

IMPLEMENTACIÓN DE VEGETACIÓN PARA EL CONFORT TÉRMICO Y LA  
EFICIENCIA ENERGÉTICA, EN LA VIVIENDA SOCIAL DE CALI

KAREN LONDOÑO  
DANIEL MERA

Universidad Icesi  
Facultad de Ingeniería  
Programa de Diseño Industrial  
Santiago de Cali  
2015

IMPLEMENTACIÓN DE VEGETACIÓN PARA EL CONFORT TÉRMICO Y LA  
EFICIENCIA ENERGÉTICA, EN LA VIVIENDA SOCIAL DE CALI

KAREN LONDOÑO  
DANIEL MERA

Proyecto de grado

MARÍA CLARA BETANCOURT  
PhD Arquitectura y urbanismo

Universidad Icesi  
Facultad de Ingeniería  
Programa de Diseño Industrial  
Santiago de Cali  
2015

## Índice

<b>ÍNDICE</b> .....	<b>1</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>3</b>
<b>LISTA DE ILUSTRACIONES</b> .....	<b>4</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	<b>5</b>
<b>GLOSARIO Y ABREVIACIONES</b> .....	<b>6</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>1</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>FICHA TÉCNICA</b> .....	<b>5</b>
<b>PROBLEMA</b> .....	<b>5</b>
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
<i>ENUNCIADO DEL PROBLEMA</i> .....	8
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	9
HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	9
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>VIABILIDAD</b> .....	<b>10</b>
VIABILIDAD .....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
LUGAR O ESPACIO .....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TIEMPO.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FINANCIACIÓN .....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>11</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
SECCIÓN 1.1 .....	12
SECCIÓN 1.2.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
SECCIÓN 2.1 .....	17
SECCIÓN 2.2.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>27</b>
SECCIÓN 3.1 .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
SECCIÓN 3.2 .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>3</b>
<b>DISCUSIÓN Y MARCO CONCEPTUAL</b> .....	<b>4</b>
<b>HIPÓTESIS DE DISEÑO</b> .....	<b>4</b>
<b>PROMESA DE VALOR</b> .....	<b>4</b>
<b>DETERMINANTES</b> .....	<b>4</b>
<b>REQUERIMIENTOS Y PRINCIPIOS</b> .....	<b>5</b>
PRINCIPIOS DE DISEÑO .....	5
REQUERIMIENTOS DE USO .....	5
REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN .....	5
REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES.....	5
REQUERIMIENTOS TÉCNICO-PRODUCTIVOS .....	5
REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS O DE MERCADO .....	6
REQUERIMIENTOS DE IDENTIFICACIÓN.....	6
REQUERIMIENTOS LEGALES .....	6
<b>CONCEPTO</b> .....	<b>6</b>
<b>PROCESO DE PROPUESTA</b> .....	<b>6</b>
<b>PROPUESTA</b> .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
ASPECTOS DE MERCADO Y MODELO DE NEGOCIO .....	16
ASPECTOS DE FACTORES HUMANOS .....	33
ASPECTOS PRODUCTIVOS Y DE IMPACTO AMBIENTAL.....	46
ASPECTOS DE COSTOS .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>64</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>66</b>
<b>ANEXOS/APÉNDICES</b> .....	<b>69</b>
<b>ANEXO 1. CRONOGRAMA</b> .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>

## **LISTA DE TABLAS**

**No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.**

## **LISTA DE ILUSTRACIONES**

**No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.**

## LISTA DE ANEXOS

Anexo x.....

Anexo x.....

## GLOSARIO Y ABREVIACIONES

**Viviendas social (VS):** Solución habitacional a nivel de ciudadela que el estado entrega a personas y comunidades que no pueden acceder a una vivienda digna por sus propios medios, con el fin de paliar un déficit habitacional.

**SDLAC:** Solar Decathlon Latin America & Caribbean - Cali, Colombia - 2015.

**Confort Térmico:** Concepto subjetivo que expresa el bienestar físico y psicológico de las personas, cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire son favorables para la actividad que desarrolla.

**Calidad ambiental interior:** Concepto operativo, integral, moderno y complejo en la forma de asumir los riesgos y las soluciones para pensar en ambientes saludables.

**Bioclimático:** Dicho de un edificio o de su disposición en el espacio: Que trata de aprovechar las condiciones medioambientales en beneficio de los usuarios.

**Solución pasiva:** Estrategia aplicada en arquitectura bioclimática que se refiere al uso de cero energía eléctrica.

**Vano:** Término que se refiere a las aperturas de una fachada o envoltente arquitectónica.

**Solar Decathlon:** Competición de nivel internacional sobre construcción sostenible y eficiencia energética e innovación en la vivienda.

**Calicivita:** Equipo participante en SDLAC conformado por Estudiantes y profesores de la Universidad Icesi y la Pontificia Universidad Javeriana de Cali.

## ABSTRACT

**Purpose** – This Project aims to examine the climate factors and the materiality of Cali's social housing, analyzing the relationship of these elements with the thermal comfort and the environmental quality that experience the inhabitants, from the approach of the openings in facades and vegetation as a heat insulator in urban architecture. From the investigation the project is guided to develop a design solution that considers the different scenarios requirements related with the sunlight impact, the use of vegetation, offering an improvement in the thermal comfort sensation inside the building.

**Methodology** – Initially, it was identified a thermal discomfort condition of the inhabitants of Cali's social housing and a lack of bioclimatic conditioning systems that qualify as passive and sustainable for this particular sector. Following this, it was conducted an investigation about the different elements that define comfort and environmental quality, such as façade openings, the use of passive and active bioclimatic systems, the vegetation as a possible heat insulator, emerging regulations on energy efficiency in Colombia among others. Later the information was validated through interviews, temperature measurements and polls, and there were defined the relevant objectives and requirements of the project. Finally it was developed an integral problem solution from the creation of Viva, a functional system created from industrial design.

**Results** – From the investigation it was determined that Cali's social housing requires an adjustable and adaptable façade design according to climate factors and sunlight impact. It was concluded that is necessary the use of vegetation for the treatment of thermal comfort in social housing through passive strategies of bioclimatic conditioning. Therefore it was designed Viva, a mobile façade system that implements vegetation and openings in an adjustable, adaptable and efficient way.

**Practical Implications** – The project on its investigation, development and implementation phases makes that the closings and facades designs are reevaluated in terms of comfort from the sustainability for the inhabitants and the efficient use of resources. It is necessary to evaluate the economic implications of the system use, taking into account that it represents a sustainable alternative to the air conditioning consumption. At last there must be evaluated the cultural implication of the application of Viva, as a system that strengthens the identity of the inhabitants by the system aesthetics and the ornamental quality of the vegetation, a non-functional aspect that makes people feel into a different atmosphere.

**Originality / value of research** – To improve the thermal comfort of the inhabitants of Cali's social housing through the implementation of native vegetation in an adjustable and adaptable mobile façade system, entail an innovative design that sets apart from the current bioclimatic conditioning systems offers. Viva generates a symbiotic interaction between the human being and nature, providing thermal comfort and energy efficiency benefits, while protects the environment where its developed and used because of the efficient use of resources, its life cycle, and its zero energy performance.

**Keywords** – thermal comfort, vegetation, openings, façade, social housing, adaptable, adjustable, mobile, modular, zero energy, passive system

## RESUMEN

**Propósito** – Este proyecto busca profundizar en los factores climáticos y la materialidad de la vivienda social de Cali, analizando la relación que tienen estos elementos con el confort térmico y la calidad ambiental que experimentan los habitantes de las viviendas, desde el enfoque de los vanos en las fachadas y la vegetación como mitigadora del calor en la arquitectura urbana. A partir de la investigación se busca desarrollar una solución de diseño que tenga en cuenta los requerimientos de los diferentes escenarios relacionados con el impacto del sol, que haga uso de la vegetación, brindando una mejora en la sensación de confort térmico dentro de la vivienda.

**Metodología** – Inicialmente se identificó una condición de desconfort térmico en los habitantes de vivienda social en Cali, y una carencia de sistemas de acondicionamiento bioclimático que sean pasivos y sostenibles para este sector en particular. Seguido de esto se realizó una investigación sobre todos los diferentes elementos que definen el confort y la calidad ambiental en la vivienda social de Cali, tales como vanos de fachada, el uso de sistemas bioclimáticos activos y pasivos, la vegetación como posible mitigadora del calor, normativas emergentes sobre la eficiencia energética en Colombia entre otros. Posteriormente se validó la información a través de entrevistas, mediciones de temperatura y encuestas, donde se definen los requerimientos y los objetivos relevantes del proyecto. Por último se desarrolló una solución integral para el problema a partir de la creación de Viva, un sistema funcional creado a partir del diseño industrial.

**Resultados** – A partir de la investigación se determinó que la vivienda social de Cali requiere un diseño adaptable y graduable de las fachadas de acuerdo a factores climáticos y de soleamiento. Se concluyó que es indispensable el uso de vegetación para el tratamiento del confort térmico en la vivienda a partir de estrategias pasivas de acondicionamiento bioclimático. Por esto se diseñó Viva, un sistema de fachada que implementa vegetación y vanos de forma adaptable graduable y eficiente.

**Implicaciones prácticas** – El proyecto en sus etapas de investigación, desarrollo e implementación hace que se reevalúe el diseño de las fachadas y cerramientos de las viviendas en términos de confort a partir de la sostenibilidad para los habitantes y eficiencia en el uso de recursos. Es necesario evaluar las implicaciones económicas del uso del sistema al representar una alternativa sostenible frente al consumo de sistemas de aire acondicionado. Por último se deben evaluar las implicaciones culturales que tiene la aplicación de Viva como elemento que fortalece la identidad de una vivienda por medio de la estética del sistema y la cualidad ornamental de la vegetación, un aspecto no funcional que hace que las personas se sientan en una atmósfera distinta.

**Originalidad y valor de la investigación** – Mejorar el confort térmico de los habitantes de la vivienda social de Cali a partir de la implementación de vegetación originaria de la región en un sistema adaptable y graduable de fachada ventilada, conlleva a una propuesta innovadora que se aleja de la oferta actual de sistemas de acondicionamiento bioclimático. Viva genera una interacción simbiótica entre el ser humano y la naturaleza que brinda beneficios de confort térmico, y eficiencia energética, y que a su vez protege al medio ambiente en el que habita por la eficiencia en el uso de recursos, su ciclo de vida y su uso de cero energía eléctrica.

**Palabras claves** – confort térmico, vegetación, vanos, fachada, vivienda social, adaptable, graduable, móvil, modular, cero consumo, sistema pasivo

## INTRODUCCIÓN

La vivienda social de la ciudad de Cali presenta una deficiencia en el confort térmico que reduce la calidad ambiental interior y afecta directamente a sus habitantes mientras genera un consumo energético ineficiente e insostenible ambiental y económicamente. La implementación de vegetación en la vivienda social podría mejorar las condiciones de confort térmico de la población y por ende ofrecer beneficios en términos ambientales, económicos y culturales.

---

## FICHA TÉCNICA

### Problema

#### Planteamiento del problema

##### *Antecedentes*

La vivienda social de la ciudad de Cali presenta una deficiencia en el confort térmico, produciendo como consecuencia bajos niveles en la calidad ambiental interior y un alto consumo energético por el uso de sistemas activos de acondicionamiento bioclimático.

Cali, capital del departamento del Valle del Cauca, es la ciudad más importante del suroccidente colombiano y cuenta con 2.320.000 habitantes. El clima es tropical ecuatorial, la cordillera Occidental bloquea los frentes de aire húmedo provenientes del Pacífico impidiendo que enfríen la ciudad. El clima es especial ya que la temperatura media anual está dentro del rango de confort, con periodos fríos y calientes durante el día por lo que se cruza la zona de confort tres veces en el mismo (Olgay 1968).

La temperatura media es de 24,6°C, un mínimo promedio es de 17,8°C y un máximo promedio es de 32,2°C. La estación seca ocurre de diciembre a marzo y de julio a agosto; la estación de lluvias se da de abril a junio. A pesar de que en la ciudad hay una abundante y exuberante vegetación, que ofrece un gran ambiente natural, se da una alteración en el confort térmico de la población caleña, afectando más a unos sectores que a otros.

Las características climáticas de Cali ya enunciadas y relacionadas con las cualidades del trópico por su ubicación geográfica suponen varios factores específicos para abordar el tema de confort térmico. Entre las diferentes definiciones

existentes, el confort térmico se puede explicar como un concepto subjetivo que expresa el bienestar físico y psicológico de las personas, cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire son favorables para la actividad que desarrolla (Sosa, M. E., Siem, G, 2004).

La subjetividad de este concepto hace que la aplicación de estrategias generales para su mejora tenga distintos desempeños de acuerdo al contexto en que se realice. En este caso, el trópico se aleja de los estándares climáticos ya planteados porque no considera variables de construcción y adaptación de las viviendas propias de la región que se derivan en aspectos como el uso de ventilación natural, hábitos de la población para buscar el confort durante el día como la vestimenta y la diferente adaptabilidad climática que ha desarrollado esta población.

En Cali, el sector residencial no cuenta con una planificación apta para el trópico. Según Betancourt (2013) la vivienda tropical como elemento independiente no soluciona el problema del ruido, polvo y calor que crea la ciudad, ya que no existe otra forma de tratarlo más que con el hermetismo hacia el espacio público lo que incrementa el uso de sistemas de aire acondicionado. Esta arquitectura tropical se puede aplicar a zonas suburbanas, pero no puede solucionar los problemas ambientales y climáticos que se dan en el interior de la ciudad.

La vivienda social es la más afectada en cuanto a confort térmico, ya que este concepto de vivienda ha enfrentado varias modificaciones políticas. “Las viviendas de interés “social” que se entregan hoy en día, al parecer no se hacen con el fin de proveer a los ciudadanos de soluciones dignas que resuelvan sus problemas de habitabilidad, sino para reducir los indicadores que alertan sobre un creciente déficit de vivienda.” (Acero y Aquirre 2010)

El impacto de esta deficiencia de confort térmico en Cali, se ve reflejado en la calidad ambiental que experimenta la población y en el consumo energético del sector residencial. Por un lado la condición de desconfort afecta en variadas dimensiones a los diferentes habitantes de las viviendas, ya que como lo concluye Perico (2009), el comportamiento térmico no depende únicamente de las condiciones climáticas, materiales, y elementos naturales, sino que se convierte en un concepto subjetivo a causa de la adaptación psicológica del individuo que habita el espacio, por lo cual el confort térmico está vinculado con la vestimenta y el metabolismo de cada persona.

El desarrollo de sistemas que logren mejorar el confort térmico en la vivienda social, podría aportar a una disminución del alto consumo energético que se genera en el sector residencial en general. Según el último reporte de Cali en Cifras (2012) el 41% del consumo de energía eléctrica se genera en el sector residencial. De este 41%, el 71% pertenece a los estratos 1 2 y 3. El sector residencial tiene el mayor

porcentaje de consumo en comparación con el sector comercial, industrial, público y otros, con porcentajes del 31%, 14%, 6% y 7% respectivamente.

La relación entre los diferentes escenarios que giran en torno al confort térmico, hacen que sea apremiante planear y ejecutar nuevas soluciones que mejoren el confort en la vivienda y sean pertinentes con las características de la región.

La implementación de vegetación es sumamente relevante para atender el problema del confort térmico y la eficiencia energética, ya que de acuerdo con las soluciones actuales de terrazas verdes en edificaciones industriales y comerciales, la aplicación correcta de la vegetación puede reducir en un 75% el uso de aire acondicionado y el calor puede ser reducido en un 23% dependiendo de la altura del edificio, ya que a mayor altura menor efectiva es esta solución. (Sempergreen 2014)

Según lo menciona Sosa y Siem (2004), en el Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico, la vegetación sirve para absorber la radiación solar, aislar térmicamente y sombrear los cerramientos de la envolvente, por lo que al situarse sobre los techos (también en corredores, accesos, galerías, exteriores y garajes), genera ambientes de gran calidad térmica. Sin embargo agregan que al significar una sobrecarga a la estructura se debe evaluar técnica y económicamente su aplicación.

Texto de los antecedentes del problema.

### ***Delimitación***

Respecto al contexto local, Betancourt (2013) asegura que “El uso de la vegetación es indispensable como complemento de la arquitectura para refrescar y filtrar la luz exterior.”, y agrega “En estas viviendas (sub-urbanas) la efectividad de la refrigeración pasiva depende de un buen manejo del clima y la vegetación a partir de la permeabilidad de las fachadas, el manejo de la piel.” Lo cual establece la posibilidad de extrapolar estas propiedades al sector residencial urbano y buscar su funcionamiento eficiente, aclarando que el objetivo principal será lograr el confort térmico, sin desligar la importancia de otros, en los que se podrá incidir más no trabajar directamente.

La aplicación de vegetación para el confort térmico se ha usado en edificaciones diferentes a las residenciales, lo que implica que hay ciertos parámetros que se deben tener en cuenta para ampliar beneficios y desechar errores; de igual forma es un punto de partida para definir la aplicación de plantas pequeñas, tratando que sean locales, así generar una simbiosis con el ambiente.

La construcción verde establece parámetros que sirven de guía para tratar el tema del confort climático y la eficiencia en el hogar. Entre estos está el ciclo de vida de

las construcciones (diseño, construcción, operación y mantenimiento), el cual se encuentra presente en el certificado de liderazgo energético y diseño sostenible LEED, otorgado por el concejo de construcción verde de Estados Unidos (USGBC).

Por otra parte, el diseño debe apartarse de la mejor forma y presentar una materialidad que esté ligada a toda la temática, lo que se traduce a implementar materiales en lo posible renovables, livianos, duraderos, etc; puesto que las viviendas requieren que la implementación de alternativas de confort térmico y eficiencia energética tenga como resultado un elemento que sea de una amplia aplicación, según los diferentes exigencias térmicas y de acuerdo a la variada arquitectura de la vivienda social y las características de sus ocupantes.

Es importante tener en cuenta la participación del estado en la formulación de leyes que regulen el consumo y el bienestar. Este es el caso de la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible (2010) que deja el paso abierto a proyectos que innoven en estos aspectos.

### ***Consecuencias***

Dadas las características climáticas de Cali, que están relacionadas a las cualidades del trópico donde el predominio de altas temperaturas, influye e impacta en la población y teniendo en cuenta que la vivienda social no provee suficientes soluciones dignas que resuelvan problemas de habitabilidad, se evidencia problemas de infraestructura y espacio, en general un déficit cualitativo alto, que implica que el factor climático golpea con mayor fuerza el confort térmico en las viviendas y hogares más vulnerables; impacto que se refleja en las cifras del consumo energético en el sector residencial, siendo los estratos uno, dos y tres, los que generan el mayor consumo debido a que la densidad poblacional es mayor y necesitan subsanar de alguna forma lo que ocasiona la deficiencia cualitativa de sus viviendas. Lo anterior implica que muchas familias y sus viviendas se estén enfrentando día a día a un hábitat que no les ofrece óptimas cualidades de confort, indispensables para el desarrollo de las actividades en el hogar, el bienestar psicológico y la reducción en el consumo energético, necesario también dado los problemas ambientales que acarrea.

### ***Enunciado del problema***

Ausencia de confort térmico en la vivienda social de la ciudad de Cali, que genera un alto consumo energético.

## **Preguntas de investigación**

- ¿Cómo afecta el confort térmico a los ocupantes de una vivienda?
- ¿Podría integrarse la vegetación como sistema de refrigeración pasivo en la vivienda social?
- ¿Es suficiente la vegetación para mejorar el confort térmico en la vivienda social?
- ¿En qué grado el confort térmico puede incrementar la eficiencia energética de la vivienda?
- ¿Posee las cualidades necesarias la vegetación del trópico para ser utilizadas en la mejora del confort térmico en la vivienda social de Cali?
- ¿Qué técnicas y estrategias se han usado en el trópico para mejorar el confort térmico?
- ¿Cómo afecta la adaptabilidad climática al umbral de confort térmico de los ocupantes de la vivienda social de Cali?

## **Hipótesis de la investigación**

Es posible mejorar el confort térmico a partir de la implementación de vegetación en la vivienda social de Cali.

## **Justificación**

El tema de la implementación de vegetación para el confort térmico en vivienda social es relevante y muy importante, dado que el fenómeno de las altas temperaturas en Colombia y especialmente en Cali está generando un impacto que afecta la habitabilidad y las condiciones térmicas óptimas dentro de las viviendas de gran número de familias que hacen parte de los estratos más vulnerables; incluso afecta a otras que no se encuentran directamente implicadas, además de repercutir en el medio ambiente.

Las cualidades positivas que se pueden vislumbrar en el proyecto generan entusiasmo para promover cada uno de los atributos propuestos: confort climático, ahorro energético y económico, atractivo visual, aprovechamiento de recursos renovables, entre otros.

Además la temática plantea dos retos fundamentales, el primero es lograr que en las viviendas se consiga un efecto de confort térmico similar al que se obtiene en otros sectores gracias a las superficies verdes; el segundo consiste en proponer sistemas que implementen vegetación a un costo favorable, de impacto positivo al medio ambiente dado los materiales que en conjunto con una estructura sencilla se puedan implementar en el creciente sector residencial; lo anterior expone que no se han desarrollado soluciones para el sector, lo que despierta motivaciones de tipo

personal y social, para contribuir desde el conocimiento en diseño y poder impactar la calidad de vida de muchos ciudadanos de Cali.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Integrar la vegetación como sistema pasivo de acondicionamiento bioclimático para generar confort térmico en la vivienda social de Cali.

### **Objetivos específicos**

- Crear un sistema que implemente el uso de vegetación como alternativa pasiva de acondicionamiento bioclimático en la vivienda social de Cali.
- Mejorar el confort térmico en la vivienda social de Cali, aportando en la disminución de 2°C de la temperatura promedio.
- Proporcionar a los habitantes de la vivienda social una mejora en el confort psicológico

## **Viabilidad**

### **Lugar, Tiempo y Financiación**

El proyecto Viva como se denominará en adelante, está ligado a una problemática actual como lo son las altas temperaturas a causa del cambio climático, que han venido impactando de forma progresiva el bienestar de los habitantes de Cali, en especial el confort en sus viviendas; por lo tanto Cali, al ser no sólo el escenario de fuentes primarias de investigación, sino también la sede para el concurso internacional Solar Decathlon Latin America & Caribbean 2015 (SDLAC 2015), que pretende calificar las construcciones de viviendas sociales sostenibles y de consumo cero, lo que hace posible la aplicación de Viva, que entrará a ser parte de los resultados de diseño implementados por el equipo Calicivita el cual es participante actualmente.

En primera medida los recursos estarán cubiertos por los participantes del proyecto para llevar a cabo las exploraciones, visitas y desplazamientos para obtener conocimiento de expertos, entre otros procesos investigativos; sin embargo el proyecto Viva al estar integrado dentro de la propuesta de Calicivita en el (SDLAC 2015), obtiene parte del presupuesto destinado para la fabricación y mejoras de Viva. De igual forma el tiempo previsto para la totalidad del proyecto son diez meses

que se dividen en, cinco meses para una sección investigativa y cinco para la aplicación de la teoría y la investigación que se materializará en un prototipo final, el cual para Noviembre del 2015 debe encontrarse totalmente listo para integrarlo a la vivienda Calicivita.

## **Metodología**

El tipo de investigación a considerar es descriptiva, con una clasificación básica/aplicada y explicativa. Estas metodologías brindarán información de primera mano, por medio de encuestas, entrevistas y exploraciones, que se realizarán a lo largo del proyecto; lo que se propone es efectuar visitas a diferentes viviendas de los estratos uno, dos y tres, hacer mediciones de carácter térmico, analizar la construcción y la materialidad, el entorno familiar, lograr un acercamiento con el usuario u ocupante para entender sus percepciones de confort térmico y la forma como está abordando la problemática, al mismo tiempo la cabida de la vegetación como solución. De igual forma realizar una investigación sobre las características de la vegetación de la región y su potencial en el proyecto.

Adicional a lo anterior, para la segunda etapa se comenzó el proceso de diseño, donde se fabricaron diversos modelos en escalas reales o inferiores y en diseño digital 3D que se mostraron a los habitantes de las casas, para analizar sus percepciones y cuestionar la posible efectividad del diseño y el nivel de empatía con él. Posteriormente se entrevistó al doctor en botánica y taxonomía, Philip Silverstone de la Universidad del Valle – Cali, para definir la vegetación idónea que se integraría al proyecto, dónde por sugerencia suya se acude a jardineros quienes por su conocimiento definirían finalmente las plantas comerciales con las características solicitadas, el sustrato y el riego; tras esto, se identificó con el personal del Vivero Lotus el sistema de riego a implementar. Al haber definido todo lo anterior, se realizan nuevas pruebas de prototipos y Finalmente se realiza el análisis estructural de la propuesta final con un arquitecto, identificando elementos estructurales determinantes.

