

**DISEÑO DE PROTOTIPO DE PANEL BIOCLIMATICO PARA ENVOLVENTES**

**LAURA ALEJANDRA ACOSTA ALVAREZ**

**PROYECTO INVESTIGACIÓN + CREACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
ARQUITECTO**

**DIRECTOR:**

**JUAN SEBASTIÁN NEIRA SARMIENTO**

**ARQUITECTO**

**FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA**

**PROGRAMA DE ARQUITECTURA**

**BOGOTA D.C**

**2024**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

Firma del director

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

## **DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

**Dr. Mario Posada García-Peña**

Consejero Institucional

**Dr. Luis Jaime Posada García-Peña**

Vicerrectora Académica

**Dra. María Fernanda Vega de Mendoza**

Vicerrector Administrativo y Financiero

**Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro**

Vicerrectora de Investigaciones y Extensión

**Dra. Susan Margarita Benavides Trujillo**

Secretario general

**Dr. José Luis Macías Rodríguez**

Decano de la Facultad de Arquitectura

**Dra. María Margarita Romero Archbold**

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado con profundo cariño y gratitud a mi tía Lida Maryuri Acosta Alvarez. Su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera académica ha sido mi faro y mi inspiración. Gracias a su guía constante y ejemplo, he logrado alcanzar este importante hito en mi vida. A ti, querida tía, va dedicado este logro

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi abuela María Teresa Alvarez, cuyas palabras de aliento y cuidados fueron una luz en la etapa final de este proyecto. Su amor y apoyo han sido una fuente constante de fortaleza para mí.

También deseo expresar mi profundo agradecimiento a mi novio David Recalde, por su constante apoyo y ánimo en cada etapa de este camino. Tú has sido fundamental para mi fortaleza y determinación.

Agradezco profundamente a cada uno de mis maestros, cuyo invaluable consejo y respaldo fueron fundamentales en la realización de este proyecto. En especial, deseo reconocer el apoyo brindado desde el inicio por el arquitecto Juan Sebastián Neira, cuya comprensión y orientación fueron determinantes en la toma de decisiones cruciales para este trabajo.

A todos los que han contribuido, de una manera u otra, en este proceso, les estoy profundamente agradecida. Sus palabras de aliento y guía han sido vitales en mi camino hacia la culminación de este proyecto de grado.

## TABLA DE CONTENIDO

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| RESUMEN   | 13          |
| INTRODUCCIÓN  | 14          |
| 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN + CREACIÓN  | 16          |
| 1.1 Situación problemática  | 16          |
| 1.2 Pregunta de investigación + creación  | 18          |
| <i>1.2.1 Pregunta de investigación</i>  | 18          |
| <i>1.2.2 Bioarquitectura y biomateriales</i>  | 18          |
| 1.3 Justificación   | 20          |
| <i>1.3.1 Mejora del confort interior</i>  | 20          |
| <i>1.3.2 Solución integral para curar el edificio enfermo</i>   | 20          |
| <i>1.3.3 Sostenibilidad y respeto al medio ambiente</i>   | 20          |
| <i>1.3.4 Innovación y avance tecnológico</i>  | 20          |
| 1.4 Objetivos   | 21          |
| <i>1.4.1 Objetivo general de investigación + creación</i>   | 21          |
| <i>1.4.2 Objetivos específicos investigación + creación</i>   | 21          |
| <i>1.4.3 Objetivos específicos de la creación (del proyecto arquitectónico)</i>                                       | 21          |
| 1.5 Metodología   | 21          |
| <i>1.5.1 Desarrollo y evaluación del prototipo de panel para envolvente bioclimático en la Universidad de América</i> | 21          |
| <i>1.5.2 Análisis de tendencias en biomateriales</i>  | 22          |
| <i>1.5.3 Selección y caracterización de biomateriales</i>   | 22          |
| <i>1.5.4 Diseño y desarrollo de prototipos</i>  | 22          |
| 1.6 Primeras propuestas   | 23          |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.6.1 | <i>Simulaciones y análisis técnico</i>   | 23 |
| 1.6.2 | <i>Diseño inteligente y adaptabilidad</i>  | 23 |
| 1.6.3 | <i>Estudio de impacto económico y estético</i>   | 23 |
| 2.    | DISCURSO PREPOSICIONAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN +<br>CREACIÓN   | 24 |
| 2.1   | Antecedentes (estado del arte)   | 24 |
| 2.2   | Marco referencial  | 28 |
| 2.2.1 | <i>Marco teórico conceptual</i>  | 28 |
| 2.2.2 | <i>Marco legal</i>   | 30 |
| 2.3   | Diseño prototipo   | 31 |
| 2.3.1 | <i>Biocompuestos</i>   | 36 |
| 2.3.2 | <i>Árbol de competencias</i>   | 38 |
| 2.3.3 | <i>Tipologías prototipo de panel para envolventes</i>  | 39 |
| 2.4   | Proceso de preparación del prototipo   | 43 |
| 2.4.1 | <i>Costo de estudio</i>  | 50 |
| 2.4.2 | <i>Diagnóstico del edificio Eco Campus de los Cerros: integración del diagrama<br/>de Givoni y estrategias bioclimáticas</i> | 52 |
| 2.4.3 | <i>Diagnostico bioclimático</i>  | 52 |
| 2.4.4 | <i>Aplicación del diagrama de Giovanni</i>   | 57 |
| 2.5   | Simulaciones en Revit y Ecotec   | 58 |
| 2.5.1 | <i>Simulaciones, identificación de temperatura en el edificio</i>  | 59 |
| 3.    | PROPUESTA IMPLEMENTACIÓN PANELES REPOFIB EN EL EDIFICIO<br>ECOCAMPUS DE LOS CERROS DE LA UNIVERSIDAD DE AMÉRICA              | 60 |
| 3.1   | Estrategias propuestas   | 60 |
| 4.    | CONCLUSIONES   | 64 |
|       | REFERENCIAS  | 65 |





## LISTA DE FIGURAS

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Figura 1 <i>Causas y consecuencias del síndrome del edificio enfermo</i>                              | 16          |
| Figura 2 <i>Falta de concentración</i>  | 17          |
| Figura 3 <i>Bioclimática como estrategia de la Bioarquitectura</i>                                    | 18          |
| Figura 4 <i>Aproximación y búsqueda del prototipo final</i>   | 23          |
| Figura 5 <i>Imagen Articulado norma NBE-CT-79</i>   | 31          |
| Figura 6 <i>Disposición de la malla, Fibra de Fique</i>   | 37          |
| Figura 7 <i>REPOFIB</i>   | 38          |
| Figura 8 <i>Árbol de Competencias REPOFIB</i>   | 39          |
| Figura 9 <i>Aproximación primera tipología del prototipo</i>  | 40          |
| Figura 10 <i>Aproximación segunda tipología</i>   | 41          |
| Figura 11 <i>Aproximación Tercera tipología</i>   | 42          |
| Figura 12 <i>Aproximación cuarta tipología</i>  | 43          |
| Figura 13 <i>Fotografía Preparación de Moldes</i>   | 44          |
| Figura 14 <i>Fotografía Resina Reciclada (Estado líquido) en molde</i>                                | 44          |
| Figura 15 <i>Fotografía preparación malla fibra de fique para estructural el prototipo</i>            | 45          |
| Figura 16 <i>Fotografía de elemento listo para instalación según su diseño</i>                        | 45          |
| Figura 17 <i>Fotografía Paneles tipo corta soles</i>  | 46          |
| Figura 18 <i>Fotografía prototipo paneles corta sol funcionamiento</i>                                | 46          |
| Figura 19 <i>Muestra cómo se comportaría este panel ejemplo, a nivel estético. Fotografía editada</i> | 47          |
| Figura 20 <i>Ejemplo 2, Render editado</i>  | 47          |
| Figura 21 <i>Fotografía prototipo panel para envolventes de fácil instalación</i>                     | 48          |
| Figura 22 <i>Fotografía editada, ejemplo prototipo de panel fijo. Instalado</i>                       | 49          |
| Figura 23 <i>Fotografía editada, Ejemplo 2: paneles instalados en sus fachadas</i>                    | 50          |
| Figura 24 <i>Fotografías edificio Eco Campos de los Cerros</i>  | 50          |
| Figura 25 <i>Secciones (Estado Actual)</i>  | 51          |
| Figura 26 <i>Render Edificio sin intervención en sus fachadas</i>                                     | 51          |
| Figura 27 <i>Gráfico psicométrico de Givony</i>   | 57          |

|  |    |
|--|----|
| Figura 28 <i>Simulaciones Confort térmico</i>                                      | 59 |
| Figura 29 <i>Simulaciones confort Lumínico</i>                                     | 59 |
| Figura 30 <i>Fachada Longitudinal Nivel 7 y 8</i>                                  | 61 |
| Figura 31 <i>Fachada Longitudinal Eco campus de Los Cerros</i>                     | 61 |
| Figura 32 <i>Fachada Lateral</i>   | 62 |
| Figura 33 <i>Visualización Paneles persiana instalados en fachada 7 y 8 nivel</i>  | 63 |
| Figura 34 <i>Detalle prototipo de panel instalado</i>                              | 69 |
| Figura 35 <i>Detalle prototipo tipología elegancia en la estructura</i>            | 70 |
| Figura 36 <i>Detalle prototipo Tipología M.H</i>                                   | 71 |
| Figura 37 <i>Detalle prototipo Riel</i>  | 72 |
| Figura 38 <i>Detalle prototipo tipología Corta sol</i>                             | 73 |
| Figura 39 <i>Fachadas con prototipo instalado</i>                                  | 74 |
| Figura 40 <i>Tabla Presupuestos</i>  | 75 |
| Figura 41 <i>Visualización prototipo instalado</i>                                 | 76 |
| Figura 42 <i>Visualización prototipo tipo 1. Instalado</i>                         | 77 |
| Figura 43 <i>Visualización prototipo instalado en parte posterior del edificio</i> | 78 |
| Figura 44 <i>Visualización Fachada principal</i>                                   | 79 |
| Figura 45 <i>Visualización lateral, Fachadas modificadas</i>                       | 80 |
| Figura 46 <i>Visualización fachada modificada</i>                                  | 81 |
| Figura 47 <i>Visualización prototipo en vacíos del edificio</i>                    | 82 |

