

**Módulos vivientes:**

**Una solución verde en la construcción**

**Nelson Enrique Lemus Bedoya**

**David Segura**

**Universidad La Gran Colombia**

**Facultad de Arquitectura**

**Tecnología en Construcción de Edificaciones**

**Bogotá**

**2016**

**Módulos vivientes:**

**Una solución verde en la construcción**

**Nelson Enrique Lemus Bedoya**

**Código: 2030310868**

**David Segura**

**Código: 2030620104**

**Docente:** Arquitecto Hernando Cruz

**Materia:** Construcción

**Universidad La Gran Colombia**

**Facultad de Arquitectura**

**Tecnología en Construcción de Edificaciones**

**Bogotá**

**2016**

## Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

Firma del Director del jurado

---

Firma jurado

---

Firma jurado

Bogotá, D.C. septiembre de 2016

## **Agradecimientos**

El presente trabajo es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

## Tabla de contenido

	pág.
Introducción .....	9
1. Justificación .....	10
2. Problema .....	12
3. Objetivos .....	13
3.1 Objetivo general .....	13
3.2 Objetivos específicos.....	13
4. Marco referencial .....	14
4.1 Marco histórico .....	14
4.1.1 Historia de los Jardines.....	14
4.1.2 Marco histórico cubiertas verdes.....	18
4.2 Marco conceptual .....	20
4.2.1 El Módulo Viviente .....	20
4.2.2 Pisos Ecológicos.....	20
4.2.3 Características de los pisos verdes .....	21
4.2.4 Cubiertas vegetales.....	21
4.2.5 Tipos de pisos que existen en el mercado.....	23
5. Ventajas de las cubiertas verdes .....	25
5.1 Ventajas ambientales.....	25
5.1.1 Reducción de las superficies pavimentadas.....	25
5.1.2 Preservación del hábitat natural.....	25
5.1.3 Mejora de la calidad del aire. ....	26
5.1.4 Isla de calor urbana.....	26
5.2 Ventajas y beneficios técnicos .....	27
5.3 Efectos estéticos y psicológicos .....	29
5.4 Ventajas respecto a seguridad alimentaria .....	29
5.5 Ventajas y beneficios económicos .....	30
6. Materiales de recubrimiento que sirven como disipadores de calor y acústicos .....	32
7. Cubiertas vegetales existentes.....	34
7.1 Tipos de cubiertas verdes .....	34
7.2 Sistemas de cubiertas verdes .....	39
7.3 Algunas cubiertas verdes en el mercado .....	40
8. Pisos para césped .....	43

9. Diseño de los módulos .....	45
9.1 El modulo viviente .....	49
10. Estructura del módulo .....	51
11. Diseño final .....	52
12. Forma de ensamble de los módulos .....	54
13. Conclusiones y resultados .....	57
Bibliografía .....	58
Anexo 1: Planos técnicos .....	59

## Índice de figuras

	<b>pág.</b>
Figura 1. Esquema de cubierta vegetal .....	22
Figura 2. Tipo de cubierta extensiva.....	34
Figura 3. Tipo de cubierta verde extensiva.....	35
Figura 4. Tipo de cubierta intensiva. ....	36
Figura 5. Cubierta de tipo extensivo:.....	36
Figura 6. Sistema completo de tipo extensivo .....	39
Figura 7. Sistema modular de cubiertas verdes .....	40
Figura 8. Esquema de Cubierta Vegetal de Corma.....	41
Figura 9. Fotografía Cubierta espontánea.....	42
Figura 10. Rejilla de polipropileno .....	43
Figura 11. Bloque en hormigón .....	44
Figura 12. Reinder modulo viviente .....	49
Figura 13. Fotografía del módulo en planta.....	49
Figura 14. Fotografía de la estructura.....	51
Figura 15. Render de la estructura y vistas de la estructura.....	51
Figura 16. Dimensiones del diseño final (módulos verdes).....	53
Figura 17. Ejemplo de modulación para áreas cuadradas y rectangulares. ....	55
Figura 18. (continuación) Ejemplo de modulación para áreas cuadradas. ....	55
Figura 19. (continuación) Ejemplo de modulación para áreas rectangulares. ....	56
Figura 20. (continuación) Ejemplo de modulación para áreas cuadradas. ....	56

## Índice de tablas

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Comparación técnica de cubiertas verdes .....	37
Tabla 2. Comparación entre los sistemas extensivo e intensivo .....	38
Tabla 3. Dimensiones módulos verdes (Diseño final) .....	52

## **Introducción**

En una Ciudad como Bogotá, que oscila entre los 7 y 8 millones de habitantes y donde existen casi un millón de vehículos particulares que, sumado al transporte público y a un amplio margen de las industrias del país (22%); casi tres millones de toneladas de contaminantes se liberan al ambiente de la capital. Acciones en contra de este tipo de agresiones al medio ambiente, se han generado en pos de aliviar en parte la situación: Día sin Carro, Pico y placa ambiental, análisis de gases vehiculares, uso de gas natural y legislaciones de tipo tributario a la industria. Sin embargo, el margen cubierto por estas acciones no es suficiente y es así mismo inadecuado, en la medida en que no es ecuánime con la cantidad de esfuerzos presentados y avalados por el gobierno local. El ciudadano que no utiliza medios de transporte o si los utiliza, no son de su propiedad, no contribuye directamente con la situación de mejoramiento del ambiente.

En ese sentido, el impacto que genera ese ciudadano promedio a nivel ambiental, no se ve esclarecido en acciones que permitan una situación ecuánime frente al sin número de posibilidades que responden al tema de mejorar no solo la calidad de vida, sino también aspectos que parten de una simple estética que, para el caso, responde significativamente con lo que los habitantes de una ciudad esperan en tanto, transformación de espacios que en cierto punto, solo cumplían una función arquitectónica.

El tema de este trabajo comprende la lectura de los usos de los módulos vivientes, y las ventajas que pueden aportar a los revestimientos en términos de tipo climático, sonoro y ecológico; los módulos vivientes serían más que un elemento ornamental para convertirse en un elemento vivo que supera las expectativas funcionales más allá de ser un sistema de recubrimiento para azoteas y placas con acceso

## **1. Justificación**

La arquitectura bogotana presenta bastantes desigualdades al igual que las vistas en otras ciudades de Colombia e incluso Latinoamérica; el caso de Medellín con sus comunas, divididas por el Valle de Aburrá o, Rio de Janeiro con las favelas contrastantes con los edificios; muestran efectivamente que los órdenes preestablecidos en la construcción de las ciudades han permanecido inermes ante el avasallamiento poblacional (Demográfico). Bogotá como las anteriores, no se aleja de dicha realidad y muestra en la periferia —Kennedy, Ciudad Bolívar, Usme, San Cristóbal, Suba y Bosa— la disparidad en términos de diseño y materiales, creando una atmósfera desordenada

La ciudad ha generado conflictos no solo a nivel social sino también a nivel ecológico, en la medida en que la contaminación ambiental ha potenciado enfermedades que no solo se ven en la corporalidad de sus habitantes sino también en su Psiquis; estrés, falta de concentración, aburrimiento. A nivel ecológico, los altos grados de polución de parte de la industria y los automotores, sumado a otros tipos de liberación de CO<sub>2</sub> (Fogatas, quema de neumáticos y desechos); la deforestación y otros perjuicios, facultan la necesidad de dar vía a la investigación de nuevas alternativas que permitan mitigar los daños y, fomentar el consentimiento local para hacer choque ante las adversidades de tipo ambiental.

Por lo tanto, debemos estar en la búsqueda de construcciones ecológicamente sostenibles que procuren utilizar componentes que sean amigables con la naturaleza. De más está decir que los pisos son parte fundamental de toda construcción y, para beneficio del entorno, también pueden ser elementos “verdes”. El tema de este trabajo apunta a reflexionar sobre la posibilidad de la fabricación de un módulo de vegetal o módulo viviente, hallándolo más que un elemento de

*MÓDULOS VEGETALES: UNA SOLUCIÓN VERDE EN LA CONSTRUCCIÓN*

ornato y diseño en una forma de mitigar los altos índices de contaminación a nivel del aire, colaborando a su vez a reducir los efectos del ruido y funcionar también como aislante térmico.

## **2. Problema**

Siempre hay una forma de ayudar al medio ambiente, mediante esta investigación y la entrega del producto final se pretende demostrar al menos para nuestro entorno inmediato, que cualquier persona puede aportar beneficios tecnológicos y sociales; que no es necesario mucho dinero para empezar a explorar nuevas alternativas para contribuir al mejoramiento del aire. ¿Cómo solucionar a nivel doméstico el impacto ambiental generado por los altos índices de contaminación al medio ambiente?

Este interrogante es la motivación de este trabajo puesto que los gobiernos nacionales y locales poco caso hacen a los proyectos de este índole y más aún, cuando siempre están preocupados por sanciones de tipo económico a los infractores en vez de buscar un banco de proyectos ambientales sostenibles para así, fomentar unas políticas de renovación del aire y cuidado del medio ambiente.