### ***Experimental y no experimental***

Al clasificar la investigación, se tiene que, dependiendo del momento del proyecto se acudirá a un tipo de forma investigativa; en inicio habrá fase de recolección de conocimiento e información, y de exploración a medida que avanza la investigación, ya que es el momento del acercamiento a los elementos que interactúan en el proyecto, como lo son: el usuario, las viviendas, las soluciones mediáticas, las propuestas, las que podrían ser, es todo un conjunto de elementos que al ser contemplados e investigados detonarán una necesidad de comprobación y obtención veraz. En el momento en que se comience el proceso de proyección y creación de la idea, se deberá no solo buscar al usuario para conocer las opiniones

y percepciones, sino experimentar la materialidad de la propuesta, el desempeño en el entorno y medir el impacto que podrá generar de acuerdo a las cualidades que medirá y lo más importante verificar su función principal.

---

## MARCO TEÓRICO

### 1. Cali

#### Introducción

Como contexto en el que se desarrolla la investigación, Cali es observada y analizada desde sus aspectos demográficos y sus factores climáticos arquitectónicos, y socioeconómicos.

#### *1.1 Factores ambientales (aspectos climáticos)*

Cali, capital del departamento del Valle del Cauca, es la ciudad más importante del suroccidente colombiano y cuenta con 2.320.000 habitantes. El clima es tropical ecuatorial, la cordillera Occidental bloquea los frentes de aire húmedo provenientes del Pacífico impidiendo que enfríen la ciudad. El clima es especial ya que la temperatura media anual está en medio del confort, con periodos fríos y calientes durante el día por lo que se cruza la zona de confort tres veces en el mismo. (Olgyay, 1968)

La temperatura media es de 34,6°C, un mínimo promedio es de 17,8°C y un máximo promedio es de 32,2°C. La estación seca ocurre de diciembre a marzo y de julio a agosto; la estación de lluvias se da de abril a junio. A pesar de que en la ciudad hay una abundante y exuberante vegetación, que ofrece un gran ambiente natural, las viviendas presentan condiciones de desconfort térmico lo cual afecta más a unos sectores que a otros.

#### *1.2 Aspectos demográficos*

Las comunas y corregimientos son divisiones geográficas de los municipios para una mejor administración de los servicios que éste presta (Art. 311 CRM).

Por medio del Acuerdo 15, de agosto 11 de 1988, se estableció la sectorización del Municipio de Cali, organizándose el área urbana en 20 Comunas y el área rural en 15 Corregimientos. El Acuerdo 10 de agosto 10 de 1998 crea la Comuna 21 y el acuerdo 134 de agosto 10 de 2004 crea la Comuna 22.

Estas 22 comunas se distribuyen en un área de 12.090,03 hectáreas, que teniendo en cuenta el último reporte de Cali en cifras (2013) la ciudad cuenta con 2.344.703 habitantes en la zona urbana, lo que conlleva a una densidad bruta de 190,92 habitantes por hectárea. La densidad poblacional varía bastante de una comuna a otra principalmente porque está inversamente relacionada con la estratificación de la ciudad. Este es el caso de las comunas 21, 20, y 14 que pertenecen al estrato 1 y tienen una alta densidad poblacional (Alonso et al, 2007).

El Censo económico de 2005 permite identificar las actividades económicas y el empleo que generan las unidades económicas de cada comuna. Este revela que un 60,4% pertenece al comercio, un 30,2% a servicios y un 9,4% a industria, aunque esta distribución varía de acuerdo a cada comuna, se encuentran comunas que comparten la orientación hacia un sector, como la 5 y la 4 con un 34,5% y un 41,4% de sus unidades económicas dedicadas al sector industrial.

### *1.3 Características sociales*

Según lo expresa Ramos (2003), la riqueza cultural de la combinación de etnias nos ha brindado una amalgama de seres alegres en el quehacer, emprendedores en las labores, amantes a la vida y de fortaleza espiritual; razones importantes para entender por qué en nuestra idiosincrasia, atormentada por problemáticas sociales, se pueden encontrar comunidades resistentes en busca de mejores condiciones.

Las dinámicas culturales que se han forjado y lo que ahora se expresa como una nueva identidad, es una organización con base en redes de comunicación masiva. De igual forma como pasaba antes, hoy en día el vallecaucano recibe a inmigrantes y adopta sus códigos culturales foráneos, adaptándolos a su forma de vida creando una cultura híbrida. Las personas que hacen parte de esta región, están acostumbradas a mensajes diferentes, desiguales y por ello seguirán llegando elementos distintas sociedades que combinarán y trasformarán (Motta N., 2005).

Es por lo anterior que se puede entender porque Cali ha sido una ciudad de puertas abiertas a foráneos, de diversas culturas e incluso porque se ha coexistido con diversos productos culturales; entendiendo esos elementos se comprende la complejidad de todos los ámbitos sociales.

### *1.4 Contexto arquitectónico*

El proyecto modernizador del estado creado en la primer mitad del siglo XX que pretendió realizar una transición de la arquitectura de la colonia a una arquitectura de metrópoli, generó un afán por lo moderno que se asoció a lo urbano,

desfragmentó los lugares consolidados y el patrimonio construido; la avidez por lo novedoso, generó un grande, descontrolado y confuso crecimiento. Así las élites urbanas no sólo cubrieron sus necesidades básicas, sino las modas estéticas importadas, dejando a los sectores marginados estratificados y desplazados a la periferia, ejemplo de ello es lo que hoy conocemos como Agua Blanca.

La arquitectura latinoamericana y particularmente la colombiana ha carecido de la capacidad de involucrar los valores propios y las problemáticas del entorno particular, es por ello que la diversidad, la fragmentación cultural y las condiciones de desigualdad en las que se han construido la arquitectura local, no han encontrado un potencial unificador y siguen primando formas dadas por el poder económico y los esbozos de la cultura del narcotráfico tan apegada a paradigmas occidentales que poco aportan no sólo a las problemáticas sociales sino también a los factores ambientales.

## 2. Vivienda social: VIS

Según el Parlamento Andino la vivienda social (VS) se define como una solución habitacional destinada a cubrir el problema de déficit presente en las áreas más deprimidas socialmente cuyas familias permanecen en condiciones económicas apremiantes.

En Colombia el término usado es Vivienda de Interés Social (VIS) y según el decreto 2060 de 2004 expuesto por el Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial, la VIS está dirigida a las personas menos favorecidas quienes devengan un máximo de cuatro salarios mínimos legales vigentes y cuentan con un subsidio de vivienda otorgado por: las cajas de compensación familiar y el gobierno nacional.

Dentro de este tipo de viviendas se encuentran: la uno (1) cuyo valor no supera los 50 SMLMV y la dos (2) cuyo valor oscila entre los 50 a 70 SMLMV.

<i>Tipo de Vivienda</i>	<i>Lote Mín.</i>	<i>Frente Mín.</i>	<i>Aislamiento Posterior</i>
Vivienda Unifamiliar	35 m <sup>2</sup>	3.50 m <sup>2</sup>	2.0 m <sup>2</sup>
Vivienda Bifamiliar	70 m <sup>2</sup>	7.0 m <sup>2</sup>	2.0 m <sup>2</sup>

## *Tabla 2. Normativa mínima para VIS urbana en Colombia*

### *2.1 La vivienda social en Cali*

Actualmente la Secretaría de Vivienda de Cali está llevando a cabo proyectos de Vivienda de interés social, entre los que se encuentran, Altos de la Suiza, Altos de Santa Elena, Potrero Grande, Alto de Piamonte, Brisas de la base, entre otros 3 proyectos más, algunos de ellos planteados desde el 2010.

Muchos de estos proyectos han sido subsidiados por las cajas de compensación familiar como Comfenalco y Comfandi por ser empresas que apuestan al desarrollo social y económico de las familias de la región, tratando de preservar precios asequibles dentro del mercado a familias vulnerables, sin embargo dada la falta de políticas contribuyentes del estado, las intermediaciones terminan elevando los costos que finalmente alejan a las familias más carentes.

#### *2.1.1 Aspectos arquitectónicos*

Las imágenes de los diversos proyectos de VIS nombrados anteriormente evidencian una uniformidad en materiales como lo es el ladrillo limpio y en formas básicas geométricas, factores que demuestran el recorte absoluto de costos y la inhabilidad de las disciplinas para crear proyectos de presupuestos moderados, de innovación material y de impacto no solo cuantitativo sino cualitativo.

#### *2.1.2 Problemas de la vivienda social*

Dados los cambios que se han generado en cuanto a la política pública, después de la ley 3 expedida en 1991, el estado desvinculó su funcionamiento como mejorador y proveedor de VIS, encargándose sólo de asignar subsidios dando apertura al sector de la construcción, el cual por su misma razón privada ha buscado mayor rentabilidad, lo que ha limitado la realización de proyectos de VIS, y genera precariedad en los existentes limitando la calidad espacial, ambiental y urbana.

La incidencia del sector financiero en el sector de la construcción, elevó no sólo los precios de los materiales sino también, contribuyó al alza de los precios de la tierra, factores que impidieron aún más el acceso a quienes más apremiaban de terrenos o soluciones de vivienda (Pinto, 2005)

En la actualidad el cambio de ciertas políticas y los costes elevados de la tierra, han permitido la reducción en los límites de área lo que admite una mayor densidad, que genera espacios ínfimos donde las actividades, la habitabilidad y la calidad

interior se ven totalmente deterioradas; en general el establecimiento de la vivienda nueva para los déficits cuantitativos está elevando el déficit cualitativo al no proveer a los ciudadanos de soluciones dignas que resuelvan sus problemas de habitabilidad. (Acero y Aguirre, 2010)



*Gráfico 1. VIS Altos de la Luisa.*



*Gráfico 2. Quinta etapa Potrero Grande.*



*Gráfico 3. Vivienda de interés social prioritario. Lomalinda.*



*Gráfico 4. Reubicación del Pondaje a Potrero Grande.*

### **3. Confort térmico**

#### *3.1 Definición*

Entre las diferentes definiciones existentes, el confort térmico se puede comprender como un concepto subjetivo que expresa el bienestar físico y psicológico de las personas, cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire son favorables para la actividad que desarrolla (Sosa, M. E., Siem G., 2004).

La necesidad de crear espacios que provean confort térmico al ser humano ha existido desde los principios de las civilizaciones; continuamente se han logrado perfeccionar nuevas formas para alcanzar este confort ideal en el interior de las edificaciones y en la actualidad este concepto ha cobrado una gran relevancia debido a que su impacto ha sido reinterpretado a causa de la escases de recursos y la conciencia ambiental que se ha desarrollado en la última década. De esta forma el confort térmico no sólo se traduce en bienestar para las personas sino que también tiene implicaciones ambientales y económicas significativas.

La subjetividad de este término está dada porque su evaluación depende de estudiar las sensaciones de las personas respecto al clima del lugar que habitan, en el que intervienen numerosos factores variables.

#### *3.2 Alcance*

En el libro *Clima y arquitectura en Colombia*, Olgay (1968) explica el alcance del confort térmico con respecto a las personas como un conjunto de elementos en relación compleja, que se pueden listar como luz, ruidos, clima, espacio y lo inanimado. Estos actúan de forma directa sobre el cuerpo humano que los absorbe o trata de repeler sus influencias. De esta lucha resulta un equilibrio biológico con relaciones de tipo físico y psicológico, ya que el hombre trata de llegar a un punto que requiera el desgaste mínimo de su energía para adaptarse al medio.

En consecuencia asegura que las condiciones que permiten aquella adaptación con éxito conforman una zona de confort y por consiguiente un espacio térmicamente estable. La vivienda es entonces el instrumento principal para suplir los requerimientos de confort mediante la modificación del entorno natural.

### *3.2.1 Calidad ambiental interior*

Con la intención de analizar las condiciones ambientales que rodean una población, se han desarrollado varios conceptos entre ellos el de calidad ambiental interior, que se destaca por ser el que toma en cuenta un mayor número factores como determinantes claves para su estado óptimo. “La propuesta de Calidad ambiental interior” es un avance conceptual y operativo que supera ampliamente a los anteriores (calidad del aire, salud ambiental, síndrome edificio enfermo), puesto que orienta las acciones hacia ambientes saludables sin limitar al aire la idea de contaminación” (Vargas F., Gallego I., 2005).

El marco legal que delimita a la calidad ambiental interior, está orientado hacia los espacios de trabajo para asegurar el bienestar de los empleados y aportar a un mejor funcionamiento de las organizaciones. Sin embargo hay un gran vacío en cuanto a una regulación de las condiciones ambientales al interior de las edificaciones que hacen parte del sector residencial.

Es así, necesario entender las actividades que se realizan dentro del hogar, como un conjunto de procesos que demandan eficiencia y productividad, comparando el concepto con la actividad laboral para establecer requisitos puntuales que conlleven a una mejor planeación de la calidad ambiental interior en la vivienda urbana.

Entre los componentes de la calidad ambiental interior, el confort térmico es determinante para las actividades que se realizan en la vivienda. “...se ha demostrado que un estrés muy moderado a causa de calor puede afectar negativamente el rendimiento mental...este ajuste inconsciente del comportamiento puede significar una menor emoción o resultados en un ritmo de trabajo lento (menor productividad)” (Kosonen R. & Tan F., 2004).

### *3.2.2 Humedad Relativa y Aire*

Según Olgay la Humedad relativa del aire es una indicación directa del potencial de evaporación, la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Es decir, a mayor temperatura y mayor humedad del aire, producen más sensación de calor.

Es por ello que en la búsqueda del confort térmico en climas húmedos, se deben buscar soluciones arquitectónicas con estrategias de ventilación, ya que aunque el movimiento del aire no reduce la temperatura, ayuda a la sensación de fresco

gracias a la pérdida de calor por convección y aumento de la evaporación del cuerpo, pues para cada 0,3 m/s de velocidad del aire viene a equivaler al descenso de 1° C en la sensación térmica de una persona.

### 3.2.3 Impacto radiación Solar

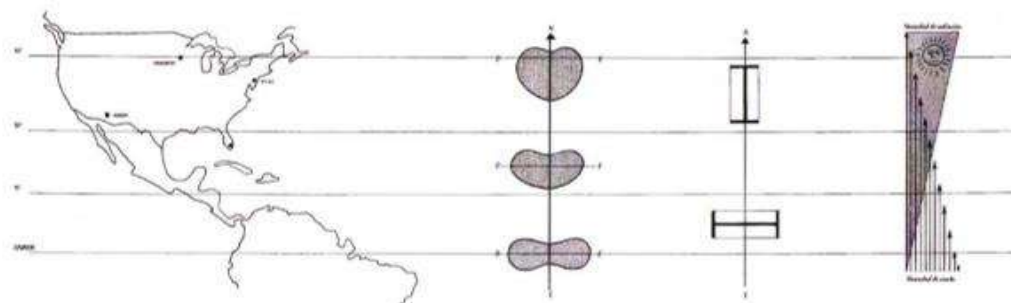
La orientación de un edificio es determinante en la cantidad de radiación solar que recibe en los distintos lados, en diferentes momentos. En latitudes más próximas al ecuador, es importante orientarse paralelamente al sol para reducir el impacto de la radiación. No obstante, en climas cálidos la orientación hacia el sol de la mañana es preferible que hacia el sol de la tarde porque cuando el sol incide en las primeras horas de la mañana sobre la fachada este, el aire es más fresco.

Según la arquitectura bioclimática el ideal es la implantación del edificio con formato este-oeste, con sus principales huecos orientados en el eje norte-sur y el mínimo posible de huecos orientados para este y oeste. Estas condiciones minimizan la ganancia térmica, debido al ángulo de incidencia solar en las regiones tropicales, además favorecen la ventilación natural dentro del edificio (Mufida, 1999).

### 3.2.4 Importancia de la orientación Sol-Aire

La orientación del edificio partiendo de esos dos factores, implica reconocer que la temperatura del aire y la radiación solar actúan conjuntamente para producir la sensación de calor en el cuerpo humano.

Es así como un edificio debe ubicarse de forma diferente dependiendo del lugar donde se encuentre, en el caso de Cali o lugares tropicales que están situados más cerca al sur, donde el aire es más caliente, deberán girar su eje para evitar la radiación solar directa, más desfavorable, y acoger en su lugar, las brisas refrescantes (Serra, 1993)



### *3.2.5 Confort sicológico*

Los factores ya mencionados que influyen en el confort térmico, le otorgan un alcance sicológico. La condición de desconfort afecta en variadas dimensiones a los diferentes habitantes de las viviendas, ya que como lo concluye Perico (2009), el comportamiento térmico no depende únicamente de las condiciones climáticas, materiales, y elementos naturales, sino que se convierte en un concepto subjetivo a causa de la adaptación sicológica del individuo que habita el espacio, por lo cual el confort térmico está vinculado con la vestimenta y el metabolismo de cada persona.

## *4. Confort térmico en la vivienda*

En Cali, el sector residencial no cuenta con una planificación apta para el trópico. Según Betancourt (2013) la vivienda tropical como elemento independiente no soluciona el problema del ruido, polvo y calor que crea la ciudad, ya que no existe otra forma de tratarlo más que con el hermetismo hacia el espacio público lo que incrementa el uso de sistemas de aire acondicionado. Esta arquitectura tropical se puede aplicar a zonas suburbanas, pero no puede solucionar los problemas ambientales y climáticos que se dan en el interior de la ciudad.

La vivienda social es la más afectada en cuanto a confort térmico, ya que este concepto de vivienda ha enfrentado varias modificaciones políticas. “Las viviendas de interés “social” que se entregan hoy en día, al parecer no se hacen con el fin de proveer a los ciudadanos de soluciones dignas que resuelvan sus problemas de habitabilidad, sino para reducir los indicadores que alertan sobre un creciente déficit de vivienda.” (Acero y Aguirre 2010)

De acuerdo con Müller, las temperaturas en una casa dependen de los siguientes factores:

- Intercambio de calor con el exterior
- Ganancias Solares
- Ganancias de calor internas
- Acumulación de calor

El proyecto se enfoca en este caso en las ganancias solares ya que estas ocurren por todas las superficies exteriores que están expuestas al sol y comprometen significativamente la temperatura de la vivienda. Estas ganancias ocurren de forma directa o indirecta por medio de superficies transparentes como ventanas y superficies opacas como techos y muros. (Müller E., 2002)

A continuación se muestra una tabla que lista las diferentes estrategias existentes para la climatización pasiva.

Aspecto	Periodo Frío	Periodo Caluroso
<b>Intercambio de calor con el exterior</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• por la envolvente</li> <li>• por ventilación</li> </ul>	<b>"reducir pérdidas de calor":</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aislamiento térmico: <ul style="list-style-type: none"> <li>– opaco (cielo, muros, piso, móvil en ventanas)</li> <li>– transparente (ventanas)</li> </ul> </li> <li>• tamaño de ventanas depende de su calidad térmica y orientación</li> <li>• ventilación adecuada: reducir infiltraciones de aire de acuerdo con las necesidades higiénicas (evitar emisión interior del humo de estufas)</li> <li>• forma: <ul style="list-style-type: none"> <li>– tamaño (edificio mejor que casa)</li> <li>– relación superficie / volumen</li> </ul> </li> <li>• protección de vientos fríos: <ul style="list-style-type: none"> <li>– orientación de elementos</li> <li>– vestíbulo de entrada</li> <li>– vegetación</li> <li>– otros elementos construidos</li> </ul> </li> </ul>	<b>"aumentar pérdidas de calor":</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• conducción: piso / subsuelo</li> <li>• radiación térmica (IR): techo (con protección móvil)</li> <li>• convección / ventilación: <ul style="list-style-type: none"> <li>– ventilación cruzada</li> <li>– efecto termosifón con aberturas en niveles diferentes (ventilación, chimenea solar, etc.)</li> <li>– patio interior (con vegetación o agua)</li> <li>– ventilación por túnel de enfriamiento</li> <li>– ventilación mecánica</li> </ul> </li> <li>• evaporación: <ul style="list-style-type: none"> <li>– vegetación externa</li> <li>– fuentes de agua</li> <li>– otras formas de evaporación de agua</li> </ul> </li> <li>• ventilación adecuada: <ul style="list-style-type: none"> <li>– ventilación nocturna (especialmente en clima seco)</li> <li>– ventilación aumentada (especialmente en clima húmedo)</li> </ul> </li> </ul>
<b>Ganancias solares por superficies opacas y transparentes</b>	<b>aprovechar ganancias directas e indirectas de energía solar:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• orientación: fachada norte más grande</li> <li>• orientación y tamaño de ventanas: preferencialmente al norte</li> <li>• invemadero adosado, combinado con capacidad térmica</li> <li>• muro acumulador o muro Trombe</li> <li>• aislamiento transparente (conserva energía absorbida detrás)</li> <li>• colores oscuros internos y externos</li> <li>• elementos reflectantes externos para aumentar radiación disponible</li> </ul>	<b>protección de la radiación solar directa y difusa:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• estructuras fijas: <ul style="list-style-type: none"> <li>– sobretechos y aleros</li> <li>– estructuras verticales</li> <li>– estructuras complejas</li> </ul> </li> <li>• sombreado móvil, externo o interno <ul style="list-style-type: none"> <li>– marquesinas</li> <li>– láminas de aluminio</li> <li>– venecianas</li> <li>– cortinas</li> </ul> </li> <li>• orientación y tamaño de ventanas</li> <li>• elementos externos (vegetación, otros elementos construidos)</li> </ul> <b>"reducir ganancias de calor":</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aislamiento térmico: cielo y muros</li> <li>• forma: <ul style="list-style-type: none"> <li>– tamaño</li> <li>– relación superficie / volumen</li> </ul> </li> <li>• orientación este - oeste del eje más largo: <ul style="list-style-type: none"> <li>– fachada norte más grande</li> <li>– fachada este/oeste menor</li> </ul> </li> <li>• ventilar entretechos sobrecalentados</li> <li>• protección de vientos calientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>– orientación de elementos</li> <li>– vegetación</li> <li>– otros elementos construidos</li> </ul> </li> <li>• colores claros externos</li> </ul>
<b>Ganancias de calor internas: personas y equipos</b>	<b>aprovechar ganancias internas:</b> a través de la reducción de las pérdidas de calor y de la acumulación de calor	<b>reducir ganancias internas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• equipos de bajo consumo de energía</li> <li>• cocina separada o exterior</li> </ul>
<b>Acumulación de calor (inercia térmica)</b>	<b>elementos constructivos pesados</b> en el piso, muros externos e internos, techo y cielo, con acumulación <ul style="list-style-type: none"> <li>• primaria: iluminación directa del elemento pesado</li> <li>• secundaria: iluminación indirecta</li> <li>• terciaria: elementos independientes</li> </ul>	<b>compensar variaciones térmicas diarias y de varios días,</b> aprovechar bajas temperaturas nocturnas con elementos constructivos pesados (y ventilación nocturna) en: <ul style="list-style-type: none"> <li>• el piso</li> <li>• muros externas e internas</li> <li>• techo y cielo (no recomendable en zona sísmica)</li> </ul>
<b>Control de humedad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• evitar emisión de humo de estufas al interior</li> <li>• ventilación adecuada</li> <li>• absorción / desorción (muros de tierra)</li> <li>• humidificación / dehumidificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ventilación adecuada</li> <li>• absorción / desorción (muros de tierra)</li> <li>• humidificación / dehumidificación</li> </ul>

#### *4.1 Fallas arquitectónicas respecto al confort térmico en la vivienda*

Como se mencionaba anteriormente, el hermetismo de las viviendas de Cali hacia el exterior constituye una tendencia de la población para dar solución al confort térmico, que trae consecuencias ineficientes e insostenibles para el consumo y aun así no supe los requerimientos térmicos de sus ocupantes.

Esta cualidad hermética de la arquitectura doméstica se combina con el vano; el cual, más allá de su función utilitaria tiene una connotación estética y simbólica para quienes habitan la vivienda. Así, el diseño de los vanos marca una diferencia entre la materialidad homogénea de la arquitectura urbana y la población que la habita, a pesar de que no exista un nivel de personalización tan flexible como el que se da en zona rurales y corregimientos. "...la solución a las necesidades de ventilación e iluminación se convierten en una posibilidad figurativa y creadora donde cada habitante recrea la búsqueda estética en su fachada" (Mosquera G., 1999).

#### *4.2 Sistemas activos de acondicionamiento bioclimático*

López (2012) define los sistemas activos de acondicionamiento bioclimático como todos los que necesitan de energía auxiliar para operar. Estos los divide en dos tipos; los que usan fuentes de energía convencionales y los que hacen uso de fuentes de energía renovables.

