
 245 King George RD., Suite 320,
 Brantford, ON, Canada
 N3R 7N7

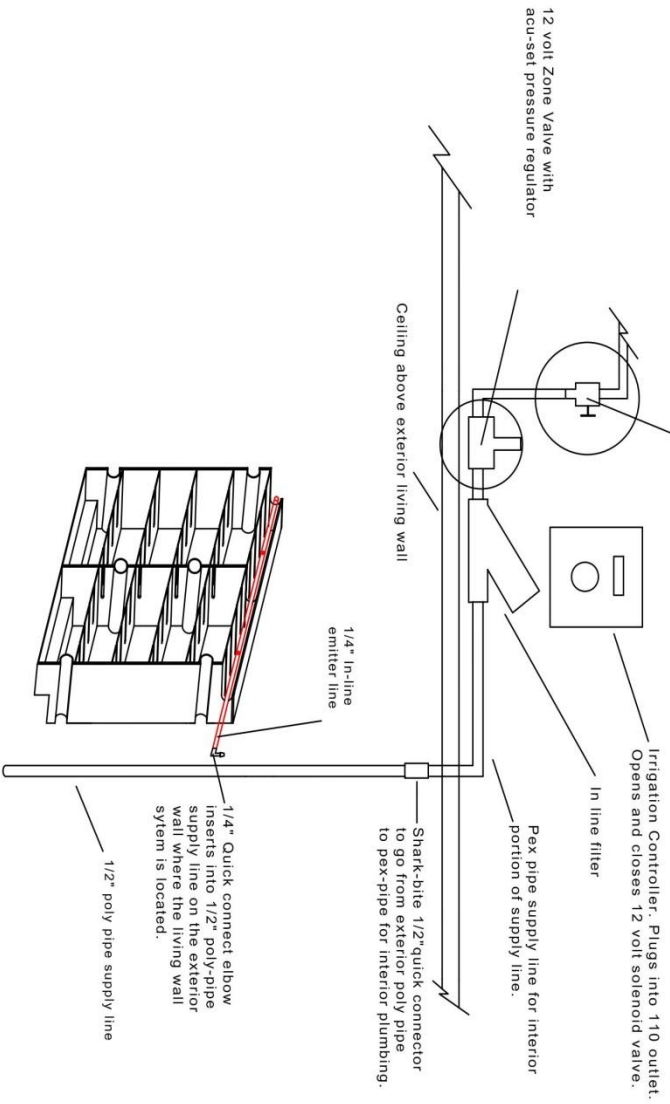
P: 1 416 479 0942
 F: 1 416 479 0943
 info@elteasygreen.com
 www.elteasygreen.com

SPECIFICATION / SPECIFICATION

ELT Easy Green Living Wall
 Specification / ELT Easy Green devis
 et spécifications pour mur végétal.

TITRE DU DESSIN / DRAWING TITLE	
ELT Easy Green 300 x 300 Living Wall Vertical Stanchion with dowels mounting method	
DATE	DESSINE PAR / DRAWN BY
2011-01-01	J.G.
ECHELLE / SCALE	VÉRIFIÉ PAR / CHECKED BY
not to scale	ELT Easy Green
NO. DESSIN / DWG NUMBER	
LW2011-02	

Copper feed from domestic water source terminated with a 1/2" ball valve supplied by client.



- NOTE:
- 1/2" copper feed line terminated with a ball valve supplied by client.
 - Irrigation control system located in bulk head above exterior living wall.
 - Pex pipe supply line used in bulk head and run to the exterior of building to the poly supply line.
 - In-line emitter line is connected to poly supply line through Shark-bite quick elbows for drip irrigation system.
 - This is not a scaled drawing.

- NOTES
1. INSTALLATION TO BE COMPLETED IN ACCORDANCE WITH MANUFACTURERS SPECIFICATIONS.
 2. DRAWINGS ARE IN INTERNATIONAL METRIC UNITS.
 3. FOR PRODUCT AND COMPANY INFORMATION VISIT WWW.ELTEASYGREEN.COM



ELT EASY GREEN HEAD OFFICE
 245 King George RD, Suite 320,
 Brantford, ON, Canada
 N3R 7N7
 P: 1.416.479.0942
 F: 1.416.479.0943
 info@elteasygreen.com
 www.elteasygreen.com

SPECIFICATION / SPECIFICATION
 ELT Easy Green Living Wall
 Irrigation Diagram using in-line
 emitter system

TITRE DU DESSIN / DRAWING TITLE	
ELT EasyGreen Specified Irrigation Detail for exterior Living Wall System	
DATE	DESSINÉ PAR / DRAWN BY
2011-07-25	J.G.
ECHELLE / SCALE	VERIFIÉ PAR / CHECKED BY
not to scale	ELT Easy Green
NO DESSIN / DWG NUMBER	
LWIR11-01	



Green Roofs & Living Walls

ELT EasyGreen® 2011 Warranty Program

ELT Canada Limited (ELT) warranties are an important part of the service offering provided by the ELT EasyGreen® Network.

Through this program we offer assurances to our clients and our agents that every ELT EasyGreen® system will be a long term success.

ELT EasyGreen® product warranties and system warranties are included in this program.



ELT Canada Limited
245 King George Rd., Suite 320, Brantford, ON N3R 7N7
p: 866.306.7773 or 416.479.0942 • f: 416.479.0943 • w: www.elteasygreen.com

1. ELT EasyGreen® Material Warranties

- 1.1 ELT Canada Limited warrants ELT EasyGreen® products to be of good quality and manufactured to meet published data sheets and quality control standards as per the "Limited Material Warranty" document posted at course.elteasygreen.com website.
- 1.2 Published Data sheets provide information on approved usage and handling and identifies warranty duration.

2. ELT EasyGreen® System Warranties

2.1 Recommended Minimum Requirements

ELT recommends that the following items be listed as minimum requirements for a system warranty supplied to the client from approved contractors:

1. Installation of the system must be carried out by an ELT Certified Contractor who has maintained an active status with ELT.
2. All system parts and materials must be purchased through ELT or an ELT approved agent. This includes but is not limited to, growth mediums, plants, irrigation equipment, containers, support structures etc.
3. A maintenance contract between the Owner and an active ELT Certified Contractor must be in effect for the complete term of the warranty.
4. The maintenance contract must describe the proposed maintenance schedule and procedures, and be in compliance with ELT standard maintenance contracts and best management practices.
5. Required documentation must be filled out and kept in the client/contractor binder. Documentation includes the project information sheet, irrigation specs and programs, pictures of completed project, list of vegetation used and maintenance program. Documentation must be received by ELT prior to 30 days after the completion date.
6. All work and execution on the project must be in accordance with the ELT specification that was current at the time of project completion.

3. Maintenance Protocols

- 3.1 Maintenance is a part of every ELT EasyGreen® system and a maintenance contract is required to support any system warranty.
- 3.2 Maintenance should meet or exceed "Best Management Practices" established by ELT.
- 3.3 Maintenance performed by non-ELT Certified Contractors does not support ELT EasyGreen® Warranties.
- 3.4 Maintenance schedules outlining all tasks must be submitted to the owner.
- 3.5 Growth medium amendments like inoculation, nutrient applications or pest control may from time to time be required to maintain plant vigour and system performance. These are to be recommended by the Certified Contractor and included in the maintenance contract.
- 3.6 A maintenance report must be completed after each visit and signed off by the owner and the contractor. A copy of each report must be kept with the contractor and the owner to create a project history log.

4. Plant Viability and Replacement Factors

- 4.1 Different systems will have different plant replacement factors. Plant replacement factors identify the amount of vegetation expected to be replaced over the term of the

ELT Canada Limited

245 King George Rd., Suite 320, Brantford, ON N3R 7N7
p: 866.306.7773 or 416.479.0942 • f: 416.479.0943 • w: www.elteasygreen.com

- maintenance contract as part of the normal operation of the system. Plant replacement factors are identified in the maintenance program and are part of the maintenance costs.
- 4.2 Plant replacement factors vary depending on variables like type of plants specified or type of system. A claim may be triggered if plant replacement exceeds the replacement factor.

5. Exclusions

- 5.1 Any components of a system not included in the "Listed Components" chart in the warranty document are not covered by the system warranty.
- 5.2 Growth medium amendments or nutrient applications may be required depending on the system spec and are part of the maintenance program and therefore are not subject to any warranty claims.
- 5.3 Any system failure due to breach of the maintenance contract by the owner will render the warranty null and void.
- 5.4 To qualify for either warranty purchases or to make a warranty claim the owner must be within the payment terms of the ELT Certified Contractor.
- 5.5 There is no warranty against system failure due to micro-climates not identified in the project information sheet.

6. Warranty Approval

- 6.1 Required documents in 2.1.5 must be properly filled out and kept in the Client Contractor binder which is to be kept on site.
- 6.2 Clients should confirm all documentation is compliant with ELT's recommended programs and best management practises listed on the courses.elteasygreen.com web site.
- 6.4 If the Contractor is unable to meet the criteria required by ELT for the warranty, ELT may if it wishes, take any actions needed to meet the criteria needed to qualify the project for ELT warranty programs.

7. Warranty Transfer

- 7.1 System warranties may be transferred provided the previous owner, has from the effective date of the warranty, to the time of transfer, been in compliance with the terms and conditions of the warranty.

8. Claims

- 8.1 Any claims on ELT products or systems must be made directly to ELT Canada Limited by mail at 245 King George Road, Suite 320 Brantford Ontario, Canada, N3R 7N7, or by Facsimile at 416.479.0943.
- 8.2 The following documents will be required before ELT can process any claims:
- Photos of project and areas of reported loss
 - Project history report including inspection logs and reports
 - All Maintenance contracts and time lines
 - Copies of all past and current warranty documents
 - Original design and specifications of project
- 8.3 The ELT Warranty for ELT products and components is posted on the courses.elteasygreen.com website.
- 8.4 ELT may wish to send a company representative to inspect the area of loss claimed before granting approval to the claim, and would do so 30 days from the date the claim was received.

ELT Canada Limited

245 King George Rd., Suite 320, Brantford, ON N3R 7N7
p: 866.306.7773 or 416.479.0942 • f: 416.479.0943 • w: www.elteasygreen.com

ELT Canada Limited
Limited Material Warranty
 Green Roof & Living Walls (ELT Product Only)

- Defects related to installation other than in strict accordance with ELT's instructions, including but not limited to defects arising from faulty or improperly installed underlayment, decking or other components;
- Impact of foreign objects, fire, earthquake, flood, hail, lightening, hurricane, tornado or any other casualty or act of God;
- Discoloration or staining related to shading or sap from trees, bushes, plants or any other natural vegetation;
- Discoloration or damage related to chimney exhaust (including, but not limited to, ash);
- Exposure to chemicals, including copper, zinc or any other metal that might discolor;
- Damage related to insects, or animals;
- Damage related to chemicals, paints or other solvents;
- Inappropriate roof applications;
- Failure to meet local building codes;
- Normal wear and tear;
- Damage related to construction and/or maintenance activities, including, but not limited to, persons and/or equipment coming in contact with the roof related to work on chimneys, ventilation systems, satellite dishes, HVAC, etc.;
- Vandalism or acts of war;
- Installation of Products in temperatures less than 20 degrees Fahrenheit;
- Gloss or color difference of any repair or replacement panels related to normal weathering of existing panels;
- Distortion or warping related to additional or unusual heat sources, including without limitation, reflections from windows or metallic surfaces and heat buildup caused by non-compliance with local building codes covering roof ventilation;
- Discoloration or other damage related to air pollution (including but not limited to metallic oxides or metallic particles), mildew and acid rain);
- Discoloration and fading resulting from exposure to the elements; and
- Any other cause not involving inherent manufacturing defects in the material supplied by ELT.

The severity of any condition depends on the geographical location of the building, the cleanliness of the air in the area, and many other influences over which ELT has no control.

THIS LIMITED WARRANTY REPLACES ALL OTHER ORAL OR WRITTEN WARRANTIES, LIABILITIES, OR OBLIGATIONS OF ELT AND SHALL CONSTITUTE THE SOLE AND EXCLUSIVE REMEDIES FOR THE FAILURE OF THE PRODUCTS. ELT HEREBY DISCLAIMS ANY IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR OF FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. IN NO EVENT SHALL ELT BE LIABLE FOR CONSEQUENTIAL OR INCIDENTAL DAMAGES OF ANY KIND, INCLUDING ANY DAMAGES TO THE BUILDING ON WHICH THE PRODUCTS ARE INSTALLED, ITS CONTENTS OR ANY PERSONS THEREIN, RESULTING FROM ANY BREACH OF THE LIMITED WARRANTY. ELT DOES NOT AUTHORIZE ITS FIELD REPRESENTATIVES, EMPLOYEES (other than the CEO or CFO), DISTRIBUTORS OR DEALERS TO MAKE ANY CHANGES IN OR MODIFICATIONS TO THIS LIMITED WARRANTY. SOME JURISDICTIONS DO NOT ALLOW LIMITATIONS ON, OR THE EXCLUSION OF, INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES, SO THE ABOVE EXCLUSIONS MAY NOT APPLY TO YOU.

Severability. To the extent any provision contained herein is deemed invalid under applicable law, such determination shall have no effect on the remaining portions of this Limited Warranty, which shall continue in full force and effect. Any cause of action for breach of this Limited Warranty must be brought within one (1) year after the cause of action has accrued.

Notification. The Owner must notify ELT in writing within thirty (30) days of discovery of, or upon such time that Owner should have reasonably discovered, any Permitted Claim. All notifications should be sent to:

ELT Canada Limited

ELT Canada Limited
 245 King George Rd., Suite 320, Brantford, ON N3R 7N7
 p: 866.306.7773 or 416.479.0942 • f: 416.479.0943 • w: www.elteasygreen.com

1/1/2011

ELT Canada Limited
Limited Material Warranty
Green Roof & Living Walls (ELT Product Only)

245 King George Rd, Suite 320
Brantford
Ontario
Canada N3R 7N7

Outstanding Charges; Samples. ELT shall be under no obligation to provide service under this Limited Warranty if there are outstanding charges for the Products to which this Limited Warranty may apply. The Owner may be required to submit samples of any defective material to ELT for laboratory analysis.

Products not Produced by ELT. This Limited Warranty does not apply to any products, goods, instruments, components, or accessories not produced by ELT, including but not limited to gutters, underlayment, fasteners, or insulation.

Dispute Resolution. This Limited Warranty shall be interpreted and enforced in accordance with the laws of Ontario Canada. Any dispute arising from the terms of this Limited Warranty shall be resolved in the District Court for Ontario, Canada. By submitting a Permitted Claim, Owner agrees that it will not contest to the jurisdiction of the District Court for Ontario, Canada to resolve any dispute related to this Limited Warranty.

ELT Canada Limited

245 King George Rd., Suite 320, Brantford, ON N3R 7N7
p: 866.306.7773 or 416.479.0942 • f: 416.479.0943 • w: www.elteasygreen.com

ELT EasyGreen® 2011 System Warranty



ELT Approved Contractor hereby warrants to the Owner that for a period of 5 years from the project completion date and subject to the terms, conditions and limitations of the ELT EasyGreen® 2011 Warranty Program, ELT Approved Contractor will warrant the performance of the listed components of the ELT EasyGreen® system.

Project:		System Type:	Interior Living wall
Certified Contractor:	ELT Canada	ELT Certification #:	
General Contractor:		Completion Date:	Sept 11, 2009
Owner:		Specifier:	

Listed Components:

Component Name	Product Code	Component Name	Product Code	Component Name	Product Code
Living Wall Panels	G06WMA001	Plants (tropicals)			
Growth Medium					

ELT Approved Contractor warrants ELT EasyGreen® listed components to be of good quality and manufactured to meet published data sheets and quality control standards.

ELT Approved Contractor will for a fee warrant for a period of 5 years from date of completion, the products in sufficient quantity, to replace any products proven to be defective when installed, maintained, repaired, modified and used in accordance with ELT EasyGreen® system specification 01202011 and the 2011 ELT EasyGreen® System Warranty Program.

THE ABOVE WARRANTY IS IN LIEU OF ANY AND ALL OTHER WARRANTIES AND ELT CANADA LIMITED MAKES NO OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING ANY WARRANTY OF FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR MERCHANTABILITY, IN RESPECT OF LIVING WALL SYSTEMS, EXCEPT AS PROVIDED HEREIN. ELT CANADA LIMITED SHALL NOT BE LIABLE OR OBLIGATED FOR ANY LOSS OR CONSEQUENTIAL OR OTHER DAMAGE ARISING, DIRECTLY OR INDIRECTLY, IN RESPECT OF LIVING WALL MATERIALS OR THE USE OR FAILURE THEREOF, WHETHER BASED ON BREACH OF WARRANTY OR NEGLIGENCE.

Other required document check list:

Required Documents	Status	Required Documents	Status
Project Information Sheet	Received	Project Picture	Received
Maintenance Contract	Received	Maintenance Program	Received
Irrigation Spec and Programs	Received	List of Vegetation Used on Project	Received
Proof of Purchase	Received		

The warranty applies to ELT EasyGreen® system components as used on this project applied by the certified ELT Contractor identified above as per the ELT EasyGreen® Specification 01202011.

Name Date
President ELT Approved Contractor

I have the authority to bind the company.

ELT Canada Limited
245 King George Rd., Suite 320, Brantford, ON N3R 7N7
p: 866.306.7773 or 416.479.0943 • f: 416.479.0943 • www.elteasygreen.com



ELT Easy Green®
Working With Nature

Green Roofs & Living Walls

Maintenance Checklist

Time In: _____
Time Out: _____

Date of Inspection: _____ Contractor: _____
 Project Name: _____ Site Contact: _____
 Site Address: _____ Site Phone: _____

Item	Required	Comments
Weeding	<input type="checkbox"/>	
Fertilization	<input type="checkbox"/>	
Planting	<input type="checkbox"/>	
Garbage Removal	<input type="checkbox"/>	
Drain Inspections	<input type="checkbox"/>	
Irrigation Test	<input type="checkbox"/>	
Irrigation Adjustment	<input type="checkbox"/>	
Repairs	<input type="checkbox"/>	
Other	<input type="checkbox"/>	

Travel Time: _____ Date of Next Inspection (week of): _____

Tasks for next inspection: _____

Current Irrigation Program: _____

Additional Comments: _____

Site Contact Signature: _____

Elevated Landscape Technologies Inc.
 245 King George Rd., Suite 319, Brantford, ON N3R 7N7
 p: 866.306.7773 or 519.458.8380 • f: 519.458.8208 • w: www.elteasygreen.com



ELT EasyGreen® Maintenance Contract

This agreement is between Certified Contractors Name (ELT Certified Contractor) and Clients Name for the maintenance of the Living Wall/Green Roof located at Enter Project Name and installed on the following date (MM/DD/YYYY) _____ by Installers Name Here.