## LISTA DE TABLAS

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Tabla 1 <i>Características Resina</i>  | 32          |
| Tabla 2 <i>Características Icopor</i>  | 33          |
| Tabla 3 <i>Características Fibra de Fique</i>  | 33          |
| Tabla 4 <i>Características Material compuesto</i>  | 34          |
| Tabla 5 <i>Resistencia a la Tensión</i>  | 34          |
| Tabla 6 <i>Módulo de elasticidad</i>   | 35          |
| Tabla 7 <i>Coefficiente de conductividad térmica fique</i>                                       | 36          |
| Tabla 8 <i>Análisis Solar Bogotá D.C promedio mensual</i>  | 53          |
| Tabla 9 <i>Análisis de Temperatura Ambiente en Bogotá D.C. Promedio Mensual en °C</i>            | 54          |
| Tabla 10 <i>Análisis de Humedad Relativa y Precipitaciones promedio mensuales en Bogotá D.C.</i> | 55          |
| Tabla 11 <i>Análisis promedio mensual del viento y dirección en Bogotá D.C.</i>                  | 56          |

## **RESUMEN**

En este proyecto se propone el desarrollo de un nuevo biomaterial de construcción diseñado para envolventes de edificios con problemas de confort o asociado al entendimiento del síndrome del edificio enfermo siendo así, el objetivo principal de este proyecto es curar la enfermedad en los edificios y mejorar la calidad de vida de los usuarios a través de estrategias que se integraran en la envolvente.

El prototipo de biomaterial de construcción se diseñará teniendo en cuenta diferentes propiedades que son clave. Y de esta forma Se buscará mejorar el aislamiento térmico, reduciendo la transferencia de calor o frío en el interior del edificio por medio de los materiales que lo envuelven. Además, se incorporarán propiedades antimicrobianas, de purificación del aire y además materiales con un índice bajo de conductividad térmica para garantizar un ambiente interior saludable y libre de contaminantes.

La investigación y el desarrollo de este nuevo prototipo de biomaterial se basará en la utilización de materiales naturales, renovables o incluso reciclables y de esta manera reducir el impacto ambiental. Se busca maximizar la sostenibilidad y minimizar la huella ecológica de la construcción.

El proyecto también implicará colaboraciones interdisciplinarias entre arquitectos, ingenieros de materiales para abordar de manera integral los desafíos y oportunidades relacionados con la mejora del confort en los edificios y la curación de los edificios enfermos.

## **PALABRAS CLAVE**

Bioarquitectura, aislamiento térmico, confort, envolventes, Biomateriales, Edificio Enfermo, Biocompuestos.

## INTRODUCCIÓN

### **Transformando la arquitectura a través de la Bioarquitectura y los biomateriales**

En la actualidad nos enfrentamos a la paradoja de vivir en un mundo cada vez más construido, pero no siempre diseñado para nuestro beneficio. El concepto del "Síndrome del Edificio Enfermo", donde habitar en espacios con ambientes interiores poco saludables puede afectar gravemente nuestra salud y bienestar, resalta la urgencia de reconsiderar cómo pensamos diseñamos y construimos nuestros entornos.

Este desafío no solo radica en la falta de confort, sino también en la amenaza que representa para la salud de todos nosotros que seguramente en algún momento de nuestra vida hemos habitado un espacio poco saludable ya sea por el confort climático dentro de este o la humedad o inclusive los materiales de construcción que a veces pueden afectar nuestra salud. Es imperativo dirigir nuestra atención hacia la calidad del aire interior, la regulación térmica y la armonización con el entorno circundante. La investigación de destacados autores en este proyecto ha sido esencial para comprender y abordar estos problemas, para así proponer estrategias que mejoren el confort y que los usuarios se sientan bien en estos espacios.

En este contexto, surge la Bioarquitectura como un enfoque revolucionario que busca diseñar edificios en armonía con la naturaleza, priorizando la salud y el bienestar de sus ocupantes. Este enfoque se materializa a través de la utilización de Biomateriales e construcción, una categoría de materiales naturales y reciclables que ofrecen una alternativa sostenible a los materiales convencionales perjudiciales para el medio ambiente.

Una rama de la Bioarquitectura se fundamenta en la utilización de materiales locales, renovables y biodegradables, así como en estrategias pasivas de diseño que maximizan el uso de la luz natural y la ventilación cruzada. Figuras destacadas como Gernot Minke que es considerado el padre de la Bioconstrucción ha contribuido significativamente al campo, explorando técnicas como la construcción con bloques de tierra comprimida y balas de paja.

En este sentido nos centramos en la aplicación de biomateriales de construcción, inspirados por la visión de Gernot Minke y William McDonough, quien abogaba por aprovechar los recursos renovables para crear Arquitectura verde más sostenible y saludable. Como parte de este proyecto, se ha desarrollado un elemento de construcción bioclimático, diseñado para mejorar el confort

térmico en edificios a partir de Materiales altamente eficientes en aislamiento térmico y regulación de la humedad.

Esta propuesta busca abordar la problemática del "Edificio Enfermo" a través de la implementación de este nuevo prototipo de biomaterial en la envolvente de los edificios. Este enfoque no solo mejorará el confort de los ocupantes, sino que también reducirá el impacto ambiental de la construcción y los costos operativos a largo plazo.

## 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN + CREACIÓN

### 1.1 Situación problemática

El problema del edificio enfermo o la falta de confort en los edificios es algo que afecta a todo el mundo.

Los edificios enfermos son aquellos que presentan problemas de salud en sus ocupantes y confort en el interior de los espacios de este, como la presencia de moho, la falta de ventilación adecuada, el ruido excesivo y una temperatura incómoda.

**Figura 1**

*Causas y consecuencias del síndrome del edificio enfermo*



*Nota.* La imagen representa algunas causas y consecuencias del síndrome del edificio enfermo. Tomado de: Síndrome del edificio enfermo por J. Guerra <https://es.paperblog.com/sindrome-del-edificio-enfermo-3134514/>

La OMS explica que “El Síndrome del Edificio Enfermo se puede identificar cuando las personas en un edificio experimentan con más frecuencia de lo esperado (superior al 20%), una variedad de síntomas comunes que pueden causar malestar, Los síntomas más comunes son los siguientes: ojos irritados, secos o llorosos (a veces descritos como picazón, cansancio, enrojecimiento, ardor o dificultad para usar lentes de contacto); nariz irritada, mucosa o tapada (a veces descrita como congestión, hemorragias nasales, picazón o congestión nasal), sequedad o dolor de garganta (a veces descrito como irritación, irritación de las vías respiratorias superiores o dificultad para tragar). Por lo general, varios de estos síntomas se experimentan simultáneamente y a menudo,



van acompañados de quejas sobre congestión, aire deficiente, aire seco, ruido, luz o temperaturas demasiado altas o bajas.

## Figura 2

*Falta de concentración*



*Nota.* Imaginario de como la falta de confort afecta la concentración en los usuarios de un edificio. Tomado de: ¿Qué es el síndrome del edificio y como impacta a la salud? Por LT10 Universidad Emisora de radio, Santa Fe de la Vera Cruz, Argentina

“En Colombia, la investigación sobre el Síndrome del Edificio Enfermo es limitada, siendo uno de los estudios más destacados el realizado por el neumólogo Carlos Orduz García, médico titular de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, según lo señala la revista Semana. Este estudio, centrado en la prevalencia del síndrome en entornos cerrados, empleó un cuestionario estándar y reveló una prevalencia significativamente alta de síntomas entre los trabajadores expuestos, así como un elevado índice de ausentismo laboral asociado a esta problemática.” “De acuerdo con el especialista, el Síndrome del Edificio Enfermo afecta a entre el 20 y el 40 por ciento de las personas que desempeñan sus labores en edificios, resultando en una disminución del rendimiento laboral. Este hallazgo resalta la importancia de abordar y comprender la incidencia de este síndrome en el ámbito laboral, así como la necesidad de implementar medidas que mitiguen sus efectos adversos en la salud y productividad de los trabajadores.”

Este es un problema importante que no solo afecta la calidad de vida de las personas, sino que también puede tener efectos negativos en su salud a largo plazo.

La búsqueda constante de confort y bienestar en estos espacios que se habitan día a día ha llevado a identificar una problemática común: la falta de confort en los edificios. En la actualidad, numerosas construcciones presentan deficiencias en términos de temperatura, iluminación, calidad del aire y ruido, lo que afecta negativamente la calidad de vida de las personas que habitan o trabajan en estos.