Evidenciando esta problemática, con ayuda del profesor se llegó a la conclusión de que hace falta un módulo para cubrir espacios despoblados como son las azoteas y las placas de cubiertas (piso), hechos con una base de PET (reciclado) y soportados sobre una estructura que se adapta a los movimientos de diseño creados por el arquitecto, paisajista o el propio dueño de casa.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

- Crear un módulo vegetal instalable en pisos y placas de concreto para producir en el habitante una sensación de acabado natural.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Proponer sistema modular de instalación del módulo vegetal para la mayoría de áreas que lo requieran.
- Establecer los propósitos por los cuales el módulo vegetal aplica como material en la construcción.
- Determinar mediante un estudio de otros autores los beneficios ambientales de los materiales ecológicos.
- Elaborar un modelo a escala el funcionamiento de los módulos vivientes.
- Elaborar planos a escala sobre el sistema propuesto.

## 4. Marco referencial

### 4.1 Marco histórico

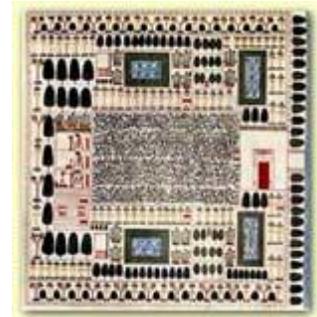
Para poder hablar de las cubiertas verdes, es necesario conocer la visión de cultural a través del tiempo, su concepto de diseño, su apreciación del componente vegetal y su manejo a nivel ciudad. En este sentido, se visualizará una apreciación corta de los jardines a nivel histórico, para desembocar en la utilización actual de las cubiertas verdes

#### 4.1.1 Historia de los Jardines (Morales, 2005).

- **Jardines egipcios y mesopotámicos**

El jardín nace cuando se busca la satisfacción corporal y espiritual inspirada por la presencia de la vida vegetal en un espacio recogido y pacífico.

En Egipto y Mesopotamia se originaron los primeros jardines. En Egipto domina su jardinería la utilidad, bien como alimento, bien como sombra mediante alineación de palmeras y estanques en que se crían peces comestibles. Los diseños son muy geométricos.



- **Jardines persas**



En la antigua Persia había unos jardines-paraíso, de entretenimiento y recreo, de superficie cuadrada, y cerrados, empleando unas redes de riego. La cruz filar correspondía a los 4 ríos, Tigris, Eúfrates, Guijón y Pisón, de carácter sacro dado que eran los responsables de la fertilidad de la región.

- **Jardines griegos**

Los jardines de Grecia solían ser parques arbolados en los que se celebraban reuniones políticas, filosóficas, académicas, etc. Este pueblo tuvo una preferencia mayor por los elementos arquitectónicos que por los vegetales.



- **Jardines romanos**



Los romanos son los primeros jardines de los hay restos físicos, en las ruinas de sus ciudades. Tuvieron un interés constante por las especies vegetales y en la aplicación de técnicas. Inventaron o incorporaron muchas herramientas típicas de jardinería. Tenían enormes conocimientos de hidráulica. Crearon las casas adosadas al jardín (Villas ajardinadas).

*MÓDULOS VEGETALES: UNA SOLUCIÓN VERDE EN LA CONSTRUCCIÓN*

- **Jardines musulmanes**

El jardín clásico musulmán es cerrado al exterior y carece de panorámicas interiormente, pues persigue el aislamiento, la intimidad y el recreo de los sentidos, empleando en ellos el elemento agua y plantas aromáticas (azahar, jazmín, lavanda...).



- **Jardines medievales**



La edad media fue un periodo de "fermentación" en lo que a jardinería se refiere, llegando a un conocimiento amplio del cultivo de vegetales, alimenticios, medicinales, etc., en castillos y monasterios.

- **Jardines renacentistas**

En Italia, los jardines de esta época se inspiraron en los romanos, con elementos como las columnas, estatuas, topiaria (setos recortados)... También se relaciona con la casa y el paisaje circundante, realzando terrazas y escaleras.



- **Jardín barroco francés**



En Francia, los castillos eran amplios, en zonas llanas, por lo que los jardines acordes con los mismos debían tener grandes dimensiones. Parterres con dibujos, fuentes, zonas de esparcimiento, estatuaria, plantas de maceta con flores de ornato... Ejemplos: André le Notre (paisajista) y el Palacio de Versalles.

- **Jardín paisajista inglés**

El jardín imitación del paisaje fue producto de un movimiento romántico basado en la observación-admiración directa de la naturaleza. Los parterres y terrazas se transforman en suaves praderas, grupos de árboles de distribución irregular, calzadas sinuosas... El jardín paisajista nunca emplea líneas rectas, aunque puedan usarse elementos ornamentales como estatuas o construcciones clásicas.



- **Jardín japonés**



Los jardines japoneses siguen las pautas de los chinos, sólo que estos últimos eran más coloridos. Los japoneses emplearon sólo tonos verdes y marrones. Intención de miniaturizar el Universo, Por ejemplo, con los bonsáis.

**4.1.2 Marco histórico cubiertas verdes.** Las cubiertas verdes o también llamados techos verdes (Gernot: 2004) han tenido especial énfasis en poblaciones del norte de Estado Unidos y Canadá, fruto de una implementación proveniente de Europa, en especial de la zona de la Escandinavia peninsular. Originariamente, fueron instaladas sobre cortezas de Abedul, madera resistente a la descomposición y que permite una vida útil de 20 años. Las cubiertas verdes como concepto arquitectónico, han permanecido visibles en zonas del medio oriente y Europa septentrional - Turquía, Irán e Irak – donde se han construido como superficies aislantes tanto para verano como para invierno, generando ambientes de contraste: En verano, aíslan del calor y en invierno reducen las pérdidas de temperatura.

Le Corbusier (Charles-Edouard Jeanneret) en pleno siglo XX, había manifestado la intención de incluir definitivamente a la naturaleza y así lo manifiesta en *Los Viajes de Oriente* (1984), haciendo énfasis en la multiplicidad de colores y la gama infinita de paisajes propios de Bohemia, Serbia, Rumanía, Bulgaria y Turquía:

Hazte una idea de la impresionante unidad y de su amplio carácter arquitectónico: un solo material: un revoque amarillo intenso; un solo estilo; un cielo uniforme y únicamente las acacias de un verde tan extraño. Las casas se alinean en ella, poco anchas pero muy profundas, cada una con su remate bajo, sin cubierta en voladizo, así como un frontón sobre el interminable muro, del que desbordan las copas de los árboles, los racimos de las parras y los ramos de rosas trepadoras que llenan de encanto los patios escondidos detrás. (Jeanneret: 1984)



La mirada innovadora de Le Corbusier manifestó intención futurista acerca del uso del espacio en relación con el hábitat, concepto tratado en conjunto con otro arquitecto: Frank Lloyd

Wright. Este último, dio vida al concepto de integrar la vegetación en espacios circundantes dentro de la preocupación de cierta parte de la población europea, según Gernot:

A pesar de las opiniones de estos arquitectos visionarios, hasta la mitad del siglo XX las cubiertas verdes fueron vistas principalmente como práctica de construcción vernácula. No obstante, en los años 60s las constantes y crecientes preocupaciones por la mala calidad del medioambiente y por la rápida pérdida del espacio verde en áreas urbanas en Europa del norte, activaron el interés por las cubiertas verdes como solución técnica y ecológica (Gernot, 2004:15)

El desarrollo de las cubiertas verdes empezó a masificarse en Europa y en especial en Alemania gracias a subsidios estatales a mediados de la década de los 80' que cubrían incluso el 50% (Ortega: 2008). En Norteamérica desde el año 1999, la EPA (Agencia de protección al medioambiente) junto con estudios establecidos por imágenes satelitales provistas por la NASA, se determinó que el uso considerable de cubiertas verdes permitiría una disminución en cinco grados frente al uso de hormigón, lo cual incentivaría la reducción en el uso del aire acondicionado y asimismo una reducción eléctrica considerable.

Un techo vegetal puede tener un costo mayor comparado con los techos tradicionales, y si bien es una inversión que se amortiza a mediano y largo plazo, es fundamental para el desarrollo y la expansión de los techos vegetales que el Estado incentive su uso a través de políticas de rebajas tributarias o exoneración de impuestos a aquellos proyectos que incluyan un techo vegetal.

Son varios los estudios que se han realizado en la actualidad de los materiales de recubrimiento que se utilizan en el mercado como cubiertas, también el aumento de interés en analizar materiales que se han usado sobre todo como disipadores de calor y acústicos, por lo tanto a continuación observaremos los tipos de techos, características y desarrollo de las

cubiertas verdes, sin embargo el desarrollo y bibliografía relacionada con pisos o módulos vivientes está inexplorado.