If this contract is an extension on an existing contract, proof of the existing contract must be provided (original agreement and maintenance reports).

This contract will be in place from (MM/DD/YYYY) _____ until (MM/DD/YYYY) _____. The maintenance will be done on a _____ basis, for a total of ___ visits per year. This will be called out on the Maintenance Schedule which must accompany this document.

Maintenance may include but not be limited to, inspection of plant health, removal of foreign objects/invasive species, setting/adjusting the irrigation in accord with climatic changes, pruning of vegetation and ensuring any areas designated as vegetation free zones are vegetation free.

A record of each visit must be kept by ELT/Certified Contractor (Maintenance Checklist) and one provided to the client. These will be required should there be any warranty claims.

ELT/ Certified Contractor: _____

Client Representative: _____



SISTEMA G-SKY.

DRAWING TITLE
GSKY GREEN WALL PANELS
CONCRETE WALL STRUCTURE / INTERIOR OR EXTERIOR

3D VIEW
PLAN DETAIL
SECTION DETAIL
FASTENER DETAIL

DRAWING # 1-p **DATE** AUG 18, 2010 **SCALE** AS NOTED
REV DATE N/A **PAPER SIZE** 11 x 17

gsky
 #704-310 HICMEN ST
 VANCOUVER, BC V6B 2V2
 604-765-0911 ph 604-307-1915 fax
 www.gsky.com

DESIGN NOTE
 *STRUCTURE MUST SUPPORT 30 LBS/SQ FT SATURATED GSKY GREEN WALL SYSTEM
 *WALL SURFACE MUST BE SMOOTH
 *WATERPROOFING IS REQUIRED TO BE APPLIED LIQUID OR SELF ADHESIVE TYPE IS RECOMMENDED
 *SECURE LIGHTING MUST BE DESIGNED AND INSTALLED FOR INTERIOR GREEN WALL
 *WALL MUST BE ACCESSIBLE FOR MAINTENANCE (LIFT ACCESS MAY BE REQUIRED)
 *SCHEDULED PIPE OR CONDUIT LOCATION MUST BE INDICATED TO GSKY
 *TRIM WIDTH MAY INCREASE DEPENDING ON LOCATION OF ZONE VALVES SEE 9-p, 10-p AND 11-p FOR DETAIL
 *GREEN WALL BELOW MUST TO BE CLEAR FOR MAINTENANCE LIFT ACCESS

1 3D VIEW / CONCRETE WALL
 SCALE 3/4" = 1'-0" (FILE # 1-p-1)

2 PLAN DETAIL / CONCRETE WALL
 SCALE 3/4" = 1'-0" (FILE # 1-p-2)

3 SECTION DETAIL / CONCRETE WALL
 SCALE 3/4" = 1'-0" (FILE # 1-p-3)

4 FASTENER DETAIL / CONCRETE WALL
 SCALE 3/4" = 1'-0" (FILE # 1-p-4)

DRAWING TITLE
GSKY GREEN WALL PANELS
CMU WALL STRUCTURE / INTERIOR OR EXTERIOR

3D VIEW
PLAN DETAIL
SECTION DETAIL
FASTENER DETAIL

DRAWING # 2-p **DATE** AUG 18, 2010 **SCALE** AS NOTED
REV DATE N/A **PAPER SIZE** 11 x 17

gsky
 #704-310 HICMEN ST
 VANCOUVER, BC V6B 2V2
 604-765-0911 ph 604-307-1915 fax
 www.gsky.com

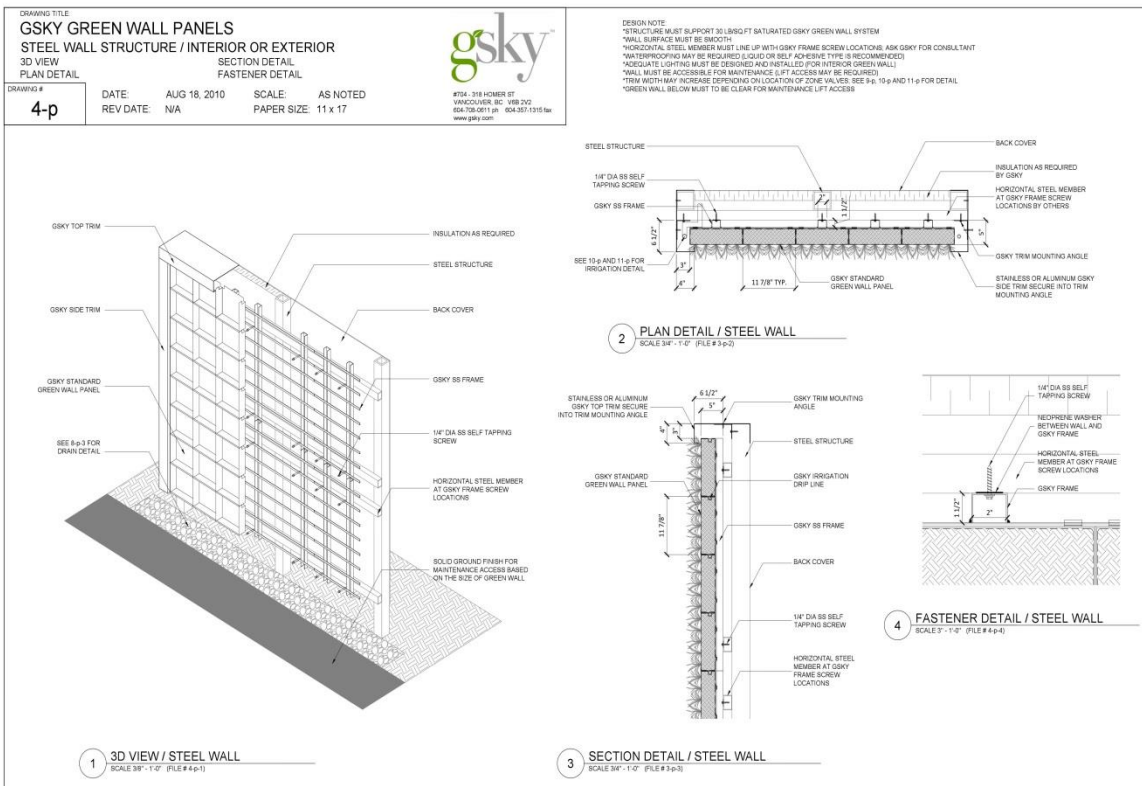
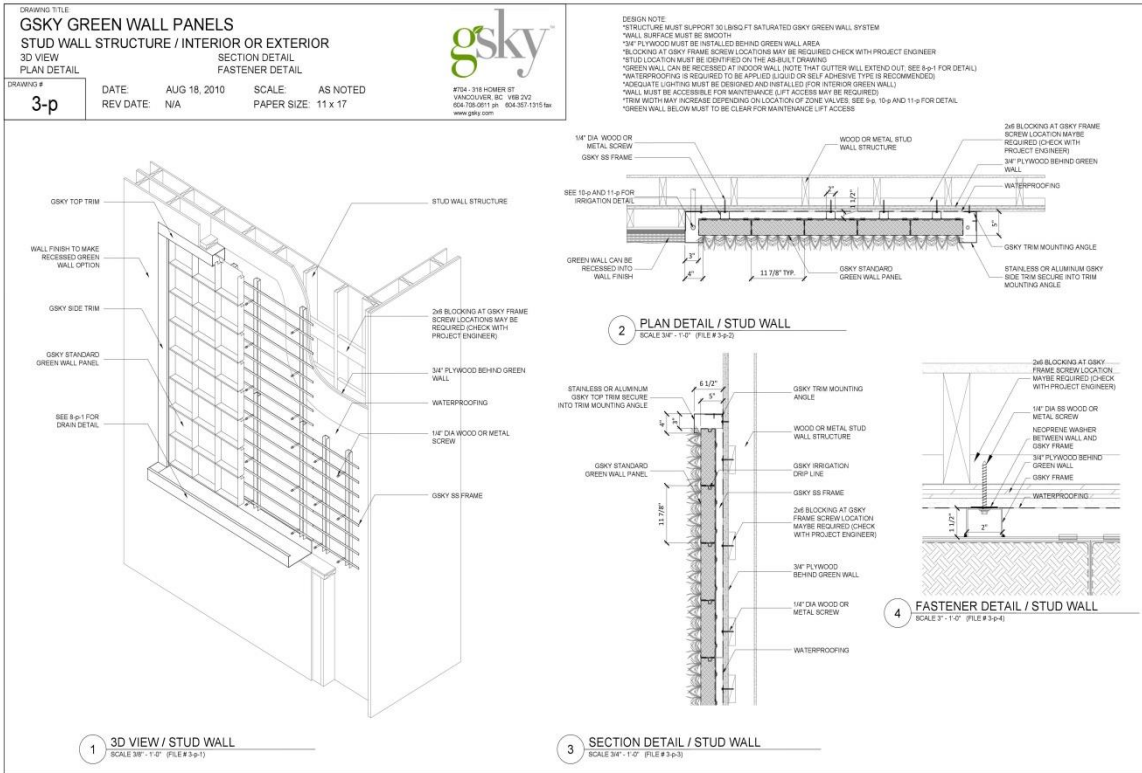
DESIGN NOTE
 *STRUCTURE MUST SUPPORT 30 LBS/SQ FT SATURATED GSKY GREEN WALL SYSTEM
 *WALL SURFACE MUST BE SMOOTH
 *WATERPROOFING IS REQUIRED TO BE APPLIED LIQUID OR SELF ADHESIVE TYPE IS RECOMMENDED
 *CMU VOID SPACES MUST BE FILLED WITH MORTAR FOR ANCHORING
 *WATERPROOFING IS REQUIRED TO BE APPLIED LIQUID OR SELF ADHESIVE TYPE IS RECOMMENDED
 *SECURE LIGHTING MUST BE DESIGNED AND INSTALLED FOR INTERIOR GREEN WALL
 *WALL MUST BE ACCESSIBLE FOR MAINTENANCE (LIFT ACCESS MAY BE REQUIRED)
 *SCHEDULED PIPE OR CONDUIT LOCATION MUST BE INDICATED TO GSKY
 *TRIM WIDTH MAY INCREASE DEPENDING ON LOCATION OF ZONE VALVES SEE 9-p, 10-p AND 11-p FOR DETAIL
 *GREEN WALL BELOW MUST TO BE CLEAR FOR MAINTENANCE LIFT ACCESS

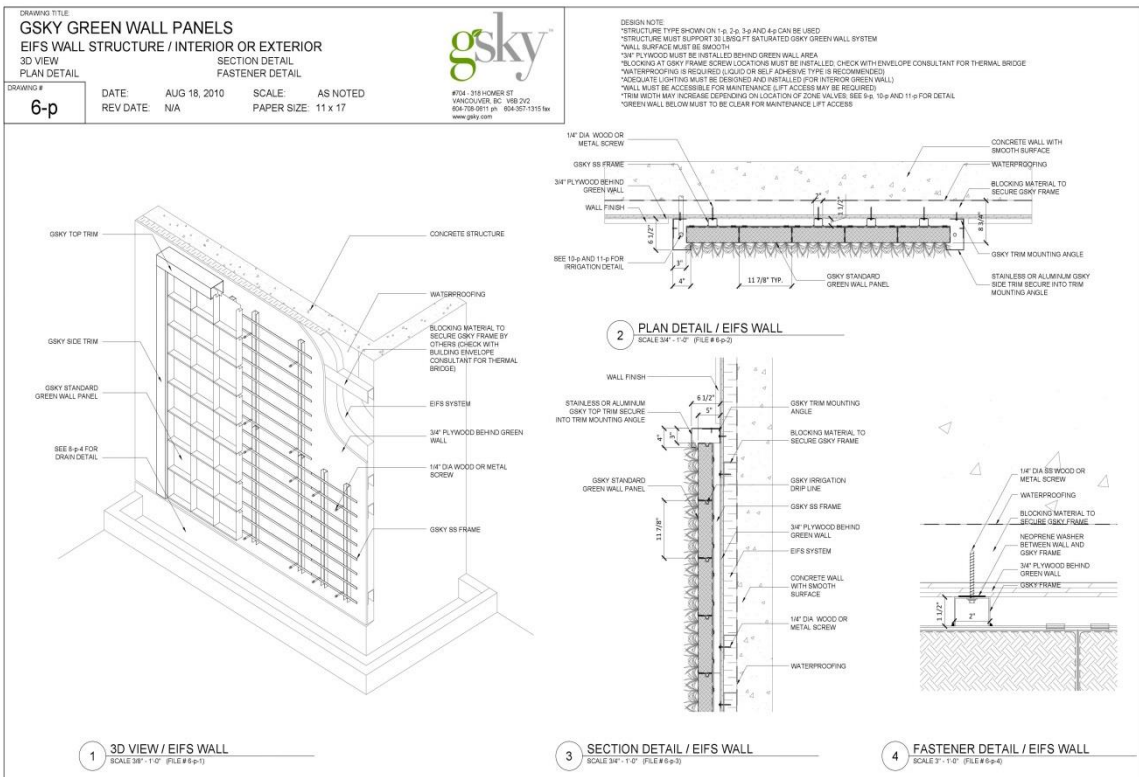
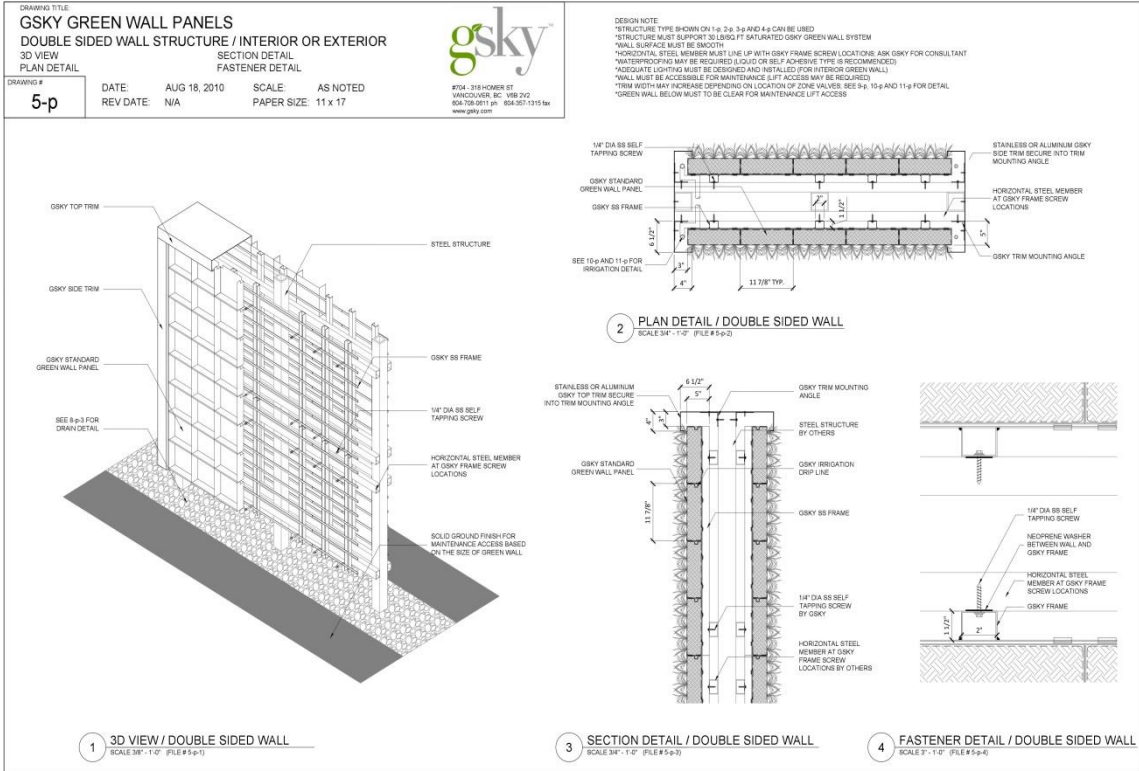
1 3D VIEW / CMU WALL
 SCALE 3/4" = 1'-0" (FILE # 2-p-1)

2 PLAN DETAIL / CMU WALL
 SCALE 3/4" = 1'-0" (FILE # 2-p-2)

3 SECTION DETAIL / CMU WALL
 SCALE 3/4" = 1'-0" (FILE # 2-p-3)

4 FASTENER DETAIL / CMU WALL
 SCALE 3/4" = 1'-0" (FILE # 2-p-4)

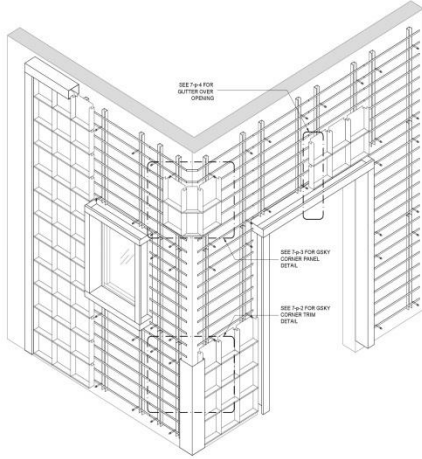




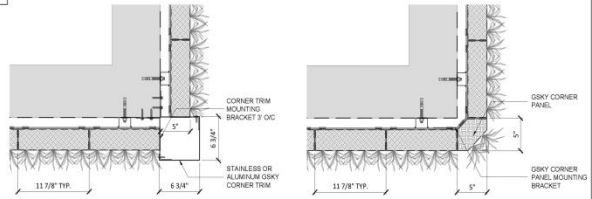
DRAWING TITLE
GSKY GREEN WALL PANELS
 TYPICAL DETAILS / INTERIOR OR EXTERIOR
 3D VIEW
 CORNER TRIM
 CORNER PANEL
 GUTTER OVER OPENING