## **1.2 Pregunta de investigación + creación**

### ***1.2.1 Pregunta de investigación***

¿Como mejorar el confort térmico en edificios, a partir del diseño de las envolventes y la implementación de biomateriales?

### ***1.2.2 Bioarquitectura y biomateriales***

La bioarquitectura se basa en principios fundamentales que buscan armonizar la interacción entre los seres humanos y el entorno construido con la naturaleza circundante. Uno de los aspectos clave de la bioarquitectura es el uso de biomateriales, que son materiales de construcción sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Estos materiales se obtienen de recursos renovables, minimizando así el impacto ambiental durante su producción y eliminación.

### **Figura 3**

*Bioclimática como estrategia de la Bioarquitectura*



*Nota.* Diagrama bioclimático tomado de: ECOPORTAL

Al incorporar biomateriales en la edificación, se desencadenan una serie de beneficios directos que impactan positivamente en el bienestar de los ocupantes. Un aspecto relevante es la mejora en la calidad del aire interior, ya que biomateriales como la madera y fibras naturales poseen la capacidad de regular la humedad y actuar como filtros naturales, purificando el aire de contaminantes y contribuyendo a un ambiente interior más saludable.

En adición, los biomateriales ofrecen un sobresaliente aislamiento térmico y acústico. Esto implica que los edificios construidos con estos materiales pueden mantener una temperatura interior óptima de manera más eficiente, evitando la pérdida de calor en invierno y la entrada excesiva de calor en verano. Asimismo, el uso de biomateriales contribuye a disminuir la transmisión de ruido, tanto externo como interno, creando espacios más serenos propicios para el descanso y la concentración.

Otro aspecto crucial de la bioarquitectura basada en biomateriales es su capacidad para optimizar la iluminación natural. Los diseños bioclimáticos, combinados con la elección adecuada de materiales transparentes y translúcidos, facilitan una mayor entrada de luz natural en los espacios interiores. Este enfoque no solo reduce la dependencia de la iluminación artificial, sino que también fomenta una conexión más estrecha con el entorno exterior, mejorando así el bienestar general de los ocupantes.

Es esencial destacar que la implementación de la bioarquitectura y los biomateriales no solo conlleva beneficios para el confort de los ocupantes, sino que también genera un impacto positivo en el medio ambiente. Al optar por materiales sostenibles, se reducen las emisiones de carbono y se promueve la preservación de los recursos naturales. Además, al emplear biomateriales en la construcción, se impulsa el desarrollo de una industria más consciente y responsable, fomentando la innovación y la creación de empleo en este ámbito. A pesar de estas claras ventajas, la bioarquitectura basada en biomateriales se enfrenta a desafíos para su adopción generalizada. La falta de conciencia y conocimiento entre los profesionales de la construcción y la sociedad en general es un obstáculo significativo. Es imperativo promover la educación y la difusión de información sobre los beneficios de estos enfoques, así como fomentar la colaboración entre arquitectos, ingenieros y empresas para impulsar su aceptación.

Además, es esencial abordar las barreras económicas y normativas que dificultan la transición hacia la bioarquitectura. Aunque la inversión inicial puede ser más elevada en comparación con materiales convencionales, es crucial considerar los beneficios a largo plazo tanto para los usuarios como para el medio ambiente. Los incentivos gubernamentales y las políticas de construcción sostenible desempeñan un papel fundamental en la promoción de la bioarquitectura y la superación de estas barreras.

### **1.3 Justificación**

La falta de confort en los edificios es un problema común que afecta negativamente la calidad de vida de las personas que los habitan. Para abordar esta problemática, se propone el diseño de un nuevo prototipo de biomaterial de construcción que se enfoque en mejorar el confort del edificio y curarlo a través de su envolvente.

Esa propuesta se justifica por varias razones fundamentales:

#### ***1.3.1 Mejora del confort interior***

La envolvente del edificio desempeña un papel crítico en el confort interior. Este nuevo prototipo puede proporcionar aislamiento térmico, reduciendo la transferencia de calor o frío no deseado y la propagación de bacterias o alergias causadas por la humedad en el interior de estos espacios, creando así un entorno interior más agradable y tranquilo.

#### ***1.3.2 Solución integral para curar el edificio enfermo***

Muchos edificios sufren de problemas de salud relacionados con su envolvente, como la mala calidad del aire, la presencia de humedad y la proliferación de moho. Al diseñar un prototipo de construcción que incorpore propiedades antimicrobianas, resistencia a la humedad y capacidad de purificación del aire, se puede curar el edificio enfermo desde su envolvente. Este elemento ayudará a mantener un ambiente saludable, mejorando la calidad del aire y previniendo la formación de agentes patógenos y alérgenos perjudiciales para la salud de los ocupantes.

#### ***1.3.3 Sostenibilidad y respeto al medio ambiente***

El diseño y ejecución de este nuevo prototipo de biomaterial de construcción Bioclimático también puede contribuir a la sostenibilidad y al respeto al medio ambiente. Al utilizar materiales renovables, biodegradables y de bajo impacto ambiental, se reduce la huella ecológica de la construcción y se promueve la conservación de los recursos naturales. Este elemento estará compuesto por ingredientes naturales y reciclables, evitando así el uso de materiales tradicionales que generan una gran cantidad de residuos y contribuyen al cambio climático.

#### ***1.3.4 Innovación y avance tecnológico***

La propuesta de diseñar un nuevo prototipo de material de construcción para mejorar el confort del edificio y curarlo a través de su envolvente representa una oportunidad de innovación y avance tecnológico en el campo de la construcción.

Al impulsar la investigación y el desarrollo de este, se promueve la creación de soluciones más eficientes y sostenibles en el sector. Además, esta iniciativa nace a partir de las investigaciones y preocupaciones del semillero biomateriales de construcción en Colombia de la facultad de Arquitectura de la Universidad de América y para ello se ha contado con la colaboración entre profesionales y especialistas en arquitectura, ingeniería de materiales, generando un ambiente propicio para la generación de conocimiento y la aplicación de nuevas tecnologías y nuevas estrategias de Bioclimática.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general de investigación + creación***

Diseñar un elemento de construcción bioclimático para envolventes implementando Biomateriales buscando mejorar el confort térmico en los edificios.

### ***1.4.2 Objetivos específicos investigación + creación***

- Analizar los biomateriales aplicables al diseño de envolventes para edificios en Bogotá por medio de la vigilancia tecnológica.
- Establecer las técnicas Bioclimáticas que inciden de manera positiva en el diseño de envolventes por medio de simulaciones en software digitales.
- Caracterizar las especificaciones técnicas.

### ***1.4.3 Objetivos específicos de la creación (del proyecto arquitectónico)***

- Implementar estrategias de bioclimática para el diseño de la envolvente.
- Adoptar Sistemas de diseño novedosos en envolventes como el Sistema Penumbra

## **1.5 Metodología**

### ***1.5.1 Desarrollo y evaluación del prototipo de panel para envolvente bioclimático en la Universidad de América***

La Universidad de América, siendo un espacio vital para estudiantes y profesores, reconoce la necesidad de mejorar la calidad de vida en su entorno construido. En este contexto, se propone la implementación de un novedoso prototipo de panel para la envolvente bioclimático, específicamente destinado al edificio Eco campus de los Cerros, con el objetivo de elevar el confort térmico de sus ocupantes.

La metodología adoptada para llevar a cabo este proyecto se basó en una rigurosa vigilancia tecnológica realizada en el Semillero de Investigación Biomateriales de Construcción en Colombia, perteneciente a la Facultad de Arquitectura de la Universidad de América. Y a continuación, se describen los pasos clave que se llevaron a cabo.

### ***1.5.2 Análisis de tendencias en biomateriales***

Mediante el árbol de competencias, herramienta planteada por Michael Godet, para un análisis detallado de las diferentes familias de biomateriales.

Se identificaron biomateriales innovadores y sostenibles, posibles opciones para llevar a cabo el objetivo de este proyecto.

### ***1.5.3 Selección y caracterización de biomateriales***

Se Evaluarán las propiedades, conductividad, naturaleza y sostenibilidad de los biomateriales identificados. Y analizaran la compatibilidad y eficiencia de biomateriales específicos para la creación del prototipo de panel.

### ***1.5.4 Diseño y desarrollo de prototipos***

Se Diseñaron diferentes prototipos de paneles utilizando biomateriales seleccionados, como mampuesto de escombros, concreto y fique, corcho y fibra de fique trenzado, celulosa de papel, y resina reciclada con fibra de fique. Se consideran aspectos clave como eficiencia, facilidad de instalación y costos de construcción.

## 1.6 Primeras propuestas

Figura 4

*Aproximación y búsqueda del prototipo final*



*Nota.* Fotografías primeras propuestas del prototipo.

### ***1.6.1 Simulaciones y análisis técnico***

Utilización del software Ansys Academic para realizar simulaciones de conductividad y capacidad térmica de los biomateriales.

Evaluación de la capacidad de los paneles para garantizar el confort térmico en diferentes escenarios y condiciones.

### ***1.6.2 Diseño inteligente y adaptabilidad***

Consideración cuidadosa de la disposición y ensamblaje de los paneles para garantizar eficiencia y facilidad de instalación.