##### *4.2.1 Búsqueda de la eficiencia energética*

Los sistemas que emplean fuentes de energías renovables son los más adecuados en cuanto al rendimiento y la autonomía energética del edificio, no obstante, es necesario tener en cuenta que esto no garantiza el uso eficiente de la energía, por tanto esta debe ser planeada desde el diseño hasta la implementación y regulación de los sistemas para hacer una administración responsable del consumo del recurso eléctrico.

El uso de la energía eléctrica debe estar destinado entonces a las tareas del hogar que requieran mayor desempeño y generen insumos significativos. El aire acondicionado es el principal sistema que se usa para alcanzar el confort térmico, sin embargo el uso de este medio se traduce en ineficiencia energética y gastos económicos elevados.

Según el último reporte de Cali en Cifras (2012) el 41% del consumo de energía eléctrica se genera en el sector residencial. De este 41%, el 71% pertenece a los estratos 1 2 y 3. El sector residencial tiene el mayor porcentaje de consumo en

comparación con el sector comercial, industrial, público y otros, con porcentajes del 31%, 14%, 6% y 7% respectivamente. Esto plantea un escenario donde la alta densidad que presenta el sector se traduce en un consumo energético elevado, siendo esto interesante para el proyecto por la búsqueda de la eficiencia energética en el hogar, que mediante el desarrollo y aplicación de sistemas pasivos de acondicionamiento bioclimático, puede aportar a la sostenibilidad económica y ambiental de la vivienda.

#### *4.2.2 Incidencias económicas negativas de los sistemas activos*

El uso del aire acondicionado constituye un sistema insostenible al interior de la vivienda social de Cali, ya que si bien la población de estratos 5 y 6 puede afrontar un alto consumo energético y económico a cambio de su funcionamiento, los habitantes de estratos 1, 2 y 3 no pueden acceder a este y mucho menos sostener su uso en el tiempo por motivos económicos y ambientales.

A pesar de ser un sistema que permite acondicionar el clima interior de acuerdo a los requerimientos funcionales y físicos de sus ocupantes, el aire acondicionado promueve el cerramiento hacia el exterior lo cual conlleva a problemas térmicos y habitacionales de la vivienda, e incluso influye en una disminución de la productividad de las personas. “El problema de pérdida de productividad prevalece por lo tanto en recintos con aire acondicionado mal diseñados, independientemente de la variación del clima externo” (Kosonen R. & Tan F., 2004).

El uso de la ventilación, de vanos y de vegetación, se deja a un lado en estos casos, dejando de aprovechar sus cualidades positivas que ayudan a mitigar el problema confort térmico en la vivienda.

#### *4.2.3 Sistemas pasivos de acondicionamiento bioclimático*

Los sistemas pasivos de acondicionamiento bioclimático son aquellos que no hacen uso de fuentes no renovables de energía y por tanto emplean soluciones alternativas para llegar al confort térmico en la vivienda.

Como lo establece Müller (2002), en el Manual de diseño para viviendas con climatización pasiva, este tipo de sistemas constituyen una forma de diseñar viviendas y lugares que brindan confort térmico a partir de un consumo mínimo o nulo de fuentes de energía que no son renovables, a la vez que se adapta a las condiciones climáticas del espacio y hace un uso apropiado del entorno para mejorar el confort térmico.

Los medios que permiten el enfriamiento pasivo son los depósitos energéticos ambientales, los cuales reciben el calor descargado por los sistemas activos y están divididos en tres: la atmósfera, la bóveda celeste y el subsuelo. (Haro E., 2009)

##### *5. Soluciones verdes sostenibles (la vegetación y la fachada ventilada)*

Una alternativa para el consumo eficiente de los recursos ha venido cobrando fuerza desde el año 2008; se trata de la construcción verde. Esta ha constituido todo un nuevo campo de acción frente a la necesidad de crear estructuras, plantear procesos que sean ambientalmente responsables y proyectar un consumo eficiente a través del ciclo de vida de las viviendas, desde su construcción, operación, mantenimiento, renovación y deconstrucción (certificación LEED). La implementación de estas soluciones verdes reduce el consumo en porcentajes significativos en los diferentes escenarios del hogar con el fin de minimizar el impacto ambiental y generar beneficios para sus habitantes.

Las cubiertas verdes se encuentran divididas en intensivas y extensivas. Respecto a las intensivas, “consiste en un pequeño espesor de suelo de como mínimo unos 76 mm, pero que no supera los 120 mm, y en el que predomina el contenido mineral. Las variedades de plantas quedan restringidas a herbáceas, musgos y plantas crasas tipo Sedum” (Haro E, 2009)

La implementación de vegetación es sumamente relevante para atender el problema del confort térmico y la eficiencia energética, ya que de acuerdo con las soluciones actuales de terrazas verdes en edificaciones industriales y comerciales, la aplicación correcta de la vegetación puede reducir en un 75% el uso de aire acondicionado y el calor puede ser reducido en un 23% dependiendo de la altura del edificio, ya que a mayor altura menor efectiva es esta solución (Sempergreen 2014).

Según lo menciona Sosa y Siem (2004), en el Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico, la vegetación que se coloca en elementos verticales absorbe la radiación solar, aísla térmicamente y sombrea los cerramientos, y al mismo tiempo refresca el aire que circunda, por medio de la transpiración del vapor de agua que realizan las plantas.

Expresan también que los elementos volumétricos que salen de las fachadas en especial las jardineras producen sombra, mientras la tierra empleada retiene las ganancias de calor solar. “Si se encuentran en la fachada de la edificación, las corrientes de aire contribuyen a evacuar por convección el calor almacenado. Al entrar en contacto con la vegetación, el aire mejora su temperatura y refresca el interior de los ambientes ventilados”.

Al igual que encuentran una buena estrategia para disminuir la carga de enfriamiento en edificios el uso de doble fachada, una exterior permeable al aire, que filtre el sol al cerramiento interior sea de vidrio u otro material. De igual forma lo más aconsejable es crear elementos permeables en áreas de acceso que puedan ventilar de forma natural, especialmente en el trópico donde el vidrio no es aconsejable si no tiene una protección del sol.

Finalmente, Según el Centro de Innovación y Desarrollo de la Madera de la Universidad Católica de Chile, la envolvente ventilada es una forma de construcción que disminuye el consumo energético en viviendas económicas a través de la aplicación de una cámara ventilada en la superficie exterior, esto con el fin de mejorar las condiciones de confort térmico en verano.

## *6. Aspectos legales*

En el contexto caleño, la vivienda social ha enfrentado un desorden administrativo donde el poco control de las autoridades ha desembocado en una mala planeación urbana, la cual ha dejado vacíos en cuanto a la regulación térmica de las viviendas, que es tan necesaria en condiciones climáticas como las de la región, además de la variable creciente de la densidad poblacional de Cali.

No obstante la vivienda social hace parte de la solución al problema de consumo en medida que representa un concepto de vivienda que es respaldado y regulado por organizaciones nacionales e internacionales que buscan el bienestar de la población y para su gobierno. Para la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el concepto de vivienda consiste en el espacio donde individuos o familias pueden cohabitar en condiciones de seguridad, paz y dignidad y no dentro del contexto de albergue o cobijo.

En la actualidad el gobierno colombiano ha iniciado una gestión importante en cuando al desarrollo de proyectos e innovaciones que transformen y mejoren la habitabilidad y el consumo en la vivienda social. Esto se ha hecho por medio del ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible y su Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible (2010), donde se hace hincapié en la “investigación y generación de conocimiento en producción y consumo sostenible, incluido el diseño de productos y servicios con criterios ambientales”.

## *7. Organismos de apoyo externos*

### *7.1 Solar Decathlon*

La competición del Solar Decathlon 2015 (SD) es una de las iniciativas mundiales más interesantes en la actualidad en cuanto a sostenibilidad, eficiencia e innovación en la vivienda.

El propósito del Solar Decathlon consiste en educar a estudiantes y al público sobre las oportunidades ahorrrativas y los beneficios medioambientales que presenta el uso de productos a base energía limpia y soluciones de diseño sostenibles. Esta organización también demuestra al público el confort y la asequibilidad de hogares que combinan construcción energéticamente eficiente, con sistemas de energía renovable disponibles actualmente.

Esta competencia mundial que se realiza cada dos años, cuenta con una versión dirigida hacia Latinoamérica y el caribe, la cual se llevará a cabo a finales del 2015 en la ciudad de Cali – Colombia. En esta versión se busca ahondar en el diseño y desarrollo de la vivienda social a partir de eficiencia de recursos y sostenibilidad en el hogar.

Los organizadores locales son: la agencia de gestión e innovación de proyectos (GIP), el ministerio de minas y energía (Minminas), el departamento nacional de planeación (DNP), y la Alcaldía del Valle del Cauca.

Para la versión del 2015 la competencia se enfoca en el diseño de vivienda social que aproveche de la mejor manera el espacio reducido con el que cuentan este tipo de viviendas; usualmente de 60 m<sup>2</sup> (Secretaría distrital de planeación Bogotá, 2010). La identidad cultural de la región del sur occidente Colombiano y las prácticas de consumo sostenible deberán ir de la mano con los anteriores aspectos de la competencia, de forma que el resultado final sea honesto y fiel al entorno.

El resultado del Solar Decathlon será una Villa solar, es decir un barrio conformado por las diferentes viviendas que se diseñen y fabriquen, donde el resultado se quedará instalado probando sus atributos innovadores al público.

### *7.2 Participación en la competición SD: Equipo Calicivita*

Este proyecto se enmarca en la competición del Solar Decathlon 2015, haciendo parte del equipo Calicivitas, grupo participante y representante local de Cali, conformado por un equipo interdisciplinar de estudiantes y profesores de la Universidad ICESI y la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ).

## **8. Vegetación en el trópico**

La decisión de incluir especies vegetales como componente arquitectónico empieza antes de iniciar el proceso de diseño y está directamente relacionado con el programa arquitectónico de la edificación, lo anterior definirá las funciones que cumplirán las mismas.

Al recibir una guía del doctor en botánica y taxonomía, Philip Silverstone de la Universidad del Valle – Cali, se genera una variación en el tipo de vegetación requerida, pasando de plantas enredaderas a la escogencia de plantas arbustivas y de exteriores, dado que las pruebas de mercado enfatizaban la facilidad de mantenimiento, atributo difícil de ofrecer si se optaba por las primeras. Por sugerencia del doctor Silverstone se sigue el proceso con dos viveros de Cali: Vivero El Ingenio y Lotus Paisajismo, quienes con base en los requerimientos del proyecto y su experiencia en muros verdes y adecuación vegetal, brindaron la información necesaria no sólo para determinar la vegetación sino para validar el sistema de riego.

A continuación se muestran algunas plantas que son de uso típico en el trópico, para referenciar lo que podría ser la tipología que se adapta de la mejor forma al clima de la zona y que cumplen con ciertas características ornamentales y funcionales para el tipo de intervenciones en las arquitecturas de las edificaciones.

### *Tipologías de plantas*

#### **Liriope**

---

*Planta de Sol / Media sombra.* Parecida a una pequeña palma, esta planta es ideal para ambientes cercanos al mar y exteriores, muy resistente al sol y de un bajo mantenimiento.



## **Iris**

*Dietes iridioides* - *Planta de Sol*. Originaria del Este de África. La flor amarilla sobresale de lo que asemeja a la hierba. Toleran ambientes secos pero prefieren suelos bien drenados con humedad regular.



## **Rheo**

*Rhoeo spathacea*, o *Tradescantia spathacea*. Nativa de Centroamérica y México. Es un cubre suelo para exteriores soleados.



## **Listón**

*Planta de Sol*. Es una planta muy resistente y que necesita bajo mantenimiento, genera una textura muy especial al utilizarla en los jardines verticales.



## **Duranta**

*Planta de Sol*. Ideal para jardines exteriores, es muy resistente, aguantando períodos largos de bajo mantenimiento, razón por la que es usada en jardines verticales.



### **Confeti**

*Hypoestes phyllostachya*, crece bien en ambientes húmedos y climas tropicales. Herbácea decorativa por su follaje variado de distintos colores según variedad, verde con motas blancas, verde con manchas de color rosa pálido o verde con motas rojas.



### **Singonio**

*Planta de Sol / Media sombra*. Una planta muy resistente a los cambios de clima, necesita poco mantenimiento es favoritas para jardines verticales.



### **Batatilla**

*Planta de sol / Media sombra*. Tapizante o trepadora si tiene donde sujetarse, de largos tallos pues puede alcanzar varios metros de longitud, de fácil mantenimiento; las raíces o tubérculos son comestibles.



### **Limonaria**

*Cymbopogon citratus* - *Planta de Sol*. Planta aromática, apta para regiones tropicales y subtropicales, es de bajo mantenimiento, se usa controlar erosiones y como planta medicinal.



## **Lantana**

---

*Lantana Camara* - *Planta de Sol / Media sombra*. El clima apropiado para su cultivo es el tropical y mediterráneo, se adapta a cualquier tipo de suelo. De fácil cultivo, resiste a la sequía.



## **Pasto Mondo**

---

*Ophiopogon japonicus* - *Planta media sombra*. Para jardines de bajo mantenimiento y/o de difícil acceso. Su implementación resulta en un grandioso follaje, de larga duración.



Las anteriores tipologías de plantas serán las implementadas en el proyecto dado que en general poseen atributos como: el bajo mantenimiento, riego moderado, adaptabilidad a diversos suelos, uso en alturas o macetas, longevidad entre 1 a 3 años, carácter arbustivo que filtra mayor luz y cualidad ornamental, en algunos casos hay plantas antisépticas, aromáticas, purificadoras de aire y de raíces comestibles.

En cuanto a la aplicación de la vegetación, no se trata de hacer un uso indiscriminado de ella, sino encontrar carencias específicas para definir si su utilización es viable o pertinente en la edificación, para lo que se deben distinguir funciones que se quieran cumplir como:

- Enfriamiento
- Reducción del efecto isla de calor
- Mitigación de la contaminación
- Mejoramiento de las condiciones de drenaje
- Mejoramiento de la calidad de vida humana
- Aumento de la vida útil de las construcciones
- Generación de espacios verdes.

Dependiendo de la función que se quiera cumplir, las características en cuanto al espesor del sustrato, las especies o tipologías de plantas y los sistemas de soporte, impermeabilización y drenaje, serán específicas.

De igual forma por medio de la matriz para la escogencia de especies vegetales, se pueden filtrar cualidades para determinar la escogencia de la vegetación óptima (ver figura 6.1 Matriz para valoración y selección de especies).

Las fachadas con vegetación contribuyen a la regulación de las temperaturas al interior de las edificaciones, así se disminuyen las ganancias de calor en climas cálidos; mitigan el impacto de la radiación del sol, reducen la temperatura de las brisas que ingresan al edificio, y aumentan la humedad relativa del mismo debido a la evapotranspiración de las plantas (Bolaños T. y Moscoso A., 2011).

La vegetación genera un gran aporte a la reducción de la temperatura del aire: “El aumento de la vegetación en zonas urbanas puede resultar en disminuciones de 2°C en la temperatura del aire...bajo algunas circunstancias meteorológicas favorables, la disminución puede alcanzar los 4°C. (Taha 1997)

Según Minke (1992), las plantas al realizar diversos procesos necesitan de fuentes energéticas, tal es el caso de la evaporación de agua, la fotosíntesis y la capacidad de almacenar calor de su propia agua, procesos en los que puede demandarle hasta el 90% de la energía solar consumida y por ello las plantas extraen calor de su ambiente.

---

## RESULTADOS

La aproximación al problema del confort térmico en el sector residencial de Cali se da desde la experiencia física con el medio, en este caso en la vivienda social, lo cual involucra factores individuales y grupales que giran en torno a la percepción e identidad cultural, y por supuesto, de la variable adaptabilidad de las personas de acuerdo a la región geográfica que ocupan.

Por consiguiente, se puede entender el concepto de confort térmico como un elemento subjetivo, que por tanto demanda ser abordado desde un planteamiento especial que contemple los factores ambientales de la región y entre ellos los aspectos climáticos y demográficos que enmarcan a la población y la condicionan incluso en un plano psicológico como en su forma de actuar y decidir.

De igual forma, la ciudad de Cali deja entre ver en su funcionamiento fallas que provienen de los sectores residenciales de estratificación más baja. En estos lugares se desarrolla la vivienda social como elemento legal para lograr un mayor acceso de la población a la vivienda propia. Sin embargo una cadena de eventos y modificaciones legales del concepto legal de vivienda social en Colombia han conllevado a que se deje de pensar en vivienda digna y habitable. En cambio se le ha dado prioridad a cumplir con mejorar los índices de acceso a la vivienda dejando a un lado elementos determinantes como la calidad ambiental de las edificaciones y dentro de esta el confort térmico y la densidad poblacional.

Como consecuencia del estado legal de la vivienda y su planeación, la población ha tenido que afrontar el desconfort térmico en sus viviendas a partir del hermetismo hacia el exterior lo cual trae problemas significativos para la habitabilidad. El uso de aire acondicionado constituye un sistema que no es sostenible para la población que vive en la vivienda social, tanto por sus costos de funcionamiento como por su impacto ambiental.

Este panorama actual demanda soluciones innovadoras que aborden el problema del confort térmico desde los sistemas pasivos de acondicionamiento climático con el fin de hacer un uso eficiente de la energía a la vez que se mejora la calidad ambiental interior.

---

## DISCUSIÓN Y MARCO CONCEPTUAL

### Hipótesis de diseño

Mediante un sistema de aislamiento térmico a partir de vegetación y cultivos se puede mejorar el confort térmico en la vivienda social de Cali, aportando a la eficiencia energética y a la sostenibilidad del hogar.

### Promesa de Valor

*Acondicionamiento bioclimático natural, sostenible y eficiente energéticamente para la vivienda social de Cali.*

Esta propuesta de valor está orientada hacia el planteamiento y desarrollo de un diseño que conlleve a nuevos hábitos, tendencias y técnicas para abordar el confort térmico con mayor sostenibilidad y mayor eficiencia en la vivienda social. El aspecto sostenible se enfoca en la búsqueda de una solución que logre una simbiosis entre el diseño y el usuario, y que como resultado de esa interacción se genere un beneficio mutuo que el usuario valore a partir de la experiencia y el consumo o uso.

### Determinantes

- El nivel económico de la población que habita en vivienda social no permite el acceso a sistemas activos de acondicionamiento bioclimático ni el consumo energético que estos generan.
- Se debe tener en cuenta la alta adaptabilidad climática poblacional del trópico para medir el confort térmico.
- Cada espacio de la vivienda tiene un requerimiento de confort térmico diferente.

- La variable económica influye directamente en la escogencia de los componentes estructurales y funcionales del hogar.

## **Requerimientos y Principios**

### **Principios de diseño**

Los siguientes cinco principios se definen con la intención de mantener enfocado y consistente el desarrollo del proyecto, en los objetivos y valores pertinentes durante el proceso de investigación y comprobación, conformando una guía general para seguir de forma fiel pero también crítica durante la ejecución del proyecto.

1. Facilitar el uso de sistemas pasivos de acondicionamiento bioclimático como alternativa sostenible en el hogar.
2. Crear lazos de interacción con la vegetación para generar apropiación
3. Conllevar a un consumo eficiente de los recursos en el hogar
4. Garantizar la versatilidad del diseño de acuerdo a la diversidad de los hogares.
5. Resaltar la identidad de los habitantes de cada hogar

### **Requerimientos de uso**

El sistema debe facilitar la modificación de acuerdo a los requerimientos de confort térmico en la vivienda social.

### **Requerimientos de función**

La instalación de la solución de diseño debe ser simple y su funcionamiento debe ser flexible.

### **Requerimientos estructurales**

La instalación de la solución de diseño debe ser simple y su funcionamiento debe ser flexible.

### **Requerimientos técnico-productivos**

El sistema debe ser económico en su producción y debe ser evitar el desarrollo de numerosas piezas especiales.

### **Requerimientos económicos o de mercado**

El sistema debe estar conformado por materiales de bajo costo y debe fomentar un uso eficiente de los recursos en el desarrollo de la solución.

### **Requerimientos de identificación**

El sistema debe poder usarse de forma intuitiva por los habitantes de la vivienda.

### **Requerimientos legales**

El sistema debe adaptarse al marco legal que establece la figura de la VIS.

## **Concepto**

### *Simbiosis*

La concepción proviene desde su significado en la biología el cual se define como: “Asociación de individuos animales o vegetales de diferentes especies, en la que ambos asociados sacan provecho de la vida en común.”

Partiendo de la definición se puede explicar que la finalidad del concepto es que en la propuesta de diseño se refleje un sistema que se integre de forma muy natural no sólo a la vivienda, sino a las vivencias y expectativas de los habitantes, donde puedan percibir que más que una solución integral es una relación, en donde el mutuo beneficio genera una sinergia que permitirá una relación fuerte, persistente y perdurable en el tiempo.

La propuesta final del sistema de solución lleva este concepto a una relación de cuidado a cambio de alimento y confort que aporta a la sostenibilidad del sistema y las personas en el hogar; una simbiosis entre lo humano y lo vegetal.

## **Proceso de propuesta**

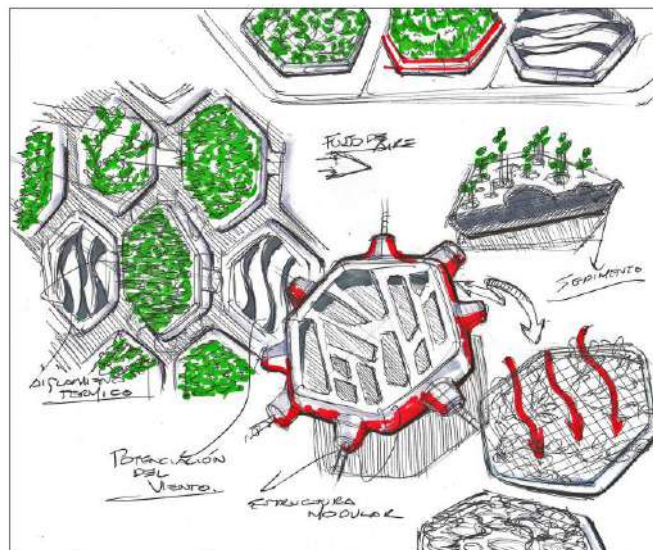
En el proceso de ideación y conceptualización se generaron varias propuestas y posteriormente se evaluaron a partir de los requerimientos y determinantes del proyecto y de su coherencia con el concepto de diseño. (Ver anexo 4: Matriz de criterios para selección de propuestas y sistemas de solución).

De esta evaluación, dos propuestas resultaron superiores a las demás, estas fueron: Ladrillos+Sembrar; y Persiana vertical+ plantas, las cuales se explican a continuación.

### Sistema 1: Ladrillos (Modulo hexagonal) + Sembrar

Este sistema consiste en un nodo hexagonal con cualidades de ensamble modular que tal como un ladrillo sirve para configurar espacios arquitectónicos de diferentes formas y escalas. Cada nodo reúne un entorno propicio para el crecimiento de vegetación de tipo trepadora y arbustiva, sirviendo como recipiente de minerales y sedimento que se encargan de nutrir la vegetación.

La configuración de los nodos sirve para aislar térmicamente las viviendas o una sección de ellas. Se plantearon además, diferentes piezas superficiales para los nodos con el fin de atender los diferentes requerimientos de confort en el hogar. De esta forma la estructura que se construye con los nodos puede ser diferente en algunas secciones de tal forma que aisle térmicamente, filtre luz y potencie el viento para su flujo hacia el interior de la vivienda. Igualmente el sistema permite la generación de vacíos en zonas de esparcimiento teniendo en cuenta la importancia de la actividad de mirar hacia afuera y su relación directa con el confort psicológico de los ocupantes de la vivienda.