## **4.2 Marco conceptual**

En este punto se define algunos sistemas constructivos ecológicos con el fin de conocer sus ventajas y características hasta llegar a la solución constructiva propuesta “módulos verdes”. Por lo tanto, se entenderá el verdadero costo beneficio de los pisos ecológicos, pisos verdes, cubiertas vegetales y el problema que resuelve estos sistemas constructivos frente a la denominada isla de calor urbana.

**4.2.1 El Módulo Viviente**, es un tipo de piso vegetal con un substrato de poco espesor y una capa vegetal con plantas de bajo porte. Las ventajas de este tipo de piso, abarca aspectos arquitectónicos. Constructivos. Medioambientales y estéticos, en la falta de esta clase de materiales orgánicos en los almacenes de construcción para el recubrimiento de áreas como son las azoteas y las placas de cubierta han creado una enorme inquietud en desarrollar un módulo constructivo de fácil implementación y uso

**4.2.2 Pisos Ecológicos**, según la Asociación Dominicana de Constructores y promotores de vivienda ACOPROVI. Para que un piso sea ecológico, necesita una serie de características que le otorguen esa condición. Para algunos autores este atributo se lo da su proceso de fabricación y durabilidad “Lo que se busca es que ayuden a mantener la viabilidad del edificio y que no afecten al ambiente, ni durante su producción, ni al final de su vida útil”, dice (ACOPROVI: 2008). Una característica es que en la elaboración se empleen materiales reciclados, renovables o, en su defecto, que el producto final sea reciclable. Otro punto

importante es que en el proceso no se emitan gases tóxicos. Generalmente, los pisos verdes son más costosos que los regulares en la inversión inicial, pero tienen mayor durabilidad y requieren poco mantenimiento, es decir, a largo plazo el gasto resulta menor. Se utilizan para espacios interiores, ya sea en un comercio o residencia.

**4.2.3 Características de los pisos verdes.** Es importante aclarar que ningún piso fabricado y que se vende en el mercado puede ser amigable con el medio ambiente en todos los aspectos; sino que se evalúa según la ventaja que produce a largo plazo, y si su mérito supera los puntos desfavorables. Un factor importante es la utilización de recursos naturales que sean abundantes, o mejor aún, renovables. Por eso, aunque los pisos de madera podrían parecer ecológicos, hay que asegurarse de que provengan de árboles de plantaciones o bosques manejados (por ejemplo el Pino y otras especies de los trópicos manejadas sustentablemente). Esto se puede evidenciar en algunas empresas Colombianas (Pizano, Refocosta, Núcleos de madera); Chilenas (Arauco, Masisa) y Brasileñas a nivel Latinoamérica. Es de resaltar que en la medida en que los pisos de madera bien son un sistema de captura de carbono, no son un proveedor de oxígeno.

Otro punto importante es el uso de químicos, como barnices, colores o texturizadores, tanto en la fabricación como en la instalación. Otro factor que determina lo verde que es un piso es la duración del mismo, ya que en un edificio ecológicamente sostenible, no admite pisos que deban cambiarse con frecuencia, generando desperdicios. Salvo escasas excepciones, no se demandan estos productos porque sean ecológicos, sino por su apariencia, textura y rendimiento.

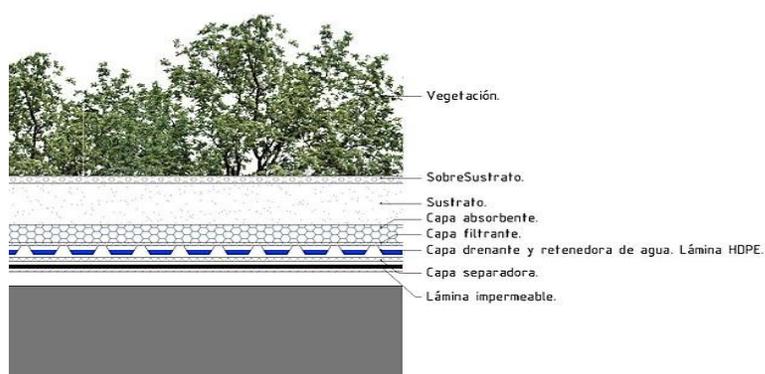
**4.2.4 Cubiertas vegetales.** Sistemas constructivos que contienen elementos vegetales vivos como componentes integrales del sistema total de una techumbre, impermeable. Una

*MÓDULOS VEGETALES: UNA SOLUCIÓN VERDE EN LA CONSTRUCCIÓN*

cubierta con plantas colocadas en recipientes o con jardineras en los bordes no representa lo mismo y por lo tanto, no están incluidos dentro de este concepto.

Entre los términos comúnmente utilizados para referencia de las cubiertas verdes se encuentran. Cubiertas ecológicas, cubiertas ajardinadas, cubiertas vegetadas y eco techos.

Una cubierta vegetal consta en esencia de las siguientes capas, dependiendo de la solución adoptada varias de estas funciones pueden ser asumidas por un solo material:



**Figura 1.** Esquema de cubierta vegetal

Fuente:

- *Lámina impermeable.* Impide el paso del agua y la conduce hacia su evacuación.
- *Protección anti – raíces.* Puede ser independiente o una característica de la lámina.
- *Capa drenante.* Permite que el agua discurra sin obstáculos por encima de la lámina hasta su evacuación.
- *Capa de retención.* Retiene parte del agua que cae a la cubierta evitando que se pierda.
- *Capa filtrante.* Evita la lixiviación del sustrato, solo deja pasar el agua y no las partículas del sustrato.

*MÓDULOS VEGETALES: UNA SOLUCIÓN VERDE EN LA CONSTRUCCIÓN*

- *Capa absorbente.* Retiene el agua a modo de esponja para prolongar la humedad de la cubierta en el tiempo.
- *Sustrato.* Es el medio de crecimiento de la vegetación, de sus características depende en parte la absorción de agua, nutrientes y el peso de la cubierta.
- *Sobre - Sustrato.* Esta capa que protege el sustrato.
- *Vegetación.* La vegetación es la capa más delicada de la cubierta vegetal, de su elección depende el correcto funcionamiento de todo el sistema.

**4.2.5 Tipos de pisos que existen en el mercado.** *Pavimentos de Baldosas:* De piedra natural o artificial, terrazo, cerámica, gres, vidrio, xilolita, asfalto, plástico, etc., en general de buen aspecto y fácil de limpiar, pero fríos y duros a la pisada (buenos con calefacción en el suelo).

*Pavimentos de Madera:* Entarimados de tablas de 2.5 cm de grueso, en bruto o cepilladas por una o por ambas caras, con cantos al tope, a medida madera y lengüeta, etc., anchura de las tablas 10-15cm.

*Mosaicos:* De pequeñas piezas, con colores diversos, de piedra, vidrio o cerámica, embebidas en mortero de cemento.

*Revestimientos:* Tensados que cubren todas las superficies del suelo y se fijan por los bordes con tachuelas, ganchos o listones de madera o acero.

*Pavimento:* duros de cemento para tránsito de gran desgaste.

*Pavimento de Hormigón Ligero:* Con buen aislamiento térmico como capa flotante también de hormigón de espuma. Espesor  $< 0 = 45\text{mm}$ .

*Enladrillados:* En donde las piezas de corcho y plástico de 3-5 mm de espesor se pegan a un lecho de hormigón.

*MÓDULOS VEGETALES: UNA SOLUCIÓN VERDE EN LA CONSTRUCCIÓN*

*Terrazo*: Con cemento normal para tonos grises o con cemento blanco para tonos claros y juntas de dilatación con listones de latón o de plástico formando campos de  $1\text{m} \times 1\text{m} = 1\text{m}^2$

*Parquet*: De tablillas, se coloca con clavos sobre un entarimado o suelo clavable o pegado con asfalto o cola sobre lecho de hormigón. De mosaicos, con tablillas de 35 - 70cm de largo y placas de maderas nobles formando dibujos ornamentales, y se pega con cola. (Tiburcio: 2001)

## **5. Ventajas de las cubiertas verdes**

### **5.1 Ventajas ambientales**

**5.1.1 Reducción de las superficies pavimentadas.** Debido al excesivo incremento de las superficies selladas, surgen en las zonas de aglomeración urbana, influencias negativas en el agua domiciliaria, la calidad del aire y el microclima. El mal clima en nuestras grandes ciudades podría mejorarse esencialmente a través de un aumento de superficies verdes, fundamentalmente, enjardinando edificios y reduciendo las superficies pavimentadas. Enjardinados de 10 a 20 cm de altura de vegetación sobre aproximadamente 15 cm de sustrato equivalen de 5 a 10 veces más superficie de hojas que la misma área en un parque abierto. (Minke, 2004), esto es evidenciado por las cifras de crecimiento poblacional y migración a las grandes ciudades en Colombia, por el evento de desplazamiento forzado; a la vez encontramos una ciudad capital como centro de negocios y con grandes oportunidades universitarias, siendo también un centro de educación superior, por lo cual, tenemos una ciudad de cambios constantes, generando y adecuando espacios para soportar estas cargas poblacionales tanto temporales, como definitivas.