Exploración de variedades en tipos y tamaños para adaptarse a diversas aplicaciones y necesidades de diseño.

### ***1.6.3 Estudio de impacto económico y estético***

Análisis de costos de construcción, destacando la reducción de gastos operativos a largo plazo.

Evaluación del impacto estético de los paneles en la arquitectura, contribuyendo a la estética urbana.

## **2. DISCURSO PREPOSICIONAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN + CREACIÓN**

### **2.1 Antecedentes (estado del arte)**

En la lectura del artículo "Biomateriales y tecnologías para una nueva arquitectura" de Pierre Blanchet (2017), se destaca la actualidad de una carrera entre países para liderar proyectos de construcción más innovadores mediante la implementación de biomateriales. El autor resalta la importancia de este enfoque en la evolución de la construcción, reconociendo que un número significativo de personas y desarrollos técnicos son necesarios para aprovechar plenamente las alternativas de biomateriales en el montaje de estructuras y uniones. En este contexto, se revela la creciente relevancia de explorar y adoptar biomateriales en la construcción, impulsando una nueva era arquitectónica que promueva la sostenibilidad y la eficiencia en el uso de recursos.

Y en el análisis proporcionado por Julia Andrea Chiluisa (2020), se destaca al bambú como un valioso biomaterial, revelándonos sus notables características físico-mecánicas. Se resalta su elasticidad y resistencia, superando incluso a la madera convencional. Además de sus propiedades estructurales, el bambú se distingue por su contribución al cuidado del medio ambiente al ofrecer una alternativa que ayuda a prevenir la deforestación masiva de bosques nativos. Este aspecto cobra especial importancia, ya que la conservación de estos bosques se vincula directamente a la mitigación del calentamiento global, consolidando al bambú como una opción sostenible y respetuosa con el entorno

Un hábitat saludable es fundamental para cuidar y preservar la salud de todos los seres existentes, por ello, se argumenta que la contaminación ambiental no solo provoca un gran desequilibrio en los diferentes ecosistemas naturales y urbanos, sino también

Se introduce en los espacios interiores de cualquier edificio u obra construida.

Son muchos los factores que inciden en un ambiente interior para conseguir un bajo impacto ambiental: la orientación, la ventilación, las instalaciones eléctricas, el alcantarillado, la calidad de la construcción, el origen de los materiales y las diferentes características del edificio.

Álvarez Castilla (2012) sostiene que el bambú es una planta herbácea que prospera en selvas de climas cálidos, requiriendo sombra húmeda y temperaturas elevadas para su desarrollo. Su hábitat principal se encuentra en regiones tropicales y subtropicales, aunque algunas especies leñosas han



logrado adaptarse a áreas de temperaturas más frías, demostrando su notable capacidad de ajuste y percepción climática. Por otro lado, Javier Alfonso Cárdenas (2021) comparte los resultados de una investigación que se centra en la exploración de diversos materiales con el objetivo de contribuir al medio ambiente, así como mejorar la seguridad y la salud en el ámbito de la construcción. La propuesta se enfoca en la utilización de biomateriales como alternativa para mitigar los impactos ambientales ocasionados por materiales convencionales, como el hormigón, que suelen ser ampliamente empleados en el sector de la construcción.

Otro de los factores nocivos para el medio ambiente es la explotación de diferentes metales como hierro, cobre y aluminio, se le conoce como un gran impacto por el daño extremo directo a la atmósfera a través de emisiones sólidas y diferentes gases. Debido a tanta contaminación existente por materiales no biodegradables o tóxicos, se utilizó el Bambú (Guadua Colombiana o Guadua Colombiana) como alternativa de construcción sustentable.

Los biomateriales se pueden aplicar en arquitectura en envolventes y algunos otros que incluso se utilizan para estructuras o interiores como la madera o el bambú y así desarrollar una arquitectura amigable con el medio ambiente desde el concepto de sustentabilidad, que es en sí mismo el conjunto de procesos que nos ayudará a generar progreso social y a vivir una vida más sana y respetuosa con el planeta.

El profesor y autor David Williams, director de la revista Biomaterial, explica que “los biomateriales son aquellos que interactúan con los sistemas vivos, pero para construir con un menor impacto ambiental no se permite ningún material biológico, debe cumplir requisitos como que el material provenga de recursos naturales, además de ser resistentes, seguros, no tóxicos y duraderos”.

En el artículo sobre el papel de las envolventes en la edificación sustentable, Schiller, Silvia de, y Evans, John Martín (2005), destacan la crucial responsabilidad del diseño de fachadas y cubiertas en la construcción de edificaciones sostenibles con alta eficiencia energética y un impacto ambiental reducido. Subrayan que diseñadores inteligentes, creativos e innovadores en el sector de la construcción desempeñan un papel fundamental al proporcionar soluciones que, además de cumplir con requisitos ambientales, generan beneficios económicos al reducir la demanda de energía convencional y mejorar las condiciones internas.

En este contexto, las decisiones de diseño se toman considerando diferentes escalas de la producción de edificios, atendiendo a la legislación energética, la responsabilidad ambiental y las demandas del mercado de recursos. Además, con el esfuerzo conjunto entre la política ambiental y el desarrollo de construcciones habitables sostenibles, las nuevas tecnologías de mercado desempeñan un papel crucial al contribuir a la eficiencia térmica, lumínica y visual. Estas tecnologías, combinadas con estrategias eficientes, son fundamentales para alcanzar los objetivos de construcción sostenible.

Las claves para lograr una construcción sostenible incluyen:

**Eficiencia energética y control térmico:** Evitar beneficios excesivos de la energía solar en verano.

**Comprobar la presencia de fugas de calor en invierno**

**Moderar el impacto de los cambios climáticos mediante sistemas de control térmico.**

**Iluminación natural:** Mejorar la calidad y distribución de la luz natural en el interior. Evitar alteraciones visuales y ofrecer vistas al exterior.

**Ventilación natural:** Mejorar la calidad del aire interior y reducir la dependencia del acondicionamiento artificial.

**Vegetación de interior:** Optimizar el uso funcional de la vegetación y facilitar la adaptación y el microclima.

**Conexión física con el exterior:** Promover elementos visuales y habilitar actividades al aire libre.

Estas pautas subrayan la importancia de considerar múltiples aspectos para lograr construcciones sostenibles y eficientes, abordando tanto las necesidades ambientales como las demandas prácticas de los usuarios y del mercado.

Rodrigo Velasco y Daniel Robles (2016) abordan en su artículo una investigación orientada al diseño de una envolvente ecológica destinada a climas tropicales. Subrayan que la envolvente arquitectónica desempeña un papel crucial como filtro regulador de las condiciones térmicas del espacio interno. No obstante, señalan que el control térmico implica la interacción de diversos subfactores, como la inercia térmica de los materiales, su configuración, volumen de masa, grado

de permeabilidad lumínica y de aire, así como la insolación de la superficie. Estos elementos definen los efectos de convección y radiación en momentos y contextos específicos. En términos generales, se establece como deseable mantener temperaturas internas entre los 20 y 25 °C, y esta meta se evalúa mediante simulaciones con programas especializados durante el proceso de diseño.

Además de constituir un subfactor en el control térmico, el artículo destaca que un espacio funcional requiere un constante cambio en el volumen de aire contenido para ser habitable. Normalmente, se estima un cambio total de volumen por hora, equivalente a aproximadamente 50 metros cúbicos de aire por persona. La gestión de los niveles de ventilación necesarios para este propósito debe ser cuidadosa, evitando velocidades de aire excesivamente altas que puedan interferir con las actividades humanas llevadas a cabo en el interior del espacio. Este enfoque integral aborda tanto la eficiencia térmica como la calidad del aire para crear entornos habitables y sostenibles. Y se tiene en cuenta que el diseño de eco-envolventes pretende disminuir al máximo los requisitos de energía para su funcionamiento, el aprovechamiento de la iluminación natural es de gran importancia. El nivel de iluminación requerido al interior del espacio depende de las actividades que se deban realizar en él; este oscila entre los 300 y 1000 luxes, e implica una homogeneidad de niveles para evitar efectos de brillo excesivo o encandilamiento.

Por esto debemos pensar que no todas las envolventes o todas las pinturas sirven para todos los edificios. Depende de donde esté ubicado. la envolvente será más adecuada o menos, así como la pintura envolvente pues en una zona de costa, deberíamos utilizar una pintura que tarde más en corroerse o un color que minimice el impacto energético.

Por ejemplo, en los últimos años se han visto avances de tecnología que en envolventes hasta incorporan paneles solares para que así estos mismos produzcan su energía por medio de su envolvente como lo menciona Javier Márquez en el artículo acerca del edificio que en su fachada contará con 1800 paneles solares suficientes para auto abastecerse.

Por ejemplo: “Si se quisiera abastecer un edificio de oficinas de ocho pisos con energía solar obtenida a través de sus propios paneles fotovoltaicos, no alcanzaría con ubicarlos en la azotea y se necesitaría una enorme superficie adyacente. La compañía, en cambio, pensó que se podría aplicar una solución alternativa. **Convertir el edificio en un "enorme panel solar"** capaz de generar más electricidad de la que necesita para funcionar.”