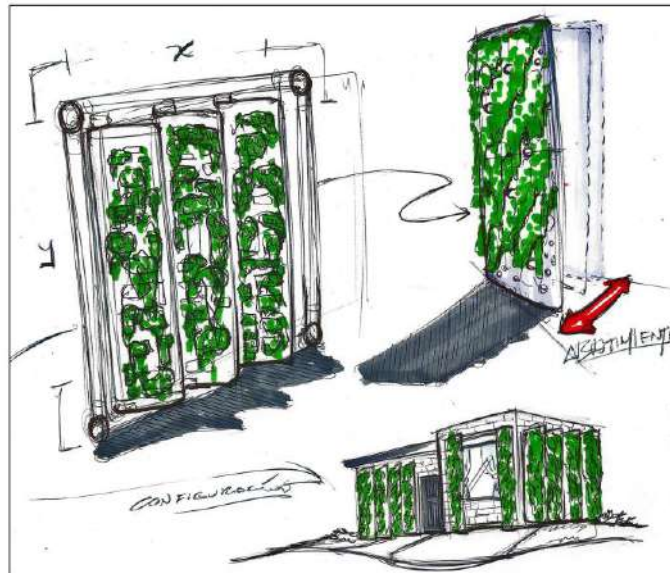


Ideación de propuesta 1. (Fuente propia, 2014)

## Sistema 2: Persiana vertical + Plantas

El sistema se inspira en los sistemas de persianas y su forma de graduación en torno a la luz y la visibilidad. Se genera así una estructura conformada por 4 puntos que constituyen una superficie que se enfoca en aislar el calor y filtrar la luz. La superficie es cubierta por persianas verticales que albergan vegetación que se extiende a través de su geometría.

Esta propuesta le da una relevancia a la expresión de la identidad de los ocupantes de la vivienda mediante iconografía acorde con la cultura y tradiciones de la región, y de los usuarios mismos.



Ideación de propuesta 2 (Fuente propia, 2014)

## Propuesta final del primer proceso

La propuesta final surge como resultado de diseñar sobre los Sistemas 1 y 2 explicados anteriormente. La combinación de características y la aplicación del concepto de simbiosis, conllevan al desarrollo de un sistema basado en el funcionamiento de una cortina y en la forma en que los árboles generan sombras filtrando luz en el entorno natural.

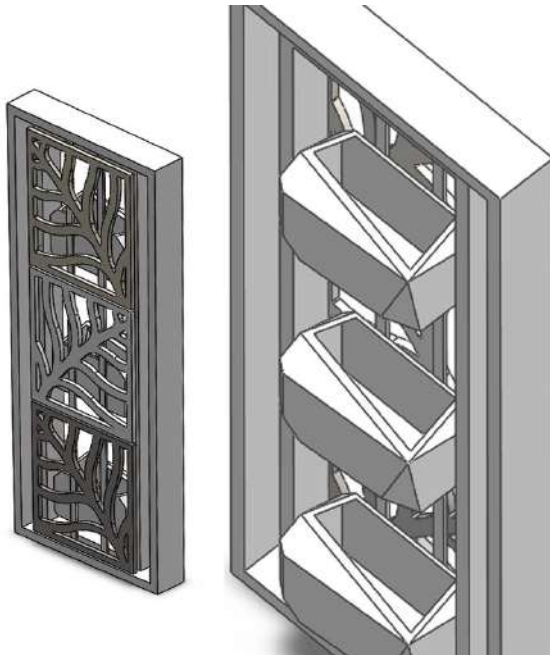
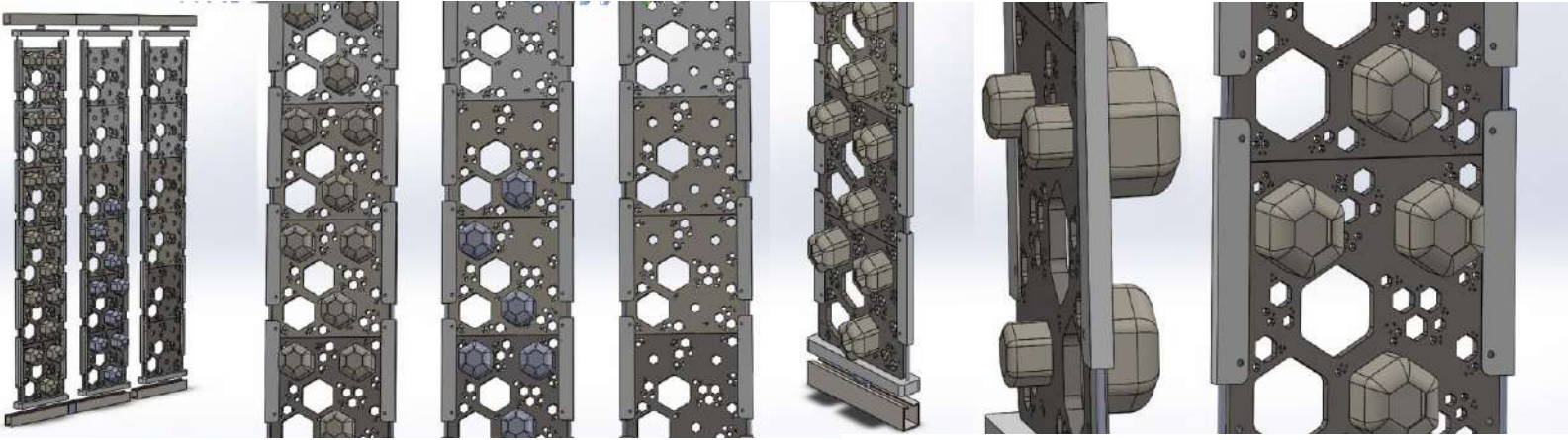


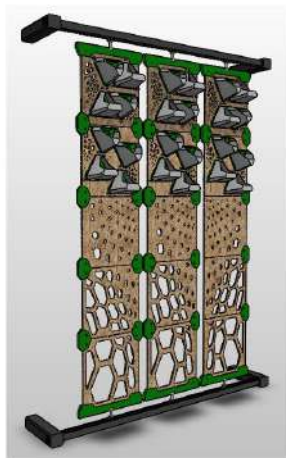
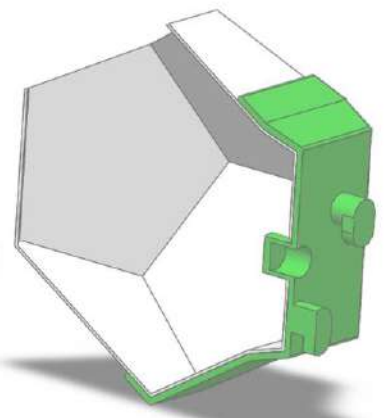
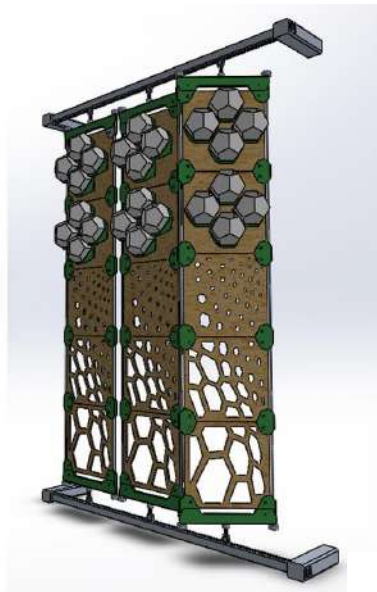
Gráfico. Sombra generada por árboles.

El sistema consiste en una superficie de vegetación que se crea a partir de dos puntos de anclaje en techos o paredes. La superficie está conformada por elementos verticales para el crecimiento de dos tipos de vegetación; la primera de tipo trepadora, específicamente de Frijol Voluble, que tiene la función de aislar térmicamente y filtrar la luz exterior. La segunda se trata de vegetación de tipo arbustiva que tiene una mayor duración en el tiempo por lo que su función es aislar térmicamente mientras la vegetación de Frijol Voluble se encuentra en crecimiento. El diseño tiene un papel fuerte en el desarrollo de una estructura que soporte la vegetación y que al mismo tiempo se convierta en un mecanismo pasivo de potenciación del viento hacia el interior de la vivienda social.

Esta superficie es versátil en su uso ya que permite abatir y desplazar planos de vegetación para generar espacios de permanencia y zonas de interacción en la vivienda.

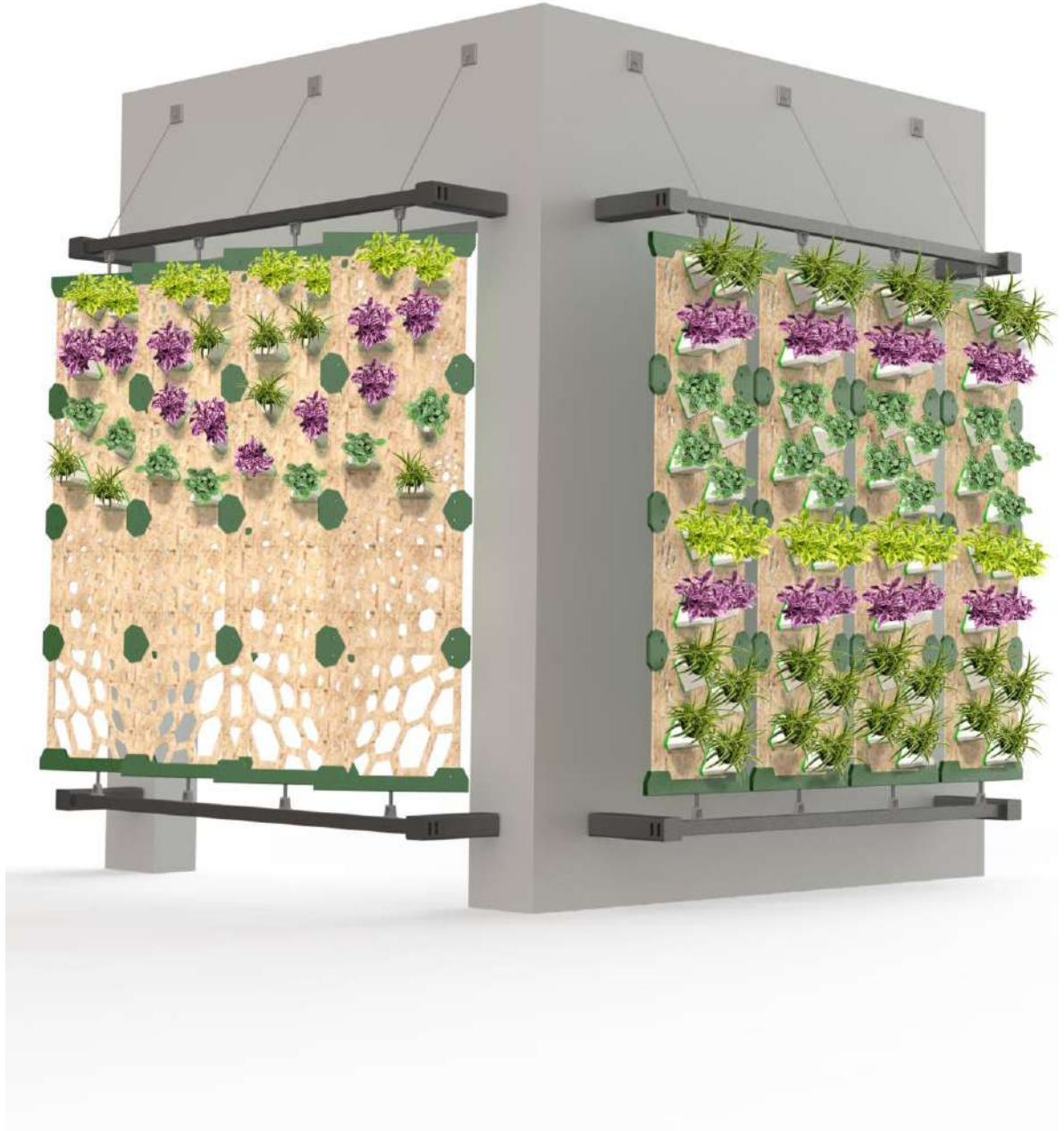








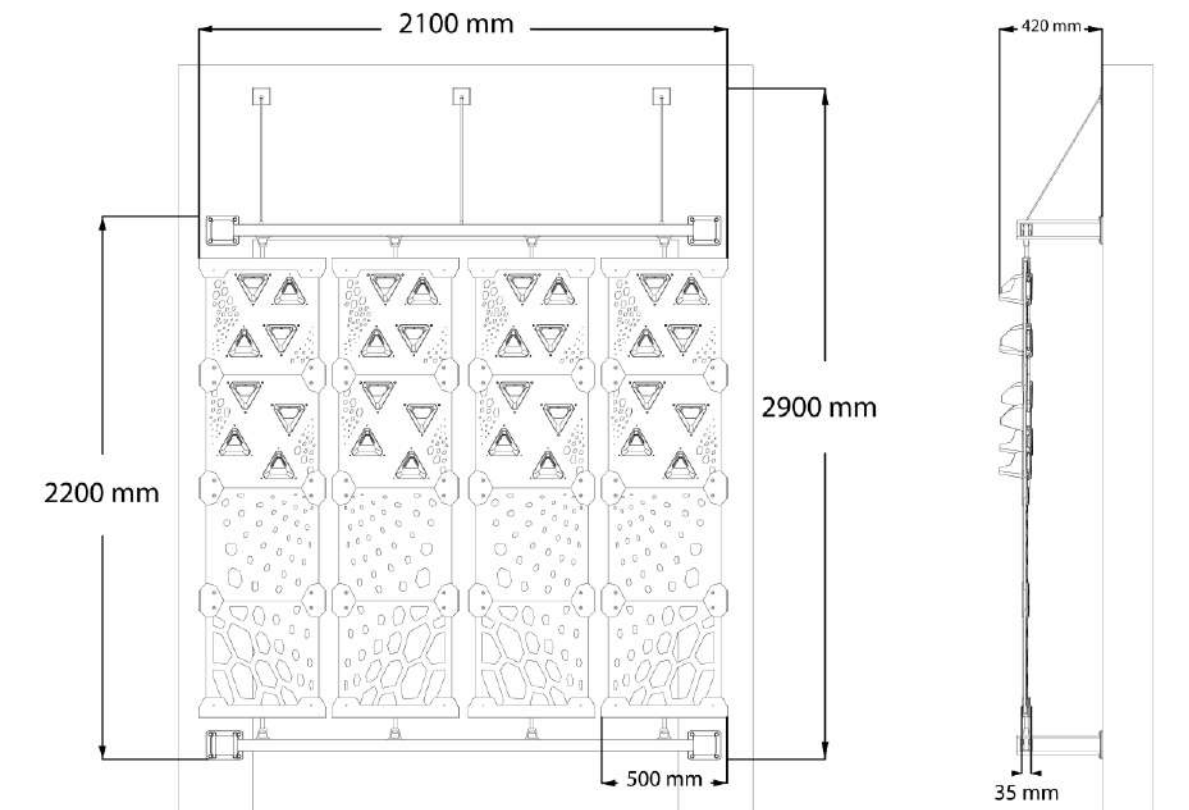
***Propuesta Final***



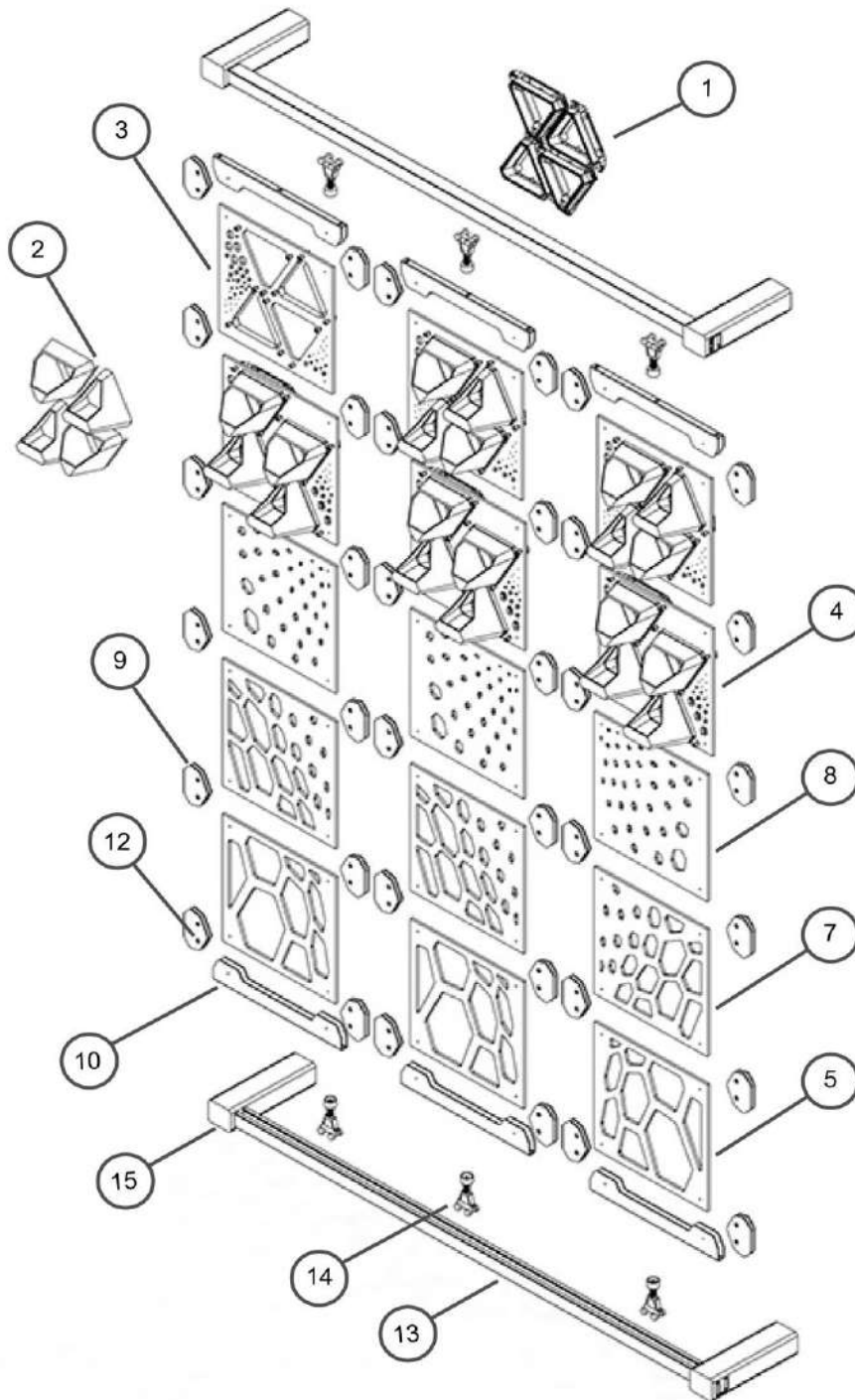
Esta propuesta resulta a partir de un proceso de rediseño continuo, con base en la investigación y en el estudio de las preferencias del usuario final, donde finalmente el concepto de Simbiosis une todos los atributos de confort que ofrece una vegetación circundante, capaz de filtrar la luz, purificar el aire, ofrecer un disfrute visual por la ornamentación y las sombras, con la versatilidad del movimiento según los requerimientos térmicos de la vivienda, incluso según las necesidades de confort del usuario.

En su forma y todos los elementos que lo componen se ha tratado de mostrar una unión, una función y un uso casi natural, que al igual que la naturaleza es compleja en su concepción para ser certera y simple en su función.

### Medidas generales



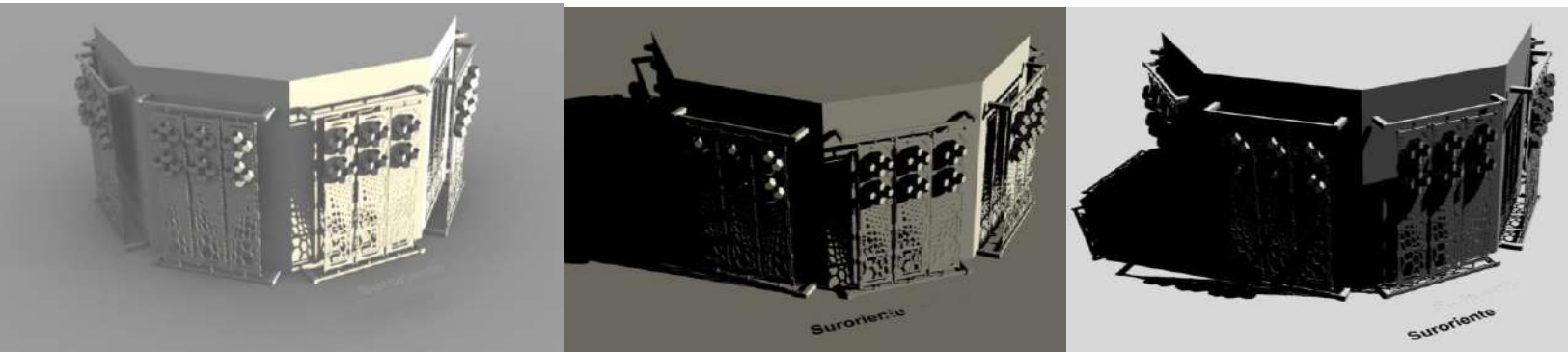
## Explosión



- 1 Mod: parte 1 contenedores plantas
- 2 Pot: parte 2 contenedores plantas
- 3 Panel ModPot compact
- 4 Panel ModPot Expand
- 5 Panel 1 - L
- 6 Panel 2 - M
- 7 Panel 3 - S
- 8 Panel 4 - XS
- 9 U : Sujetador lateral
- 10 T : Sujetador Superior / Inferior
- 11 Mangueras
- 12 Tornillos
- 13 Riel Superior/ Inferior
- 14 Carro Riel (6)
- 15 Dilatador Pared (4)

Despiece

## ¿Cómo se configuró?



Las anteriores imágenes son la simulación de asoleamiento, de la fachada más el sistema Viva a diferentes horas del día, en una dirección en la que puede estar ubicada su casa o la fachada más extensa de la misma, en este caso la fachada y el sistema a analizar se encuentran mirando hacia el surorienté, y eso da como resultado:

- La posición de los paneles para potenciar el sistema de refrigeración pasiva, debe ser mirando hacia la entrada del sol (girados hacia la derecha).
- Dado que la entrada de sol se da de la mañana hasta el comienzo de la tarde, se requiere un nivel medio de vegetación demandada para bloquear en mayor área la radiación; sumado a que el mayor impacto positivo de las brisas en el trópico es en fachadas norte y sur, la corriente o el flujo de aire a percibir no es mucha, la apertura es escasa o ligera.

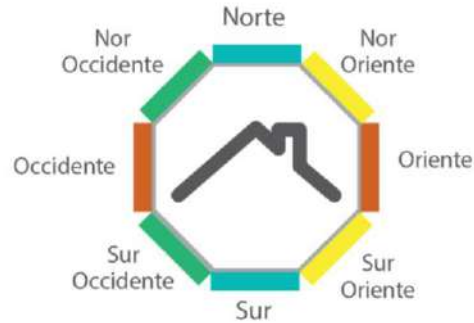


### Asignación adecuada del sistema Viva

Se usó un octágono por ser una figura que permite asociar cada uno de sus lados a cada punto cardinal o de referencia, donde en cada cara se montó un sistema Viva en la misma posición, y por medio de la simulación de sombras realizada con la herramienta, Sun Panel con ubicación continental, de V-Ray para Rhinoceros, se hizo análisis de la incidencia del sol en diversas horas del día, arrojando resultados que definieron la selección de elementos para cubrir por medio de 4 configuraciones estándar, los diferentes requerimientos de confort térmico en las viviendas según la ubicación de la fachada más problemática o amplia respecto al sol.

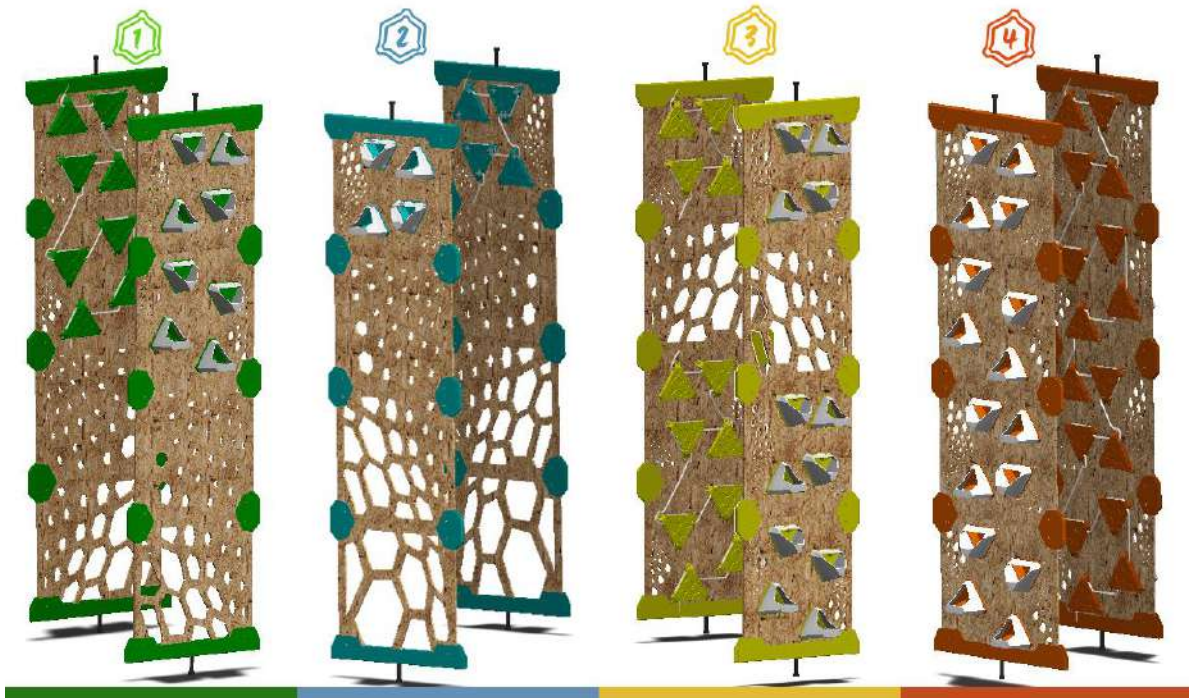
De esta forma la ubicación espacial de la vivienda, define el sistema Viva óptimo a implementar.