DRAWING # **7-p** DATE: AUG 18, 2010 SCALE: AS NOTED
 REV DATE: N/A PAPER SIZE: 11 x 17

4704 - 318 HOMER ST
 VANCOUVER, BC V6S 2V2
 604 736-9511 (p) 604 307-1315 (fx)
 www.gsky.com

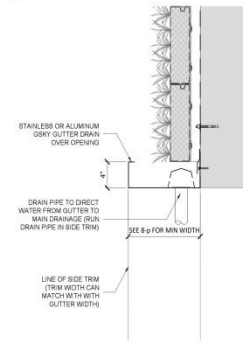


1 3D VIEW FOR TYPICAL DETAILS
 SCALE 1/8" = 1'-0" (FILE #7-p-1)



2 PLAN DETAIL / CORNER TRIM
 SCALE 1" = 1'-0" (FILE #7-p-2)

3 PLAN DETAIL / CORNER PANEL
 SCALE 1" = 1'-0" (FILE #7-p-3)



4 SECTION DETAIL / GUTTER OVER OPENING
 SCALE 1" = 1'-0" (FILE #7-p-4)

DRAWING TITLE
GSKY GREEN WALL PANELS
 DRAIN DETAILS / INTERIOR OR EXTERIOR
 GUTTER DRAIN
 TRENCH DRAIN
 GRVEL DRAIN
 CURB DRAIN

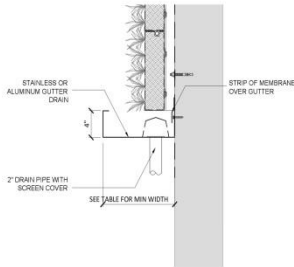
DRAWING # **8-p** DATE: AUG 18, 2010 SCALE: AS NOTED
 REV DATE: N/A PAPER SIZE: 11 x 17

4704 - 318 HOMER ST
 VANCOUVER, BC V6S 2V2
 604 736-9511 (p) 604 307-1315 (fx)
 www.gsky.com

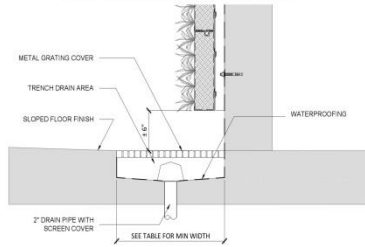


	HEIGHT LESS THAN 18 PANELS	HEIGHT BETWEEN 18 AND 24 PANELS	HEIGHT MORE THAN 24 PANELS
GUTTER DRAIN	MIN 12"	NOT ADEQUATE	NOT ADEQUATE
TRENCH DRAIN	MIN 12"	MIN 24"	MIN 36" (ASK GSKY)
GROUND DRAIN	MIN 12"	MIN 24"	MIN 36" (ASK GSKY)
CURB DRAIN	MIN 12"	MIN 24"	MIN 36" (ASK GSKY)

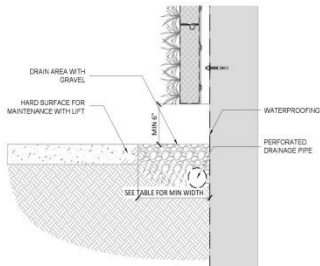
*DRAIN AREA SHOULD EXTEND MIN 1/2 DRAIN WIDTH FROM EACH SIDES OF GREEN WALL
 *MIN WIDTH MAY CHANGE DEPENDING ON PLANT SELECTION
 *WATERPROOFING IN TRENCH AND CURB DRAIN ARE REQUIRED
 *GREEN WALL BELOW MUST TO BE CLEAR FOR MAINTENANCE LIFT ACCESS



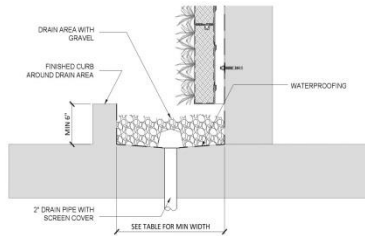
1 SECTION DETAIL / GUTTER DRAIN
 SCALE 1" = 1'-0" (FILE #8-p-1)



2 SECTION DETAIL / TRENCH DRAIN
 SCALE 1" = 1'-0" (FILE #8-p-2)



3 SECTION DETAIL / GRAVEL DRAIN
 SCALE 1" = 1'-0" (FILE #8-p-3)



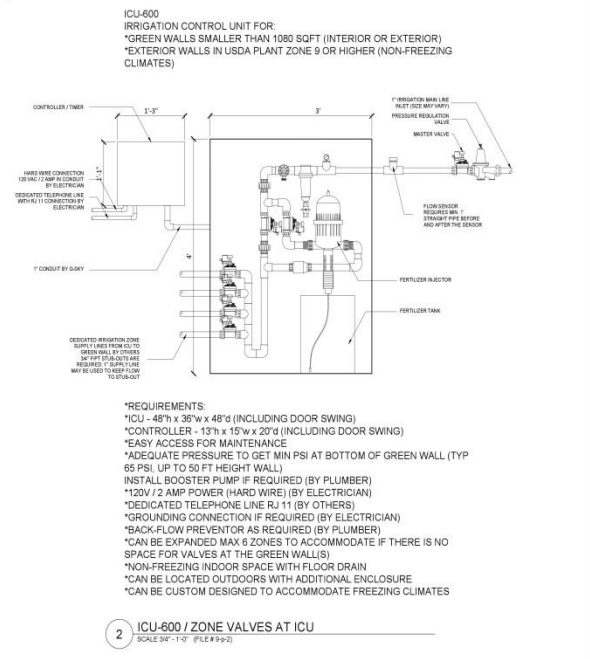
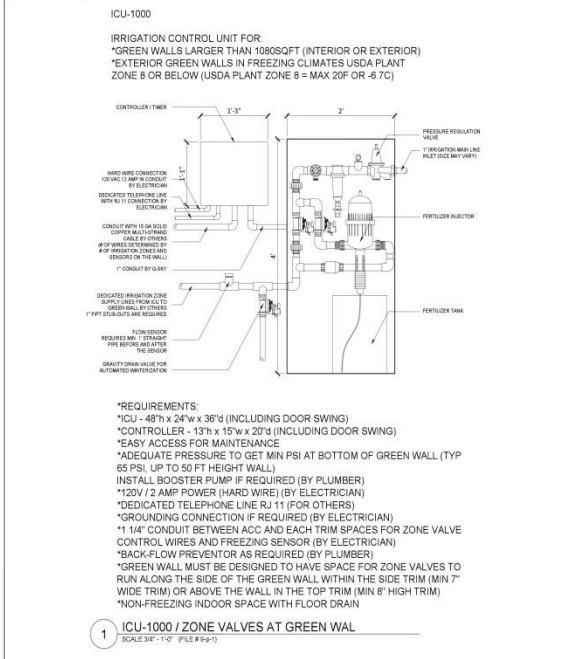
4 SECTION DETAIL / CURB DRAIN
 SCALE 1" = 1'-0" (FILE #8-p-4)

DRAWING TITLE
GSKY GREEN WALL PANELS
IRRIGATION CONTROL UNIT (ICU) DESIGNS
PLUMBING REQUIREMENTS
ELECTRICAL REQUIREMENTS

DRAWING #
10-p

DATE: AUG 18, 2010 **SCALE:** AS NOTED
REV DATE: N/A **PAPER SIZE:** 11 x 17

gsky
 #724 - 318 HOMER ST
 WASHINGTON, DC 20020
 804-758-0511 ph 804-357-1315 fax
 www.gsky.com

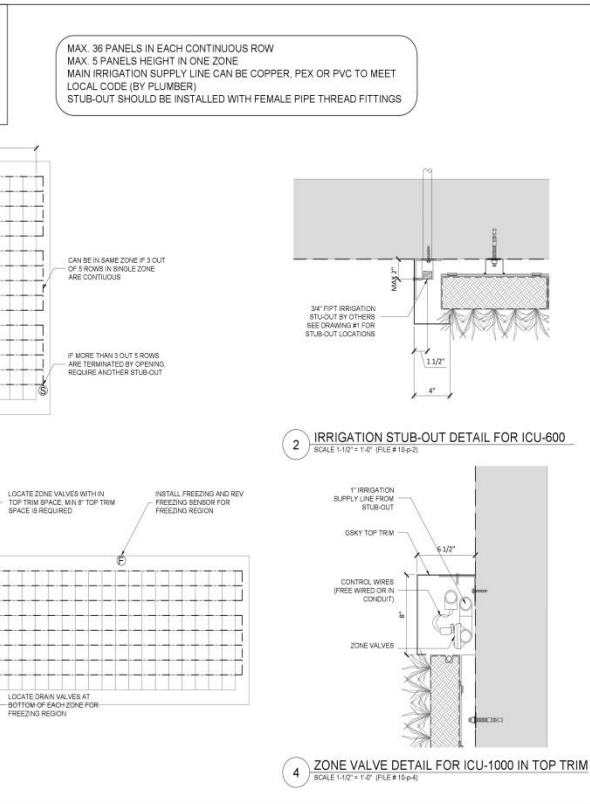
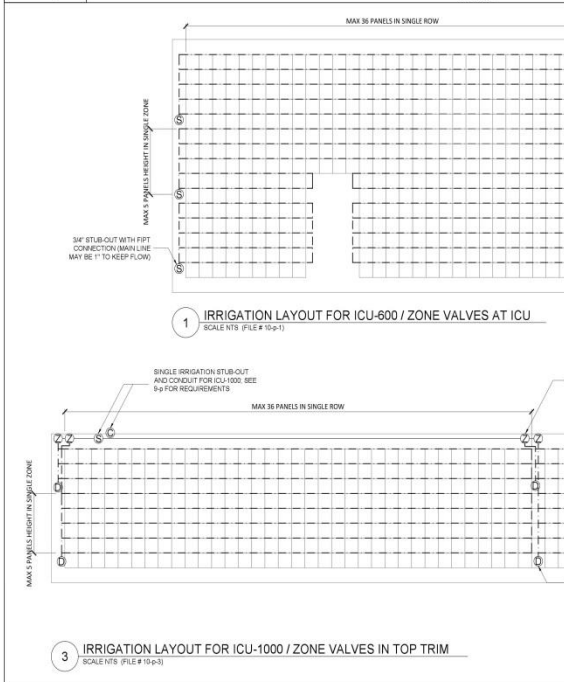


DRAWING TITLE
GSKY GREEN WALL PANELS
IRRIGATION LAYOUT 1
IRRIGATION LAYOUT FOR ICU-1000
IRRIGATION LAYOUT FOR ICU-600
STUB-OUT DETAIL
ZONE VALVE DETAIL

DRAWING #
10-p

DATE: AUG 18, 2010 **SCALE:** AS NOTED
REV DATE: N/A **PAPER SIZE:** 11 x 17

gsky
 #724 - 318 HOMER ST
 WASHINGTON, DC 20020
 804-758-0511 ph 804-357-1315 fax
 www.gsky.com

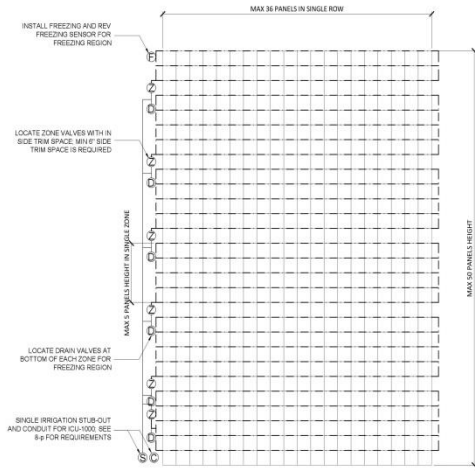


DRAWING TITLE
GSKY GREEN WALL PANELS
 IRRIGATION LAYOUT 2
 IRRIGATION LAYOUT FOR ICU-1000
 ZONE VALVE DETAIL

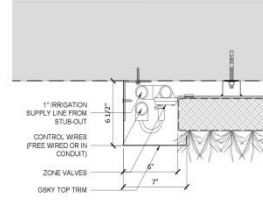


DRAWING # **11-p** DATE: AUG 18, 2010 SCALE: AS NOTED
 REV DATE: N/A PAPER SIZE: 11 x 17

MAX. 36 PANELS IN EACH CONTINUOUS ROW
 MAX. 5 PANELS HEIGHT IN ONE ZONE
 MAIN IRRIGATION SUPPLY LINE CAN BE COPPER, PEX OR PVC TO MEET
 LOCAL CODE (BY PLUMBER)
 STUB-OUT SHOULD BE INSTALLED WITH FEMALE PIPE THREAD FITTINGS



1 IRRIGATION LAYOUT FOR ICU-1000 / ZONE VALVES IN SIDE TRIM
 SCALE: NTS (FILE # 11-p-1)



2 ZONE VALVE DETAIL FOR ICU-1000 IN TOP TRIM
 SCALE: 1/16\"/>



SISTEMA GREENSCREEN.

details

Details

Individual drawings are available for download and insertion into working drawings from our website, and from www.caddetails.com (search: greenscreen).
3-D BIM and SketchUp files are also available.

5132R WALL MOUNTED – PLAN & SECTION VIEW
5132R STEEL MOUNTED – PLAN & SECTION VIEW
5132G WALL MOUNTED – PLAN & SECTION VIEW
5132G STEEL MOUNTED – PLAN & SECTION VIEW
5159 STANDOFF BRACKET - PLAN & SECTION VIEW

CORNER DETAIL - WALL MOUNTED
5133X POST MOUNTED
5141 C-CLIP TO POST OR SLAB

FREESTANDING HORIZONTAL
FREESTANDING VERTICAL
FREESTANDING CURVED

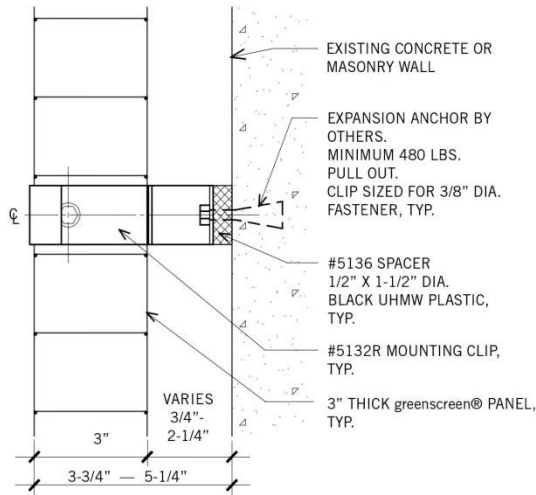
HORIZONTAL PANEL OVERHEAD - SURFACE MOUNT
HORIZONTAL PANEL OVERHEAD - INSET
COLUMN TRELLIS - STANDARD
COLUMN TRELLIS - WITH PLANTER

HEDGE-A-MATIC CURVED RECTANGULAR PLANTER
HEDGE-A-MATIC RECTANGULAR PLANTER
HEDGE-A-MATIC SQUARE PLANTER

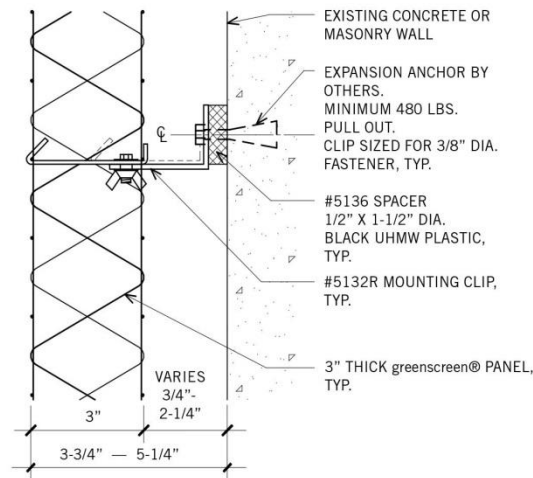
FIBERGLASS PLANTER
5135R PLANTER STRAPS

5132R
Wall Mounted, Plan & Section **MOUNTING CLIP**

FALL 2015



#5132R MOUNTING CLIP - WALL MOUNTED
PLAN



#5132R MOUNTING CLIP - WALL MOUNTED
SECTION

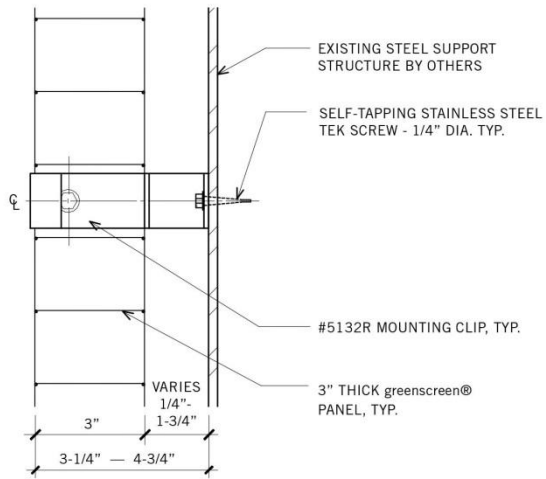
*Fasteners and expansion anchors by others.

At stucco and plaster locations clips should be mounted into solid blocking, sheathing or wall studs.

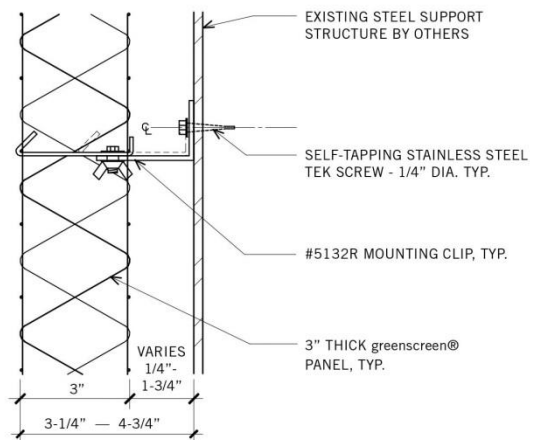
NOTE: Mounting hole in clip is sized for maximum 3/8" diameter fastener.

*Used for surface mounting panels to steel support structures.

Note: Mounting hole in clip is sized for maximum 3/8" diameter fastener, 1/4" diameter fastener is OK.