## **2.2 Marco referencial**

### ***2.2.1 Marco teórico conceptual***

En su artículo sobre el Síndrome de los Edificios Enfermos, María José Soberanes Collado aborda la problemática del Sick Building Syndrome (SBS), reconocido como enfermedad por la Organización Mundial de la Salud en 1982. Este padecimiento, aunque antiguo, sigue siendo relativamente desconocido en la actualidad, afectando a un considerable porcentaje de ocupantes de edificios modernos, aproximadamente entre el 10% y el 30%, especialmente aquellos construidos entre 1965 y 1975.

Soberanes Collado señala la dificultad para definir lo que constituye un "edificio enfermo" y el "síndrome del edificio enfermo". Este problema es multidisciplinario, involucrando aspectos relacionados con el diseño arquitectónico, las instalaciones, la construcción y el mantenimiento. La autora destaca la importancia de reconocer los factores, a veces invisibles, que pueden convertir un inmueble en un espacio perjudicial para la salud y el desempeño laboral y social de sus ocupantes.

La autora argumenta que un edificio que padece el síndrome tiende a ser demasiado artificial y hermético, alejándose de la esencia de la verdadera arquitectura. Este enfoque arquitectónico, que no considera adecuadamente la interacción entre el entorno construido y las necesidades

humanas, resulta en un ambiente que no cumple con su función de ser una morada integral para el ser humano. En este contexto, Soberanes Collado subraya la importancia de abordar no solo los aspectos físicos y técnicos, sino también los aspectos más amplios relacionados con el bienestar y la salud de quienes habitan estos espacios construidos.

Partiendo del entendimiento proporcionado por María José Soberanes Collado y otros autores, quienes han abordado la problemática del Síndrome de los Edificios Enfermos, este proyecto se propone abordar y regular esa enfermedad a través de la envolvente del edificio. En consonancia con las dificultades para definir un el "síndrome del edificio enfermo" como un problema multidisciplinario, nuestra iniciativa se enfoca en implementar soluciones arquitectónicas que promuevan la salud y el bienestar de los ocupantes.

La autora destaca que la calidad de un edificio no solo se refiere a aspectos físicos y técnicos, sino también a cómo este interactúa con sus ocupantes. Por lo tanto, nuestro proyecto busca crear una

envolvente que no solo proteja contra los elementos externos, sino que también favorezca un entorno interior saludable y sostenible. Se pretende contrarrestar la artificialidad y hermeticidad mencionadas por Soberanes Collado, proponiendo una arquitectura que se integre armoniosamente con el entorno y promueva un ambiente propicio para la vida humana en todas sus dimensiones.

En este sentido, la envolvente se convierte en una herramienta clave para regular la temperatura, mejorar la calidad del aire y facilitar la iluminación natural. Al considerar la interacción entre el entorno construido y las necesidades humanas, nuestro proyecto aspira a mitigar los factores que contribuyen al síndrome, transformando el edificio en un espacio que no solo cumple con su función estructural, sino que también actúa como una morada integral que favorece la salud y el bienestar de sus ocupantes.

Entonces Basándonos en la investigación de Jorge Adam Sánchez de la Universidad Politécnica de Madrid (2013), que se enfoca en el diseño y desarrollo de un material constructivo de fachada utilizando plástico reciclado, nuestro proyecto se inspira en la valiosa contribución de utilizar materiales reciclados para la construcción. Esta aproximación no solo aborda la disminución de desechos tóxicos, sino que también busca la fabricación de productos de alta calidad.

La investigación de Sánchez profundiza en la comprensión de los plásticos, desde su composición hasta los factores que permiten su reciclaje, identificando propiedades que podrían aprovecharse para desarrollar nuevos materiales constructivos. El estado del arte analiza aspectos clave del plástico, como su producción, consumo, legislación y reciclaje, proporcionando una base sólida para el diseño de una metodología de experimentación.

Su propuesta se centra en emplear plásticos reciclados, especialmente grana de caucho proveniente de neumáticos fuera de uso, como agregados en una matriz de resinas poliméricas reforzada con fibras naturales y sintéticas. Los resultados de ensayos físicos y térmicos demostraron la excelente resistencia a la tensión y baja conductividad térmica del material desarrollado en su proyecto de tesis.

Este proyecto se alinea con la visión de Sánchez y sirve como precedente para la creación de nuevos materiales y sistemas constructivos que utilicen agregados de Material reciclado. Además de ofrecer propiedades técnicas destacadas, nuestra propuesta contribuye activamente a la reducción de la contaminación ambiental, promoviendo un enfoque sostenible en la construcción.

En palabras de John Ruskin, "La mayor recompensa de nuestro trabajo no es lo que nos pagan por él, sino aquello en lo que nos convierte", y los materiales compuestos (Biocompuestos) representan un paso significativo hacia una construcción más sostenible y consciente del medio ambiente.

### ***2.2.2 Marco legal***

La **NBE-CT-79**, Normativa europea. Basándonos en esta norma que es conocida como Norma Básica de la Edificación sobre Condiciones Térmicas en los Edificios en Europa va más allá de simplemente impulsar el ahorro de energía. Esta norma aborda cuestiones térmicas y higrotérmicas para mejorar la habitabilidad de los edificios, considerando aspectos que antes no estaban regulados, como los fenómenos de condensación en cerramientos exteriores que impactan directamente en el bienestar de quienes usan estos espacios, se propone aplicar esta norma europea en este proyecto y de esta forma mejorar el confort en edificios en Colombia.

En estos términos, la NBE-CT-79 se preocupa por crear edificaciones más confortables y saludables para sus ocupantes. Se enfoca en condiciones que afectan la vida cotidiana, como la temperatura y la humedad, reconociendo que la calidad del entorno construido tiene un impacto directo. Aplicar esta norma a un nuevo diseño de envolvente en edificios enfermos implica considerar materiales y técnicas que no solo cumplan con los estándares de eficiencia energética, sino que también aborden problemas específicos relacionados con la salud de los ocupantes. Por ejemplo, la norma podría orientar hacia el uso de materiales naturales o reciclados que contribuyan a crear un entorno más saludable y sostenible. En la calidad de vida de las personas.

## Figura 5

Imagen Articulado norma NBE-CT-79

| PARTE I. ARTICULADO |   |
|---------------------|---|
| Artículo 1.º        | Objeto.   |
| Artículo 2.º        | Campo de aplicación.  |
| Artículo 3.º        | Definición de las condiciones térmicas de los edificios.              |
| Artículo 4.º        | Coefficiente Kg del edificio.   |
| Artículo 5.º        | Coefficientes de transmisión térmica K de los cerramientos.           |
| Artículo 6.º        | Comportamiento higrotérmico de los cerramientos.                      |
| Artículo 7.º        | Condiciones higrotérmicas del cerramiento en los edificios.           |
| Artículo 8.º        | Condiciones del ambiente interior.                                    |
| Artículo 9.º        | Temperaturas del ambiente interior.                                   |
| Artículo 10.º       | Temperatura superficial interior de los cerramientos.                 |
| Artículo 11.º       | Humedad relativa del ambiente interior.                               |
| Artículo 12.º       | Condiciones del ambiente exterior.                                    |
| Artículo 13.º       | Grados día 15-15, temperaturas exteriores y zonificaciones.           |
| Artículo 14.º       | Temperaturas del terreno.   |
| Artículo 15.º       | Humedades relativas exteriores.                                       |
| Artículo 16.º       | Correcciones en datos climáticos.                                     |
| Artículo 17.º       | Características exigibles a los materiales empleados en cerramientos. |
| Artículo 18.º       | Conductividad térmica de los materiales.                              |
| Artículo 19.º       | Permeabilidad al vapor de agua de los materiales.                     |
| Artículo 20.º       | Permeabilidad al aire de la carpintería de los huecos exteriores.     |
| Artículo 21.º       | Cumplimiento de la norma en el proyecto de ejecución.                 |
| Artículo 22.º       | Control de la recepción de materiales aislantes térmicos.             |
| Artículo 23.º       | Control de la ejecución.  |

**Nota.** Articulado De la norma **NBE-CT-79 Norma. Tomado de.** *Disposiciones normativas.* De Gobierno, P. (1979). Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la norma básica de edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios. *Boletín Oficial del Estado*, 253, 24524-24550.

### 2.3 Diseño prototipo

A partir de la exhaustiva investigación sobre el síndrome del edificio enfermo y las posibles soluciones mediante la bioarquitectura, este proyecto se enfoca en mejorar las envolventes en los edificios y por medio de esta mejorar el confort interior. La premisa es emplear biomateriales y estrategias bioclimáticas en el diseño para maximizar la optimización y confort del edificio.

Dentro del Semillero de Investigación de Biomateriales en Colombia, perteneciente a la Facultad de Arquitectura de la Universidad de América, se exploraron diversas tendencias. Se destacó la importancia de la familia de BIOCOPUESTOS, donde la combinación de dos o más materiales potencia sus propiedades físicas y mecánicas al complementarse. Este proyecto, por ende, se orienta hacia la creación de un biocompuesto, aprovechando la sinergia de materiales para lograr un rendimiento mejorado.

La investigación también analizó las tendencias de diversos autores que consideran los materiales reciclados y naturales como alternativas innovadoras y sostenibles para la construcción. La conclusión a la que se llega es que las matrices poliméricas son una estructura propicia para el

desarrollo de un material nuevo. Esta elección se fundamenta en la capacidad de las matrices poliméricas para fusionar propiedades únicas de diferentes materiales, contribuyendo así a la innovación y sostenibilidad en la construcción.