## El sistema Viva para su vivienda



### ¿Cómo se escoge?

Si se toma el ejemplo anterior como referencia, en ese caso la ubicación de la vivienda, la fachada con el área más grande o problemática (en sentido de desconfort) respecto a la incidencia del sol, es la fachada Suroriental y para esta corresponde el sistema Viva número 3, representado con el color amarillo.



Los colores distintivos de Viva, no sólo dejan ver las diferencias entre un sistema y otro, también expresan el grado de radiación, a mayor intensidad los colores se vuelven más intensos y para el caso del # 2 azul, se junta la característica de mayor incidencia del flujo de aire.

## Un empaque, 4 posibilidades...



El empaque de Viva es estándar en volumen para todas sus presentaciones, internamente propone divisiones que optimizan el espacio al mismo tiempo que hacen más sencilla su acomodación de acuerdo al grado de densidad en elementos de cada sistema. Así el azul será el más ligero y el naranja el más denso; como se puede ver en la imagen la estructura de relleno está diseñada para mayor cantidad de bases o Mods.

*Ligeros*

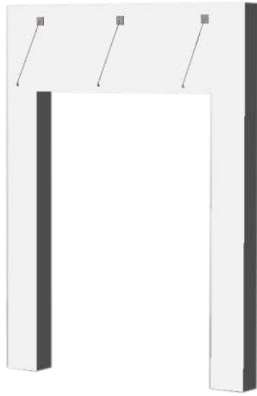
*Densos*





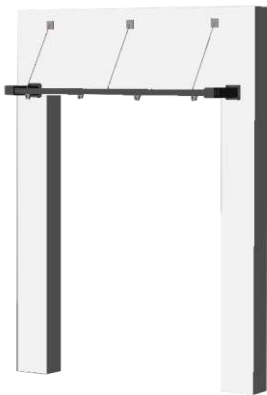
## Instalación

< Realizada por un técnico especializado >



Se perforan en la pared 4 orificios por cada platina de  $\frac{1}{4}$ " (3 en total) para anclarlas con pernos de  $\frac{1}{2}$ "; posteriormente de cada una se sujetan las guayas, que serán los tensores del sistema

Paso 1



Se perforan en la pared 4 orificios por cada dilatador de pared (4 en total); posteriormente se sujetan las guayas a los enganches del perfil superior y finalmente se anclan las platinas de los dilatadores a la pared con los pernos.

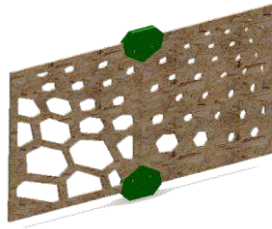
Paso 2



Efectuado el procedimiento para todos los dilatadores en el anterior paso, se procede a anclar a la pared el riel inferior, de igual forma.

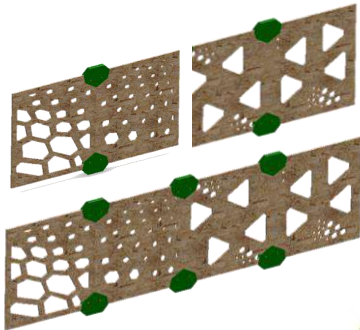
Paso 3

Ensamble de a 2 paneles: se juntan dos paneles por sus cantos en posición correcta y se aseguran lateralmente con los sujetadores en U, atornillando por los orificios indicados



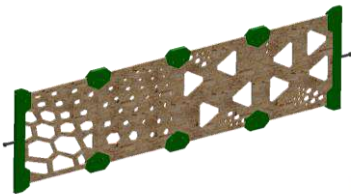
Paso 4

Se repite el anterior paso con los otros dos paneles que faltan y se sigue a ensamblar las dos piezas resultantes en la mitad con sujetadores en U.

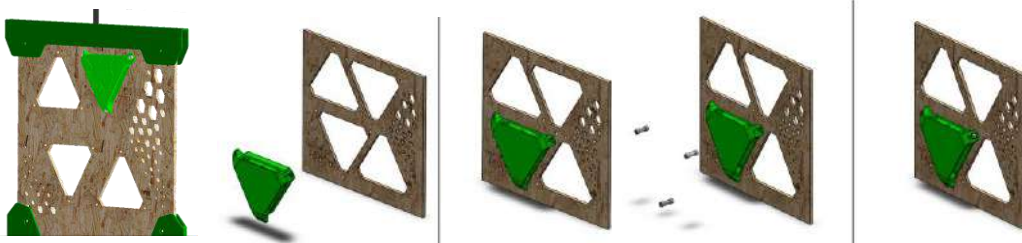


Paso 5

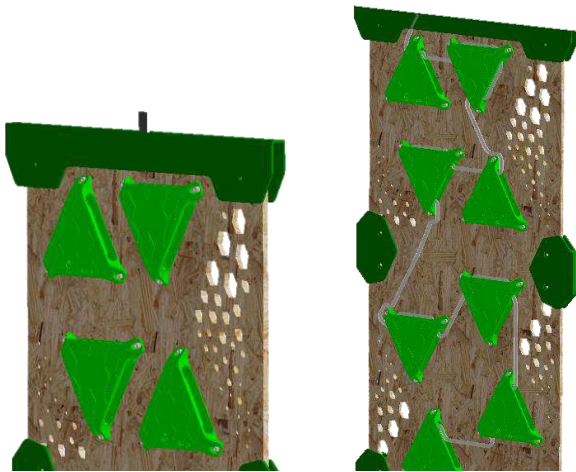
Al tener todo el panel completo, como un módulo o columna en el extremo superior e inferior se encajan los sujetadores tipo T



Paso 6



Paso 7



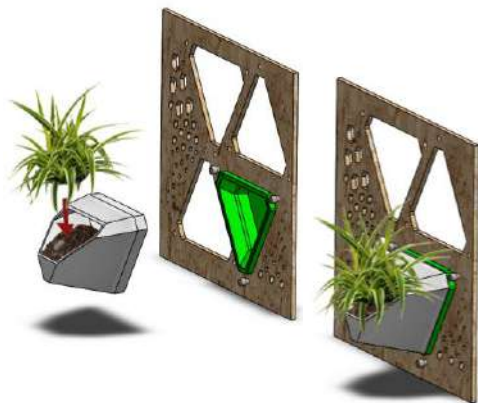
Al finalizar de encajar todos los Mods a los paneles, es importante dejar 30 cm de manguera en el extremo superior que es donde se comienza y habiendo dejado los 30 cm se empieza a introducir la manguera por los orificios interiores/superiores de los Mods, conservando el camino de ascendente a descendente, para procurar el riego del agua por gravedad

**Paso 8**



[Es importante tener en cuenta que el sistema de mangueras queda en la parte posterior de cada columna]. Al tener todos los Mods encajados dentro de los paneles que llevan plantas, y las mangueras listas, se procede a asegurar cada módulo o columna con sus 2 respectivos carros deslizadores, (8 en total para todos los módulos) que se encuentran en el riel superior e inferior.

**Paso 9**

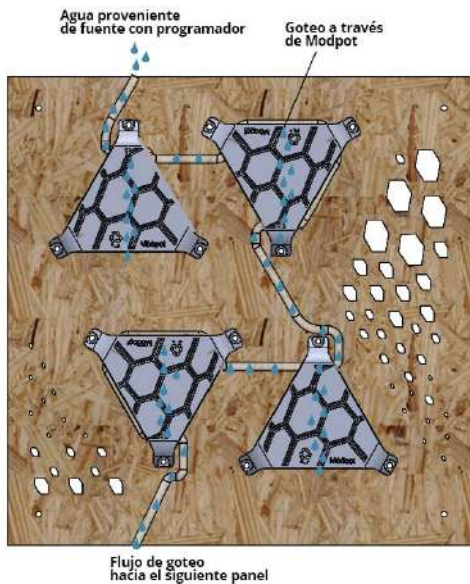


Se procede a armar cada Pot y a cada uno se le introduce la bolsa que contiene la preparación lista tanto del sustrato como el hidrogel.

A continuación se introduce la raíz de la planta de forma diagonal por el orificio principal del Pot, tal que alcance a cubrirse toda por la tierra, dejando solo sus tallos y hojas expuestas

**Paso 10**

Uso: Hecho para disfrutar.



Finalmente, después de que el sistema ha sido instalado por el técnico lo único que le corresponde hacer al usuario para seguir recibiendo los beneficios térmicos y la belleza de la vegetación, es abrir la llave de paso del agua al menos 3 veces a la semana, que se encuentra conectada al sistema hidráulico y que gracias a un equipo muy pequeño y de cero consumo energético, apagará el riego en pocos minutos cada vez. De igual forma así el usuario olvide regar las plantas por dos días consecutivos la tecnología del hidrogel ayudará a controlar la humedad del sustrato, evitando la rápida deshidratación de las plantas.

Disfrute!



Finalmente lo único que le corresponde al usuario es disfrutar de las configuraciones de Viva, ya sea girar cada módulo en su eje para aumentar o disminuir la intensidad del sol o la brisa ó desplazar los modulos para obtener una atmósfera o un espacio abierto.

## **Aspectos de mercado y modelo de negocio**

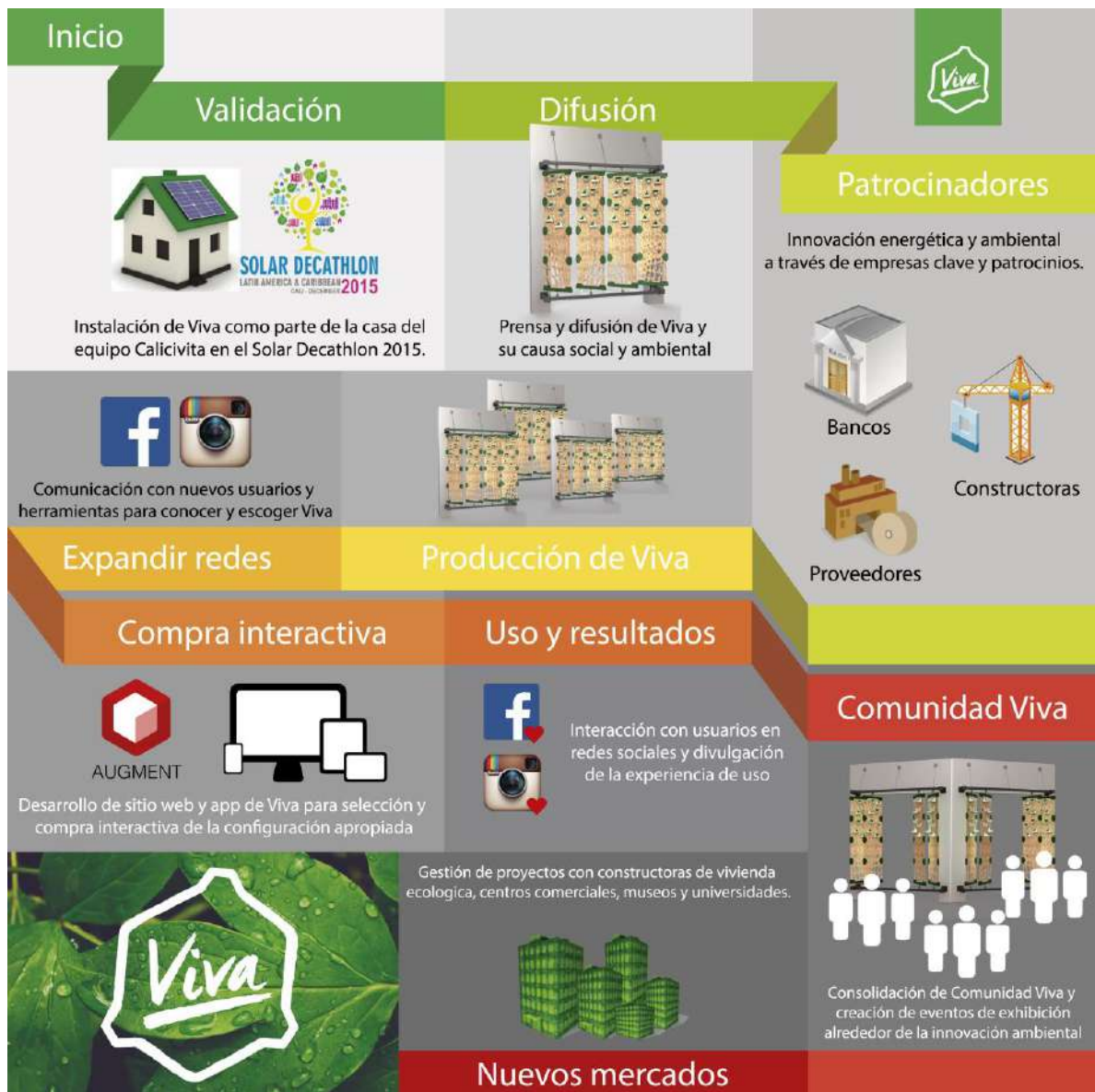
### **Introducción**

A continuación se expone el modelo de negocio y los alcances de las diferentes variables de mercado que determinan el desarrollo del sistema de fachada y de cerramiento de espacios residenciales, empresariales y de entretenimiento, que tiene la función principal de mejorar el confort térmico.

### **Promesa de Valor**

La promesa de valor del sistema consiste en ofrecer confort térmico a partir de un sistema pasivo de acondicionamiento bioclimático, que integra a la vegetación y sus propiedades de mitigación del calor; y que además posee gran versatilidad por sus múltiples configuraciones que responden a los diferentes requerimientos climáticos de las edificaciones, y a una capacidad para adaptarse a la variación climática diaria y a los requerimientos de habitabilidad de sus ocupantes.

La vegetación como componente principal del sistema cumple con dos funciones: la de aislante térmico y elemento estético diferenciador. De ahí que el sistema promete además un confort psicológico, al integrar de forma funcional y estética la vegetación, poniéndola al alcance de los habitantes del hogar, dándoles la capacidad de fortalecer su identidad visual y diferenciarla de la de sus vecinos a partir de las diferentes especies de plantas que ofrece el sistema. El confort psicológico también se ve fortalecido al ofrecer un sistema de cerramiento que se puede abrir, cerrar o graduar permitiéndole al usuario crear los espacios en los que se encuentre más a gusto durante los diferentes momentos y condiciones climáticas del día.



### Segmentos & consumidores

El estado de agotamiento al que se ha llevado al planeta, ha generado en los últimos años tendencias, que han pretendido reducir el impacto negativo que se genera día a día con nuevos productos, creando nuevos nichos. La realidad es que quien adopta hábitos y consumos ecológicos y/o sostenibles marca una diferencia y es tomado como referencia. Dado que es un tema que en realidad va más allá de una tendencia, las sociedades, las empresas y las diversas industrias entienden la importancia no sólo del Green marketing, sino también las repercusiones que pueden disminuir y los beneficios que pueden obtener. (Colombia, 2012)

Así, este producto más allá de brindar una figura de estatus o reconocimiento de una conciencia verde a quien lo adquiera o use, busca dar una solución objetiva y eficiente a las necesidades de acondicionamiento climático y eficiencia energética y sostenibilidad ambiental que requiere el mundo de hoy. El segmento al que va dirigido el producto es uno que encuentra en las soluciones sostenibles y ecológicas, una alternativa altamente beneficiosa, tal es el caso del sector de la construcción que involucra masivamente proyectos de viviendas. (Sociedad central de arquitectos, 2015)



Fig 1. Tabla de promesa de valor

### Modelo Canvas

Para cumplir la promesa de valor y “calmar los dolores” de los clientes y los usuarios, al mismo tiempo que se obtiene un modelo de negocio llamativo y viable, se deben tener en cuenta varios elementos importantes. Como primera medida la función del diseño es fundamental para unir de forma ingeniosa e integral dos conceptos, la fachada ventilada y la vegetación, tratando de estandarizar sin sacrificar la innovación y una estética atractiva, así mismo hallar los proveedores indicados, permite contar con altos estándares de calidad de materia prima a los precios más idóneos, logrando una rápida distribución, tal es el caso de viveros, proveedores de perfilería metálica, de polímero laminar, entre otros. Esto asegura un abastecimiento continuo, y la posibilidad de generar buenas alianzas que por la connotación del proyecto y el uso de sus materiales, sean un canal de comunicación y permitan a sus clientes conocer el sistema, recibir capacitación e incluso incorporarlo en sus espacios visibles al público, parte de lo que podría denominarse una estrategia Below The Line (BTL).

Por otra parte el sistema ha sido desarrollado para implementar en su mayoría piezas en presentaciones comerciales estándar y maquinado de baja complejidad, por temas de impacto ambiental y de costos, haciendo necesaria una fábrica, de donde partiría el sistema de distribución y se haría parte de la gestión comercial o de servicios, en el caso de ofrecer el sistema como una alternativa verde de cerramiento de espacios para eventos.

<b>Socios clave</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Viveros</li> <li>- Empresa perfilera metálica</li> <li>- Proveedores de polímero laminar</li> <li>- Proveedores herrajes</li> <li>- Proveedores pintura</li> <li>- Transporte</li> </ul>	<b>Actividades clave</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñar</li> <li>- Asesorar config.</li> <li>- Actividad botánica</li> <li>- Servicio instalación</li> <li>- Mantenimiento</li> </ul>	<b>Propuesta de valor</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de fachada ventilada</li> <li>- Instalación previa al habitar</li> <li>- Sistema que permite graduar abrir o cerrar la fachada</li> <li>- Paneles estándar especiales para cada condición climática</li> <li>- vegetación disipadora de calor</li> <li>- vegetación creadora de atmósfera</li> </ul>	<b>Relaciones con los clientes</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asistencia personal</li> <li>- Conformación de comunidades</li> <li>- Servicio post venta</li> <li>- Eventos</li> </ul>	<b>Segmentos de cliente</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Constructoras</li> <li>- Arquitectos</li> <li>- Empresas</li> <li>- Usuario del sistema: Persona 25 - 50 años que vive en vivienda social</li> </ul>
<b>Estructura de costos</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nóminas</li> <li>- Transporte</li> <li>- Personal de instalación</li> <li>- Materia prima</li> <li>- Herrajes</li> </ul>		<b>Fuentes de ingresos</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de cerramiento de espacios de vivienda, empresariales y de entretenimiento, que mejora el confort térmico por su cualidad de versatilidad de configuraciones, y conforma una atmósfera natural que aporta al confort psicológico.</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gama de vegetación</li> <li>- Publicidad BTL</li> <li>- Mercadeo en internet</li> <li>- Sistema de riego</li> </ul>				

Fig 2. Modelo de negocio Canvas.

### Mercado potencial

Para el sistema se encuentra un mercado macro ubicado geográficamente en Cali y segmentado por medianas y grandes empresas dado que estos entes buscan a largo plazo reducir sus gastos y/o proyectar una imagen y un consumo eficiente, amigable y responsable con el medio ambiente, de igual forma hay sectores que pueden estar mucho más interesados por los mayores beneficios que le pueden generar, para lo que se halló un total de 853 medianas y grandes empresas;

### Competencia

Los competidores más cercanos son aquellas empresas dedicadas a ofrecer productos y servicios de sistemas de fachada ventilada y sistemas de jardines verticales; no obstante, vale la pena aclarar la gran mayoría de jardines verticales

que se ofrecen actualmente en el mercado de la ciudad de Cali, poseen un carácter ornamental y no funcional, al igual que las fachadas ventiladas, las cuales no ofrecen una solución versátil requerida por los diferentes requerimientos arquitectónicos y climáticos del mercado.

Dado lo anterior se tienen los servicios de jardines verticales de:

- Dos Mundos, productos vivos.
- Plantas Selectas Ltda.

Los anteriores plantean un producto que por un metro cuadrado (1 m<sup>2</sup>) tiene un precio aproximado de \$600.000 pesos (COP) y han realizado proyectos para reconocidas plazas comerciales, empresas de mobiliario, turismo, vivienda, entre otras.

Por otra parte se encuentra el mayor competidor en fachadas ventiladas y sistemas de protección solar:

- Hunter Douglas

Con productos que por metro cuadrado (1 m<sup>2</sup>) pueden tener un precio mínimo de \$250.000 pesos. (COP) (Hunter Douglas, 2014) Ver anexo de competidores.

### **Análisis del producto: Definición, identificación, empaque, precio**

El producto consiste en un cerramiento de espacios arquitectónicos que funciona como sistema pasivo de acondicionamiento bioclimático y que incluye a la vegetación como elemento principal para mitigar el calor en la edificación. El sistema funciona de forma similar a una persiana vertical, ya que cuenta con columnas que giran en su propio eje y que además se desplazan horizontalmente para permitir tanto la graduación de la entrada de luz y viento a la edificación, como la óptima relación de los habitantes con el medio ambiente. Cada columna implementa el sistema de funcionamiento de las fachadas ventiladas y por tanto cuenta con varias capas aislantes; en este caso de vegetación, de polímeros térmicos laminares y una de vacío entre estos dos.

### **Empaque**

El sistema en todas sus partes ha sido pensado para procurar su división en piezas eficientes al momento del empaque, embalaje, y transporte, logrando optimizar en el uso de materiales para el empaque, y la eficiencia en el espacio de almacenamiento, que permite su apilamiento, lo que genera espacio bien ejecutado dentro del medio de transporte. De igual forma los materiales planteados deben ser ecológicos o de bajo impacto ambiental.

Las medidas del empaque llegan a un volumen aproximado de: Largo 1,50m x ancho 0,58m x alto 0,15m

## **Precio**

Este se ha establecido desde una estrategia de precios pertinente al segmento de mercado que se está trabajando, pero va ligada a decisiones de penetración del mercado, con un producto que busca diferenciarse y cautivar, al mismo tiempo ser competitivo frente a propuestas similares, es por ello que tras una revisión de costos en materias primas, procesos, logística y competidores se busca trabajar con un precio máximo entre los \$500.000 - \$600.000 pesos (COP) por un aproximado de 1,50 m<sup>2</sup>.

## **Análisis del precio**

En inicio se puede pensar que para efectos de costes y establecer un precio que permita ajustes de acuerdo al movimiento del mercado, la mejor estrategia de fijación de precio puede ser la de desceme, ya que es un producto en el que su carácter principal es la innovación por medio del diseño en casi todo el producto; de igual forma esta estrategia permitirá migrar a otra, que admita fijar un precio manteniendo el de la competencia, e incluso más bajo, si es viable, lo que sería conveniente al momento de ganar mercado en el sector de la construcción y permear las barreras comerciales para control del confort térmico. (Agueda, 1997)

## **Análisis de la política de comunicación**

Para el óptimo funcionamiento del sistema y para un alcance mayor de usuarios potenciales, es vital establecer una conexión fuerte entre los atributos que ofrece este sistema y las personas que lo requieren. Para esto se plantea una alta participación del sistema en muestras, exhibiciones y eventos relacionados con la construcción, de forma que se generen conexiones empresariales objetivas y se llegue cada vez a usuarios nuevos que hagan parte de diferentes sectores del mercado como el residencial y el industrial.

Dentro de esta serie de eventos se realizarán capacitaciones y asesorías que darán a conocer a los usuarios los beneficios que ofrecen el sistema y sus factores diferenciadores. Las asesorías tendrán la función de guiar al usuario en la selección del sistema y su configuración más apropiada para el espacio en que se pretende aplicar.

Mediante una página web, al igual que en los eventos se dará gran importancia al desarrollo de una conciencia ambiental en los usuarios potenciales y en los agentes que participen en el entorno de construcción, ya que esto lleva a comprender el sistema como un elemento innovador por sus características de eficiencia energética, aislamiento a partir de vegetación, y bajo impacto ambiental.