○ #5132R MOUNTING CLIP - STEEL MOUNTED
PLAN

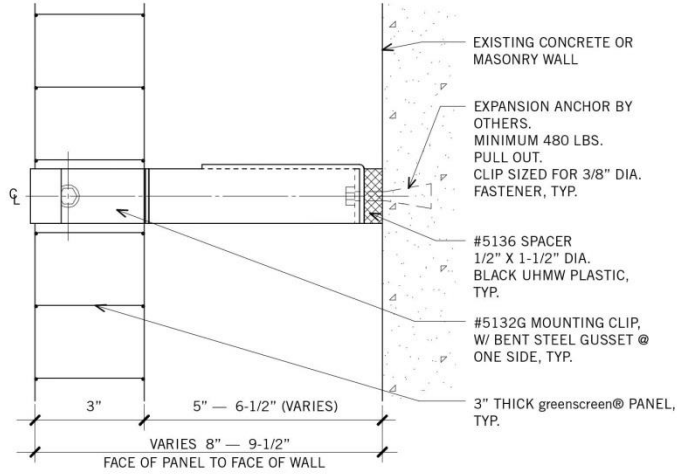


○ #5132R MOUNTING CLIP - STEEL MOUNTED
SECTION

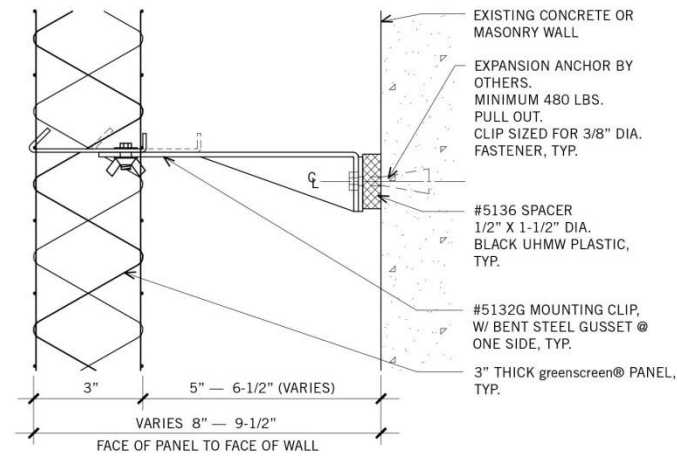
5132R
Steel Mounted, Plan & Section MOUNTING CLIP

FALL 2015

5132G
Wall Mounted, Plan & Section MOUNTING CLIP



○ #5132G MOUNTING CLIP - WALL MOUNTED
PLAN



○ #5132G MOUNTING CLIP - WALL MOUNTED
SECTION

*Fasteners and expansion anchors by others.

*Used to hold panels off face of wall or structure a maximum of 9-1/2".

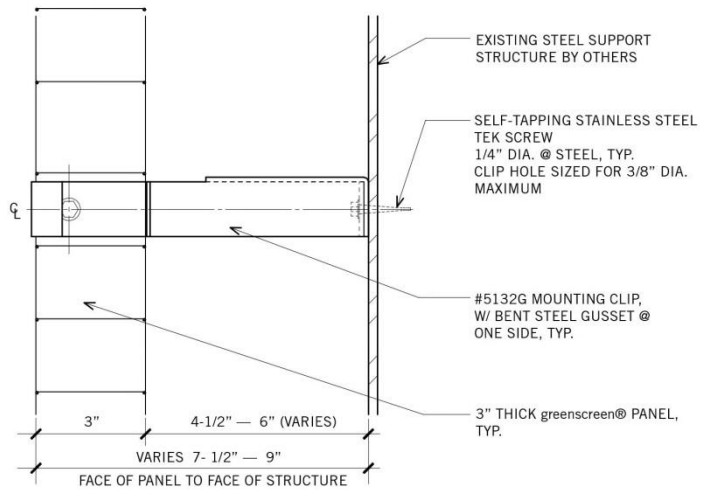
*At stucco and plaster locations clips should be mounted into solid blocking, sheathing or wall studs.

NOTE: Mounting hole in clip is sized for maximum 3/8" diameter fastener.

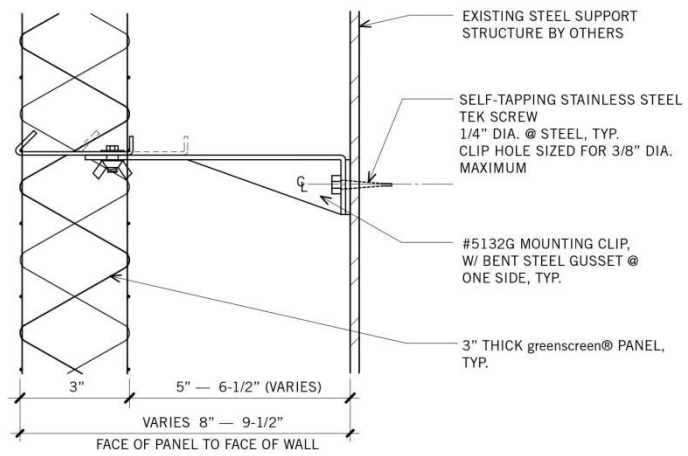
FALL 2015

* Used to hold panels off steel support or structure a maximum of 9".

Note: Mounting hole in clip is sized for maximum 3/8" diameter fastener, 1/4" diameter fastener is OK.



○ #5132G MOUNTING CLIP - STEEL MOUNTED
PLAN



○ #5132G MOUNTING CLIP - STEEL MOUNTED
SECTION

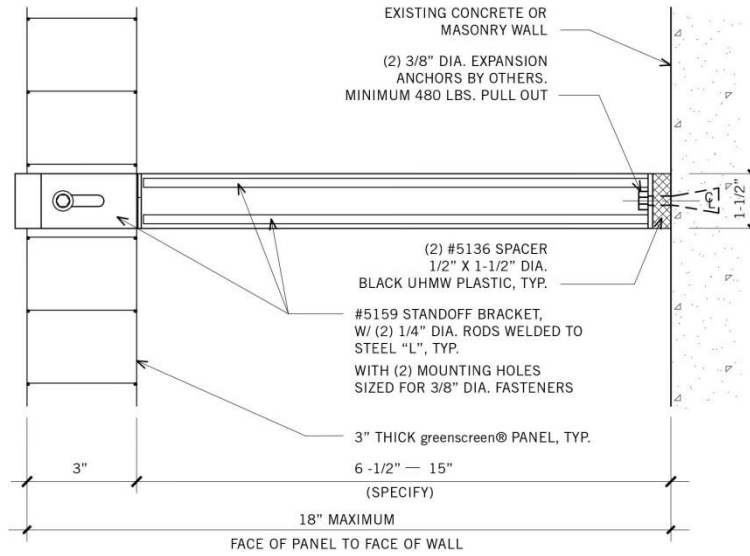
5132G
Steel Mounted, Plan & Section MOUNTING CLIP

FALL 2015

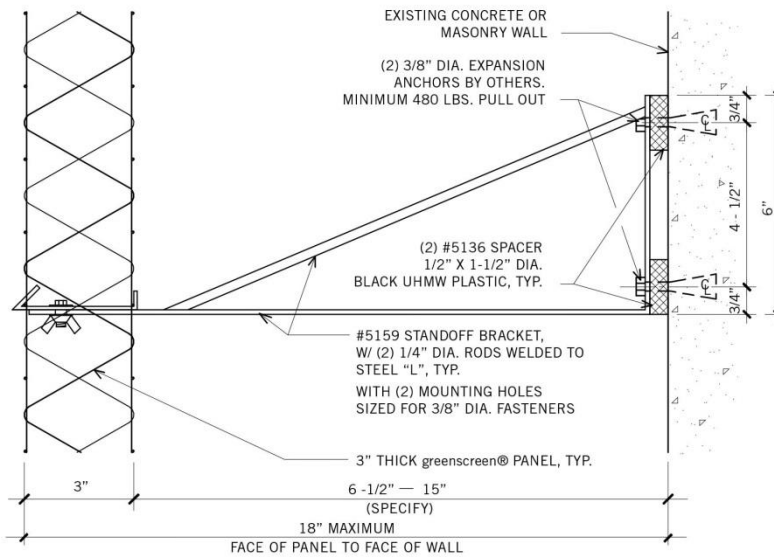
5159 Standoff Bracket, Wall Mounted, Plan & Section **MOUNTING CLIP**

FALL 2015

*Used to hold panels off face of wall or structure a maximum of 18"
 Note: Mounting hole in clip is sized for maximum 3/8" diameter fastener.



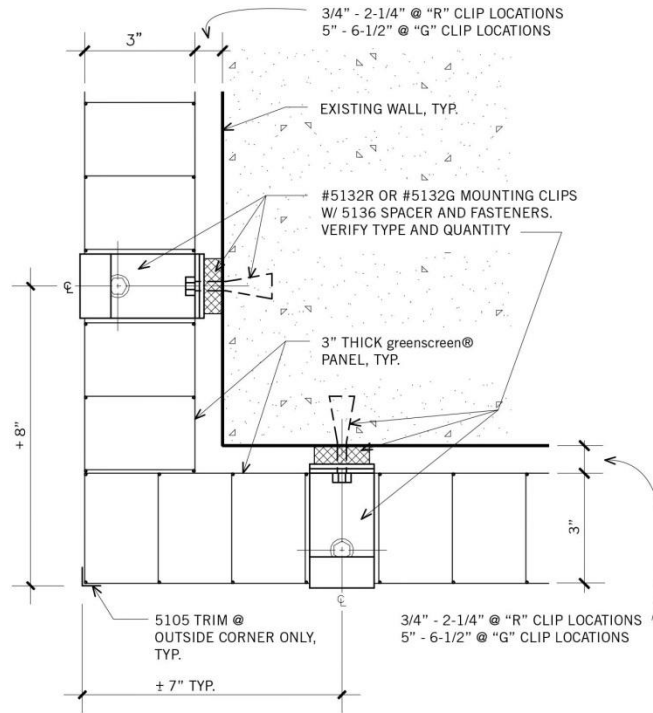
#5159 STANDOFF BRACKET - WALL MOUNTED
 PLAN



#5159 STANDOFF BRACKET - WALL MOUNTED
 SECTION

greenscreen® 1743 S. La Cienega Blvd. Los Angeles CA 90035 T - 800.450.3494 www.greenscreen.com

* Most common panel to corner configuration

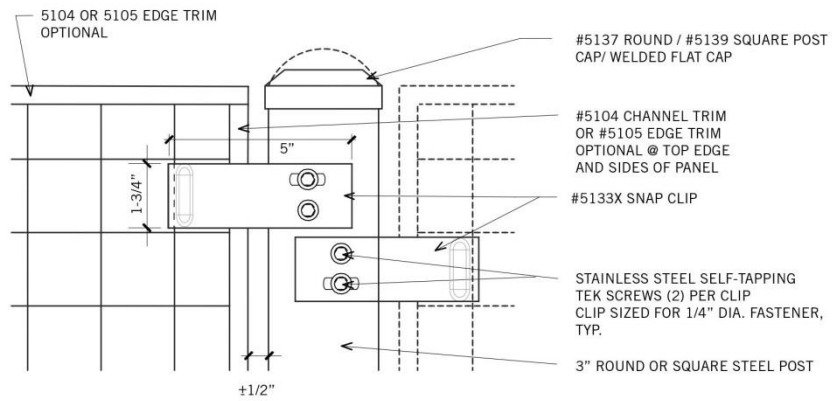
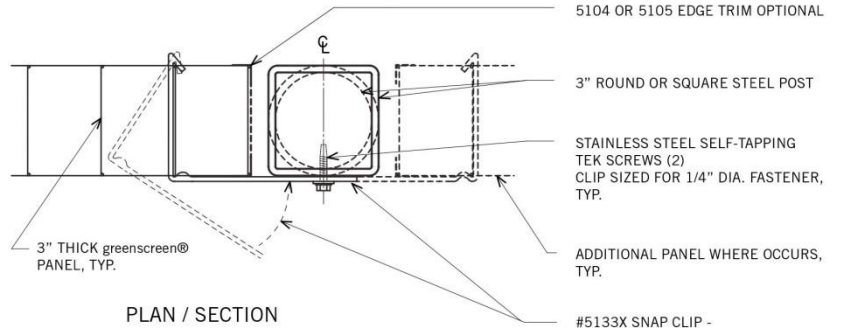


CORNER DETAIL - WALL MOUNTED
PLAN

Corner Detail **WALL MOUNTED**

FALL 2015

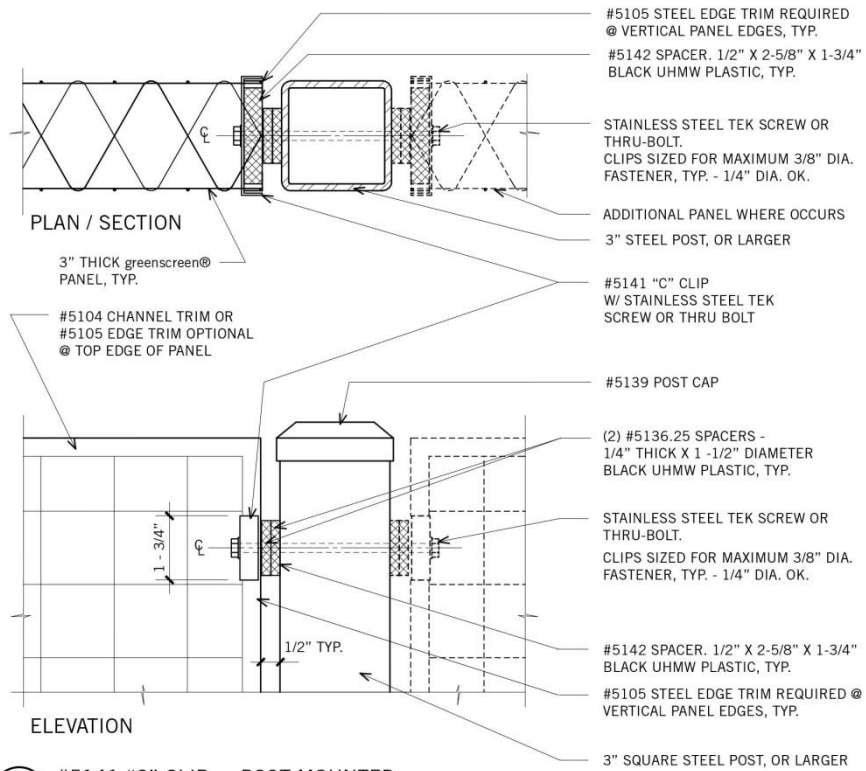
5133X
Snap Clip, Post Mounted MOUNTING CLIP



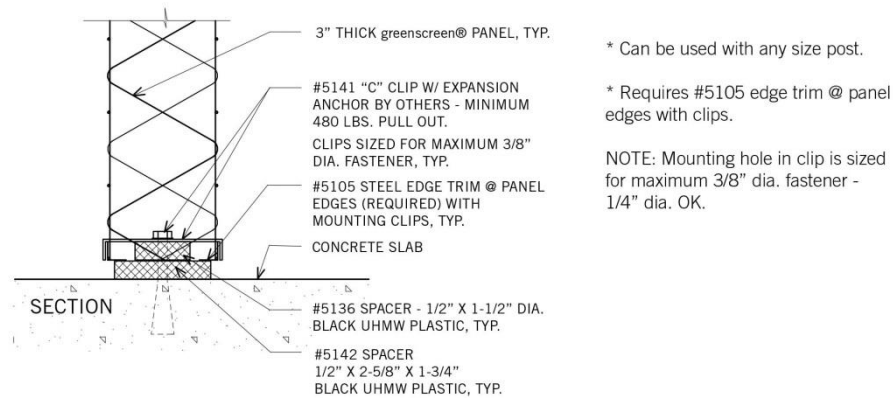
#5133X SNAP CLIP - POST MOUNTED

- *Only requires access to one face of panel
- *Consult Mounting Options/ Freestanding Horizontal for maximum spans.
- Note: Mounting hole in clip is sized for 1/4" diameter fastener.