En Bogotá se puede observar un cambio poblacional del año 2007 - 2010 en un promedio de 332.000 personas para la ciudad de Bogotá (Secretaría Distrital de Hacienda). Este problema lleva a una presión la cual dificulta la preservación del espacio natural en las áreas urbanas, lo cual permite evidenciar otro de los beneficios de las cubiertas verdes.

**5.1.2 Preservación del hábitat natural.** Las cubiertas verdes pueden constituirse como reservas en ambientes urbanos densamente poblados, proporcionando micro-hábitats restaurativos o preservativos para algunas especies o como potenciadores de corredores biológicos naturales (Pascual, 2009). Este potencial es una solución parcial a los quebrantos

ecológicos realizados por el hombre en su afán de conseguir resguardo y protección, aclarando que este no es el camino indicado, sino un sistema paracaídas para disminuir dicho daño; procurando hábitat adecuados para algunos tipos de animales en la ciudad aumentando las posibilidades de supervivencia a especies estacionarias, como migratorias de aves; sirviendo como corredor biológico y logrando preservar más especies a nivel urbano.

**5.1.3 Mejora de la calidad del aire.** Son evidentes los problemas generados por los carros y emisiones de las diferentes industrias en la ciudad y el efecto de calor generado por las capas asfálticas tanto de los edificios como de las calles, generando problemas respiratorios en la población y acabando con la capa de ozono. Las cubiertas verdes proporcionan una oportunidad para reducir niveles locales de contaminación atmosférica, atrapando gases efecto invernadero, liberando oxígeno y reduciendo las partículas en suspensión (Pascual, 2009).

La mejora de la calidad del aire es algo en lo que se puede enfatizar demasiado como es saber de todos las plantas son captadoras de CO<sub>2</sub> y liberadoras de oxígeno, la creciente ola industrial y el creciente aumento de la cantidad de autos en la ciudad, genera una mayor contaminación en nuestras ciudades y con la reducción de espacios de protección ambiental y la destrucción de las pocas plantas en la ciudad es necesario la contribución de todos para este problema público; que mejor estrategia se podría escoger, generando no solo un impacto en la mejora del aire de la ciudad, si no también generando un valor estético a los hogares, centros de comercio, centros de estudio, industrias entre otras construcciones de la ciudad.

**5.1.4 Isla de calor urbana.** El efecto de isla de calor urbana es el incremento de la temperatura ambiente promedio en las zonas urbanas, que se produce por el remplazo de la

vegetación natural por pavimentos, edificaciones y otras estructuras destinadas a dar un habitat a la población. Los efectos de altas temperaturas, sumados al aumento del parque automotriz, emisiones de gases industriales y otras fuentes de contaminación incrementan en forma permanente la cantidad de contaminantes y material particulado. A nivel global, se ha estimado que la contaminación mata a unas 800.000 personas al año (Kenworthy: 2002), debido a la alta polución con presencia de dióxido de carbono, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono y monóxido de azufre que tienen una relación directa con enfermedades respiratorias y episodios de asma en niños y adultos mayores.

El calor residual de las actividades humanas genera altos volúmenes de gases y partículas sólidas que son liberadas a la atmosfera cambiando su composición natural y ocasionando una irreversible contaminación de aire con serias consecuencias para la salud humana animal y vegetal igualmente intensifican el efecto invernadero, propician la aparición de la lluvia ácida favorecen la inversión térmica reducen la visibilidad y producen un ambiente dañino y que acelera el deterioro de los edificios.

## **5.2 Ventajas y beneficios técnicos**

- Aislación térmica de los edificios

Históricamente los techos vegetales han sido utilizados para aislar térmicamente a las viviendas. Ellos aíslan al edificio por que evitan que el calor pase a través del techo.

Las propiedades aislantes de un techo vegetal pueden ser aumentadas si se usa un medio creciente de baja densidad, debido a que es más poroso. Por otro lado, mientras mayor sea el contenido de humedad del medio creciente mayor será su capacidad aislante. También, mientras

mayor sea el tamaño de las hojas del material vegetal, mayor será el efecto aislante del techo.

En un día de verano, la temperatura de un techo regular puede llegar a más de 60°C, mientras que en un techo vegetal simple de césped no superara los 25°C.

Una habitación bajo un techo vegetal se encontrara, como mínimo, de 3° a 4°C más fría que el aire exterior.

Todo lo anteriormente dicho se traduce en un ahorro en los costos de energía.

(Arqchile.cl, 2001)

Para el caso de Colombia, por ser un país tropical, sería un beneficio multi -región donde la variabilidad climática del país, presenta una adaptabilidad especial para este tipo de beneficio permitiendo no solo dar una alternativa sostenible, durable y económica de regulación térmica a la población.

- Aislación acústica de los edificios

El suelo, las plantas y las capas de aire atrapadas en el sistema, sirven como aislación acústica. El medio creciente tiende a bloquear las ondas de baja frecuencia, mientras que las plantas hacen lo mismo con las de alta frecuencia.

Un techo vegetal con un medio creciente de 12 centímetros, puede reducir el sonido en 40 decibeles, y uno con 20 centímetros, reducirá el sonido entre 46 y 50 decibeles. (Arqchile.cl, 2001).

- Manejo del agua de lluvia

En un techo vegetal, el agua de lluvia es almacenada en el medio de crecimiento, de donde es absorbida por las plantas y luego devuelta a la atmósfera mediante el proceso de evaporación y transpiración. En verano, dependiendo del tipo de plantas y medio creciente, un techo vegetal puede llegar a retener del 70% al 80% de la precipitación que cae sobre él, y en

invierno del 25% al 40%. Esto reduce la cantidad de agua de lluvia que se derrama desde el techo.

Actúan además como un filtro natural para el exceso de agua que los desborda así como también moderan la temperatura de esta agua. Pero no solo reducen el volumen de agua de lluvia que se derrama desde el techo, sino que también retardan el momento en que esto ocurre, debido al tiempo que demora el medio creciente en saturarse. Esto conduce a una disminución de la cantidad de agua que llega a los sistemas de desagüe en los momentos picos. (Arqchile.cl, 2001)

Esto no es solo una solución práctica a la problemática actual del país, sino un método de prevención y control de desastres donde las políticas de construcción y ambientales deberían poner en práctica para el desarrollo de nuevas construcciones.

### **5.3 Efectos estéticos y psicológicos**

- Ventajas relativas a la salud

Estudios psicológicos han demostrado el efecto restaurador que tiene una vista natural, ya que atrapa la atención de aquellos que la están viendo, alejándolos de sus problemas y preocupaciones; lo cual se traduce en un aporte a la salud, el ambiente verde, armonizando con el paisaje como manejo del estrés y el valor agregado tanto estético como monetario realzara las propiedades con estos beneficios (Minke, 2004).

### **5.4 Ventajas respecto a seguridad alimentaria**

- Producción local de comida

Los techos vegetales se pueden convertir en una interesante oportunidad para la agricultura urbana, (Arqchile.cl, 2001) generando la posibilidad no solo de recibir los beneficios antes nombrados, además de acompañar la cocina colombiana y generar un valor nutricional mayor en nuestros menores y ancianos.

### **5.5 Ventajas y beneficios económicos**

- Reducen la necesidad de aislamiento en los edificios.
- Al retener el agua de lluvia reducen el uso de los sistemas públicos de alcantarillados, disminuyendo su mantenimiento y prolongando su vida útil.
- Por el hecho de reducir los gases de efecto invernadero, disminuyen los gastos necesarios para cumplir con las regulaciones y limitaciones al respecto.
- Debido a todos los beneficios relacionados con la salud anteriormente mencionados, reducen los gastos en cuidados de salud.
- Disminuyen los gastos de energía en los sistemas de enfriamiento y calentamiento del edificio, lo que conlleva a un ahorro en los gastos en esos rubros, tanto en el tamaño de los equipos a utilizar, como en las facturas de electricidad o combustible que se pagan mensualmente. Usando modelos computarizados, Environment Canadá descubrió que en un edificio típico de un piso, con un techo de césped y 10cms. de medio creciente, se reducía en un 25% las necesidades de enfriamiento del edificio durante el verano.
- Disminuyen la cantidad necesaria de aislación térmica tradicional, lo que conduce a un ahorro económico.
- Al prolongarse la vida útil de la impermeabilización, se produce un ahorro en los

*MÓDULOS VEGETALES: UNA SOLUCIÓN VERDE EN LA CONSTRUCCIÓN*

gastos de reemplazo.

- Cuando son utilizados para la producción de vegetales, los gastos en la compra de comida disminuyen. El Fairmount Waterfront Hotel en Vancouver, cultiva hierbas, flores y vegetales en su techo. En esa medida, se estima que la cocina ahorra 30.000 dólares al año en gastos de comida.