### **Análisis de la distribución: transporte, empaque, venta**

Por medio de la página web se realizará la actividad comercial, donde los usuarios encontrarán información y guías interactivas que los lleven a seleccionar el producto que mejor se adapte a sus requerimientos, y posteriormente efectuar la compra del sistema.

El sistema se despachará desde la bodega ubicada en el punto de fabricación. Ahí, el despacho de pedidos se realizará en camiones que cubrirán las entregas para que estas se efectúen en un plazo de 8 días hábiles. El sistema ha sido diseñado para que ahorre espacio en el embalaje y para que sea apilable. El empaque del sistema debe ser reciclable y dadas las características de las piezas que tendrá contenidas este no cumplirá una función de protección alta por lo que requiere de una estructura simple ahorre material.

### **Conclusiones**

Las soluciones existentes para el problema del confort térmico en la vivienda social no se pueden aplicar en el trópico y por ende en Cali, dadas las diferentes variables climáticas, ambientales y sociales que diferencian a la región de otros lugares del mundo. La vegetación cuenta con un alto potencial para abordar el problema del confort térmico, siendo implementada en sistemas pasivos de acondicionamiento bioclimático, donde el desafío para el diseño industrial es lograr que sean eficientes y sostenibles para los habitantes de la vivienda social.

Pese a que se posee información de la aplicación de vegetación, los alcances para el proyecto se limitan dado el costo, puesto que se han desarrollado en países donde la importancia de las soluciones sostenibles y verdes tiene otra mirada, es por ello que la finalidad no es extrapolar la información a nuestro contexto sino volverla elemento de referencia para generar exploraciones e investigaciones prácticas continuas, que finalmente son la forma más óptima para

Es necesaria una fuerte orientación del sistema hacia los diferentes usuarios potenciales como lo son las constructoras, los arquitectos y las empresas.

Se deben desarrollar herramientas virtuales y físicas, de asesoría y capacitación para la selección e instalación del sistema en los diferentes entornos y ambientes.

Es de vital importancia la participación del sector de la construcción en la venta e instalación del sistema.

## **Aspectos de factores humanos**

### **Introducción**

Este análisis busca profundizar en la identificación de las áreas más relevantes para el sistema respecto a la ergonomía y demás factores humanos, para así desarrollar un conjunto de normas claves a desarrollar en el proyecto, con el fin de asegurar una instalación correcta del sistema y la mejor experiencia de uso.

### **Ergonomía Física / Técnica**

Primero que todo para definir los aspectos técnicos, de postura y movimiento, se debe dividir el análisis para entender como incide el sistema tanto en el instalador quien es el mayor implicado y el usuario.

### **Instalador**

#### **Aspectos técnicos, de postura y de movimiento**

Son sumamente importantes y los primeros aspectos van ligados a las guías de buenas prácticas para seguridad en trabajos de altura, ya que su eficaz aplicación permite minimizar los impactos de postura al instalador a causa de la manipulación manual de cargas; de igual forma analizar la carga estática o dinámica que pueden generar las diversas adecuaciones de los paneles del sistema, como también el empleo de herramientas que faciliten o eviten las tareas repetitivas que generan fatiga y lesiones a largo plazo.

### **Usuario**

#### **Aspectos técnicos, de postura y de movimiento**

En este caso el usuario es quien menor carga o impacto puede llegar a recibir a causa de su interacción con el sistema, pero se deben tener en cuenta principalmente las manipulaciones tolerables y los esfuerzos, ya que cada uno de los paneles pretende generar dos movimientos realizados por un motor, pero para las líneas de producto más económicas el uso manual requiere de una fuerza

suficiente, por lo tanto no nociva para general el movimiento del panel y la vegetación, si es el caso.

Por otra parte las posturas y sus factores de riesgo ergonómico se pueden percibir a la hora de procurar un mantenimiento de la vegetación sin elementos que eviten la extensión de la parte superior del cuerpo para las plantas más altas y la mala postura para acceder a las más bajas. (Fundación Laboral de la Construcción, 2013) La siguiente imagen muestra la importancia de revisar y analizar los distintos momentos en la construcción o instalación del sistema y de qué forma puede afectar ergonómicamente. Los aros rojos muestran los episodios más críticos para los instaladores de acuerdo a la incidencia o nivel de la carga, parte de algunas actividades no se consideran para el sistema, otras se han modificado para ser evitadas en lo posible y deducen un parámetro de normas a usar.



Fig. 1. Proceso en la manipulación manual de cargas en cerramiento de fachada de la edificación.

## Normas Técnicas

### Instalador / Usuario

- NTP 682: Seguridad en trabajos verticales (i): equipos.

La anterior es una guía de buenas prácticas para trabajos en altura, donde se nombran técnicas para trabajar en vertical aplicando diversos elementos, como andamios, cuerdas, equipos manuales, entre otros que en conjunto con una calidad óptima, generan la estabilidad y la confianza necesaria para que el instalador efectúa movimientos mucho más naturales y convenientes. (Min. Trabajo y asuntos sociales de España, 2000)

- NTP 622: Carga postural.

Por medio de esta norma técnica se puede llegar a métodos como el EPR (evaluación postural rápida), donde la adopción repetida de malas posturas durante el trabajo genera fatiga y a la larga puede ocasionar trastornos en el sistema musculoesquelético. Esta carga estática es uno de los factores a tener en cuenta en la evaluación de las condiciones de trabajo, sólo es un método para iniciar otros más profundos como el RULA. (ergonautas.co, 2015)

**Aplicación del método**

EPR no evalúa posturas concretas si no que realiza una valoración global de las diferentes posturas adoptadas y del tiempo que son mantenidas. El método considera que el trabajador puede adoptar 14 posibles posturas genéricas que son recogidas en la tabla 1.















Tabla de posturas.					
Sentado: Normal		Sentado: Inclinado		Sentado: Brazos por encima de los hombros	
De pie: Normal		De pie: Brazos en extensión frontal		De pie: Brazos por encima de los hombros	
De pie: Inclinado		De pie: Muy inclinado		Arrodillado: Normal	
Arrodillado: Inclinado		Arrodillado: Brazos por encima de los hombros		Tumbado: Brazos por encima de los hombros	
Agachado: Normal		Agachado: Brazos por encima de los hombros			

Tabla 1. Posturas del trabajador en EPR.

Fig. 2. Análisis de posturas método EPR.

## Manipulación Tolerable y Esfuerzos

Se manipulan cargas mayores de 3 Kg y menores de 6 Kg en alguna de las siguientes condiciones:

- Por encima del hombro o por debajo de las rodillas.
- Mal agarre, entendido como aquel en el cual la carga no tiene asas o hendiduras, de forma que no se permite un agarre confortable. También se incluyen aquellas cargas sin asas que no pueden sujetarse flexionando la mano 90° alrededor de la carga. (Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico, 2013)

A modo de indicación no se deberán superar los siguientes valores:

- Para poner en movimiento o parar una carga: 25 Kg. (250 N)
- Para mantener una carga en movimiento: 10 Kg. (100 N)

Alguna de las siguientes condiciones se cumple durante el empuje y/o tracción:

- Peso total de la carga a empujar/tirar es menor de 250Kg.
- Fuerza sostenida de empuje y/o tracción menor de 3 Kg. (Álvarez- Casado, 2010).
- PC 22: En tareas repetitivas emplear, herramientas específicas al uso.



Fig 3. Análisis de herramienta especial.

- PC 23: Suministrar herramientas mecánicas seguras.
- PC 29: En herramientas manuales, proporcionar las adecuadas para un cómodo manejo.
- PC 32: Minimizar vibración y ruido de las herramientas manuales.

## Cumplimiento Normas Técnica

- La regulación NTP 682: Seguridad en trabajos verticales (i): equipos. Es prácticamente necesaria para poder realizar la instalación del sistema en fachadas y edificaciones verticales.
- NTP 622 Carga postural: Para identificar el cumplimiento de esta norma se empleó una metodología de medición no sólo postural, sino más compleja e integral gracias a que incluye diversas variables; LEST (laboratoire de Economie et sociologie du Travail).

Para obtener los datos se decidió suponer que el instalador decide colocar cada panel de forma incorrecta, y en vez de instalarlos solos primero (ver figura 4.), decide instalarlos e incorporarlos a los tensores con las plantas dentro de ellos, pasando de una carga manipulada de casi 1kg a casi 9kg por panel teniendo en cuenta que en un panel caben 4 contenedores de planta. Teniendo los resultados en Fig.8.

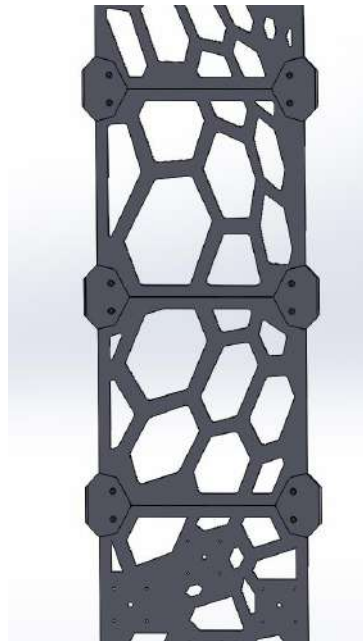


Fig 4. Paneles unidos sin plantas.

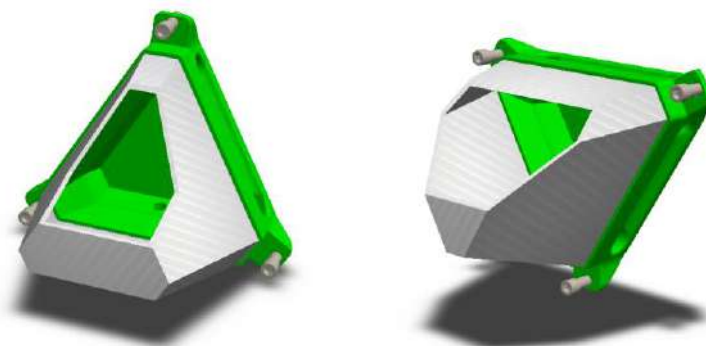


Fig 5. Contenedor planta 2kg aprox.

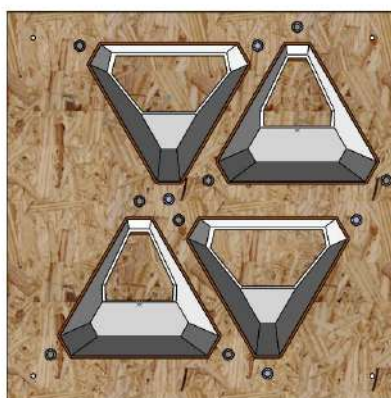


Fig 6. Contenedor planta en panel.



Fig 7. Partes del método LEST

La siguiente tabla muestra el sistema de valoración del método Lest en función de la puntuación y los colores asignados a cada valor para su representación gráfica.

Color	Explicación
0,1,2	Situación satisfactoria.
3,4,5	Débiles molestias. Algunas mejoras podrían aportar más comodidad al trabajador.
6,7	Molestias medias. Existe riesgo de fatiga.
8,9	Molestias fuertes. Fatiga.
10	Nocividad.

La siguiente figura muestra de forma gráfica los valores obtenidos para cada dimensión.



La siguiente figura muestra gráficamente los valores obtenidos para los factores englobados en las distintas dimensiones.

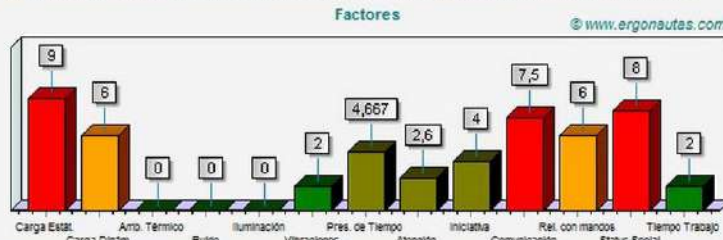


Fig 8. Resultados análisis LEST.

Para el caso del sistema se revisarán las barras en naranja y rojo, en este caso dada la información anteriormente nombrada se encuentra que la carga estática referida carga física, en un movimiento duradero y repetitivo, con una posición fatigante, quiere decir brazos arriba de los hombros o en posición gacha, generará molestias fuertes ó fatiga, incluso nocividad en quien instale el sistema; al obtener este resultado en uno de los peores panoramas, se entiende que no se debe ser flexible con la forma de armado y ensamble, que los ciclos de actividades que también se eliminaron en las preguntas de la metodología y otras variables de atención, son necesarias para el óptimo desarrollo de un entorno ergonómico.

### Manipulación Tolerable y Esfuerzos

Como se dijo anteriormente, si el sistema es instalado de forma adecuada en cada uno de sus pasos, no hay ninguna carga que supere los 2kg de peso, por ello esta norma se cumple.

De igual forma manualmente cada módulo puede ser desplazado, o girado, dado que el peso a empujar es inferior a lo permitido que son 250 kg, sin embargo para evitar que los usuarios puedan sentir que es fatigante el sistema se proveerá de un mecanismo automático de rotación y movimiento accionado por comando, todo en pro de alivianar las cargas al usuario, incluso a quien lo instale.

PC 22: En tareas repetitivas emplear, herramientas específicas al uso.

PC 23: Suministrar herramientas mecánicas seguras.

PC 29: En herramientas manuales, proporcionar las adecuadas para un cómodo manejo.

PC 32: Minimizar vibración y ruido de las herramientas manuales.

Para este caso, una de las actividades de mayor repetición será el atornillado para elemento de sujeción tipo Allen, de igual forma el posicionamiento y suspensión de cada uno de los paneles. Para el primero al ser un elemento que genera torsión en la muñeca se empleará herramienta eléctrica, la cual es adecuada por la posición paralela del panel de acuerdo a quien lo instala.

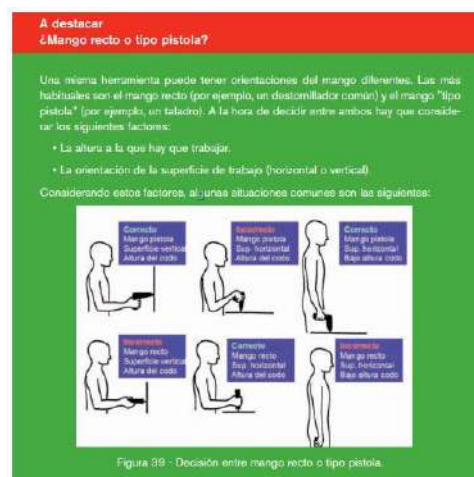


Fig 9. Análisis de elección de herramienta.

## Ergonomía Cognitiva y Comunicación

Las interacciones que se darán entre los múltiples tipos de usuarios y el sistema deben planearse de forma detenida y profunda, ya que el uso correcto de este depende del diseño detallado de los elementos cognitivos que se implementen para guiar al usuario y garantizar la mejor experiencia de uso.

Teniendo en cuenta que las fases de selección del sistema e instalación son las más complejas en cuanto a toma de decisiones por parte del usuario y realización de operaciones por parte del personal especializado, se ha concentrado el esfuerzo del diseño cognitivo en estas actividades. La fase de uso, que es más simple que las anteriores, cuenta con una planeación detallada alrededor de la sensación de confort y la regulación del sistema por parte del usuario.

## Percepción del sistema

### Selección del sistema

Dadas las múltiples configuraciones que puede llegar a tener el sistema en cuestión, el proceso de selección es crucial para el correcto funcionamiento del este, ya que al ser la fase de acercamiento al sistema, de esta depende la configuración apropiada del elemento de acuerdo con las variables bioclimáticas y estéticas del entorno y sus habitantes.

Para esto se ha desarrollado una estrategia que aplica para dos canales de información diferentes en los cuales se encuentran usuarios potenciales: consiste en una aplicación web para la configuración, personalización y compra del sistema, y una estación inteligente de información donde se puede acceder a la aplicación y a sus funciones.

Comprendiendo la interfaz como el medio por el cual se comunica el usuario con el sistema, es necesario que esta sea diseñada para que estreche la relación entre las personas con el sistema de solución bioclimática que buscan.

Para esto la interfaz posee cualidades de lectura y respuesta intuitiva, haciendo uso de tecnologías actuales como el mando táctil, feedback audiovisual, y diseño responsivo que se adecua a los diferentes dispositivos móviles para que el usuario tenga una experiencia de información y selección satisfactoria y elija el sistema más adecuado para él.

Fig 10. Interfaz de la aplicación de selección, personalización y compra del sistema.

La estación inteligente de información debe ser un elemento con capacidad de informar a 3 usuarios simultáneamente y de forma ágil por lo tanto implementa tablets desde las cuales se accede a la aplicación. Estos dispositivos cuentan con un diseño basado en las distancias y medidas para asegurar el confort visual al momento de interactuar con la pantalla y sus mandos.

Fig 11. Angulo de visión de la estación inteligente de información.

### **Instalación del sistema**

La instalación del sistema dependerá de un personal preparado para cumplir esta labor en los diferentes entornos en los que se puede aplicar el sistema:

- Vivienda social
- Edificaciones empresariales
- Proyectos arquitectónicos

Para esto se requiere un plan de capacitación de personal y un manual de instalación que guíe a los operarios a lo largo del proceso de ensamble, montaje, e instalación de vegetación. Sin olvidar una preparación en solución de problemas y mantenimiento oportuno del sistema para asegurar una mayor vida útil.

El manual de instalación contará con un diseño que implementa símbolos y colores para definir pasos, piezas y posturas apropiadas para el ensamble y montaje del sistema.

Fig 12. Simbología y Color en manual de instalación.

### **Comunicación Estética y Funcional**

#### **Factores estéticos**

Los elementos que cuentan con una función estética relevante son:

- La vegetación
- Los paneles de aislamiento

La vegetación además de cumplir una función de aislamiento térmico indispensable para el funcionamiento del sistema, posee características que hacen relevante su aporte estético para la conformación de entornos naturales y la generación de identidad.

El sistema está diseñado para generar una atmosfera natural de comportamiento simbiótico, la cual consiste en una experiencia de habitabilidad donde el usuario tiene una relación estrecha con la naturaleza, beneficiándose ambos de dicha interacción. La vegetación en sus diferentes especies para los diferentes climas y entornos, provee además de confort térmico una estética ornamental natural, que se traduce en un ambiente diferente que rodea a los habitantes de las viviendas y

les comunica que ese espacio busca la sostenibilidad y la eficiencia alrededor de lo natural.

Los paneles de aislamiento tienen una función estética de diferenciar y ornamentar el exterior de la vivienda a partir de formas geométricas naturales que varían de acuerdo al entorno de aplicación del sistema. De este modo, los paneles se conjugan con la vegetación y le permiten al usuario la personalización de su fachada para generar una identidad propia que sea reconocible y que agrupe comunidades de acuerdo a:

- Patrones gráficos
- Texturas
- Colores

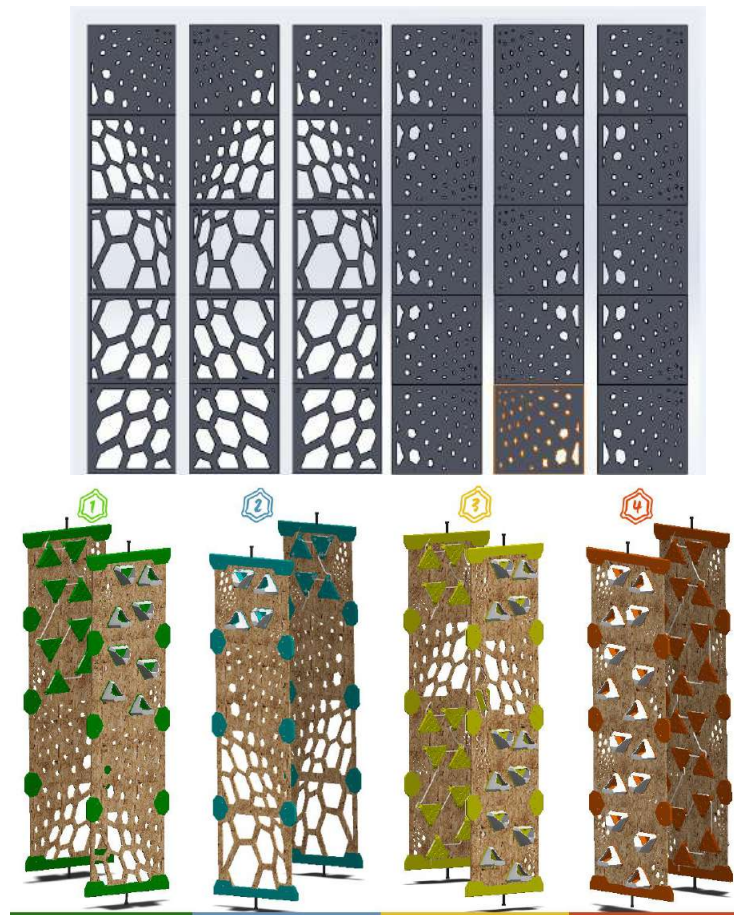


Fig 13. Patrones gráficos, textura y color de paneles de aislamiento

## **Factores funcionales**

Los elementos funcionales del sistema están dispuestos para que comuniquen una forma de uso y una idea acertada del objetivo del sistema en las edificaciones. Piezas como los rieles, que siendo externos son fácilmente visibles, comunican un dinamismo del sistema, una posibilidad de deslizar las columnas aislantes. De la misma forma lo comunica cada columna con sus ejes que les permiten girar de acuerdo al requerimiento bioclimático del habitante. La vegetación dispuesta en el sistema representa una alternativa natural de aislamiento y mitigación del calor, característica que el sistema busca resaltar al máximo.

## **Uso de canales sensoriales**

El uso de elementos que estimulen los sentidos de los usuarios permite que la experiencia de uso sea una vivencia que se basa en la sensibilidad, es decir en la capacidad de los usuarios de estar expuestos a eventos que los afectan positivamente y que por tanto se hace parte de su identidad personal.

### **Canal visual**

Los estímulos visuales del sistema son los más importantes ya que se trata de un elemento que busca generar confort térmico y psicológico, además de su característica de fachada que puede ser contemplada por las personas del entorno pero que a su vez es usada por los habitantes de la edificación.

Los principales elementos que hacen uso del canal visual son:

- Textura de Fachada
- Sombreamiento generado por paneles
- Vanos generados por paneles

### **Canal táctil**

El uso del canal táctil está dedicado a la línea de producto que se implementará en vivienda social, ya que el contacto y manipulación del sistema es más cercano al que puede darse en las edificaciones empresariales y otros proyectos a gran escala.

El sistema por tanto esta dispuesto para graduarse y deslizarse mecánicamente en estos entornos de vivienda social. Los habitantes entrarán en contacto con el sistema para graduarlo de acuerdo al clima mediante asas que se diferenciarán por color, forma y textura.

## **Conclusiones**

La estructura funcional del sistema determina que sus principales requerimientos ergonómicos se encuentran en la fase de selección e instalación por lo tanto el diseño debe detenerse en estos pasos para evaluar el cumplimiento de los elementos técnicos cognitivos e intangibles.

La fase de uso consiste en la experimentación del confort térmico y la adaptación del sistema por parte de los usuarios para mantenerse en ese punto de confort. Por tanto la principal acción de implicación ergonómica es la regulación del sistema, la cual es mecánica y realizada por el usuario en los entornos de vivienda y automática en los entornos empresariales por su escala mayor.

Elementos intangibles como el confort visual y el confort psicológico son necesarios durante la experiencia de uso. Por lo tanto, el sistema debe aproximarse a estos mediante el uso de color, textura y patrones gráficos que sean coherentes con el entorno y que aporten a la generación de identidad desde la estética de las fachadas, posibilitando una interacción entre comunidades que busquen generar una identidad colectiva desde la materialidad de sus viviendas y demás edificaciones, además de un objetivo funcional orientado al confort.

## **Aspectos Productivos y de impacto ambiental**

### **Introducción**

Este informe expone los procesos productivos y logísticos más adecuados y beneficiosos ambientalmente para la fabricación del sistema Solaris, un análisis de costos dados por la materia prima e insumos empleados en los procesos y actividades, así como el impacto ambiental en las etapas de su ciclo de vida, por medio de un diseño que procura emplear conceptos para una producción eficiente, una duración justa y un post-consumo encaminado al reciclaje o re-uso de diversas piezas.

## Descripción del sistema
























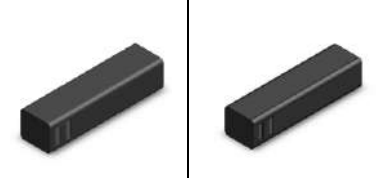
**Fig 1.** Viva: configuración. Fuente: propia (2015).