FALL 2015



#5141 "C" CLIP - POST MOUNTED

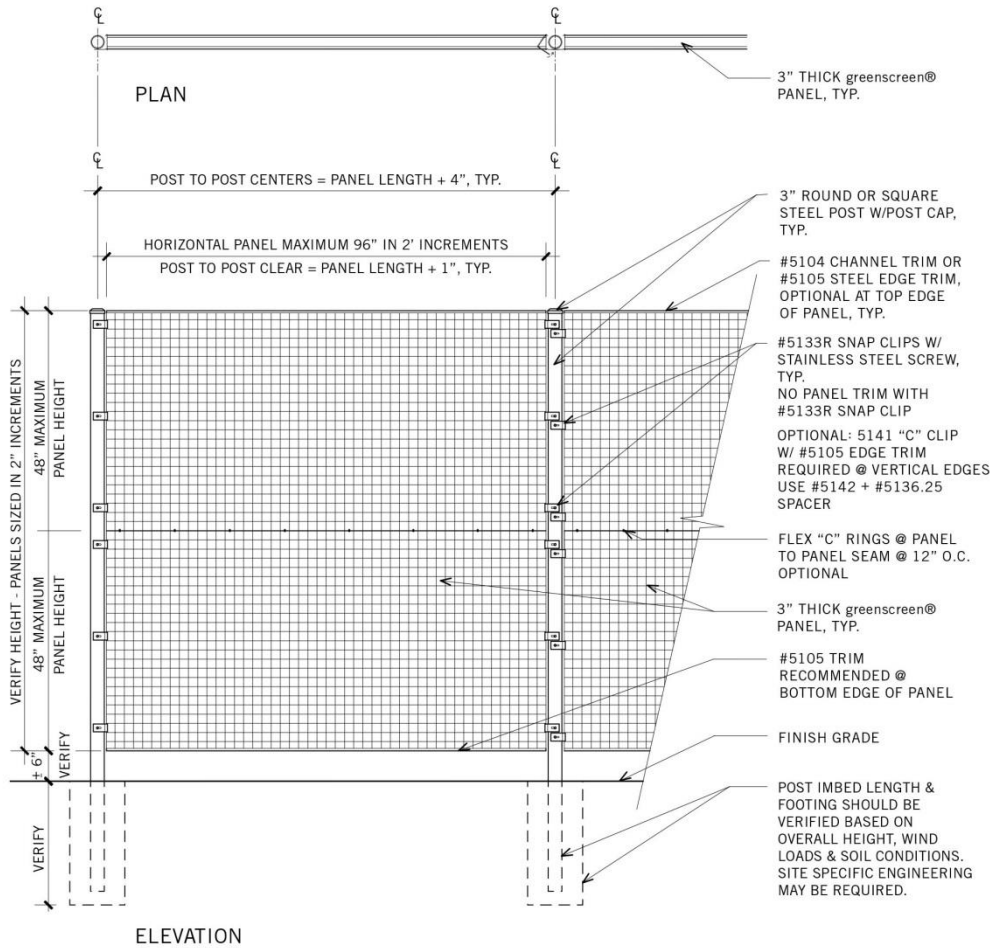


#5141 "C" CLIP - SLAB MOUNTED

5141
Wall Mounted, Plan & Section MOUNTING CLIP

FALL 2015

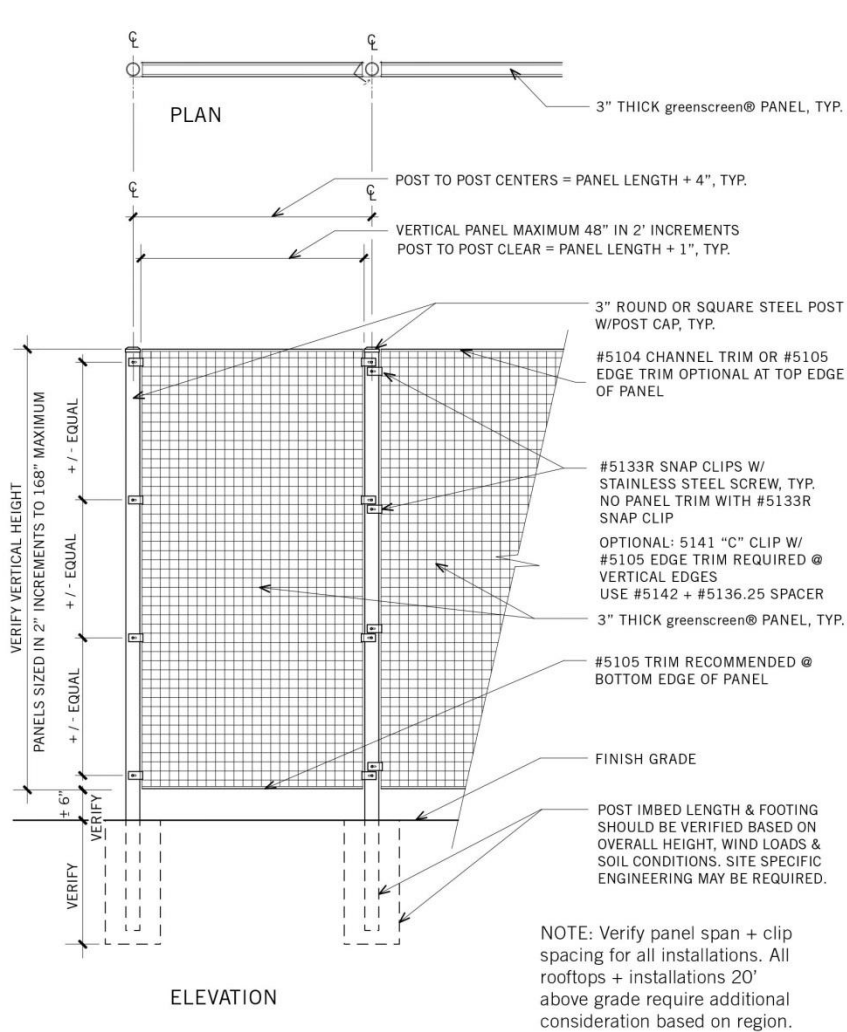
Freestanding, Horizontal FENCE / SCREEN



FREESTANDING HORIZONTAL — FENCE / SCREEN

NOTE: Verify panel span + clip spacing for all installations. All rooftops + installations 20' above grade require additional consideration based on region.

FALL 2015



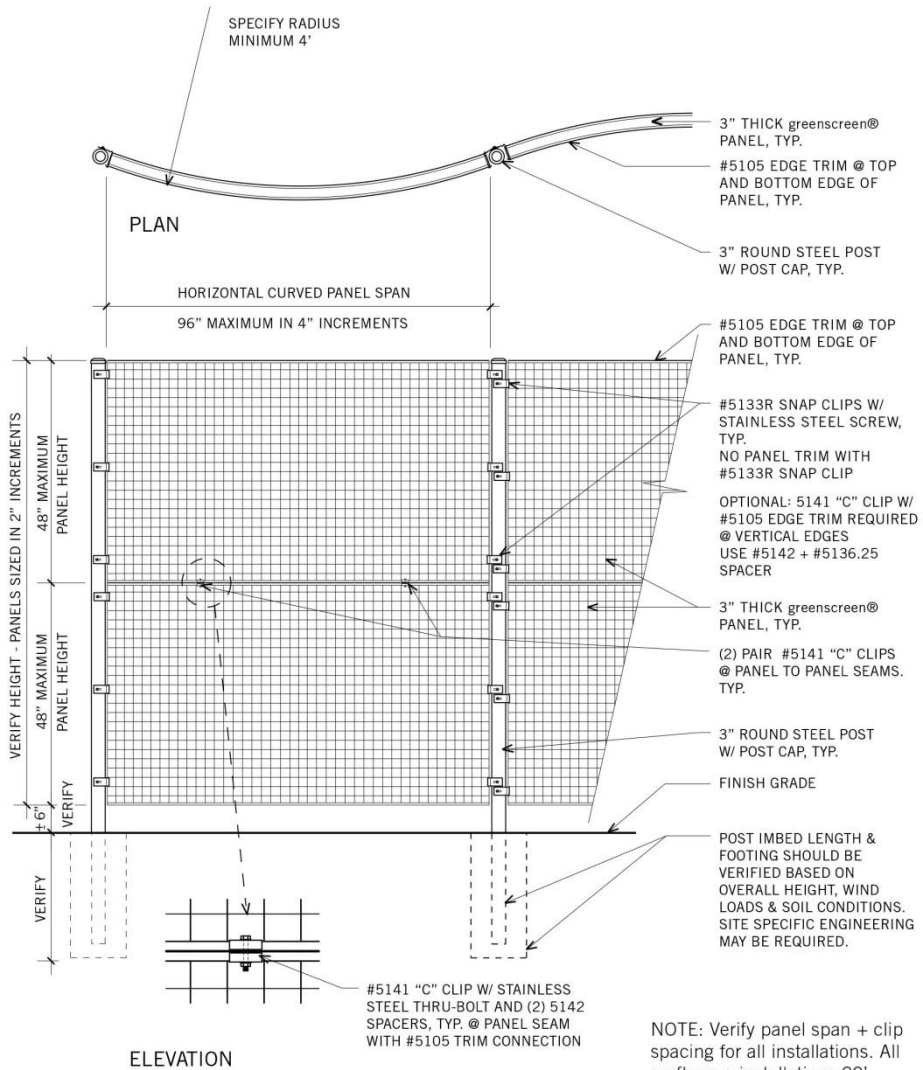
 FREESTANDING VERTICAL — FENCE / SCREEN

Freestanding, Vertical **FENCE / SCREEN**

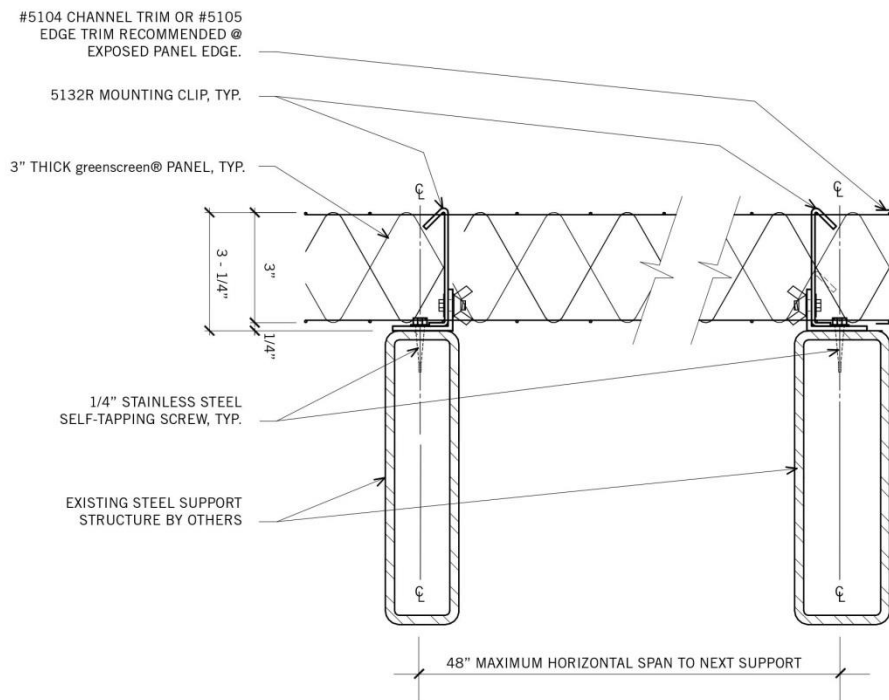
FALL 2015

Freestanding, Curved **FENCE / SCREEN**

FALL 2015



 FREESTANDING CURVED — FENCE / SCREEN



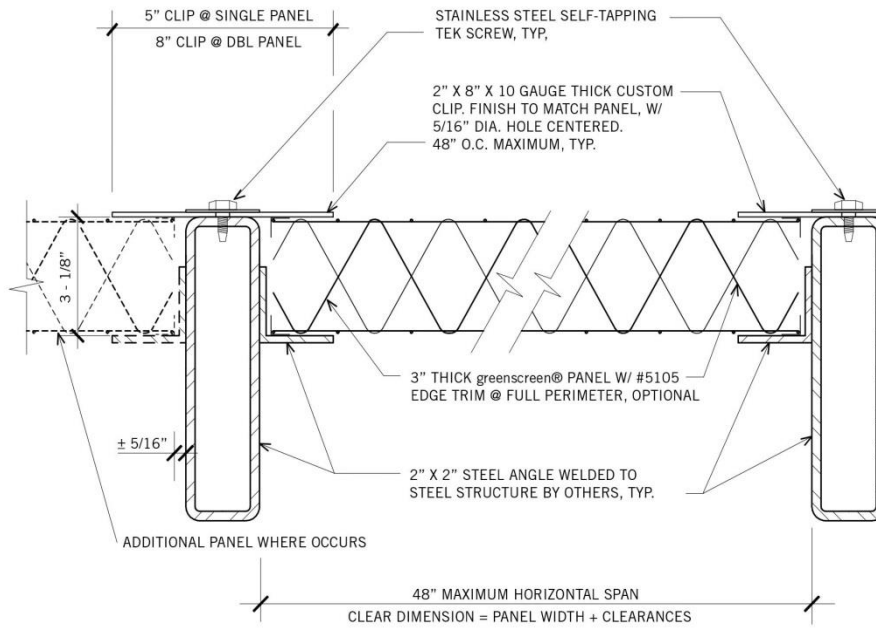
HORIZONTAL OVERHEAD PANEL - SURFACE MOUNT

*Used to mount panels on top of horizontal overhead structure for continuous plant coverage

Surface Mount **HORIZONTAL PANEL**

FALL 2015

Inset HORIZONTAL PANEL

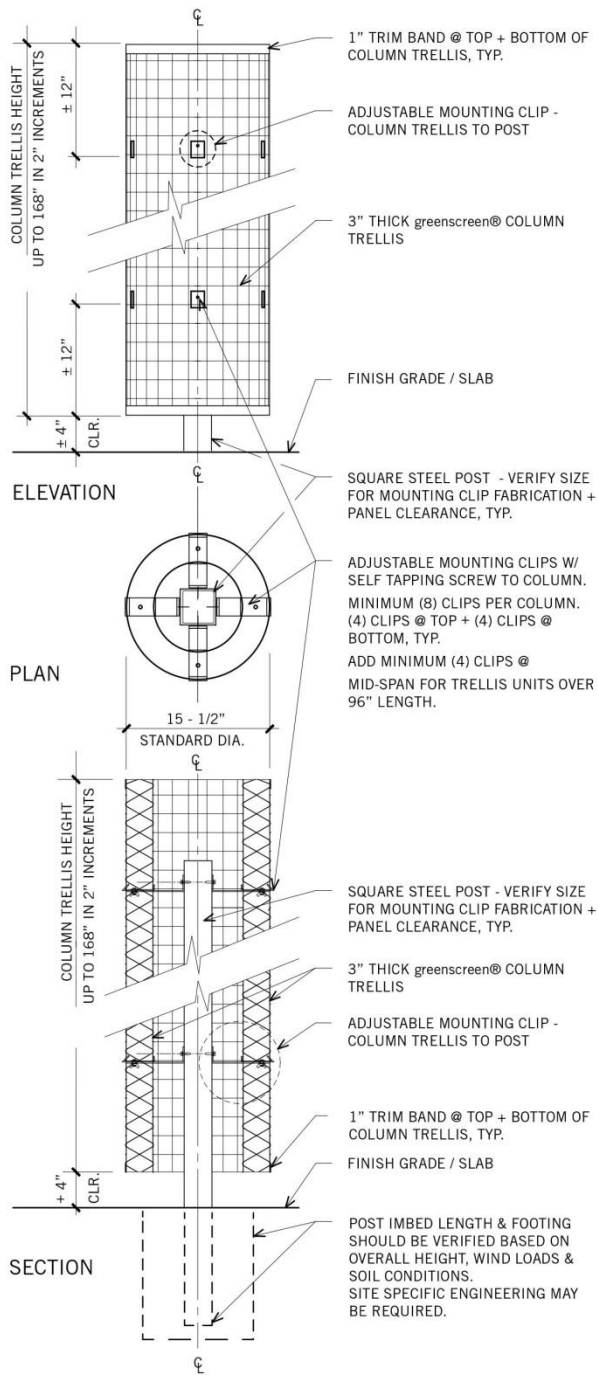


○ HORIZONTAL OVERHEAD PANEL - INSET

*Allows horizontal overhead panels to be mounted between structural members.

FALL 2015

greenscreen® 1743 S. La Cienega Blvd. Los Angeles CA 90035 T - 800.450.3494 www.greenscreen.com



* Requires center structural support.

* Can also be mounted to cylindrical fiberglass planter.

NOTE: Panels can be shipped flat without 1" trim bands top & bottom & can be opened and closed around structure in field adding #5131 flex "C" rings @ 6" o.c. or dropped over the top of structure as drawn if site conditions allow.

○ STANDARD COLUMN TRELLIS

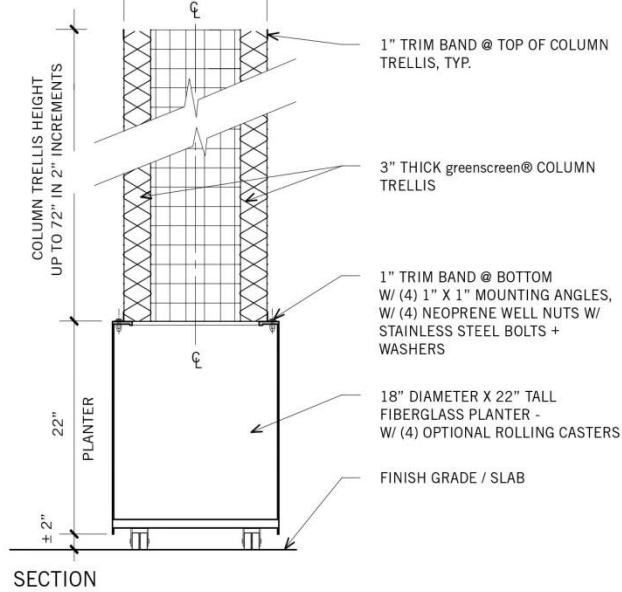
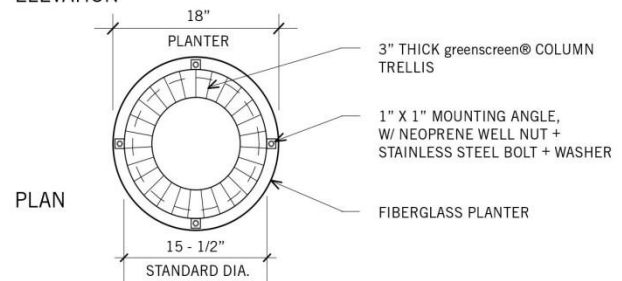
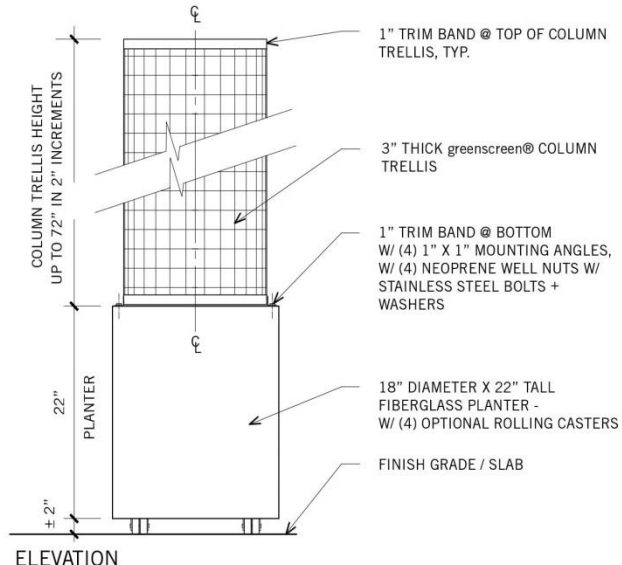
greenscreen® 1743 S. La Cienega Blvd. Los Angeles CA 90035 T - 800.450.3494 www.greenscreen.com

Standard COLUMN TRELLIS

FALL 2015

Planter mounted COLUMN TRELLIS

FALL 2015



1" TRIM BAND @ TOP OF COLUMN TRELLIS, TYP.