## **6. Materiales de recubrimiento que sirven como disipadores de calor y acústicos**

El “National Research Council” de Canadá publicó en 2003 los resultados de una investigación realizada en la ciudad de Ottawa, que presenta resultados en los cuales se observa que una cubierta vegetal reduce la transmisión de calor de ganancia de la edificación (período de verano) en un 95% respecto de una techumbre normal y que dicha reducción llega a un 26% en casos de pérdidas de calor (período de invierno). Es interesante destacar que la reducción en el gasto de energía eléctrica, por menor uso de equipos de aire acondicionado, fue equivalente a un 75%.

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

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

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

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

*MÓDULOS VEGETALES: UNA SOLUCIÓN VERDE EN LA CONSTRUCCIÓN*

- **Clima**

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

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

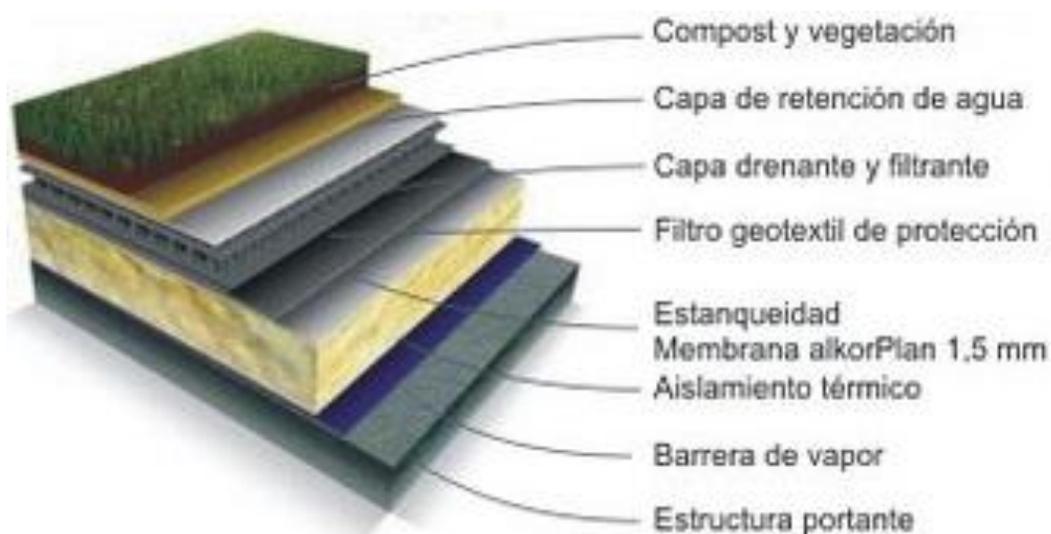
Esta característica los hace muy convenientes para edificaciones en zonas cercanas a aeropuertos o en edificaciones en las cuales se debe cuidar no contaminar acústicamente el entorno, tales como centros de eventos u otros.

## 7. Cubiertas vegetales existentes

### 7.1 Tipos de cubiertas verdes

- **Las Cubiertas Verdes Extensivas:**

Son aquellas donde su medio de crecimiento es menor o igual a 15 centímetros. Son cubiertas de pequeñas vegetaciones como gramas, musgos plantas herbáceas que requieren de poco mantenimiento y no generan grandes solicitaciones de carga para la estructura, por lo cual son ideales para edificios ya existentes. El peso saturado puede oscilar entre 58 y 170 kilogramos por metro cuadrado.



**Figura 2.** Tipo de cubierta extensiva

Fuente:



**Figura 3.** Tipo de cubierta verde extensiva

Fuente:

- **Las cubiertas Verdes Intensivas:**

Tienen un espesor mayor de 15 centímetros de medio de crecimiento y un mantenimiento más regular, ya que pueden llegar a ser grandes jardines, incluso con árboles frutales, hortalizas, verduras, etc. Este tipo de cubiertas por sus cargas adicionales pueden ser importantes dependiendo del espesor de la capa vegetal y se destina a construcciones nuevas donde se puede calcular las cargas para la nueva estructura. El peso saturado puede oscilar entre 240 y 960 kilogramos por metro cuadrado.

*MÓDULOS VEGETALES: UNA SOLUCIÓN VERDE EN LA CONSTRUCCIÓN*



**Figura 4.** Tipo de cubierta intensiva

Fuente:



**Figura 5.** Cubierta de tipo extensivo

Fuente: *Kenji Ulises López Rivera- The Phi Project*

A continuación se podrá observar en la tabla 1 los diferentes tipos de cubiertas verdes:

**Tabla 1.** Comparación técnica de cubiertas verdes

<b>Categoría</b>	<b>Extensivas</b>	<b>Semi-extensivas</b>	<b>Intensivas</b>
Mantenimiento	Bajo	Periódicamente	Alto
Irrigación	Nula o básica	Periódicas	Continua
Vegetación	Musgo, hierbas, césped	+ Arbustos	+ Arboles pequeños
Sustrato	2-15 cm	10-20 cm	20-60 cm
Altura	6-20 cm	12-25cm	25- + 100 cm
Peso	60-150 Kg/m <sup>2</sup>	120-200 Kg/m <sup>2</sup>	180- 500 Kg/m <sup>2</sup>
Usos recomendados	Capa de protección ecológica	Cubiertas decorativas habitables	Cubiertas estilo parque

Fuente: (Pascual, 2009: 37)

Como se puede observar en este cuadro comparativo y lo dice pascual en su texto, la utilización de cubiertas verdes extensivas va enfocada a una capa de protección ecológica; lo que se pretende realizar a partir de este trabajo es enfocarnos en crear un módulo de construcción donde logremos vincular este tipo de cubiertas a partir de módulos transitables y no sean simplemente una cubierta de techo, si no que se logre implantar en lugares áridos que permitan el embellecimiento de la naturaleza en el espacio y su contemplación directa.

En la siguiente tabla se mostrara una comparación cualitativa de las cubiertas para

observar un poco más a fondo las ventajas y desventajas del producto.

**Tabla 2.** Comparación entre los sistemas extensivo e intensivo

<b>Cubiertas verdes extensivas</b>	<b>Cubiertas verdes intensivas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustrato delgado, poca o nula irrigación, condiciones estresantes para las plantas, baja diversidad de plantas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustrato profundo, sistemas de irrigación requeridos, condiciones mas favorables para las plantas, alta diversidad de plantas</li> </ul>
<b>VENTAJAS</b>	<b>VENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Livianas, donde los techos no requieren de refuerzos estructurales adicionales.</li> <li>• Adecuadas para grandes áreas.</li> <li>• Aptas para cubiertas con pendientes de 0 a 30 grados</li> <li>• Escaso mantenimiento y larga durabilidad</li> <li>• Generalmente no necesitan sistemas de riego tecnificados, ni especializados de drenaje.</li> <li>• Requieren poca ayuda profesional</li> <li>• Generalmente son adecuados para proyectos de reconstrucción.</li> <li>• La vegetación se puede dejar para que crezca de forma espontánea, lo que le brinda una imagen mas natural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran diversidad de plantas y hábitats muy buenas propiedades de aislación.</li> <li>• Pueden simular la presencia de parques y jardines.</li> <li>• Poseen un diseño paisajístico elaborado aumentando el valor estético</li> <li>• Generalmente accesibles, permitiendo transito y recreación.</li> <li>• Mayor capacidad de retención de aguas lluvias.</li> </ul>
<b>DESVENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menores beneficios de ahorro energético y retención de aguas lluvias.</li> <li>• Menor selección de plantas disponibles</li> <li>• Usualmente acceso para uso recreativo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran carga adicional para el techo.</li> <li>• Necesidades de sistemas de irrigación y drenaje.</li> <li>• Altos costos de mantenimiento e instalación del sistema.</li> <li>• Sistema mas complejo, por lo q requiere apoyo técnico profesional permanente.</li> </ul>

Fuente: (Pascual, 2009: 38)

Se observan algunas diferencias y ventajas de cada uno de los tipos de cubiertas verdes, logrando inquietar y provocar mejoras en los sistemas. Al conocer un poco más de los sistemas se comprenderá que existen dos sistemas de manejo: sistemas completos y sistemas modulares de los cuales profundizaremos un poco a continuación.

## 7.2 Sistemas de cubiertas verdes

- **Sistemas completos**

Los sistemas completos son aquellos en los cuales todos los componentes forman una unidad integral que se distribuye de forma continua y homogénea por la superficie de cubierta. Son por lejos los sistemas mas usados y difundidos (Pascual, 2009). Estos sistemas representan una mayor flexibilidad de diseño, elección de componentes (sustratos, sistemas de riego, vegetación entre otros), usos, y fácil adaptación a las diferentes figuras geométricas de los techos.