El sistema Viva se desarrolla para mejorar el confort térmico en la vivienda social de Cali. Esto se hace por medio de la incorporación de vegetación originaria del trópico en un sistema de fachada ventilada móvil y adaptable a los diferentes requerimientos bioclimáticos de las edificaciones, los cuales varían de acuerdo a la ubicación de las fachadas respecto al sol y al entorno. El sistema funciona como una alternativa de acondicionamiento bioclimático pasivo, es decir, no requiere el uso de energía eléctrica para su funcionamiento; con lo cual busca aportar a una mayor eficiencia energética en las residencias de Cali, al prescindir de los sistemas tradicionales que tienen un consumo de energía elevado, convirtiéndose en un elemento generador de confort térmico y calidad ambiental.

Solaris ofrece a los habitantes de las viviendas la posibilidad de graduar la cantidad de luz que pasa al interior de los espacios, la ventaja de crear espacios de permanencia de alto confort térmico durante diferentes momentos del día, y la capacidad de mejorar la identidad visual de sus viviendas a partir de variada vegetación, texturas y colores llamativos.

## BOM

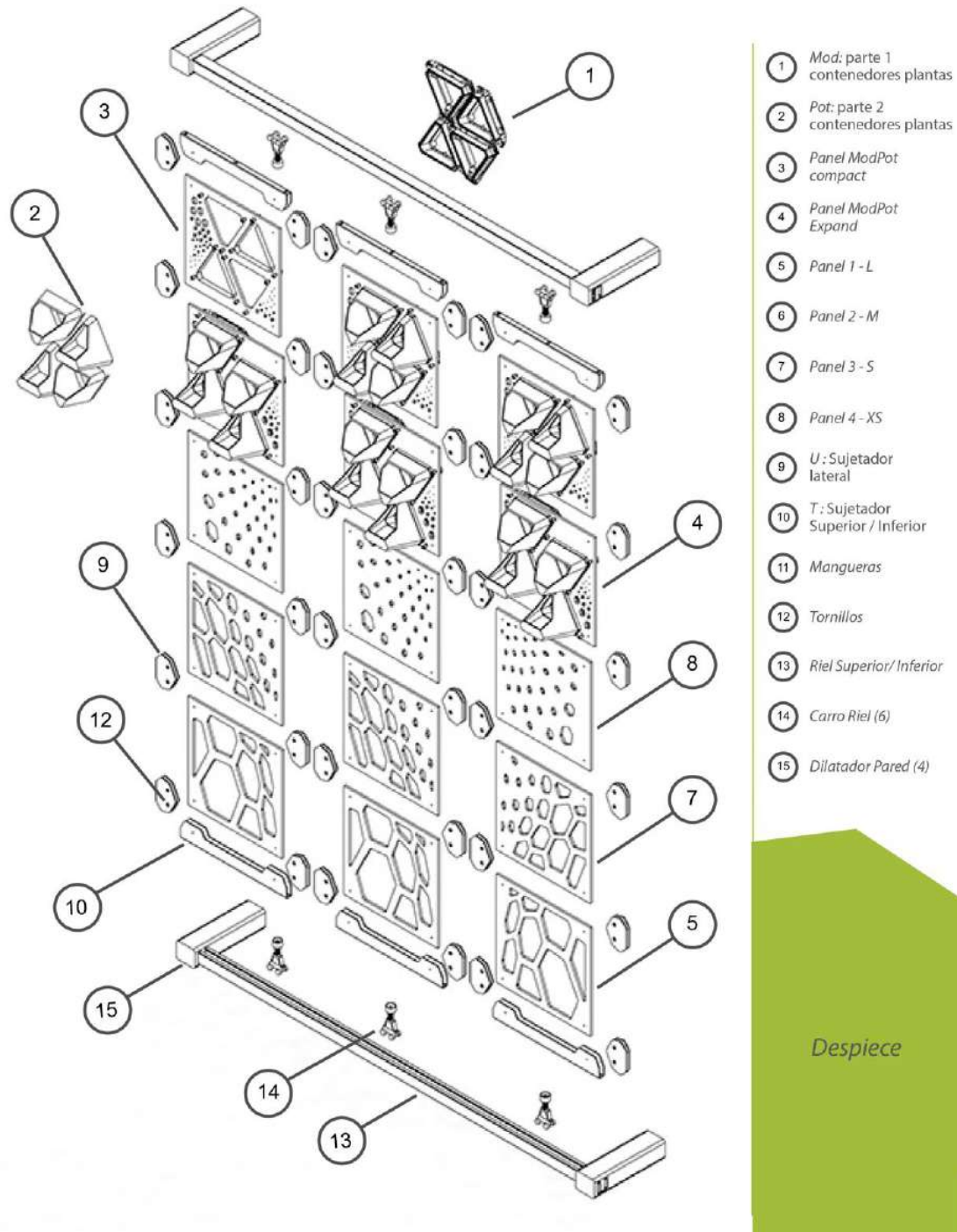
ITEM	RENDER	DIBUJO 2D	CÓDIGO	DESIGNACIÓN	MATERIA PRIMA
1			1	MOD	PLA
2			2	POT	POLIPROPILENO FLEXIBLE
3			A	PANEL MODPOT COMPACT	OSB/ SÚPER MDF
4			B	PANEL MODPOT EXPAND	OSB/ SÚPER MDF
5			C	PANEL 1	OSB/ SÚPER MDF
6			D	PANEL 2	OSB/ SÚPER MDF
7			E	PANEL 3	OSB/ SÚPER MDF
8			F	PANEL 4	OSB/ SÚPER MDF
9			3	U	POLIMETILMETACRILAT O/ PROTECCIÓN UV
10			4	T	POLIMETILMETACRILAT O/ PROTECCIÓN UV

P		p	PLANTAS	
H		H	HIDROGEL	HIDROGEL
T		T	SUSTRATO	
11			MANGUERA	POLIURETANO BAJA DENSIDAD
12			TORNILLO ALLEN	ACERO REFORZADO Y CARBONO
13		5	RIEL 150KG	ACERO CARBÓN
14		6	CARRO RIEL	PLATINA
15		7	DILATADOR PARED	ACERO CARBÓN

**Fig 2.** BOM. Fuente: propia (2015).

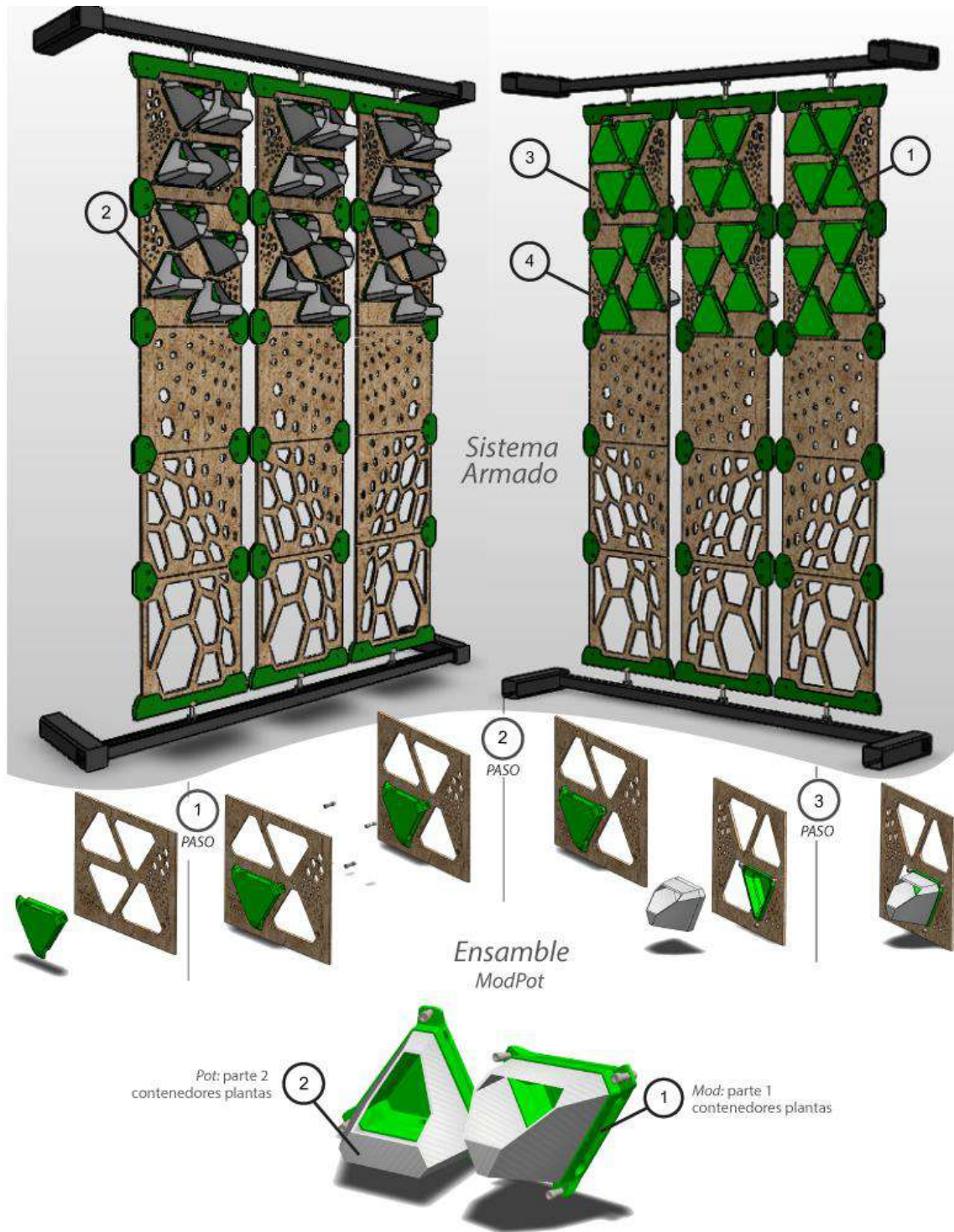


## Diagrama de despiece y ensamblado



**Fig 3.** Despiece. Fuente: propia (2015).

## Planos de detalle



**Fig 4.** Piezas y detalle ensamblaje. Fuente: propia (2015).

## Procesos



Fig 7. Procesos VIVA Fuente: propia (2015).

## Proveedores

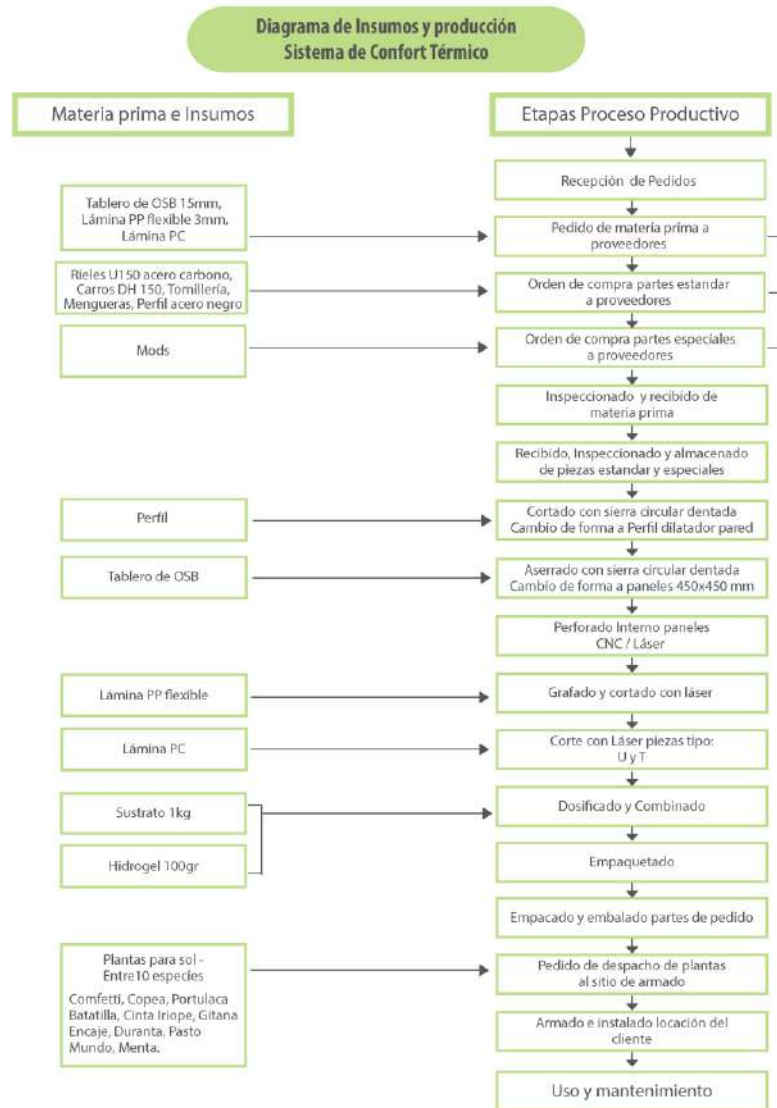
Las empresas que proveen sus materias primas e insumos, se caracterizan en primera medida por brindar productos de muy buena calidad, servicios que facilitan la logística, buenos precios o descuentos y también muy importante una misión ligada a productos y procesos en beneficio del medio ambiente.

Proveedor	Materia Prima/ Insumos	Localización
Deposito los retales S.A	Sistema colgante, rieles, perfiles y sistema agarre.	Cl 16 # 7 – 54 / Cali - Tel: 8882105
Domoacril	Sujetadores U y T	Calle 55N # 3b – 98 / Cali - Tel: 6642180
Placacentro MASISA Colombia S.A.S	Tablero OSB / Súper MDF	Cl 16 # 7 – 62 / Cali - Tel: 8839984
Triplex del Sur	Perforaciones de Paneles	Cl 14 42ª – 18 / Cali - Tel: 3373813
Plastilam	Láminas polipropileno para Pot	Cl 20 # 5 – 79 / Cali
Unión Plástica LTDA.	Inyección bases Mod	Kra 39 # 12A – 151 / Acopi, Yumbo Tel: 664 44 25
Ferretería El Crisol LTDA.	Mangueras plásticas	Cl 31 # 1- 52 / Cali
Cerena S.A	Hidrogel	Tel: 6541627
Vivero El Ingenio	Plantas y sustrato	Cl 16 # 83 -20 / Cali - cel: 3113787298
Lotos Paisajismo	plantas	Cra 129 # 18ª – 00 / Cali - Tel: 5555112

Fig 8. Proveedores VIVA Fuente: propia (2015).

## Diagrama de flujo de procesos e insumos

Este diagrama muestra la conexión o unión secuencial entre todos los procesos que se deben llevar a cabo para la producción de Solaris paso a paso y al mismo tiempo como intervienen y en qué etapa, las materias primas o insumos requeridos.



**Fig 8.** Diagrama insumos y procesos Viva. Fuente: Propia (2015).

## Aspectos de Costos

Matriz de Costos según Configuraciones de Viva.  
(Ver anexo Matriz general de costos)

Configuración Ligera				
Item	Designación	Cantidad	Costo Total	Tiempo Fabricación
1	MOD	16	\$ 32.760	3
2	POT	16	\$ 12.400	0,16
3	PANEL MODPOT COMPACT	2	\$ 11.580	0,4
4	PANEL MODPOT EXPAND	2	\$ 11.580	0,4
5	PANEL 1	4	\$ 23.160	0,6
6	PANEL 2	4	\$ 23.160	0,64
7	PANEL 3	4	\$ 23.160	0,68
9	U	48	\$ 55.631	0
10	T	16	\$ 55.845	0
11	MANGUERA	6	\$ 7.560	0
12	TORNILLO ALLEN	112	\$ 21.840	0
13	RIEL 150KG	2	\$ 189.586	0
14	CARRO RIEL	8	\$ 47.060	0
15	DILATADOR PARED	4	\$ 55.200	0,18
<b>Total MP</b>			<b>\$ 570.522</b>	
				<b>Total Tiempo (horas)</b> 6,06
P	PLANTAS	48000		
H	HIDROGEL	8640		
T	SUSTRATO	1056		
			<b>\$ 628.218 TOTAL</b>	

Tabla. Matriz de costos: Viva - Configuración Ligera, (Fuente propia, 2015)

Configuración Media				
Item	Designación	Cantidad	Costo Total	Tiempo Fabricación
1	MOD	32	\$ 65.520	96
2	POT	32	\$ 24.800	0,32
3	PANEL MODPOT COMPACT	4	\$ 23.160	0,8
4	PANEL MODPOT EXPAND	4	\$ 23.160	0,8
5	PANEL 1	0	\$ -	0
6	PANEL 2	4	\$ 23.160	0,64
7	PANEL 3	0	\$ -	0
8	PANEL 4	4	\$ 23.160	0,56
9	U	48	\$ 55.631	0
10	T	16	\$ 55.845	0
11	MANGUERA	8	\$ 10.080	0
12	TORNILLO ALLEN	112	\$ 21.840	0
13	RIEL 150KG	2	\$ 189.586	0
14	CARRO RIEL	8	\$ 47.060	0
15	DILATADOR PARED	4	\$ 55.200	0,18
<b>Total MP</b>			<b>\$ 618.202</b>	
				<b>Total Tiempo (horas)</b> 99,3
P	PLANTAS	96000		
H	HIDROGEL	17280		
T	SUSTRATO	2112		
			<b>\$ 733.594 TOTAL</b>	

Tabla. Matriz de costos: Viva - Configuración Media, (Fuente propia, 2015)

Configuración Densa				
Item	Designación	Cantidad	Costo Total	Tiempo Fabricación
1	MOD	48	\$ 98.280	144
2	POT	48	\$ 37.200	0,48
3	PANEL MODPOT COMPACT	8	\$ 46.320	1,6
4	PANEL MODPOT EXPAND	4	\$ 23.160	0,8
5	PANEL 1	0	\$ -	0
6	PANEL 2	0	\$ -	0
7	PANEL 3	0	\$ -	0
8	PANEL 4	4	\$ 23.160	0,56
9	U	48	\$ 55.631	0
10	T	16	\$ 55.845	0
11	MANGUERA	12	\$ 15.120	0
12	TORNILLO ALLEN	112	\$ 21.840	0
13	RIEL 150KG	2	\$ 189.586	0
14	CARRO RIEL	8	\$ 47.060	0
15	DILATADOR PARED	4	\$ 55.200	0,18
<b>Total MP</b>			<b>\$ 668.402</b>	
<b>Total Tiempo (horas)</b>				<b>147,62</b>
P	PLANTAS	144000		
H	HIDROGEL	25920		
T	SUSTRATO	3168		
		<b>\$ 841.490 TOTAL</b>		

Tabla. Matriz de costos: Viva - Configuración Densa, (Fuente propia, 2015)

## Impacto Ambiental

Para desarrollar el análisis sobre el impacto ambiental de Viva, se tuvieron en cuenta diversos cambios en el diseño, decisiones en materiales y formas que se pudieron someter a evaluación con diferentes métodos como: Solid, Conceptos de Eco-diseño, y CLA.

## Análisis de Contexto de uso

Cali, caracterizada por ser una ciudad con rasgos de ambiente tropical al estar situada cerca de la costa pacífica, presenta altas temperaturas y precipitaciones. Dadas las condiciones climáticas anteriores, el sistema Solaris está diseñado como un cerramiento de espacios que se aplica en exteriores para impedir el paso de la radiación solar, incorporando materiales con propiedades de aislamiento térmico y de larga duración, con resistencia al sol, al agua y a diversos factores externos, haciendo hincapié en la eficiencia en el uso de los materiales y la conjugación entre estos.

## Visión general del producto

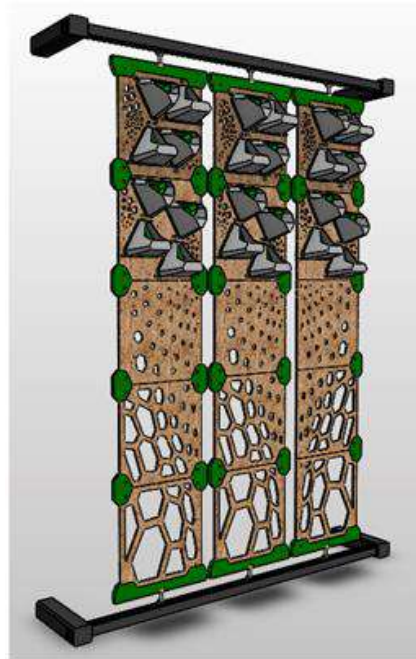


Fig 9. Configuración Intermedia. Fuente: Propia (2015).

## Materiales

Solaris tiene como objetivo la incorporación de materiales idóneos tales que minimicen el impacto ambiental del sistema durante las diferentes etapas de su ciclo de vida.

Para esto se ha optado por escoger materias primas en lo posible movilizadas desde Suramérica, de producción local, renovables, y reciclables. En el diseño se ha aplicado especial cuidado en generar formas atractivas usando materiales laminares donde la vida útil de las mayoría de piezas en las que recae el mayor peso sea moderada.



### Descripción Ciclo Vital Materiales

1. Paneles: Súper Mdf, material fabricado con resinas ecológicas, de una duración aproximada de 10 años, resistente al intemperie; apto para el reciclaje en el post-consumo.
2. Mods y Pots (Base y recipiente de plantas): la base o Mod es fabricada en PLA, biodegradable en un periodo medio. Polipropileno copolímero flexible, material plástico laminar, apto para el despiece y reciclable en su post consumo.
3. Sujesores: piezas laminares en poliacrilato Uv, de gran duración y dada su característica de piezas especiales posiblemente no tiene un re- uso, pero sí un reciclaje en el post-consumo.
4. Sustrato: Combinación de tierra e hidrogel, polímero reciclado que absorbe gran cantidad de agua y la libera a medida que su entorno lo necesita, aportando un consumo más responsable del agua.
5. Rieles: Fabricados en acero carbono, material muy duradero, reciclabe en el post consumo o reutilizable, con una resistencia de 150 Kg.
6. Herrajes: Poseen un Re-uso en post-consumo.

Img 9. Riel. Fuente propia, 2015.

## Procesos

El diseño a partir del uso de piezas laminares, la estandarización de piezas y los materiales con facilidades de maquinización, permiten optar por procesos conocidos de un impacto ambiental menor y de baja complejidad, lo que posibilita la tercerización de procesos en caso de ser requerido para una mayor capacidad de producción.

Las anteriores características permiten reducir tiempo, consumo y costos, ya que los materiales laminares permiten una rápida estandarización en los procesos, una mayor eficiencia en el aprovechamiento del material y un menor volumen en el embalaje y transporte.

Los procesos se cuentan para las piezas que no son tercerizadas, cómo es el caso de:

**Paneles:** El diseño requiere la misma presentación comercial laminar, por lo tanto su maquinado se puede efectuar en fresadora CNC. A pesar de ser un proceso donde se genera material sobrante, al ser Súper MDF este puede ser reciclado en un 100%.

**Recipientes:** El diseño de recipientes ensamblables propone un post- uso más favorable para el reciclado, la fabricación en impresión 3d aunque se sabe necesita de tiempo es una forma de poder fabricar con materiales biodegradables como el PLA y lograr casi cualquier forma sin afectar en su proceso al medio ambiente.

## Cuantificación del Impacto ambiental

Matriz MET Solaris											
Etapa del ciclo de vida	Material	Cant.	Unidad	Energía	Unidad	Toxicidad	Cant.	Unidad	Procesos	Cant.	Unidad
Materia Prima	Polipropileno Copolimero	6,1	Kg								
	Poliestireno de alto impacto (HIPS)	16,4	Kg								
	Súper MDF	12,83	Kg	3700	MJ	Estireno, Gas, Dioxido de carbono, etileno, amoniaco.	1,8	Kg SO2	Transporte de materia prima a punto de fábrica	-	-
	Acero inoxidable	8,65	Kg								
	Acero Carbon	4,44	Kg								
Manufactura	Corte Propileno Copolimero					Deshechos de corte			Corte CNC		
	Inyección de HIPS					Deshechos de inyección PP			Inyección de plástico		
	Corte CNC de Súper MDF			130	MJ	Deshechos de troquelado	0,053	Kg SO2	Troquelado		Kg
	Troquelado Acero inoxidable					Deshechos gas			Doblado		
	Doblado Acero inoxidable										
Ensamble	Herrajes										
	Tornillos Carros Rieles	1,1	kg			Emisión de CO2			Transporte		
Uso y mantenimiento	Tierra	67,5	Kg								
	Agua	0,04	m3/mes		0,192	Kwh					
	Programador Automático (Opcional)	1									
Final del ciclo de vida									Reciclado de PP Copolimero	5,795	
									Reciclado de HIPS	15,58	Kg
									Reciclado de Súper MDF	12,1885	

**Fig 15.** Matriz MET. Fuente propia, 2015. Tabla en los Anexos.

## **Conceptos y estrategias de eco-diseño implementadas.**

### ***Mejora en el concepto del producto:***

Desde su concepción Viva busca la eficiencia incluso en su funcionamiento y materialidad.