3" THICK greenscreen® COLUMN TRELLIS

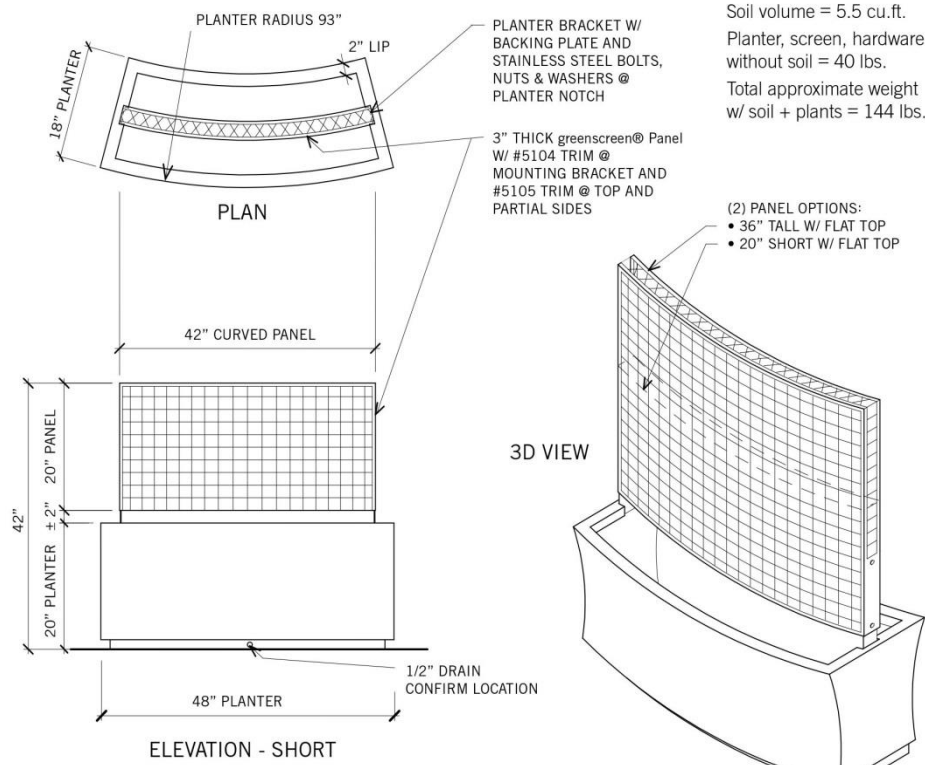
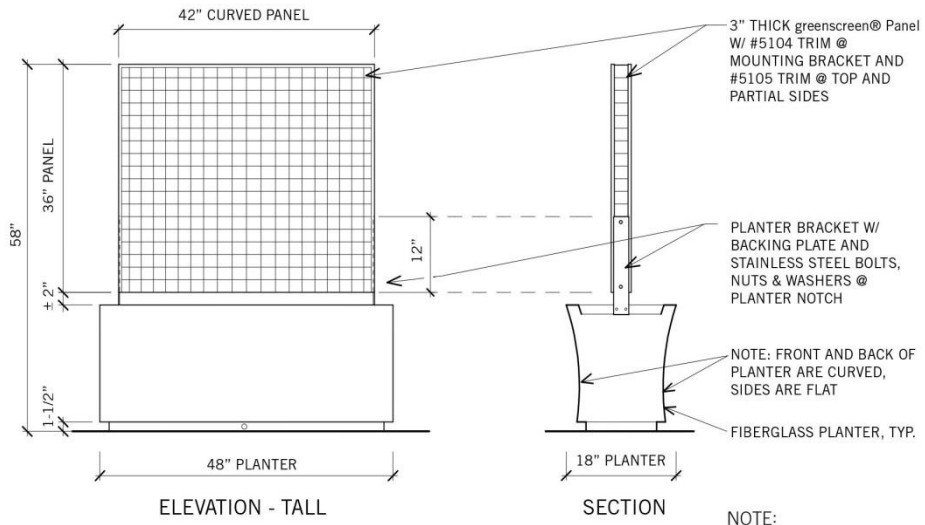
1" TRIM BAND @ BOTTOM W/ (4) 1" X 1" MOUNTING ANGLES, W/ (4) NEOPRENE WELL NUTS W/ STAINLESS STEEL BOLTS + WASHERS

18" DIAMETER X 22" TALL FIBERGLASS PLANTER - W/ (4) OPTIONAL ROLLING CASTERS

FINISH GRADE / SLAB

* Requires no center structural support

NOTE:
Soil volume = 2.4 cu.ft.
Planter, screen, hardware without soil = 40 lbs.
Total approximate weight w/ soil + plants = 110 lbs.



 CURVED RECTANGULAR PLANTER WITH PANEL OPTIONS
ELEVATION, SECTION & PLAN

greenscreen® 1743 S. La Cienega Blvd. Los Angeles CA 90035 T - 800.450.3494 www.greenscreen.com

HEDGE - A - MATIC

CURVED RECTANGULAR PLANTER

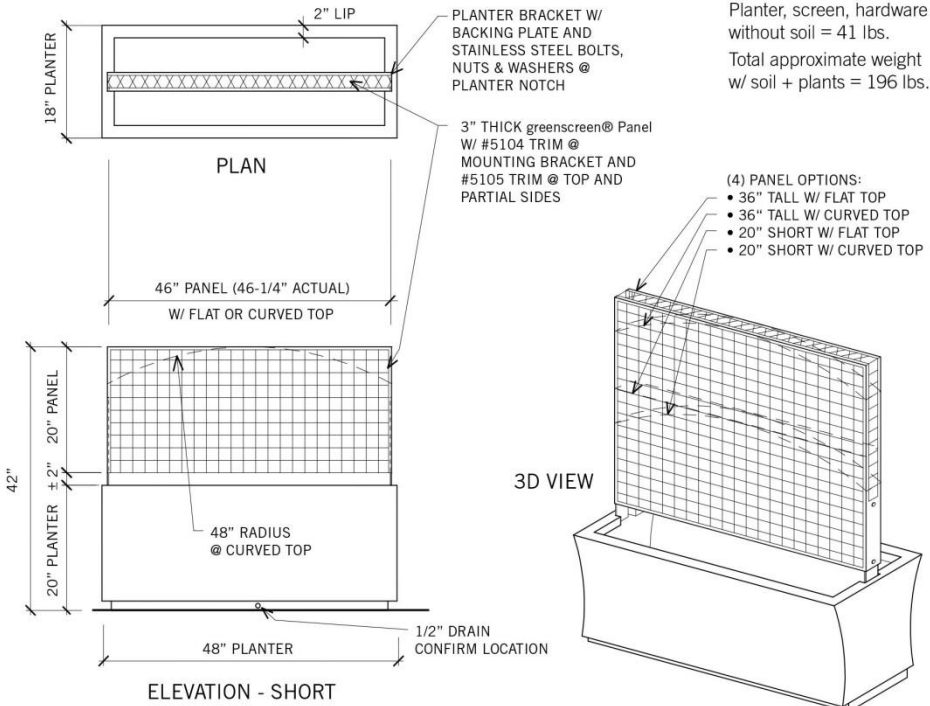
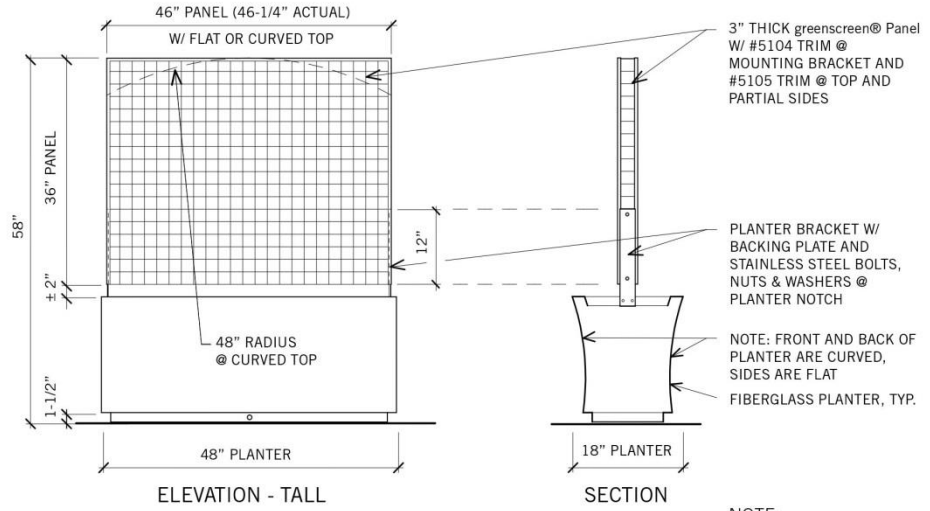
Flat Screen Top

FALL 2015

HEDGE - A - MATIC RECTANGULAR PLANTER

Flat or Curved Screen Top

FALL 2015

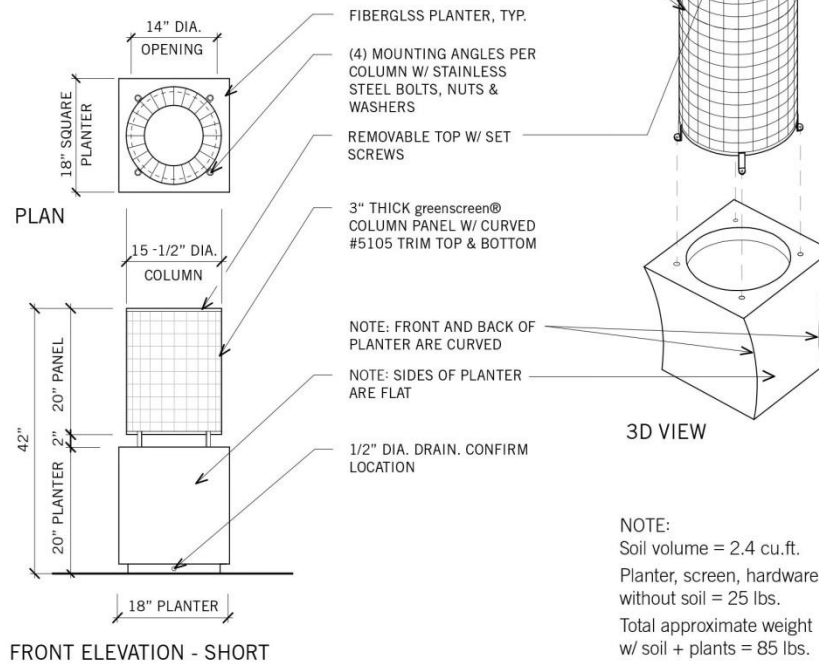
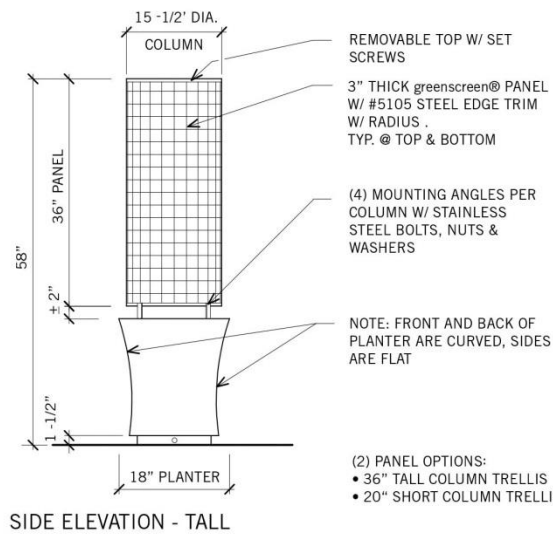


NOTE:
Soil volume = 6.2 cu.ft.
Planter, screen, hardware
without soil = 41 lbs.
Total approximate weight
w/ soil + plants = 196 lbs.

○ RECTANGULAR PLANTER WITH PANEL OPTIONS
ELEVATION, SECTION & PLAN

greenscreen® 1743 S. La Cienega Blvd. Los Angeles CA 90035 T - 800.450.3494 www.greenscreen.com

**HEDGE - A - MATIC
SQUARE PLANTER**
WITH COLUMN



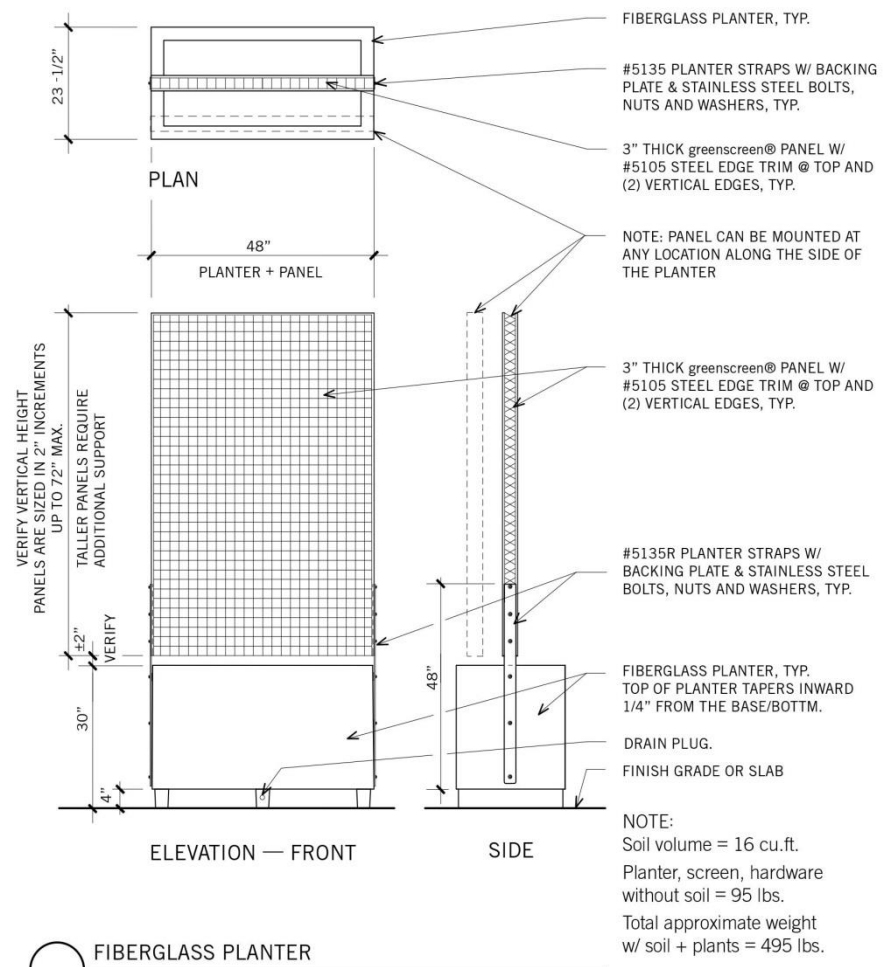
○ SQUARE PLANTER WITH COLUMN OPTIONS
ELEVATION & PLAN

greenscreen® 1743 S. La Cienega Blvd. Los Angeles CA 90035 T - 800.450.3494 www.greenscreen.com

FALL 2015

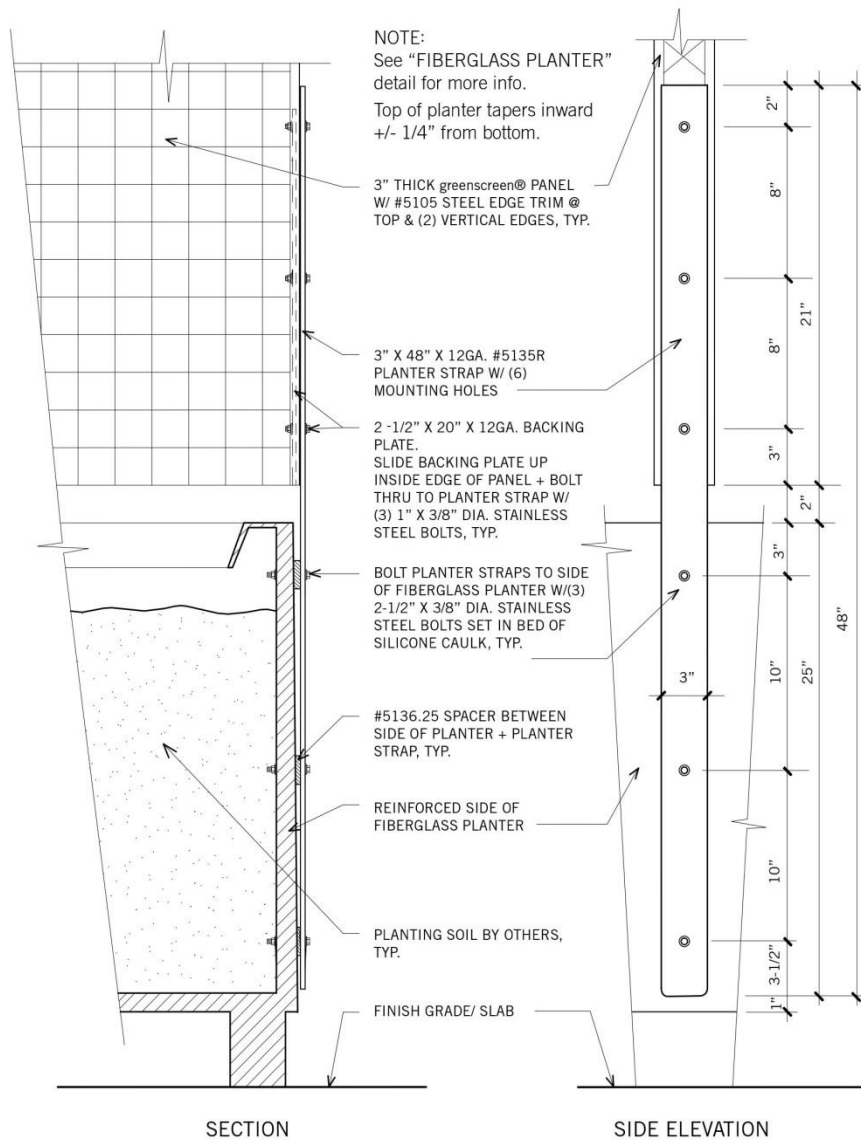
FIBERGLASS PLANTER

FALL 2015



* For use on rooftop gardens or other venues that require containers or a changeable layout

greenscreen® 1743 S. La Cienega Blvd. Los Angeles CA 90035 T - 800.450.3494 www.greenscreen.com



5135R
Planter STRAPS

○ 5135R PLANTER STRAPS

FALL 2015

MEMORIA TÉCNICA SISTEMA ECO.BIN

DESCRIPCIÓN

Jardín vertical sistema eco.bin formado por una membrana impermeable de poliuretano 1,5kg/m², fábrica de celdas cerámicas hidrofugadas hexagonales de 2 huecos, inclinadas de 7-15º sobre la horizontal y ancladas a muro de hormigón en la cara posterior mediante mortero mixto 1:2:10 y conectores de alambre de acero inoxidable de 4mm de diámetro anclados al muro de hormigón cada 1,5ml. Relleno con sustrato retenedor aireador Ug-a200 y sustrato específico según selección de especies, plantación de especies vegetales (seleccionadas en colaboración con la dirección facultativa) en módulos Ug-p10 a razón de 80 plantas/m².