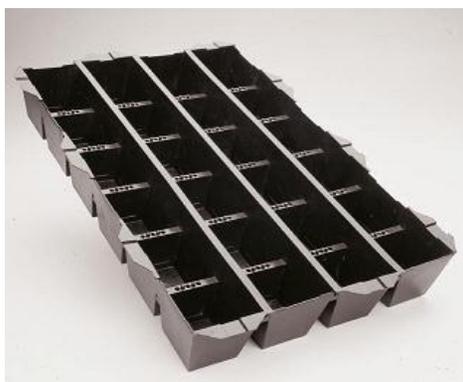
**Figura 6.** Sistema completo de tipo extensivo

Fuente:

- **Sistemas modulares**

Son aquellos basados en unidades modulares (paneles y bandejas) que contienen vegetación, sustrato y sistema de drenaje elaborados fuera de sitio, luego se instalan flotantes sobre una azotea o techo, alcanzando una cobertura homogénea. (Pascual, 2009). Para este sistema existen varias condiciones por sus características de fabricación fuera de sitio por lo cual tenemos que tener en cuenta su peso, preferiblemente livianas por lo cual para este tipo de cubiertas se trabaja con tipos de cubiertas extensivas y semi-intensivas.

Este sistema de cubiertas verdes es el idóneo para aplicar en el producto de construcción a desarrollar, logrando establecer un producto de fácil comercialización y como se dijo anteriormente lograr obtener un producto extensivo transitable y de fácil instalación. Para este sistema se encontró algunas canastillas de germinación como la que se presenta a continuación:



**Figura 7.** Sistema modular de cubiertas verdes

Fuente:

### 7.3 Algunas cubiertas verdes en el mercado

- **Cubiertas Vegetales de Corma** Se trata de unos tepes de fibra de coco,

*MÓDULOS VEGETALES: UNA SOLUCIÓN VERDE EN LA CONSTRUCCIÓN*

vegetados con especies seleccionadas, pensados para su uso en cubiertas ajardinadas en el clima mediterráneo y continental. Seleccionado una colección de especies especialmente resistentes y adecuadas para su uso en cubiertas, de fácil y rápida instalación, sin necesidad de personal especializado. mide 1 m. de ancho por 2,40 m. de largo, y pesa en condiciones de envío unos 15 Kg, El tepe se debe instalar sobre una capa de sustrato de unos 6 a 10 cm., en función de la situación y clima.

- 



**Figura 8.** Esquema de Cubierta Vegetal de Corma

Fuente:

- **Cubierta vegetal espontánea de sedum sediforme.** Se caracterizan es que no hay necesidad de la intervención humana y, sobretodo, sin necesidad de los elaborados sistemas constructivos que conlleva una cubierta verde convencional. Otra característica es que se pueden ver distintas especies de suculentas: sedum, aeonium, crassulas y echeverias colonizan tejados de teja sin necesidad de sustrato alguno



**Figura 9.** Fotografía Cubierta espontánea

Fuente:

## 8. Pisos para césped

Son sistemas permiten que el pasto sobreviva a las mascotas y al tránsito de autos, por lo general son rejillas de polipropileno y bloques en hormigón. El objetivo de estos sistemas es que el césped puede seguir creciendo, que permiten el desarrollo de la hierba y que resisten pesos importantes, ideales para una entrada de garaje.

Las rejillas de polipropileno son por lo general de 30 cm x 30 cm encastrados entre sí, impiden que perros y gatos escarben y levanten las raíces del césped, a la vez que permiten el tránsito normal. Confeccionadas en polipropileno de alta resistencia, con un tratamiento especial para impedir su deterioro por efecto de los rayos solares, pueden adquirirse en viveros y veterinarias. Éstas se colocan muy fácilmente, apoyándolas sobre el césped y fijándolas por un sistema de encastre.



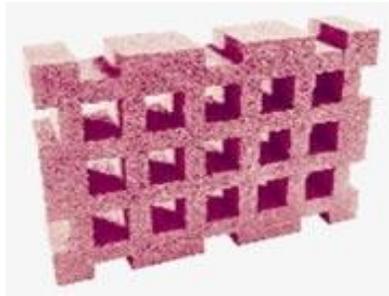
**Figura 10.** Rejilla de polipropileno

Fuente:

Por su parte Los bloques de hormigón son una solución para combinar césped con superficies transitables, como patios, entradas de autos y senderos. La superficie resultante

*MÓDULOS VEGETALES: UNA SOLUCIÓN VERDE EN LA CONSTRUCCIÓN*

desagota el agua por sí misma, en forma natural. Cada bloque cubre el césped en un 50% y está construido en hormigón vibrado y comprimido de alta resistencia. se consiguen en diferentes formatos, tanto rombos como cuadrados, en el color del concreto o en gris, rojo o negro. Su espesor varía entre 8 y 10 cm y cada unidad pesa entre 16 y 19 kilos. Se venden por unidades o por m<sup>2</sup>.



**Figura 11.** Bloque en hormigón

Fuente:

Viendo en las grandes superficies de materiales de construcción que no existen materiales de característica modular que en su recubrimiento cuenten con una cobertura vegetal fácil y cómoda de instalar.

## **9. DISEÑO DE LOS MÓDULOS**

Este diseño parte del hecho de que las estructuras modulares son la mejor alternativa de comercialización, transporte y desarrollo de estructuras verdes extensivas, logrando llevar a cabo una combinación de ventajas que, junto con las intensivas, proponen desarrollar paneles de libre acceso y contemplación.

El manejo de módulos en las cubiertas verdes nos permite diseñar paisajes con diferente tipo de material vegetal, de fácil combinación y diseño, logrando así cambiar el concepto planteado por Pascual de que las cubiertas verdes extensivas son limitadas en diseño y variabilidad.

### **Material de fabricación**

Para el diseño es necesario encontrar un material liviano, de fácil manipulación y durabilidad a las inclemencias del clima, fractura y corrosión, que a la vez permita un fácil drenaje y cumpla con propiedades físico-mecánicas como la repelencia del agua, y que tenga cualidades inertes para evitar la contaminación de los productos vegetales que estos albergarán; es de gran importancia ser consecuente con el trabajo verde a realizar por eso se utilizara un material que cumpla todas las exigencias nombradas y además sea amigable con el ambiente, por eso el material a utilizar será el PET reciclado.

### **Características PET:**

El Polietilen Tereftalato (PET) es un Poliéster Termoplástico y se produce a partir de dos compuestos principalmente: Ácido Terftálico y Etilenglicol, aunque también puede obtenerse utilizando Dimetiltereftalato en lugar de Ácido Tereftálico. Este material tiene una baja velocidad de cristalización y puede encontrarse en estado amorfo-transparente o cristalino.

El Polietilen Tereftalato en general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad. De acuerdo a su orientación presenta propiedades de transparencia, resistencia química; esta resina es aceptada por la Food and Drugs Administration (FDA).

Existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y cristalinidad. Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra, los de peso molecular medio, grado película y, de mayor peso molecular, grado ingeniería.

- **Aplicaciones**

En la actualidad se están abriendo cada vez más nuevos campos de aplicación y se desarrollan botellas PET de alta calidad y reducido peso, entre sus aplicaciones más importantes dentro de los siguientes sectores:

- **Envase y Empaque**

Las firmas de maquinaria han contribuido en gran medida a impulsar la evolución de manera rápida de los envases, por lo que hoy se encuentran disponibles envases para llenado a temperaturas normales y para llenado en caliente; también se desarrollan envases muy pequeños desde 10 mililitros hasta garrafones de 19 litros. Los tarros de boca ancha son utilizados en el envasado de conservas alimenticias.

- **¿Por qué el PET?:**

El PET es el plástico más comúnmente reciclado en los E.U. y Europa. Se emplea generalmente en envases y botellas y frecuentemente contiene estabilizantes y retardantes de flama. La cantidad total de pigmentos y aditivos que contiene puede alcanzar el 30% de su peso. Su producción emplea sustancias irritantes y durante su producción pueden emplearse metales pesados como catalizadores, mismos que terminarán siendo liberados al ambiente. Sin embargo, se considera que el PET no ocasiona impactos severos a la salud, y representa un riesgo menor

### *MÓDULOS VEGETALES: UNA SOLUCIÓN VERDE EN LA CONSTRUCCIÓN*

para el ambiente que el PVC. Greenpeace considera que el reciclaje de PET es de los materiales que más se debería incentivar a reciclar.

#### *Módulos hechos en PET:*

Químicamente el PET es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres. Es un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad. Como todos los termoplásticos puede ser procesado mediante extrusión, inyección, inyección y soplado, soplado de preforma y termoconformado

#### **Especificaciones**

- Alta transparencia, aunque admite cargas de colorantes.
- Alta resistencia al desgaste y corrosión.
- Muy buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química y térmica.
- Muy buena barrera a CO<sub>2</sub>, aceptable barrera a O<sub>2</sub> y humedad.
- Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.
- Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.
- Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.