En el proceso de desarrollo, se llevó a cabo un análisis detallado de las propiedades de diversos materiales, considerando su idoneidad para el diseño propuesto. Se seleccionaron aquellos que destacaron por sus propiedades significativas, facilidad de manejo y disponibilidad con un menor impacto ambiental.

Un enfoque clave de este proyecto es la recuperación del icopor, un material no biodegradable, mediante su reciclaje para la fabricación del nuevo prototipo. La resina reciclada de poliestireno se identificó como la elección adecuada como material matriz. Para reforzar la estructura, se incorporará fibra de fique dispuesta en mallas verticales de 0 a 90° y horizontales de 0 a 180°, garantizando una resistencia óptima. En las tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6, y 7, se detallan las características y propiedades de cada material.

**Tabla 1**

*Características Resina*

| Características    | RESINA    |
|--------------------|-----------|
| Gel time (días)    | 1 - 2     |
| Viscosidad (Cp)    | 500 - 650 |
| Acidez (Mg/gr KOH) | 15-30     |
| Solidos (%)        | 59 - 63   |

*Nota.* Las características de la Resina proveniente del icopor. Tomado de: Smith W. 1993, Incropera. 1997, Muñoz et Cabrera. 2007.



**Tabla 2***Características Icopor*

| Características                      | ICOPOR  |
|--------------------------------------|---------|
| Conductividad termica (K)            | 0.28    |
| Resistencia al envejecimiento (años) | 25      |
| Capilaridad                          | Ninguna |
| Temperatura de servicio max (°C)     | 90      |

**Nota.** Resina Reciclada de Poliestireno: **ICOPOR**. No biodegradable, contribuyendo a la reducción de residuos, Facilidad de reciclaje y disponibilidad, Propiedades mecánicas adecuadas para ser utilizada como matriz.

**Tabla 3***Características Fibra de Fique*

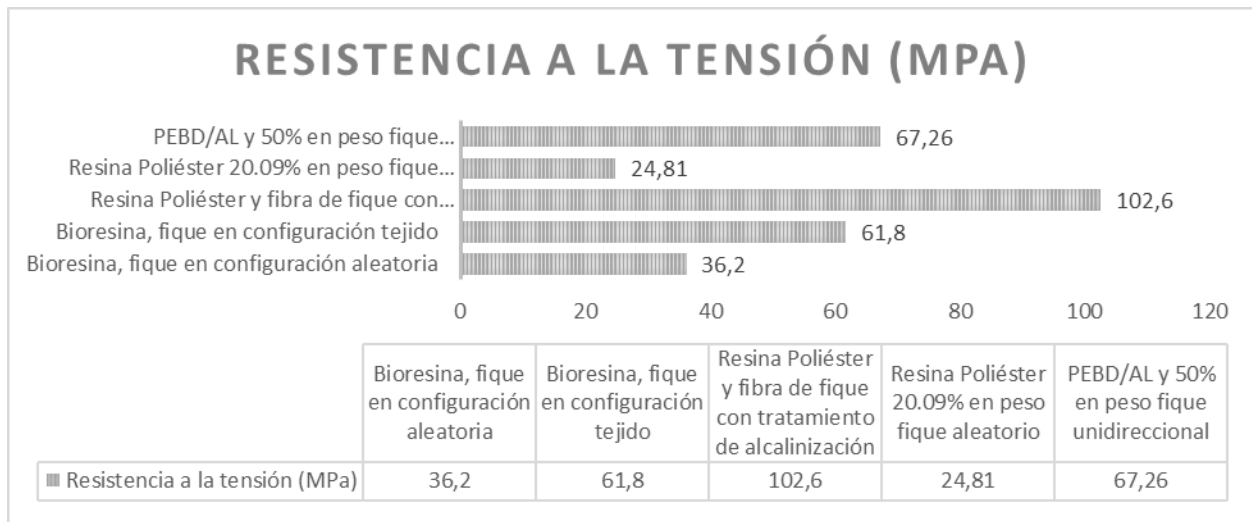
| Características Físicas                  | FIQUE         |
|--|---------------|
| Diámetro equivalente (mm)                | 0,160 - 0,420 |
| Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )   | 0,72          |
| Densidad específica (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,74          |
| Absorción de agua (%)                    | 60            |
| Resistencia máxima a la tensión (MPa)    | 43 - 571      |
| Elongación última (%)                    | 9,8           |
| Módulo de elasticidad                    | 8,200 - 9,100 |

**Nota.** Fibra de Fique Sostenible y de origen natural, alta resistencia y durabilidad y además contribuye a la mejora de las propiedades mecánicas del compuesto.

**Tabla 4***Características Material compuesto*

| MATERIAL COMPUESTO   | Resistencia a la tensión (MPa) | Módulo de Elasticidad (Mpa) |
|--|--------------------------------|-----------------------------|
| Bioresina, fique en configuración aleatoria                                | 36,2                           | 1272,98                     |
| <b>Bioresina, fique en configuración tejido</b>                            | <b>61,8</b>                    | <b>1320,00</b>              |
| <b>Resina Poliéster y fibra de fique con tratamiento de alcalinización</b> | <b>102,6</b>                   | <b>6190,00</b>              |
| Resina Poliéster 20.09% en peso fique aleatorio                            | 24,81                          | 660,29                      |
| PEBD/AL y 50% en peso fique unidireccional                                 | 67,26                          | 7130,00                     |

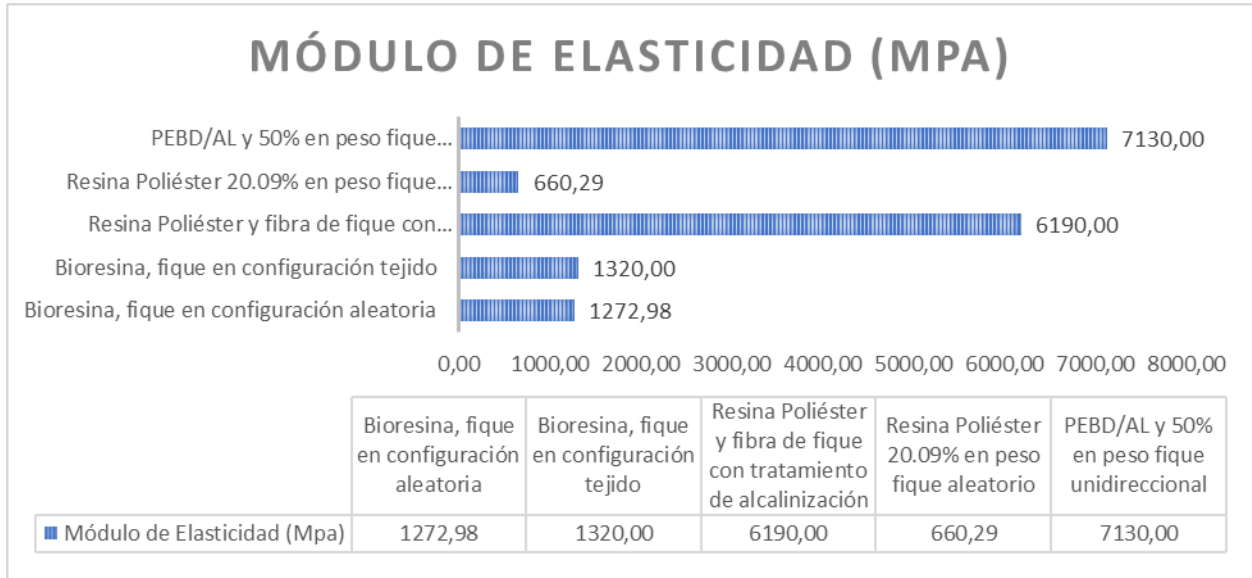
**Nota.** La combinación estratégica de estos materiales busca no solo optimizar la resistencia y durabilidad del nuevo prototipo, sino también abordar preocupaciones ambientales mediante el reciclaje y la incorporación de materiales sostenibles.

**Tabla 5***Resistencia a la Tensión*

**Nota.** Como se observa comparando con el material (PEBD/AL y 50% en peso de fique con fibras unidireccionales), con Bioresina fique en configuración tejido, se tienen propiedades mecánicas más bajas, debido a que el compuesto PEBD/AL tiene un componente de aluminio en la matriz, lo que permite un incremento de la rigidez y la resistencia.

**Tabla 6**

*Módulo de elasticidad*



**Nota.** El material Resina Poliéster y fibra de fique con tratamiento de alcalinización mostró un desempeño mayor a los otros materiales, debido al tratamiento químico de alcalinización mejora la adhesión entre la matriz y la fibra, presentando una mejor unión entre los componentes

**Tabla 7**

*Coefficiente de conductividad térmica fique*



**Nota.** Los datos ofrecen coeficientes de conductividad térmica (k) del fique que resultan valiosos para aplicaciones en cálculos ingenieriles. Las fibras de fique, con una conductividad evaluada de 0.045, demuestran ser competitivas en comparación con la mayoría de los materiales presentados en el cuadro. Esta información sugiere que el fique se posiciona como un excelente aislante térmico, destacando su capacidad para rivalizar efectivamente con diversos materiales en términos de eficiencia en la conducción térmica. Tomado de Smith W. 1993, Incropera. 1997, Muñoz et Cabrera. 2007.