COMPOSICIÓN DEL SISTEMA

- Capa 0: Membrana impermeable de poliuretano 1,5kg/m².
- Capa 1: Mortero mixto 1:2:10.
- Capa 2: Fábrica de celdas cerámicas hexagonales hidrofugadas de 2 huecos, diámetro 90mm.
- Capa 3: Sustrato retenedor aireador Ug-a200.
- Capa 4: Sustrato específico según selección de especies.
- Capa 5: Vegetación en módulo de plantación Ug-p10.
- Capa 6: Membrana hidrófila Ug-OMS

ESPESOR DEL SISTEMA (en mm)

Espesor del sistema eco.bin : 270 mm

PESO DEL SISTEMA (en kg/m²)

Peso total plantado y saturado de agua 325-350 kg/m²

INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS MATERIALES

Membrana impermeable de poliuretano 1,5kg/m²

Es un material líquido a base de un elastómero puro de poliuretano, al ser líquido puede aplicarse sobre cualquier superficie, consiguiendo una membrana continua, elástica, resistente a la intemperie y de excelente adherencia. Su aplicación es necesaria solo en el caso en que sea imprescindible proteger el soporte de las humedades del jardín vertical.

- Producto: Membrana impermeable de poliuretano.
- Espesor: 1,5kg/m²
- Dureza, R28=15MPA
- Color: blanco
- Resistencia a los rayos UV: ilimitada.
- Límites de temperaturas: -40°C hasta +80°C
- Durabilidad > 30 años.

Solicitaciones de la capa de la membrana impermeable:

- Impermeabilidad.
- Antirraíces.

Celdas cerámicas hidrofugadas hexagonales de dos huecos diámetro 90mm.

Es un material cerámico con excelente resistencia a la intemperie y los agentes y solicitaciones de un jardín vertical. Existe la posibilidad de lacar las celdas en color a elegir por la propiedad para instalaciones en interior.

- Normativa aplicable: Norma EN 771-1
- Helicidad: Los elementos cerámicos deberán ser de clase V: no heladizos.
- Eflorescencias: Los elementos cerámicos deberán ser de clase V: no eflorescidos.
- Succión: inferior a 0.05 g/cm²
- Coloración: uniforme.
- Resistencia: superior a 98,1daN/cm²

Solicitaciones de la fábrica de celdas cerámicas:

- Resistencia estructural al peso propio del jardín vertical: 350kg/m²
- Retención de agua. Gracias a la leve inclinación de las celdas se produce una leve retención del agua de riego que evita el excesivo consumo de agua.
- Resistencia a agentes químicos del sustrato.

Sustrato retenedor aireador Ug-a200

Sustrato instalado en la parte posterior del sistema de celdas.

- Granulometría: 4-12,5mm.
- Densidad: 350 +/- 50kg/m³.
- Conductividad térmica: $\lambda = 0,095 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$.
- Resistencia a compresión: 18 kp/cm².
- Comportamiento al fuego: A-1

Solicitaciones del sustrato Ug-a200:

- Aislamiento: aumenta la capacidad aislante del jardín vertical.
- Aislamiento acústico: mejora las características de absorción acústica del sistema.
- Retención de agua: conserva el almacenamiento de agua en la parte posterior de las celdas cerámicas.
- Drenaje: crea una cámara aireada en la parte posterior de la celda cerámica.

Módulo de plantación Ug-p10

Recipiente biodegradable fabricado a base de fibras vegetales 100% biodegradable.

- Composición: 20% turba rubia, 80% madera.

Solicitaciones del módulo de plantación Ug-p10:

- Sujeción de la planta a la celda cerámica.
- Capa filtrante que evita el lavado del sustrato.

Membrana hidrófila Ug-OMS

Es un material líquido de base polimérica con propiedades hidrófilas y autolimpiables, su función es mantener el agua de riego adherida a la fábrica de celdas cerámicas, captar la humedad ambiente y transformar la suciedad en partículas nutrientes para el jardín vertical.

Sistema de riego

Distribución sectorizada de líneas de goteo autocompensante con goteos de 4 l/h y separación de 3m entre las líneas

Sistema de monitorización y control de riego IQ2 RainBird, gracias al cual se consigue programar, monitorizar y manejar el sistema de riego desde una localización central. Puede controlar y adaptar automáticamente el funcionamiento y los tiempos de riego según las condiciones de la instalación y las condiciones ambientales (cambios meteorológicos, roturas de tuberías, etc.) de acuerdo con los parámetros definidos por el responsable del mismo.

Posibilidad de Sistema de bombeo adicional (en caso de que no hay suficiente presión de agua).

Selección de especies

A definir según ubicación geográfica, orientación del jardín, situación del jardín (interior o exterior) de acuerdo con la dirección facultativa.

Requerimientos anexos al jardín vertical no incluidos en el sistema.

- Toma de agua 1,5kg/cm² en el lugar de montaje sistema de fertirrigación.
- Conducción agua polietileno 32mm hasta pie de jardín vertical.
- Lugar protegido para instalación de aparatos control.
- Canalización lixiviados agua (canaleta 30x20cm).

Tiempo de ejecución

Para 300m² aproximadamente 30 días laborales.

MANTENIMIENTO

El mantenimiento del sistema de jardín vertical eco.bin puede ser llevada a cabo por cualquier persona con una pequeñas nociones de jardinería.

Una vez totalmente enraizado el sistema, se puede llevar a cabo un proceso de abonado mediante fertirrigación en pequeñas proporciones.

El control de fertirrigación es totalmente automático y autónomo de manera que el mantenimiento consta de la revisión periódica de las instalaciones así como el cambio de los depósitos de fertilizante.

Estos trabajos a futuro no necesariamente han de ser contratados a Alicante Forestal siendo el promotor del mismo al encargado de proporcionarlos siguiendo las directrices de los sistemas de Alicante Forestal.



MEMORIA TÉCNICA SISTEMA LEAF.BOX

DESCRIPCIÓN

Jardín vertical sistema leaf.box, compuesto por una capa aislante e impermeable de espuma de poliuretano 35Kg/m³ de 20mm, estructura portante de perfilera de aluminio, paneles leaf.box Ug-15 o Ug-10 contruidos a medida, realizados en varilla metálica, cerrados con alambre galvanizado, electro-soldado y plastificado, rellenos de sustrato de fibras vegetales Ug-ms05, y plantación de especies vegetales de variedades idóneas para el clima de la zona (seleccionadas en colaboración con la dirección facultativa) en módulos Ug-ms10 a razón de 40 plantas/m². Incluso instalación de riego mediante tubería exudante propia del muro.

COMPOSICIÓN DEL SISTEMA

- Capa 0: Impermeabilización de espuma de poliuretano 35Kg/m³, 20mm
- Capa 1: Estructura portante, perfilera de aluminio
- Capa 2: Panel leaf.box Ug-15 o Ug-10
- Capa 3: Sistema de riego exudante Ug-RL
- Capa 4: Vegetación en módulo de plantación Ug-p10.

ESPESOR DEL SISTEMA (en mm)

Espesor del sistema leaf.box Ug-10 : 120 mm + cámara de aire trasera

Espesor del sistema leaf.box Ug-15 : 170 mm + cámara de aire trasera

PESO DEL SISTEMA (en kg/m²)

Peso total plantado y saturado de agua 45-60 kg/m²

INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS MATERIALES

Impermeabilización de espuma de poliuretano 35kg/m³

La Espuma de Poliuretano es un material sintético y duroplástico, altamente reticulado y no fusible, que se obtiene de la mezcla de dos componentes generados mediante procesos químicos a partir del petróleo y el azúcar: el Isocianato y el Poliol.

La aplicación de espuma de poliuretano impermeabiliza, aísla, y sella eficazmente, evitando la formación de humedades por condensación y elimina los posibles puentes térmicos.

- Producto: Espuma de poliuretano.
- Espesor: 35kg/m³ – 20mm
- Conductividad térmica: Baja 10 °C = 0,028 W/m·K
- Resistencia térmica: 0,71 m²·K/W
- Color: Amarillo
- Resistencia a los rayos UV: ilimitada.
- Durabilidad > 50 años.

Solicitaciones de la capa de la membrana impermeable:

- Impermeabilidad.
- Antirraíces.
- Aislamiento.

Sustrato de fibras vegetales Ug-ms05

Sustrato de fibras vegetales de musgo *Sphagnum maguellanicum* deshidratado, no fosilizado ni descompuesto, instalado en los paneles leaf.box.

- Humedad: <20%.
- Materia orgánica sobre materia seca: >95%
- Densidad aparente seca: <1g/cm³
- Conductividad eléctrica (CE): <2dS/m
- pH: 4,8
- Porosidad en volumen: 90%
- Impurezas (restos vegetales, minerales...): <3%

Solicitaciones del sustrato Ug-ms05:

- Aislamiento: aumenta la capacidad aislante del jardín vertical.
- Retención de agua: Absorbe y retiene hasta 20 veces su propio peso.
- Gran durabilidad: Material imputrescible.

Módulo de plantación Ug-ms10

Vegetación para plantación especialmente cultivada previamente en sustrato Ug-ms05

Solicitaciones del módulo de plantación Ug-p10:

- Plantación en sustrato Ug-ms05.
- Estado sanitario óptimo de la vegetación.

Sistema de riego exudante Ug-RL

El tubo poroso exudante Ug-RL riega por todo su recorrido, es un sistema de riego localizado que puede instalarse en superficie o enterrado. Es un tubo desarrollado a partir de un tejido técnico. Esta nueva tecnología le confiere al tubo Ug-RL unas características únicas para su utilización en zonas especialmente críticas por falta de agua. El tubo Ug-RL destaca frente a los demás sistemas de riego localizado por tener una constitución dinámica de los emisores de caudal.

- Emisores de caudal de goteo autocompensante de : 8-12-25-50-100 l./h.
- Diámetro del tubo poroso: 15 mm.
- Presión de trabajo recomendada: 1-3,5 bares
- Filtración : 120 a 160 mesh
- Caudal: 1,75-10 litros/hora/metro (recomendado según el caudal del emisor de riego y longitud escogida)
- Longitud máxima de línea : de 1,5 a 25 m. si conectamos por un lado de la cinta y 50 m. conectando por ambos lados.

Sistema de monitorización y control de riego IQ2 RainBird, gracias al cual se consigue programar, monitorizar y manejar el sistema de riego desde una localización central. Puede controlar y adaptar automáticamente el funcionamiento y los tiempos de riego según las condiciones de la instalación y las condiciones ambientales (cambios meteorológicos, roturas de tuberías, etc.) de acuerdo con los parámetros definidos por el responsable del mismo.

Posibilidad de sistema de bombeo adicional (en caso de que no haya suficiente presión de agua).

Selección de especies

A definir según ubicación geográfica, orientación del jardín, situación del jardín (interior o exterior) de acuerdo con la dirección facultativa.

Requerimientos anexos al jardín vertical no incluidos en el sistema.

- Toma de agua 1,5kg/cm² en el lugar de montaje sistema de fertirrigación.
- Conducción agua polietileno 32mm hasta pie de jardín vertical.
- Lugar protegido para instalación de aparatos control.
- Canalización lixiviados agua (canaleta 30x20cm).

Tiempo de ejecución

Para 100m² aproximadamente 10 días laborales.

MANTENIMIENTO

El mantenimiento del sistema de jardín vertical leaf.box puede ser llevada a cabo por cualquier persona con una pequeñas nociones de jardinería.

Una vez totalmente enraizado el sistema, y gracias a las características del sustrato Ug-ms05 no es necesario un proceso de abonado.

El control del riego es totalmente automático y autónomo de manera que el mantenimiento consta de la revisión periódica de las instalaciones, además, y gracias al sistema de monitorización de riego IQ2, las alertas de posibles fallos, son instantáneas.

Estos trabajos a futuro no necesariamente han de ser contratados a Alicante Forestal siendo el promotor del mismo al encargado de proporcionarlos siguiendo las directrices de los sistemas de Alicante Forestal.

7. BIBLIOGRAFÍA.

Agrounica. Proyecto hidroponía vertical. Consultado en <http://www.agrounica.com/2012/08/proyecto-hidroponia-vertical.agrounica.html>

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Consultado en <http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm>

Amthor, J. S. (2000). The McCree-de Wit-Penning de Vries-Thornley respiration paradigms: 30 years later. *Annals of botany*. 86(1), 1-20.

Anderson, T. A., Guthrie, E. A., & Walton, B. T. (1993). Bioremediation in the rhizosphere. *Environmental Science & Technology*, 27(13), 2630-2636. <http://doi.org/10.1021/es00049a001>

April, R., & Keller, D. (1990). Mineralogy of the rhizosphere in forest soils of the eastern United States. *Biogeochemistry*, 9(1), 1-18. <http://doi.org/10.1007/BF00002714>

Arquitectura sostenible y bioconstrucción. Consultado en <http://jebens-architecture.eu/>

Attenborough, K. (2001). Developments in Modelling and Measuring Ground Impedance. *Sound propagation outdoors*, 2-3. Consultado en http://www.icacommission.org/Proceedings/ICA2001Rome/6_13.pdf

Attenborough, K., Boulanger, P., Qin, Q., & Linton, C. M. (2005). Developments in modelling acoustical effects of surface roughness. *Forum Acusticum 2005, Budapest*, 1063-1068. Consultado en http://www.researchgate.net/publication/268015706_Developments_in_modelling_acoustical_effects_of_surface_roughness

Azkorra, Z., Pérez, G., Coma, J., Cabeza, L. F., Bures, S., Álvaro, J. E., ... Urrestarazu, M. (2015). Evaluation of Green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. *Applied Acoustics*, 89, 46-56. <http://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.09.010>

Base de datos de precios Bedec. Consultado en <http://itec.es/nouBedec.e/bedec.aspx>

Beneficios económicos de las envolventes vegetales. Consultado en http://www.foroagrario.com/140403_GCW/5_FOlivieri.pdf

Blanc, P. (a). Cité des Sciences et de l'industrie de la Villette. Consultado en <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/cite-des-sciences-et-de-lindustrie-de-la-villette-paris>

Blanc, P. (b). Quai Branly Museum. Consultado en <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/quai-branly-museum>

Blanc, P. (c). *The vertical Garden- A Scientific and Artist Approach*. Vertical Garden Patrick Blanc. Consultado en <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/documents>

Blankenship, R. E. (2002). *Molecular mechanism of photosynthesis*. Oxford: Blackwell Science.

Brimat. (a). Sistema Jakob. Consultado en <http://brimat.cl/sistema-jacob/>

Brimat. (b). Sistema macetas. Consultado en <http://brimat.cl/sistema-macetas/>

Bringslimark, T., Hartig, T., & Patilm, G. G. (2009). The psychological benefits of indoor plants: A critical review of the experimental literature. *Journal of Environmental Psychology*, 29(4), 422-433. <http://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.05.001>

Connelly, M., & Hodgson, M. (2015). Experimental investigation of the sound absorption characteristics of vegetated roofs. *Building and Environment*, 92, 335-346. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.04.023>

Cook, D. I., Service, F.S.U.S.F., & Haverbeke, D. F. Van. (2004).

Trees and Shrubs for Noise Abatement (Vol. 2004). Consultado en https://books.google.es/books/about/Trees_and_Shrubs_for_Noise_Abatement.html?id=zpOFAAAACAAJ&pgis=1

Comparativa entre sistemas constructivos de jardines verticales. Consultado en <http://www.urbanarbolismo.es/blog/comparativa-entre-sistemas-constructivos-de-jardines-verticales/>

Convertidor de PDF a JPG. Consultado en <https://smallpdf.com/es/pdf-a-jpg>

Cotter-Howels, J., & Caporn, S. (1996). Remediation of contaminated land by formation of heavy metal phosphates. *Applied Geochemistry*. 11(1-2), 335-342. [http://doi.org/10.1016/0883-2927\(95\)00042-9](http://doi.org/10.1016/0883-2927(95)00042-9)

CTE web (Código Técnico de la Edificación Web). (2007). Materiales. Consultado en <http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=1>

Cultivo en fibra de coco. Consultado en <http://fitosofia.blogspot.com.es/2015/04/cultivo-en-fibra-de-coco.html>

CYPE. Generador de precios de la construcción. <http://www.generadordeprecios.info/>

Czemiel Berndtsson, J. (2010). Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering*. 36(4), 351-360. <http://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.12.014>

De Garrido, L. (2011). *Sustainable architecture: green in green*. Sant Adrià de Besòs (Barcelona): Instituto Monsa de Ediciones.