#### **Material vegetal y sustrato**

El desarrollo y escogencia del material vegetal y el sustrato estará determinado por el gusto del diseñador y el usuario. Es indispensable crear protocolos de crecimiento y desarrollo vegetativo de diferentes especies a nivel urbano, distinguiendo colores, aromas y propiedades

#### MÓDULOS VEGETALES: UNA SOLUCIÓN VERDE EN LA CONSTRUCCIÓN

medicinales o comestibles para poder lograr una gama infinita de producción, satisfaciendo las necesidades de cada cliente y lograr estilos personalizados de diseño y producción. A continuación describiremos las características idóneas para la producción de pasto bermuda:

- El material vegetal a producir en un principio, será pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) por su coloración, su alta resistencia al pisoteo, ya que su utilización primordial aplica a campos deportivos, cumpliendo con la premisa de lograr zonas de contemplación directa, su buena adaptación a regímenes de sequía y lluvia, lo cual no solo brindara una adaptabilidad a la sabana de Bogota si no permite su utilización en diferentes pisos térmicos, la facilidad de producción y resistencia a temperaturas extremas soportando desde -1°C hasta 40°C, es importante la luminosidad en horas/día por lo cual la ubicación geográfica de Colombia, zona tropical permitirá 12 horas de luz en promedio diarias.

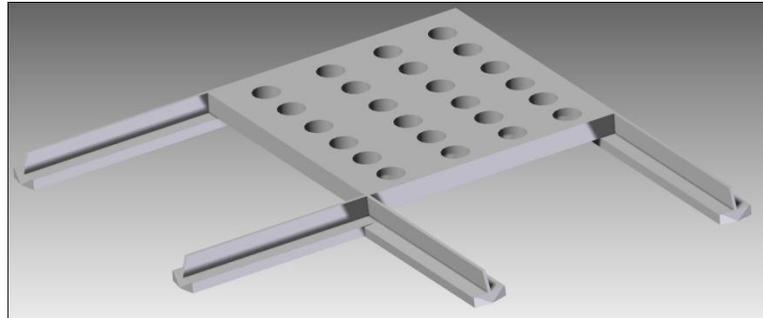
Las exigencias necesarias para su producción respecto al sustrato son:

- Suelos bien drenados, como limos y arenas con grandes concentraciones de elementos como el Nitrógeno, Fósforo y Potasio elementos que se brindaran con la capa orgánica que se escogerá en el sustrato, el Ph. ideal para esta especie es ligeramente alcalino de 6.5-8.5.
- El sustrato a trabajar será una mezcla de arena en un 70%, grava fina en un 10% tierra negra 15% y cascarilla de arroz en un 5%. Logrando así las condiciones ideales de suelo para su producción. Este debe presentar una buena aireación, la cual se dispondrá en el diseño.

- **Diseño preliminar**

Los módulos vivientes fueron pensados para cubrir áreas como las azoteas de los apartamentos y en las casas cubrir las placas con acceso específicamente para optimizar los tiempos, y los rendimientos en obra, haciendo a un lado las humedades y el uso de sustratos. Siendo este un método constructivo limpio y totalmente modular para volver superficies áridas

en “superficies vivientes”.

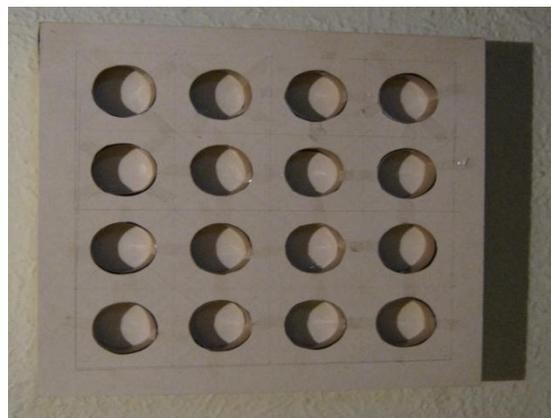


**Figura 12.** Reinder modulo viviente

Fuente:

### 9.1 El modulo viviente

El Modulo Vivientes cuentan con una dimensión de 0.40mts de largo x 0.40 de ancho van ensamblados al riel tienen un espesor de .06 y tiene una fibra de aislación impermeable que en conjunto con el otro componente (modulo) permite tener excelente difusor de calor y de ruido además este módulo genera captura de Co2.



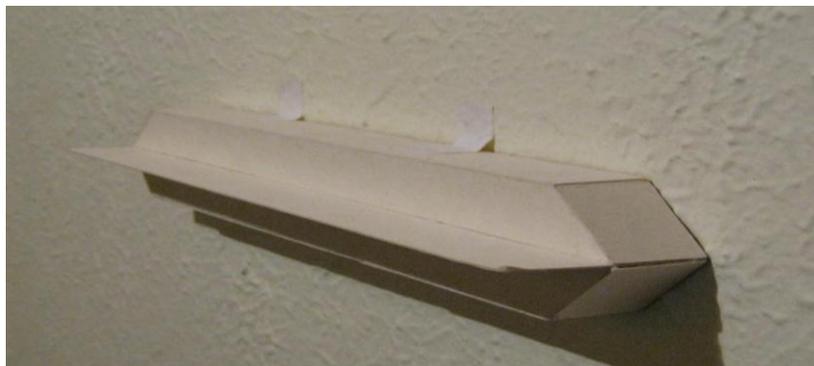
**Figura 13.** Fotografía del módulo en planta

Fuente:

*MÓDULOS VEGETALES: UNA SOLUCIÓN VERDE EN LA CONSTRUCCIÓN*

- El Modulo Vivientes cuentan con una dimensión de 0.40mts de largo x 0.40 de ancho van ensamblados al riel tienen un espesor de .06 y tiene una fibra de aislación impermeable que en conjunto con el otro componente (modulo) permite tener excelente difusor de calor y de ruido además este modulo genera captura de Co2.

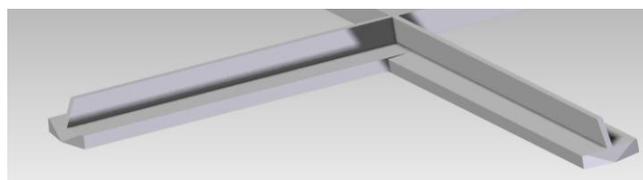
## 10. Estructura del módulo



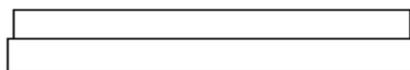
**Figura 14.** Fotografía de la estructura

Fuente:

- La estructura para sostener el modulo viviente es una pieza en forma de T que tiene por dimensiones 0.40 Mts de largo por 0.06 de alto y cada pestaña de ensamble tiene 0.03 Mts.



VISTA EN PLANTA DE LA ESTRUCTURA



VISTA LATERAL DE LA ESTRUCTURA

**Figura 15.** Render de la estructura y vistas de la estructura

Fuente:

## 11. Diseño final

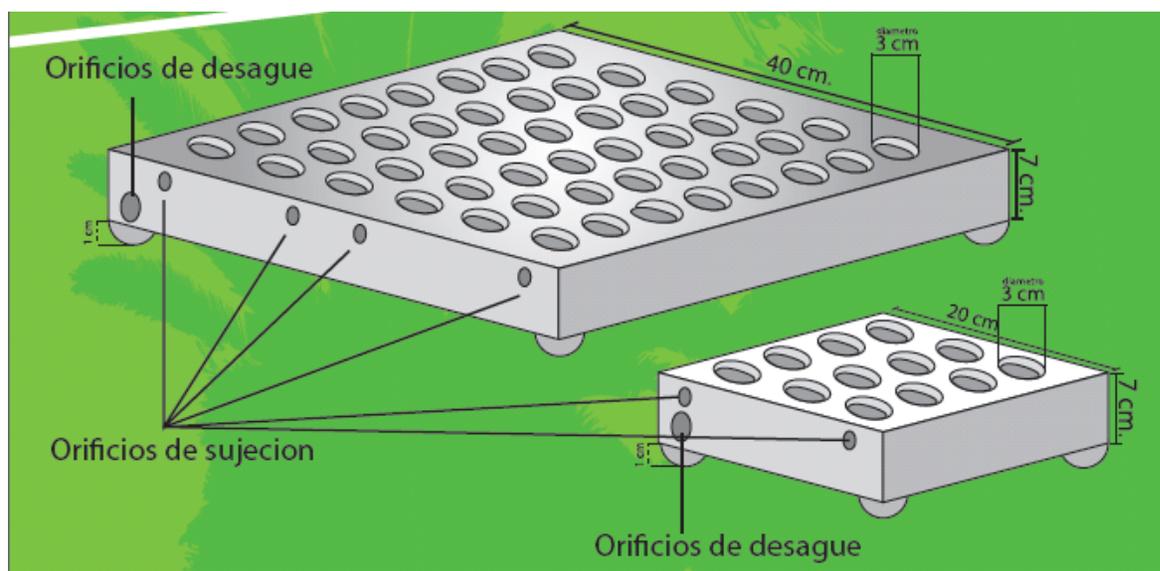
El diseño anterior fue el primer modelo, partiendo de varios elementos que componían la estructura de un solo modulo, haciéndolo pesado, complejo y de difícil industrialización por el número de piezas utilizadas. Por lo cual se realiza un re-diseño, es importante la reducción de piezas y deshacerse de peso muerto innecesario por lo cual se desarrolla un cambio estructural en el módulo a construir, cambiando la base flotante con grandes soportes y gran dimensión por metro cuadrado, por pines adheridos a la estructura, los cuales logran el aislamiento de la capa estructural necesario, para aislar el módulo 1 cm de esta.