### **2.3.1 Biocompuestos**

Los compuestos poliméricos, tal como sugiere su nombre, cuentan con un componente o fase polimérica que actúa como matriz. A esta matriz se le incorporan otros materiales que desempeñan la función de refuerzo, siendo comúnmente fibras de vidrio, carbono o aramida, y, cuando es viable, otros materiales de bajo costo, también conocidos como cargas.

Este prototipo se clasifica como biocompuesto debido a que su matriz está compuesta por una resina y su refuerzo se realiza mediante fibras de fique.

a) Reforzado con Partículas Dispersas: Este tipo de material compuesto incorpora partículas dispersas en la matriz, lo que contribuye a mejorar sus propiedades.

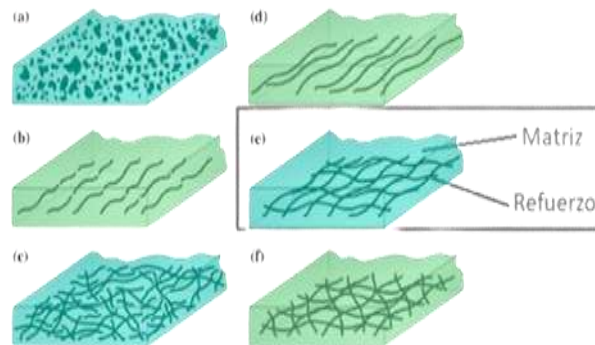
b) Reforzado con Fibra Discontinua (Alineado): En este caso, fibras cortas se encuentran alineadas en una dirección específica dentro de la matriz, proporcionando resistencia y rigidez en esa dirección particular.

c) Reforzado con Fibra Discontinua (Orientado al Azar): Las fibras cortas se dispersan aleatoriamente en la matriz, lo que resulta en propiedades mejoradas en varias direcciones.

d) Reforzado con Fibra Continua (Alineado): Fibras largas se alinean en una dirección específica, ofreciendo una alta resistencia y rigidez en esa dirección.

### Figura 6

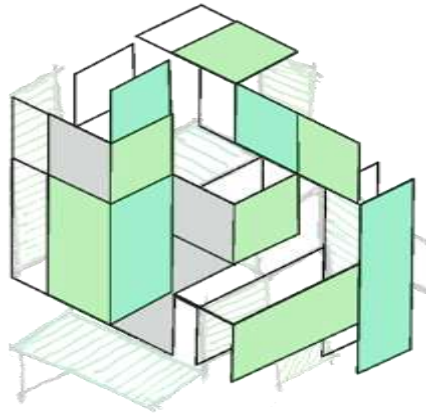
*Disposición de la malla, Fibra de Fique*



**Nota.** la organización de las fibras para este nuevo prototipo son la c Reforzado de fibra discontinua en forma de malla. Como formando la estructura de este. El nombre que se le da a este prototipo es REPOFIB que quiere decir Resina Reciclada de poliestireno reforzada con fibra de fique.

**Figura 7**

*REPOFIB*



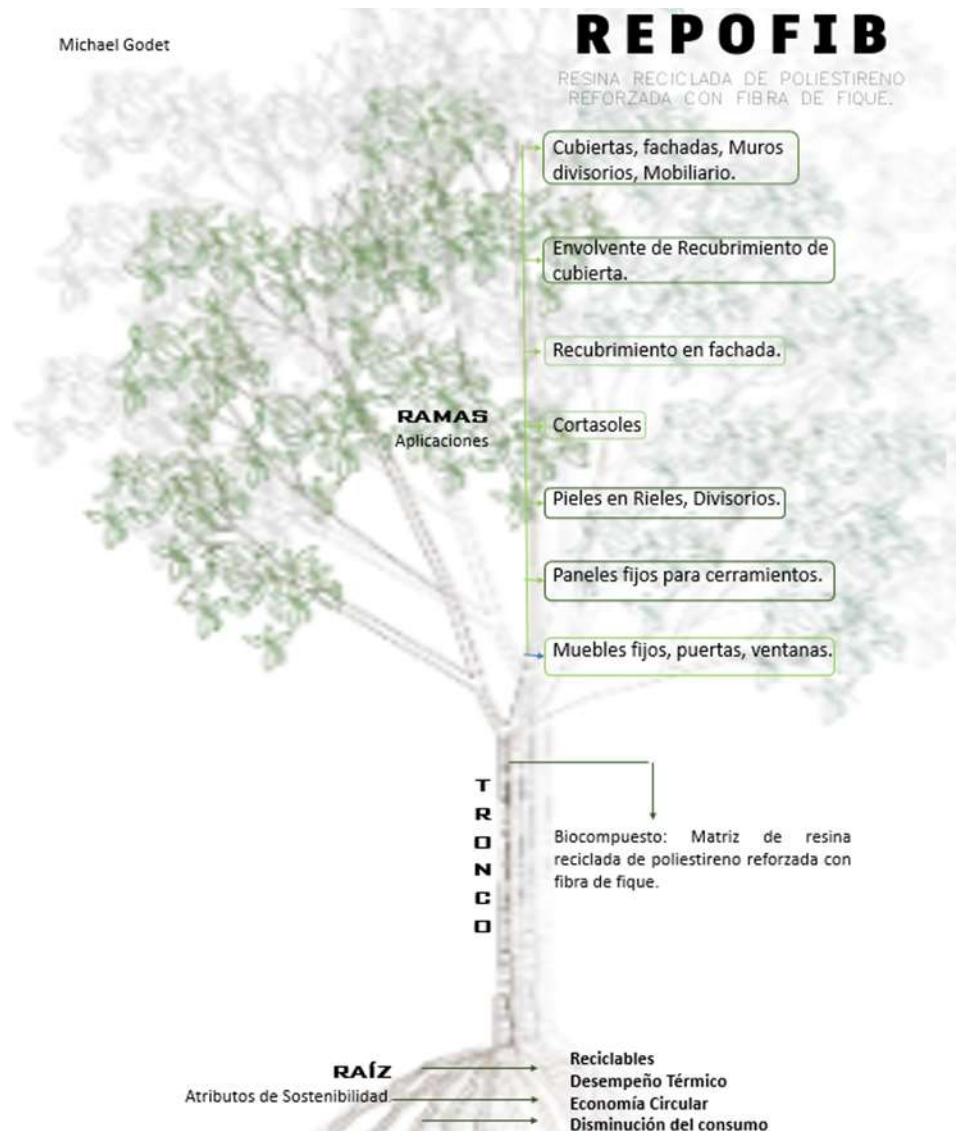
**Nota.** Se busca un diseño modular para la fachad que sea fácil de instalar, que sea delgado y a la vez flexible para así tener más usos.

### ***2.3.2 Árbol de competencias***

Se realizo un análisis de las competencias que tendría este prototipo y como se podría aprovechar mediante el árbol de competencias, herramienta planteada por Michael Godet a continuación en la figura.

**Figura 8**

*Árbol de Competencias REPOFIB*



*Nota.* En este diagrama (Árbol) se muestran las posibles aplicaciones que tendría el prototipo de panel.

### **2.3.3 Tipologías prototipo de panel para envolventes**

Presentación de tipologías básicas, incluyendo colocación fácil y funcional con marcos de aluminio, elegancia en la estructura externa, paneles persiana para control de luz y ventilación, y pieles versátiles con rieles.

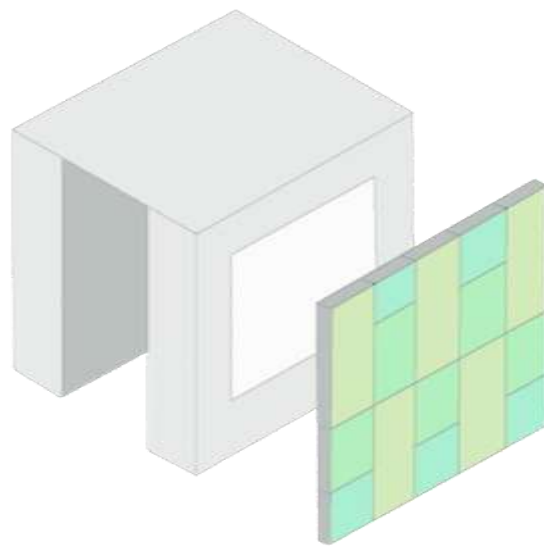
**Consideración de la versatilidad de diseño para adaptarse a diversas aplicaciones**

**Primera Tipología:** Fija instalación Fácil y Funcional con Marcos de Aluminio

La primera tipología se centra en la facilidad de instalación. Hemos diseñado paneles que se encajan entre sí a través de marcos de aluminio, con medidas estándar de metro y medio de alto. Esto permite que prácticamente cualquier persona pueda ensamblarlos para formar el panel que necesite. La simplicidad de esta tipología la convierte en una solución accesible y funcional para una amplia gama de aplicaciones.

### **Figura 9**

*Aproximación primera tipología del prototipo*



*Nota.* Diagramación primera aproximación de la tipología del panel.