Dean, J. C., Kusaka, R., Walsh, P. S., Allais, F., & Zwier, T. S. (2014). Plant Sunscreens the UV-B: Ultraviolet Spectroscopy of Jet-Cooled Sinapoyl Malate, Sinapic Acid and Sinapate Ester Derivates. *Journal of the American Chemical Society*, 136(42), 14780-14795. Consultado en <http://doi.org/10.1021/ja5059026>

Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R., & Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 597-612. Consultado en http://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icap/LI_IntGenAmb/Otilio_Sando/1.pdf

Despommier, D. (2010). *The vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century*. Consultado en <https://books.google.es/books?id=0DxTK0jW35sC&printsec=frontcover&dq=The+Vertical+Farm&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewiTmofet-HMAhXMfhoKHYYpCvUQ6AEIKDAA#v=onepage&q=The%20Vertical%20Farm&f=false>

Di, H. F., & Wang, D. N. (1999). Cooling Effect of Ivy on a Wall. *Experimental Heat Transfer*, 12(3), 235-245. <http://doi.org/10.1080/089161599269708>

Dijkstra, K., Pieterse, M. E., & Pruyn, A. (2008). Stress-reducing effects of indoor plants in the built healthcare environment: the mediating role of perceived attractiveness. *Preventive medicine*, 47(3), 279-83. <http://doi.org/10.1016/j.ypmed.2008.01.013>

Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo del Consejo del 21 de Mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. (2008). *Diario oficial de la Unión Europea*, L 152, 1-44. Consultado en <http://eurlex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32008L0050>

Documento Básico HR – Protección frente al ruido. (2016). *Código Técnico de la Edificación*. Consultado en <http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/0155F82F-4091-40A0-ADFE-7AB60CE5183A/95715/15.pdf>

Domínguez, M., & Santamaría, S. Importancia de la inercia térmica en los cerramientos. Consultado en <http://www.conarquitectura.com/articulos%20tecnicos%20pdf/03.pdf>

Dover, J. W. (2015). *Green Infrastructure: Incorporating Plants and Enhancing Biodiversity in Buildings and Urban Environments*. Consultado en <https://books.google.com/books?id=auEsCgAAQBAJ&pgis=1>

Duffus, J. H. (2002). “Heavy metals” a meaningless term? (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 74(5), 793-807. <http://doi.org/10.1351/pac200274050793>

Esteller, J. M. M. (2012). *Instalaciones de megafonía y sonorización*. Consultado en https://books.google.es/books/about/Instalaciones_de_megafon%C3%Ada_y_sonorizaci.html?id=GoWlWin-YosC&pgis=1

Estrategias para mejorar la fertirrigación. Consultado en http://www.infoagro.com/abonos/mejora_fertirrigacion.htm

Fachada vegetal. Sistemas constructivos. Consultado en <http://www.urbanarbolismo.es/blog/fachada-vegetal-sistemas-constructivos/>

Fomento, M. de. Documento Básico HS, Código Técnico de la Edificación. España. Consultado en <http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/45D0776A-CDBD-4939-8376-4E9B7A4F99EB/110589/14.pdf>

Francis, R. A., & Lorimer, J. (2011). Urban reconciliation ecology: the potential of living roofs and walls. *Journal of environmental management*, 92(6), 1429-37. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.01.012>

Furuno, S., Foss, S., Wild, E., Jones, K. C., Semple, K. T., Harms, H., & Wick, L. Y. (2012). Mycelia promote active transport and spatial dispersion of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environmental Science and Technology*, 46(10), 5463-5470. <http://doi.org/10.1021/es300810b>

Gates, D. M. (2003). *Biophysical Ecology*. Courier Corporation. Consultado en https://books.google.es/books/about/Biophysical_Ecology.html?id=Lx1BclFf7QlC&pgis=1

Gates, D. M., Keegan, H. J., Schleiter, J. C., & Weidner, V. R. (1965). Spectral Properties of Plants. *Applied Optics*, 4(1), 11. <http://doi.org/10.1364/AO.4.000011>

Gerhardt, C., & Vale, B. (2010). Comparison of resource use and environmental performance of green walls with façade greenings and extensive green roofs. *New Zealand Sustainable Building Conference*. Consultado en http://www.branz.co.nz/cms_show_download.php?id=20daaf800a4be3f8fcb33d5d1746e622a875e0c5

Greenscreen®. Consultado en <http://greenscreen.com/projects/photo-gallery/>

Hernández Cortés, J. A. (2013). Regulación del Cierre Estomático: una Función Representada por Varios Actores. Consultado en <https://cienciacebas.wordpress.com/2013/12/12/regulacion-del-cierre-estomatico-una-funcion-representada-por-varios-actores/>

Hidroponía Argentina. Consultado en <http://www.argentinahidroponia.com/>

Hoelscher, M.-T., Nehis, T., Jänicke, B., & Wessolek, G. (2015). Quantifying cooling effects of façade greening: shading, transpiration and insulation. *Energy and Buildings*. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.047>

Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguera, M., van der Linden, P. J., Dai, X. & Maskell, K., & Johnson, C. A. (2001). *Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. Consultado en http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm

Ibañez, J. J. (2013). Hongos, rizosfera, transporte de contaminantes y remediación de sitios contaminados. Consultado en <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2013/03/04/142792>

INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). (2013). Contaminación del aire en interiores. México. Consultado en <http://www.inecc.gob.mx/dica/515-calair-aire-intramuros>

INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). (2006) (a). Dióxido de azufre. Consultado en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0074.pdf>

INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). (2006) (b). Ficha internacional de seguridad química del dióxido de carbono. España. Consultado en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0021.pdf>

INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). (2007). Fichas Internacionales de Seguridad Química. Monóxido de carbono. España, Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Consultado en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0023.pdf>

INA (Instituto Nacional de Estadística) (2009). Agricultura y ganadería en España y Europa. Consultado en http://www.ine.es/censoagrario/censoag_folleto.pdf

Isbert Carrión, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Universitat Politècnica de Catalunya. Consultado en https://books.google.es/books?id=YvpoBQAAQBAJ&pg=SA2-PA1&dq=isbert+carrion+dise%C3%B1o+acustico+de+espacios+arquitectonicos&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=isbert%20carrion%20dise%C3%B1o%20acustico%20de%20espacios%20arquitectonicos&f=false

Jardinería vertical: otra perspectiva. Consultado en http://www.infojardin.net/foro_jardineria/temas/48497.html

Jardines verticales. Diseños, plantas y consejos. Consultado en <http://www.jardinesverticalesweb.com/>

Jardines verticales. Consultado en <http://www.urbanarbolismo.es/blog/fachadas-vegetales-urbanarbolismo/>

Jardines verticales en detalle. Consultado en <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-349031/en-detalle-jardines-verticales>

Jardín vertical hecho con palets de madera. Consultado en <http://www.muebleshechosconpalets.com/jardin-vertical/>

Johnston, J., & Newton, J. (2004). *Building Green. A guide to using plants on roof, walls and pavements*. London: Greater London Authority. Consultado en http://legacy.london.gov.uk/mayor/strategies/biodiversity/docs/Building_Green_main_text.pdf

Kim, K. J., Kil, M. J., Song, J. S., Yoo, E. H., Son, K.-C., & Kays, S. J. (2008). Efficiency of Volatile Formaldehyde Removal by Indoor Plants: Contribution of Aerial Plants Parts versus the Root Zone. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 133(4), 521-526. Consultado en <http://journal.ashspublications.org/content/133/4/521.full>

Kontoleon, K. J., & Eumorfopoulou, E. A. (2010). The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the thermal performance of a building zone. *Building and Environment*, 45(5), 1287-1303. Consultado en <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.11.013>

Kragh, J. (1979). Pilot study on railway noise attenuation by belts of trees. *Journal of Sound and Vibration*, 66(3), 407-415. Consultado en [http://doi.org/10.1016/0022-460X\(79\)90859-9](http://doi.org/10.1016/0022-460X(79)90859-9)

Kramer, P. J. (1983). *Water Relations of Plants*. Elsevier. Consultado en <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-425040-6.50002-3>

Krushe, P., Krushe, M., Althaus, D., & Gabriel, I. (1982). *Okologisches Bauen Herausgegeben vom Umweltbundesamt*. Berlín: Bauverlag, Wiesbaden und Berlín.

Kurasek, B. (2010). Vertical Farming. Consultado en <http://blakekurasek.com/verticalfarming.html>

Lafarge. (2013). Inercia térmica en edificación. Madrid: Lafarge. Consultado en http://www.lafarge.com.es/6.1.3_ESP_-_Thermal_mass_in_buildings_corp_ESP.pdf

Larcher, W. (2003). *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups* (4ª ed.). Berlín/Heidelberg/New York: Springer-Verlag.

Las fachadas vegetales. Consultado en <http://jardinesverticalesaucefau.blogspot.com.es/>

Las fachadas vegetales. Consultado en <http://www.sitiosolar.com/las%20fachadas%20vegetales.htm>

Las ventajas del techo verde. Consultado en <http://www.ecohabitar.org/tag/techos-verdes/page/2/>

Lawlor, D. W. (1993). *Photosynthesis: molecular, physiological and environmental processes*. Londres: Longman scientific & technical.

Ley 34/2007, del 15 de noviembre, de la calidad del aire y protección de la atmósfera. (2007). BOE 275, 3691-3716. Consultado en <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-19744-consolidado.pdf>

Ley 37/2003, del 17 de noviembre, del ruido. (2003). BOE 276, 18 de noviembre de 2003, 40494-40505. Consultado en <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-20976>

Madre, F., Vergnes, A., Machon, N., & Clergeau, P. (2014). Green roofs as habitats for wild plant species in urban landscapes: First insights from a large-scale sampling. *Landscape and Urban Planning*, 122, 100-107. Consultado en <http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.012>

Manahan, S. E. (2007). *Introducción a la química ambiental*. Madrid/México: Reverté/Universidad Nacional Autónoma de México.

Manuales o guías sobre cubiertas vegetales. Ventajas y desventajas. Consultado en http://ovacen.com/como-construir-cubiertas-vegetales-o-verdes-manuales-guias/#Manuales_o_guas_sobre_cubiertas_verdes_ovegetales

Mann, P., Gahagan, L., & Gordon, M. B. (2003). Tectonic setting of the world's giant oil and gas fields. *Em Giant oil and gas fields of the decade 1990-1999, AAPG Memoir 78* (pp. 15-105). American Association of Petroleum Geologists. Consultado en http://www.researchgate.net/profile/Paul_Mann3/publication/236235439_Tectonic_setting_of_the_world's_giant_oil_and_gas_fields/links/02e7e5174b449cd3b30000009.pdf

Mantenimiento de jardines verticales. Tratamientos fitosanitarios. Consultado en <http://www.verdical.com/mantenimiento-tratamientos-fitosanitarios/>

Martínez Ataz, E., & Díaz de Mera Morales, Y. (2004). *Contaminación atmosférica*. Cuenca: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Matt, S. (2012). Green facades provide hábitat for arthropods on buildings in the Washington D.C. metro area. Consultado en <http://drum.lib.umd.edu/handle/1903/13112>

McVay, K., & Rice, C. W. (2005). El carbón orgánico del suelo y el ciclo global del carbon. Conociendo el suelo. *Revista técnica de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID)*, 5-8.

Meagher, R. B. (2000). Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants. *Current Opinion in Plant Biology*, 3(2), 153-162. Consultado en [http://doi.org/10.1016/S1369-5266\(99\)00054-0](http://doi.org/10.1016/S1369-5266(99)00054-0)

Minke, G., & Witter, G. (1985). *Häuser mit Grünem Pelz: ein Handbuch zur Hausbegrünung*, Köln: Rudolf Müller.

Morales, J. Infojardin.com. Consultado en <http://www.infojardin.com/>

MSSSI (Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad) (2012). Efectos del ruido en la salud. Consultado en <http://msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/efectosRuidoSalud.pdf>

Normativa de palets. Normas ISO para palets. Consultado en <http://www.palets.com.es/index.php/es/informacion-tecnica/normativa>

Olivieri, F. (2013). *Caracterización experimental y modelo predictivo del comportamiento térmico de una fachada vegetal*.

Oficinas Zentro Building. Consultado en <http://www.gonzalezmoix.com/detalle.php?p=oficinas-zentro>

OMM (Organización Meteorológica Mundial) (2014). Estado de los gases de efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas en 2013. *Boletín de la OMM sobre los gases de efecto invernadero*, 10. Consultado en https://www.wmo.int/pages/documents/ghg-bulletin_10_es.pdf

Orwell, R. L., Wood, R. L., Tarran, J., Torpy, F., & Burchett, M. D. (2004). Removal of benzene by the indoor plant/substrate microcosm and implications for air quality. *Water, Air and Soil Pollution*, 157(1-4), 193-207. Consultado en <http://doi.org/10.1023/B:WATE.0000038896.55713.5b>

Ottelé, M., Perini, K., Fraaij, A. L., Haas, E. M., & Raiteri, R. (2011). Comparative life cycle analysis for Green facades and living Wall systems. *Energy and Buildings*, 43(12), 3419-3429. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.09.010>

OMS (Organización Mundial de la Salud) (2016). <http://www.who.int/es/>

Palets. Tipos de palets y dimensiones. Consultado en <http://www.palets.com.es/index.php/es/informacion-tecnica/tipos-de-palets>

Perini, K., & Rosasco, P. (2013). Cost-benefit analysis for Green facades and living Wall systems. *Building and Environment*, 70, 110-121. Consultado en <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.08.012>

Priestley, J. (2013). *Experiments and observations on different kinds of air* (1ª edición, Vol.2). Cambridge University Press.

Raanaas, R. K., Evensen, K. H., Rich, D., Sjøstrøm, G., & Patil, G. (2011). Benefits of indoor plants on attention capacity in an office setting. *Journal of Environmental Psychology*, 31(1), 99-105. Consultado en <http://doi.org/10.1016/j.jenvp.2010.11.005>

RAE (Real Academia Española) (2012). *Diccionario de la Real Academia Española* (22ª ed.).

Rascio, N., & Navari-Izzo, F. (2011). Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting? *Plant science: an international journal of experimental plant biology*, 180(2), 169-81. Consultado en <http://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.08.016>

Real Decreto 102/2011, del 28 de Enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. (2011). *BOE*, 25, 9574-9626. Consultado en http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/Proyecto_RD_por_el_que_se_modifica_el_RD_102-2011_tcm7-291427.pdf

Real Decreto 1909/1981, del 24 de Julio, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE-CA-81 sobre las condiciones acústicas de los edificios. (1981). *BOE*, 214, 20556-20577. Consultado en <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1981-19978>

Sancho Ávila, J. M., Riesco Martín, J., Jiménez Alonso, C., Sánchez de Cos Escuin, M. C., Montero Cadalso, J., & López Bartolomé, M. (2012). *Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMESTAT*. Agencia Estatal de Meteorología. Consultado en http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar/atlas_de_radiacion_24042012.pdf

Sandmann, E. R. I. C., & Loos, M. A. (1984). Enumeration of 2,4-D-degrading microorganisms in soils and crop plant rhizospheres using indicator media; high populations associated with sugarcane (*Saccharum officinarum*). *Chemosphere*, 13(9), 1073-1084. Consultado en [http://doi.org/10.1016/0045-6535\(84\)90066-3](http://doi.org/10.1016/0045-6535(84)90066-3)

Santiago Netto, R. Tabla de Conductividad Térmica (λ). Consultado en http://www.fisicanet.com.ar/fisica/termodinamica/tb03_conductividad.php

Sierra Villagrana, R. (2006). Fitorremediación de un Suelo Contaminado con Plomo por Actividad Industrial (página 2) – Monografías.com. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Consultado en <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/fitorremediacion/fitorremediacion2.shtml#ixzz3goOTaTCz>

Sistema Jakob de Brimat. Consultado en <http://brimat.cl/sistema-jacob/>

Sistema Ecobin. Consultado en <http://www.alicanteforestal.es/jardines-verticales/>

Sistema ELT. Consultado en <http://www.eltlivingwalls.com/>

Sistema G-Sky. Consultado en <http://www.gsky.com/>

Sistema GreenScreen. Consultado en <http://greenscreen.com/>

Sistema LeafBox. Consultado en <http://www.alicanteforestal.es/jardines-verticales/>

Stemberg, T., Viles, H., & Cathersides, A. (2011). Evaluating the role of ivy (*Hedera helix*) in moderating wall surface microclimates and contributing to the bioprotection of historic buildings. *Building and Environment*, 46(2), 293-297. Consultado en <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.07.017>

Susorova, I., Angulo, M., Bahrami, P., & Brent Stephens. (2013). A model of vegetated exterior facades for evaluation of wall thermal performance. *Building and Environment*, 67, 1-13. Consultado en <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.04.027>

Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal* (Volumen 1 y 2). Castellón de la Plana: Universitat Jaume I.

The University of Tennessee Agricultural Extension Service. (1998). SP517 Evergreen Trees for Screens and Hedges in the Landscape. *Forestry, Trees and Timber*, -15M-7/98. Consultado en http://trace.tennessee.edu/utk_agexfores/51

Tox Town. (a). Contaminantes orgánicos persistentes (COP). Consultado en <http://toxtown.nlm.nih.gov/espanol/chemicals.php?id=85>

Tox Town. (b). Compuestos orgánicos volátiles (COV). U.S. National Library of Medicine. Consultado en <http://toxtown.nlm.nih.gov/espanol/chemicals.php?id=41>

UNE-EN 12354 Acústica de la Edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos.

Urbanarbolismo. Jardines verticales. Consultado en <http://www.urbanarbolismo.es/blog/fachadas-vegetales-urbanarbolismo/>

Van Renterghem, T., Botteldooren, D., & Verheyen, K. (2012). Road traffic noise shielding by vegetation belts of limited depth. *Journal of Sound and Vibration*, 331(10), 2404-2425. Consultado en <http://doi.org/10.1016/j.jsv.2012.01.006>

Vaughan, P. (2001). *Estimación de contenido de humedad de la vegetación mediante espectroradiometría*. Universidad de Alcalá. Consultado en http://www.investigacion.cchs.csic.es/espectroradiometria/sites/investigacion.cchs.csic.es.espectroradiometria/files/files/uploads/TESINA_VAUGHAN_P_2001_.pdf

Vaughan, P., Chuvieco Salinero, E., & Riaño, D. (2000). Bases para estimar el contenido de humedad en plantas mediterráneas a partir de la teledetección. *Mediterránea: serie de estudios biológicos*, 17, 27-34

Westman, W. E., & Price, C. V. (1988). Spectral changes in conifers subjected to air pollution and water stress: experimental studies. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 26(1), 11-21.

Wolverton, B. C., Douglas, W. L., & Bounds, K. (1989). A study of interior landscape plants for indoor air pollution abatement. Consultado en https://archive.org/details/nasa_techdoc_19930072988

Wolverton, B. C., Johnson, A., & Bounds, K. (1989). Interior landscape plants for indoor air pollution abatement. Consultado en <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/1993007377.pdf>

Wolverton, B. C., & McDonald, R. C. (1985). Foliage Plants for Indoor Removal of the Primary Combustion Gases. Carbon Monoxide and Nitrogen Dioxide. *Journal of the Mississippi Academy of Sciences*, 30, 1-8. Consultado en <http://www.wolvertonenvironmental.com/MsAcad-85.pdf>

Wong, N. H., Kwang Tan, A. Y., Tan, P. Y., Chiang, K., & Wong, N. C. (2010). Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Building and Environment*, 45(2), 411-420. Consultado en <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.06.017>

Yang, H. S., Kang, J., & Cheal, C. (2013). Random-Incidence Absorption and Scattering Coefficients of Vegetation. *Acta Acustica united with Acustica*, 99(3), 379-388. Consultado en <http://doi.org/10.3813/AAA.918619>



Esta obra se encuentra bajo la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia visitar:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>