Se realizan dos tipos de módulos los cuales presentan las siguientes dimensiones y puntos de sujeción:

**Tabla 3.** Dimensiones módulos verdes (Diseño final)

Tamaño	Espesor	Orificios de sujeción
40X40 cm	7 cm	4
20X20 cm	7 cm	2

Fuente: elaboración propia

*MÓDULOS VEGETALES: UNA SOLUCIÓN VERDE EN LA CONSTRUCCIÓN*

**Figura 16.** Dimensiones del diseño final (módulos verdes)

Fuente:

## **12. Forma de ensamble de los módulos**

Se realiza una retícula con la estructura dejando espacios de 0.40X0.40 donde se instalaran los módulos comprados según la extensión del área a cubrir. El sistema es de encaje sobre la estructura.

### Beneficios del material

- Rápido ensamble de los materiales
- Cubre pequeñas áreas tanto como grandes extensiones siendo el mismo sistema para ambos casos.

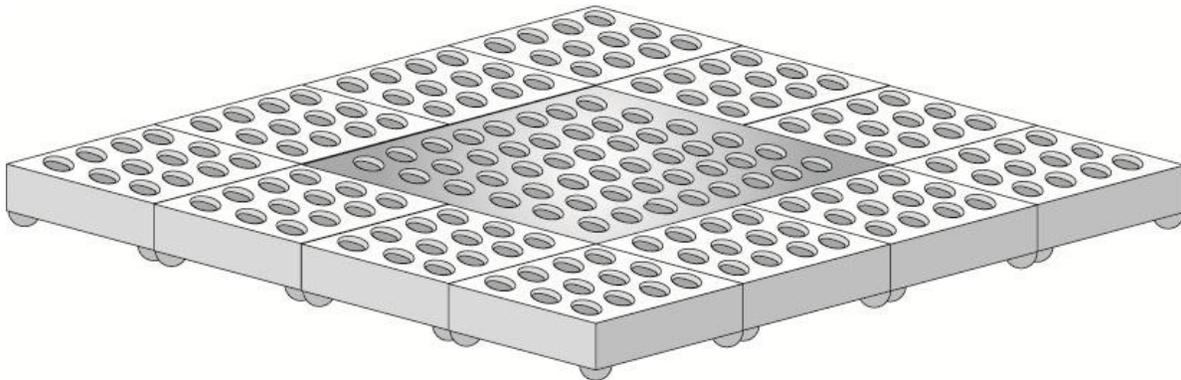
- Obra limpia
- No se necesita experiencia específica para el montaje del producto.
- Ayuda a la captura del CO<sub>2</sub>
- Empradiza áreas áridas con poco mantenimiento del modulo.
- Todo el producto se encuentra en almacenes de cadena.
- Se puede reutilizar el material para otros proyectos.

### *Módulos instalados*



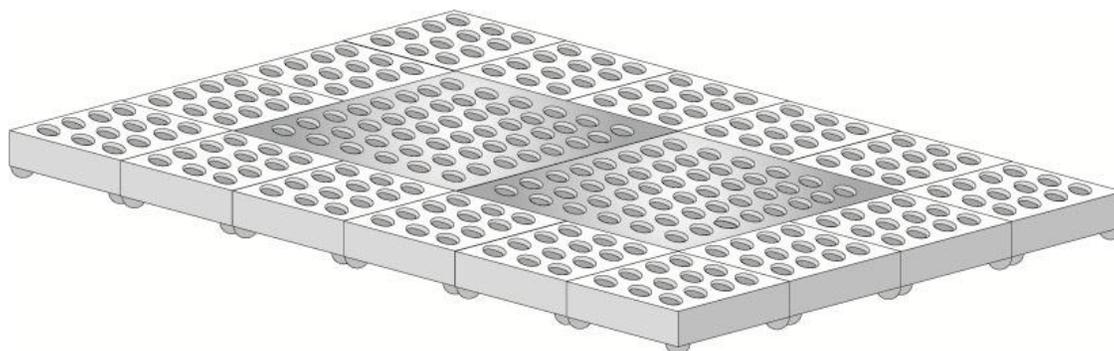
**Figura 17.** Ejemplo de modulación para áreas cuadradas y rectangulares.

Fuente:



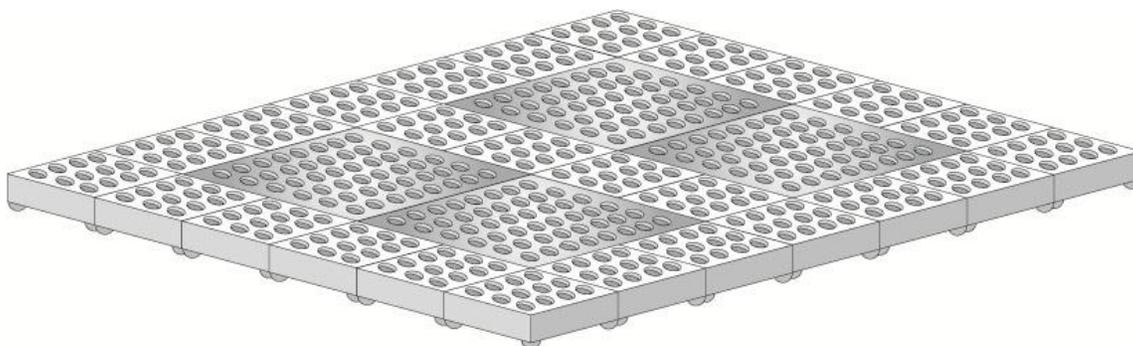
**Figura 18.** (continuación) Ejemplo de modulación para áreas cuadradas.

Fuente:



**Figura 19.** (continuación) Ejemplo de modulación para áreas rectangulares.

Fuente:



**Figura 20.** (continuación) Ejemplo de modulación para áreas cuadradas.

Fuente:

Este tipo de combinaciones de los módulos, permitirán jugar con los espacios y sus dimensiones logrando disminuir el efecto geométrico de los espacios además de la instalación de dilatadores en n-propil.

### **13. Conclusiones y resultados**

- Los pisos verdes que existen en el mercado tienen como factor relevante la utilización de recursos naturales que sean abundantes, o mejor aún, renovables, sin embargo salvo escasas excepciones, no se demandan estos productos porque sean ecológicos, sino por su apariencia, textura y rendimiento.
- Esta forma de emperadización es totalmente fácil de armar puesto que sus componentes vienen ya dispuestos para que cualquier persona con el mínimo de herramientas para el desarrollo del proyecto.
- El desarrollo de productos de fácil instalación y distribución logran un mayor impacto en el consumidor para lograr su distribución y aceptación.
- La utilización de materiales amigables con el ambiente es una necesidad básica de la cultura mediática de nuestros días
- La producción de cubiertas verdes, genera una disminución en los efectos negativos del crecimiento demográfico, la contaminación del aire, y el efecto isla de calor generado por las grandes ciudades.
- Se define un nuevo diseño de módulos verdes en Colombia.
- Se define el tipo de mercado y el tipo de comercialización.
- Se evidencio la falta de políticas claras en Colombia frente a los temas medio ambientales y la construcción.

### Bibliografía

CORNEJO PASCUAL, Constanza. *Cubiertas verdes*, Serie de documentos Técnicos Universidad De Chile Facultad De Arquitectura Y urbanismo Departamento de Ciencias De La Construcción. Santiago, I,S,B,N. No.798-856-19-0642-06, 2009. 82 p.

INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION (IGRA) trabaja a nivel mundial para dar a conocer las ventajas de las cubiertas ecológicas y ajardinadas. [www.igra-world.com](http://www.igra-world.com). La Cubierta Ecológica Como Material De Construcción.

JEANNERET, Charles-Edouard. *Viaje de oriente*. Artes Gráficas Soler S.A. Valencia, 1993.

NEILA, Javier. Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura. Univ. Del Zulia, VENEZUELA Dpto. de Construcción y Tecnología Arquitectónica. E.T. S. de Arquitectura. U.P.M. ,ESPAÑA

NOLL, Herman. *Inicio de un Proyecto de Cubiertas Vegetales*, [en línea], Chile, Corporación de Desarrollo Tecnológico | Cámara Chilena de la Construcción, 2010, [citado 19-02-2010], Formato HTML, Disponible en Internet <http://cubiertasvegetales.cdt.cl/index.php>, ISBN 968-36-5137-2.

ORTEGA y otros. *Cubiertas vegetales, una revisión histórica y técnica*. UNAM. México, 2008

**Anexo 1: Planos técnicos**