### ***Materiales menos impactantes:***

Puesto que la elección de los materiales da como resultado que no generen líquidos o gases tóxicos directamente, tal es el caso del OSB o Súper MDF, y el PLA; además de ello, son renovables, reciclables.

### ***Reducción en el uso de material:***

Al realizar el cambio de material en los paneles, de plástico a un laminar a base de maderas recicladas y comprimidas, el peso no es un factor tan favorable, pero sí el impacto del final de su vida útil. De igual forma la reducción en el volumen de transporte se ha logrado creando los recipientes que se pueden armar, donde a parte que se logra una organización óptima y estética del sistema hidráulico se reduce el espacio que ocupa en todos sus procesos después de la fabricación.

### ***Optimización de la vida útil:***

Es un producto que está pensado para que dure, sólo con algunas piezas para el re cambio dado el caso, de desgaste y/o deterioro de igual forma su mantenimiento y reparación es una de las cosas que su materialidad y diseño permiten.

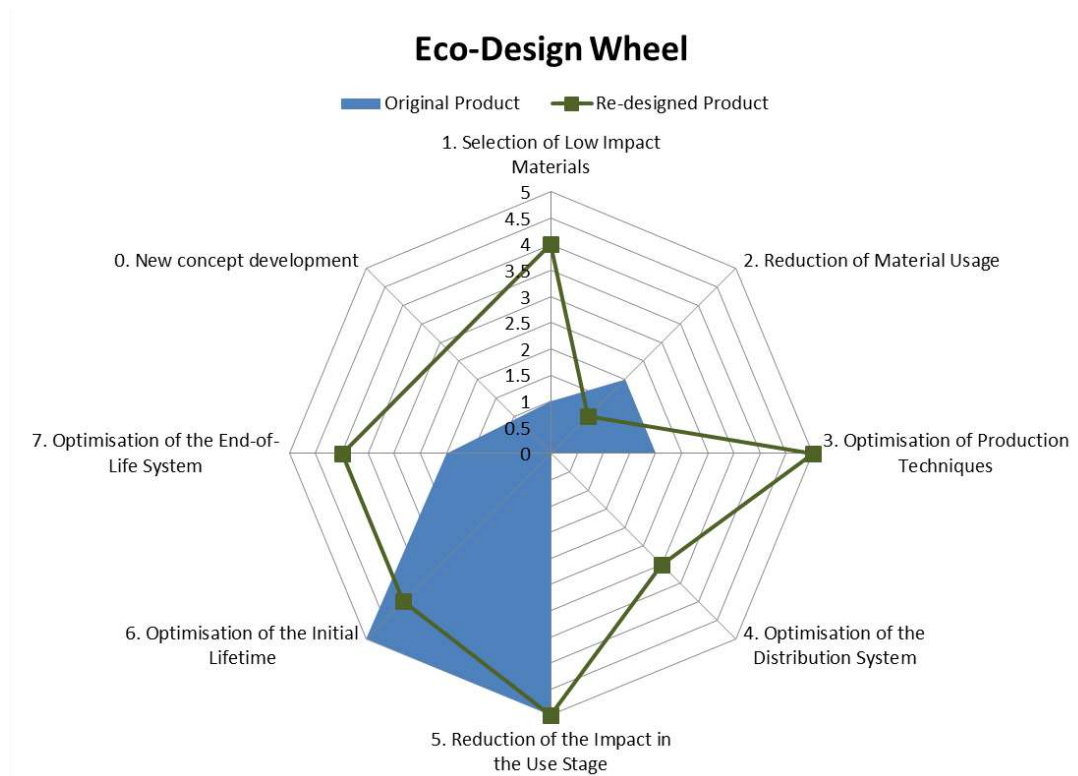
### ***Mejoras ambientales tanto para la producción como para el usuario:***

Con el uso del sistema se propone la reducción del consumo de energía, que al ser producto de los procesos de los combustibles fósiles, impacta de una forma negativa al medio ambiente.

### ***Minimización del impacto de los residuos:***

Todas las piezas están fabricadas sin combinar materiales, de igual forma diseñadas para ensamblarse sin pegues y favorecer un posterior despiece que permita ya sea la reutilización o el reciclado. De igual forma aunque el sistema permite de forma rápida y sencilla el cambio o re cambio de piezas, el sistema no pretende tener como objetivo primordial un cambio continuo de las mismas.

Los anteriores ítems se encuentran en el Anexo A. En la Fig 16 y 17 se presenta la calificación de la anterior propuesta vs. La actual mediante el método Eco-Design Wheel.



**Fig 16.** Eco-Design Wheel. Fuente propia, 2015. Gráfica en Anexos.

## Conclusiones

Analizar todos los procesos que intervienen en un proyecto de diseño, ofrece una visión mucho más clara y cercana del por qué actualmente resulta en muchas ocasiones más costoso y demandante de tiempo, no sólo generar productos con una carga estética y cultural alta, sino también con una connotación sostenible o ecológicamente positiva; se encuentra como la misma producción a gran escala ha hecho de materiales totalmente nocivos, el recurso más indispensable por costos.

Uno de los aspectos que favorece a este proyecto, es que desde la proyección de las primeras ideas se han tenido en cuenta principios importantes del diseño, función, ensamblaje, estética, interacción, entre otros, llevando a numerosas etapas de re diseño, incluso de cambios radicales para llegar a una propuesta lo más integral posible, todo lo anterior al ser sometido a análisis y calificación ha dejado ver que variedad de aspectos se han tenido en cuenta, dando como consecuencia mayores resultados positivos.

## CONCLUSIONES

La vivienda social de Cali requiere un diseño adaptable y graduable de las fachadas de acuerdo a factores climáticos y de soleamiento ya que la estructura actual de las fachadas y espacios de la vivienda social no está diseñada para aislar el calor y aportar al confort térmico de sus habitantes. A partir de la investigación se concluyó que es indispensable el uso de vegetación para el tratamiento del confort térmico en la vivienda, mientras se busquen implementar estrategias pasivas de acondicionamiento bioclimático, dado que existen especies de plantas que representan una alternativa pasiva y natural, las cuales poseen biológicamente altas propiedades de aislamiento térmico y regulación del viento.

Se requiere un diseño que permita a los habitantes de las viviendas tener diferentes configuraciones de fachadas y cerramientos de espacios durante las diferentes horas del día y épocas del año, ya que el soleamiento es variable de acuerdo a estos factores y por tanto cada sector de la vivienda requiere un tratamiento de fachada diferente para asegurar confort térmico a las horas más críticas del día.

El diseño industrial es necesario para lograr una unión exitosa entre la vegetación y un sistema de fachada ventilada flexible. La flexibilidad en la disposición de estas configuraciones es necesaria porque cada vivienda es en sí un caso único con cualidades de soleamiento diferentes dadas por su ubicación. Por esto se hace necesario tener un sistema que no solo se adapte al soleamiento sino que también contemple la habitabilidad y los requerimientos de confort de los habitantes; entre ellos el comportamiento cultural de buscar espacios abiertos y ventilados para habitar durante el día y observar hacia afuera de la vivienda, lo cual aporta significativamente al confort psicológico, factor que va ligado al confort térmico al ser ambos componentes de la calidad ambiental interior.

Viva se ha diseñado siguiendo los anteriores requerimientos y consiste en una alternativa pasiva de acondicionamiento bioclimático a partir de vegetación, destinado a ser aplicado en vivienda social dadas sus características de producto sostenible y de cero consumo eléctrico. Viva ofrece diferentes configuraciones para cada orientación de fachada de la vivienda y la posibilidad de abrir, cerrar, graduar y deslizar el sistema para una mayor o menor entrada de luz y para generar espacios de permanencia durante el día, donde las sombras generadas por el sistema son variables de acuerdo a la configuración y se caracterizan por similitud con la sombra provocada por un árbol en un entorno natural.

Es necesaria una coherencia formal y semiótica del sistema con la cultura y tradiciones en donde se realice su instalación, por esto viva se plantea como un producto de fabricación digital simple, al cual se le pueden modificar la forma de los vanos de acuerdo a la identidad formal de una región determinada y su identidad

gráfica mientras continúen cumpliendo con los requerimientos de proyección de sombra necesarios. Los colores son usados en el sistema para categorizar las diferentes configuraciones existentes de Viva respecto a la ubicación de la vivienda, ya que es necesario establecer un lenguaje visual directo y fácilmente comprensible por los usuarios del sistema. Para la aplicación a otros entornos los colores de los componentes del sistema pueden ser cambiados y re-significados para adaptarse a una estética diferente.

Aunque este sistema se ha diseñado para la vivienda social, se ha planeado extender su aplicación a vivienda de otros tipos y a edificaciones comerciales con el fin de alcanzar un mayor impacto en el modelo de negocio de Viva mientras se fomenta la sostenibilidad en acondicionamiento bioclimático en otros sectores del mercado. Por esto el solar Decathlon se convierte en un punto de partida crucial, donde Viva tendrá visibilidad internacional al realizarse su validación en la casa del equipo Calicivita que participa en esta competencia, lo cual servirá para llamar la atención de la prensa, las empresas relacionadas con sostenibilidad y posibles patrocinadores del proyecto.

---

## BIBLIOGRAFÍA

1. Olgyay V. (1968) Clima y arquitectura en Colombia, Universidad del Valle, Facultad de arquitectura. (Pag 174 a 177)
2. COLOMBIA, PROEXPORT (2014) Cali Valle del Cauca: el destino de la Salsa, Clima. [En línea] Recuperado de: <http://www.colombia.travel/es/turista-internacional/destino/cali-y-valle-del-cauca> (Visitado 19 Ag 2014)
3. Sosa, M. E., Siem, G (2004) Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico [En línea] Recuperado de: [http://www.fau.ucv.ve/idec/racionalidad/pdf/manual\\_energia.pdf](http://www.fau.ucv.ve/idec/racionalidad/pdf/manual_energia.pdf) (Visitado 25 Ag 2014)
4. Betancourt, M. C. (2014). Tesis doctoral: Diseño generativo de vanos para el confort en viviendas del trópico. [En línea] Recuperado de: [http://cybertesis.ubiobio.cl/tesis/2013/betancourt\\_m/doc/betancourt\\_m.pdf](http://cybertesis.ubiobio.cl/tesis/2013/betancourt_m/doc/betancourt_m.pdf) (Visitado 21 Ag 2014)
5. Acero, J. A., Aguirre, Y. C. (2010) Sistemas de opercion para la vivienda social: Ciudadela la Enea Manizales. [En línea] Recuperado de: <https://nebulosa.icesi.edu.co/login?url=http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=86a4b54d-a543-4a2a-ae05-67201d369e52%40sessionmgr4003&vid=1&hid=4204> (Visitado 1 Ag 2014)
6. Perico, D. (2009) El espacio público de la ciudad: una aproximación desde el estudio de sus características microclimáticas [En línea] Recuperado de: [http://www.javeriana.edu.co/viviendayurbanismo/pdfs/CVU\\_V2\\_N4-05.pdf](http://www.javeriana.edu.co/viviendayurbanismo/pdfs/CVU_V2_N4-05.pdf) (Visitado 30 Ag 2014)
7. SANTIAGO DE CALI, DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN (2013), Cali en cifras. [En línea] Recuperado de: <http://www.soyecolombiano.com/site/Portals/0/documents/PoliticaNacionaldeProduccionyConsumoSostenible.pdf> (Visitado 11 Ag 2014)
8. SEMPERGREEN (2014) Environmental advantages Green roofs [En línea] Recuperado de: <http://www.sempergreen.com/en/environmental-advantages-green-roofs> (Visitado 12 Ag 2014) (En inglés)
9. Taha, H. (1997) Urban Climates and Heat Islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat [En línea] Recuperado de: [http://www.javeriana.edu.co/arquidis/educacion\\_continua/documents/Urbanclimates.pdf](http://www.javeriana.edu.co/arquidis/educacion_continua/documents/Urbanclimates.pdf) (Visitado 29 Ag 2014)

10. COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (2010), Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible. [En línea] Recuperado de: <http://www.soyecolombiano.com/site/Portals/0/documents/PoliticaNacionaldeProduccionyConsumoSostenible.pdf> (Visitado 11 Ag 2014)
  
11. U.S., SOLAR DECATHLON (2014) About Solar Decathlon (Purpose and Impact) [En línea] Recuperado de: <http://www.solardecathlon.gov/about.html> (Visitado 12 Ag 2014) (En inglés)
  
12. U.S., GREEN BUILDING COUNCIL USGBC (2014) LEED 2009 for New Constructions and Major Renovations, [En línea] Recuperado de: <http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs5546.pdf> (Visitado 17 Ag 2014) (En inglés)
  
13. Alonso J., Arcos M., Solano J., Llanos R., Gallego A. (2007) Una mirada descriptiva a las comunas de Cali. [En línea] Recuperado de: [http://www.icesi.edu.co/jcalonso/images/pdfs/Publicaciones/una\\_mirada\\_descriptiva\\_a\\_las\\_comunas\\_de\\_cali.pdf](http://www.icesi.edu.co/jcalonso/images/pdfs/Publicaciones/una_mirada_descriptiva_a_las_comunas_de_cali.pdf) (Visitado 10 Sep 2014)
  
14. Figue, L.F (2005). La habitabilidad de la vivienda de interés social en Colombia. Un enfoque en los procesos y las decisiones. Revista INVI, vol. 20, núm. 55, noviembre, 2005, pp. 12-19, Universidad de Chile. [En línea] Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25805503> (Visitado 10 Sep 2014)
  
15. Motta N., (2005) Las dinámicas culturales y la identidad vallecaucana. [En línea] Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10906/3638> (visitado 12 sept 2014)
  
16. Jiménez, S. (2006). Valoración histórica del contexto construido. Cali, una mirada local. [En línea] Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/1053/105316853007.pdf> (visitado 12 septm2014)
17. Vargas F., Gallego I., (2005) Calidad ambiental interior: Bienestar, confort y salud [En línea] Recuperado de: <http://www.scielosp.org/pdf/resp/v79n2/v79n2a11.pdf> (Visitado 10 Sep 2014)
  
18. Kosonen R., Tan F., (2004) Assessment of Productivity Loss in Air-Conditioned Buildings Using PMV Index [En línea] Recuperado de: [http://www.halton.com/dh/EAAS0yFGPNRGhAEilsGFd5lGqMxitiws4kFGZZel7MMjm-7j1qfn0OUgZl1spRao-5ix8rXS-MiNMiuza05-AFOBKY5LghDA6mR9oIWFw\\_x3uat5N8WAIW-Ny8A6Wz4-](http://www.halton.com/dh/EAAS0yFGPNRGhAEilsGFd5lGqMxitiws4kFGZZel7MMjm-7j1qfn0OUgZl1spRao-5ix8rXS-MiNMiuza05-AFOBKY5LghDA6mR9oIWFw_x3uat5N8WAIW-Ny8A6Wz4-)

X1MS7tWq9oM7M76tdWGQ/Assessment\_of\_productivity\_loss\_in\_airconditioned.pdf (Visitado 10 Sep 2014) (En inglés)

19. Mosquera G., (1999) Hábitat y arquitectura [En línea] Recuperado de: [http://www.colombiaaprende.edu.co/html/etnias/1604/articles-83286\\_archivo.pdf](http://www.colombiaaprende.edu.co/html/etnias/1604/articles-83286_archivo.pdf) (Visitado 10 Sep 2014)

20. López M., (2012) Sistemas pasivos y sistemas activos de acondicionamiento Bioclimático [En línea] Recuperado de: [http://ocw.unia.es/ciencias-artes-y-letras/sostenibilidad-y-arquitectura-bioclimatica/materiales-para-descarga/UD\\_03\\_pdf.pdf](http://ocw.unia.es/ciencias-artes-y-letras/sostenibilidad-y-arquitectura-bioclimatica/materiales-para-descarga/UD_03_pdf.pdf) (Visitado 10 Sep 2014)

21. Müller E., (2002) Manual de diseño para Viviendas con climatización pasiva [En línea] Recuperado de: [http://www.uni-kassel.de/fb05/fileadmin/datas/fb05/FG\\_Politikwissenschaften/FG\\_DidaktikderpolitischenBildung/AbsolventinnenInitiative/01\\_Manual\\_dise%C3%B1o\\_pasivo\\_2006.pdf](http://www.uni-kassel.de/fb05/fileadmin/datas/fb05/FG_Politikwissenschaften/FG_DidaktikderpolitischenBildung/AbsolventinnenInitiative/01_Manual_dise%C3%B1o_pasivo_2006.pdf) (Visitado 15 Sep 2014)

22. Haro E., (2009) (Haro E., 2009) Maestría en arquitectura: Comportamiento de dos tipos de cubiertas vegetales, como dispositivo de climatización, para climas cálido sub-húmedos. [En línea] Recuperado de: [http://digeset.uco.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/HARO\\_CARBAJAL\\_ELBA\\_TERESA.pdf](http://digeset.uco.mx/tesis_posgrado/Pdf/HARO_CARBAJAL_ELBA_TERESA.pdf) (Visitado 16 Sep 2014)

23. BOGOTÁ, SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN (2013) [En línea] Recuperado de: [http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/POT\\_2020/Documentos/Anexo\\_9\\_Cartilla\\_mejoramiento\\_vivienda.pdf](http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/POT_2020/Documentos/Anexo_9_Cartilla_mejoramiento_vivienda.pdf) (Visitado 31 Jul 2014)

24. Gobert D., Rodríguez S., Casado P., Sales V., Revert C., Biel C., Cambra V., Jover C., Sánchez Ma. A., (2013) Cuaderno de tendencias del hábitat 13/15.

#### Otras referencias

25. ENERGY UNIVERSITY (2014) Online Course: Going Green with Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) (Realizado 11 Ag 2014)

## Anexos/Apéndices

### Anexo 1. Fotografías del problema





### Anexo 3. Matriz para la valoración y selección de especies (para envolventes arquitectónicas)

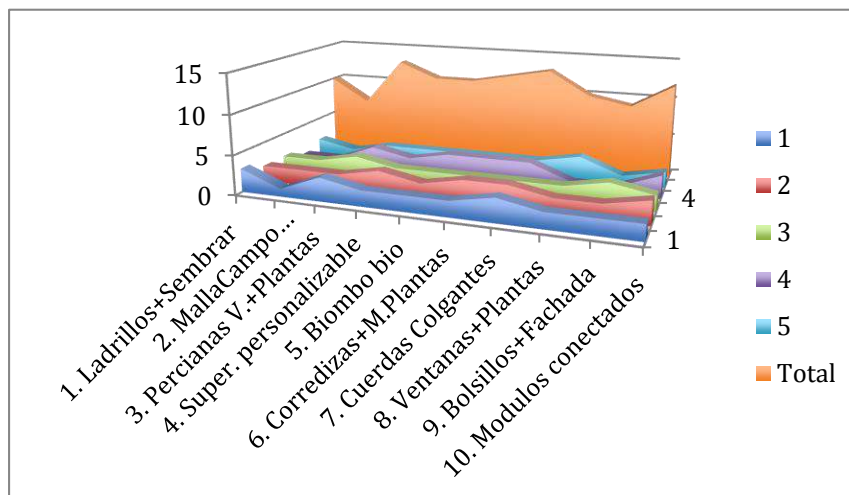
Categoría	Variable	Escala de valoración*
Origen	Nativa	3
	Exótica sin potencial invasor	2
	Exótica con potencial invasor	0
Hábito (corresponde al tipo de crecimiento de la planta)	Hierba	3
	Trepadora	3
	Epífita	3
	Arbusto	2
	Árbol de bajo porte	1
	Árbol	0
Altura (Corresponde a la altura de la planta)	0 - 1,0 m	3
	1,1 - 2,0 m	2
	2,1 - 3,0 m	1
	Más de 3,1 m	0
Propagación	Semillas	3
	Estacas	2
	Esquejes	1
	Trasplante del medio natural	0
	Por cultivo de tejidos y otras técnicas más avanzadas	0
Rango altitudinal	Se encuentra en el rango altitudinal	3
	Se encuentra fuera del rango pero puede ser utilizada	2
	Se encuentra fuera del rango y no puede ser utilizada	0
Clima	Presenta adaptabilidad a diversos climas, distribución cosmopolita	3
	Presenta un requerimiento climático específico	3
	Resistencia a heladas o/y otros factores climáticos extremos	3
Agua	Alto consumo de agua	1
	Bajo consumo de agua	3
	Resistencia a sequías	3
Requerimientos lumínicos	Ninguna preferencia	3
	Plena exposición	2
	Sombra	2
Viento	Preferencia por vientos de baja intensidad	2
	Resistencia a lugares con vientos fuertes y/o constantes	3
Suelo	Suelos no profundos	3
	Suelos profundos	0
	Dependiente de alta calidad del suelo y/o sustrato	1
Aplicaciones en jardinería	Si	3
	No	0
Mantenimiento	Baja frecuencia (poda, fertilización, sustrato, fumigación)	3
	Alta frecuencia (poda, fertilización, sustrato, fumigación)	1
	Requiere sistema de riego	1
	No requiere sistema de riego	3
	Bajo costo	3
	Alto costo	1
Valor Agregado	Aislamiento térmico	3
	Aislamiento acústico	3
	Medicinal	3
	Alimento humano	3
	Atrayente de avifauna	3
	Estética	3

PROPUESTAS	CRITERIOS					Total
	1	2	3	4	5	
1. Ladrillos+Sembrar	3	2	2	1	2	10
2. MallaCampo cultivada	1	2	2	1	1	7
3. Percianas V.+Plantas	3	2	3	3	2	13
4. Super. personalizable	2	3	2	2	2	11
5. Biombo bio	2	2	2	3	2	11
6. Corredizas+M.Plantas	2	3	2	3	2	12
7. Cuerdas Colgantes	3	3	2	3	2	13
8. Ventanas+Plantas	2	2	2	1	3	10
9. Bolsillos+Fachada	2	2	3	1	1	9
10. Modulos conectados	2	3	2	3	2	12

#### Anexo 4. Matriz de criterios para selección de propuestas y sistemas de solución

##### Criterios

1. Facilitar el uso de sistemas pasivos de acondicionamiento bioclimático como alternativa sostenible en el hogar.
2. Crear lazos de interacción con la vegetación para generar apropiación
3. Conllevar a un consumo eficiente de los recursos en el hogar
4. Garantizar la versatilidad del diseño de acuerdo a la diversidad de los hogares.
5. Resaltar la identidad de los habitantes de cada hogar



*Tabla de selección de propuestas y sistemas de solución.*

## Anexo 5. Análisis de tendencias – Actuales y futuras

Aspectos	Tendencias	De...	Hacia...
 <p>Sistemas pasivos de acondicionamiento bioclimático</p>	<p>Eficiencia energética</p>	<p>Vegetación : uso de sombreado</p> <p>Uso de corrientes de aire</p> <p>Aspersión de agua</p>	<p>Vegetación desplegable en la vivienda</p> <p>Paredes verdes de filtración de luz y potenciación del viento</p> <p>Recolección de aguas lluvias para refrigeración de la vivienda</p>
 <p>Vegetación para el confort térmico</p>	<p>Consumo sostenible</p> <p>Green Balance</p> <p>Survival Objetos</p>	<p>Green Roofs</p> <p>Jardines verticales</p> <p>Forestación</p>	<p>Red de vegetación por nodos para interiores</p> <p>Agricultura Bioclimática</p> <p>Germinación refrigerante sostenible</p>
 <p>Construcción Bioclimática</p>	<p>Green Building</p> <p>Basic &amp; Raw</p> <p>Impresión 3D</p>	<p>Arquitectura adaptativa</p> <p>Vanos bioclimáticos</p> <p>Construcción con materiales aislantes</p>	<p>Unidades de construcción simbiótica</p> <p>Vanos abatibles para el confort térmico y la germinación de vegetación</p> <p>Estructuras bioclimáticas en Impresión 3D para alojar vegetación</p>
 <p>Sostenibilidad en la vivienda</p>	<p>Home Sweet Home</p> <p>Sublime by Hand</p> <p>Mind the Green</p> <p>From Abroad with Love</p>	<p>Huertas: recursos renovables</p> <p>Construcción artesanal</p> <p>Espacios colaborativos</p> <p>Espacios personalizables</p>	<p>Puntos verdes para el confort en la vivienda</p> <p>Co-Diseño: Artesanía Bioclimática Sostenible</p> <p>Cocina típica a partir de alimento vegetal renovable</p> <p>Conformación de espacios de conexión cultural</p>

Anexo 6. Soleamiento