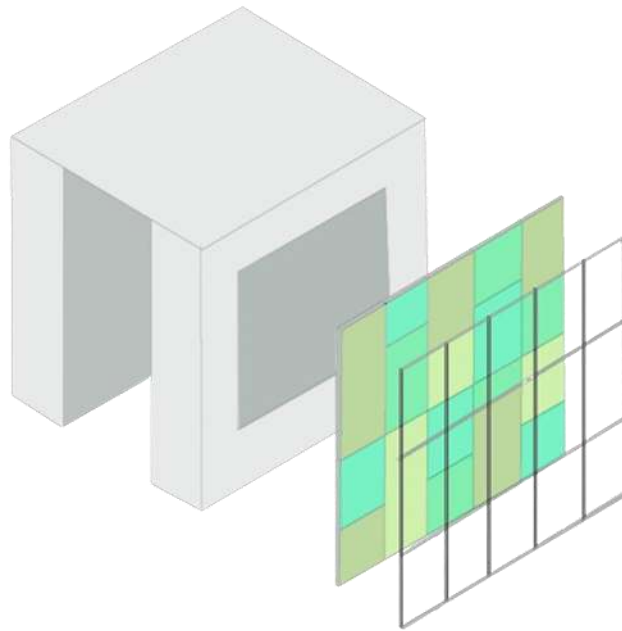
### **Segunda Tipología: Elegancia en la Estructura Externa.**

La segunda tipología está diseñada para aquellos que buscan dar un toque de armonía y estética a sus viviendas o proyectos. Los paneles en esta tipología tienen medidas estándar de metro y medio o 2 metros, y se encajan en una estructura externa. Esto no solo agrega belleza visual, sino que también ofrece un alto nivel de personalización y diseño atractivo para cualquier proyecto.



**Figura 10**

*Aproximación segunda tipología*



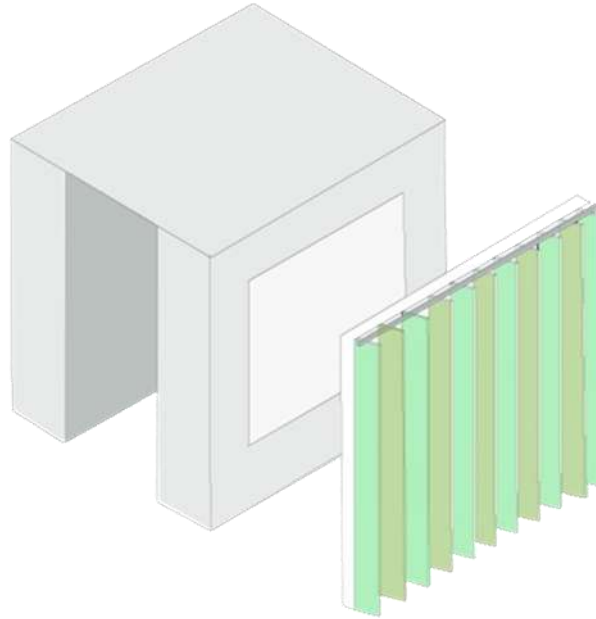
*Nota.* Diagramación segunda aproximación al diseño tipo de la envolvente, segunda opción de instalación, su diseño proporcionara una facilidad a la hora de instalar cada panel los cuales se engancharán cada uno por medio de sus marcos funcionando como un tipo de Macho Hembra.

**Tercera Tipología:** Paneles Persiana para Control de Luz y Ventilación.

La tercera tipología se centra en la adaptabilidad a la luz solar y al flujo de aire. Estos paneles se han diseñado como persianas que se pueden ajustar según la cantidad de luz que se desea recibir o la ventilación que se requiere para la fachada. No solo son funcionales, sino que también aportan un toque estético atractivo a la estructura.

## Figura 11

### *Aproximación Tercera tipología*



*Nota.* Diagramación Aproximación diseño de la tercera tipología que fue pensada tipo corta soles para fachadas de aquellos edificios en los que entra el sol en horas críticas.

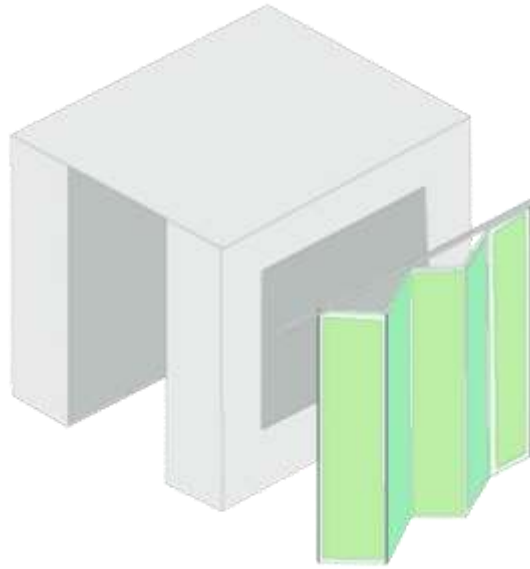
Además de las anteriores proponemos una cuarta tipología un poco más compleja.

### **Cuarta Tipología:** Pieles Versátiles con Rieles

Los muros divisorios de la cuarta tipología se configuran mediante un sistema de rieles. Esto los convierte en una solución ideal para espacios interiores que se desee flexibilizar o configurar de diferentes formas. La versatilidad de estas "pieles" permite adaptar los espacios según las necesidades cambiantes que se acondicionara en la estructura.

**Figura 12**

*Aproximación cuarta tipología*



*Nota.* Diagramación, Aproximación al diseño de la cuarta tipología.

#### **2.4 Proceso de preparación del prototipo**

Durante el desarrollo de este proyecto, se recurre a hacer simulaciones de los materiales propuestos mediante el uso del software Ansys Academic. El objetivo es comprender a fondo el comportamiento de los biomateriales en términos de conductividad y capacidad térmica. Este análisis exhaustivo proporcionará la certeza de que los paneles resultantes ofrecerán un confort térmico excepcional, adaptándose de manera óptima a diversas situaciones y condiciones ambientales, convirtiéndose así en aliados esenciales para el bienestar general.

En cuanto al proceso de fabricación del prototipo, se inicia en someter al icopor a un proceso de disolución con acetona. Luego, después de tener claro el diseño de este, se elaboraron moldes y prensado para dar forma a las láminas del panel. En este proceso, la resina reciclada de poliestireno se encuentra en su fase líquida, y es en este punto que la malla de fibra de fique toma protagonismo ya que esta será el refuerzo de la matriz, fortaleciendo la estructura del panel y brindándole una resistencia adicional. Todo este proceso meticuloso y detallado queda plasmado en las figuras 14, 15, 16 y 17.

**Figura 13**

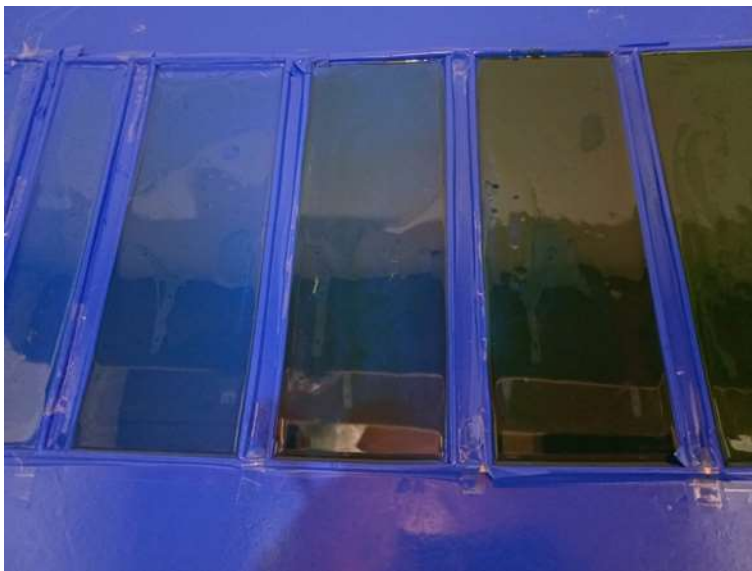
*Fotografía Preparación de Moldes*



*Nota.* Preparación de los moldes del prototipo, artesanal

**Figura 14**

*Fotografía Resina Reciclada (Estado líquido) en molde*



*Nota.* En esta fotografía se observa ya la resina disuelta a la cual se le agrego un poco de color para el diseño, el color puede ser cualquiera según la elección de quien lo requiera.

**Figura 15**

*Fotografía preparación malla fibra de fique para estructural el prototipo*



*Nota.* Aquí se muestra la preparación de la fibra de fique a la cual se le da una mini estructura con alambre para que cada panel sea aún más resistente.

**Figura 16**

*Fotografía de elemento listo para instalación según su diseño*



*Nota.* En esta fotografía se observa el elemento ya en su estado sólido con su refuerzo embebido, listo para ser instalado en su marco prototipo a escala.

**Figura 17**

*Fotografía Paneles tipo corta soles*



*Nota.* De esta forma quedaría este prototipo de panel para envolventes, diseñado específicamente para mejorar el confort del interior en partes donde entra mucho sol y este es requerido.

**Figura 18**

*Fotografía prototipo paneles corta sol funcionamiento*



*Nota.* presentación de estos paneles móviles tipo persiana para fachadas o corta sol.

**Figura 19**

*Muestra cómo se comportaría este panel ejemplo, a nivel estético. Fotografía editada*



*Nota.* Casa construida en San Antonio Campestre (Nariño) por la constructora Ideas, tomada como referente para visualizar el prototipo en esta.

**Figura 20**

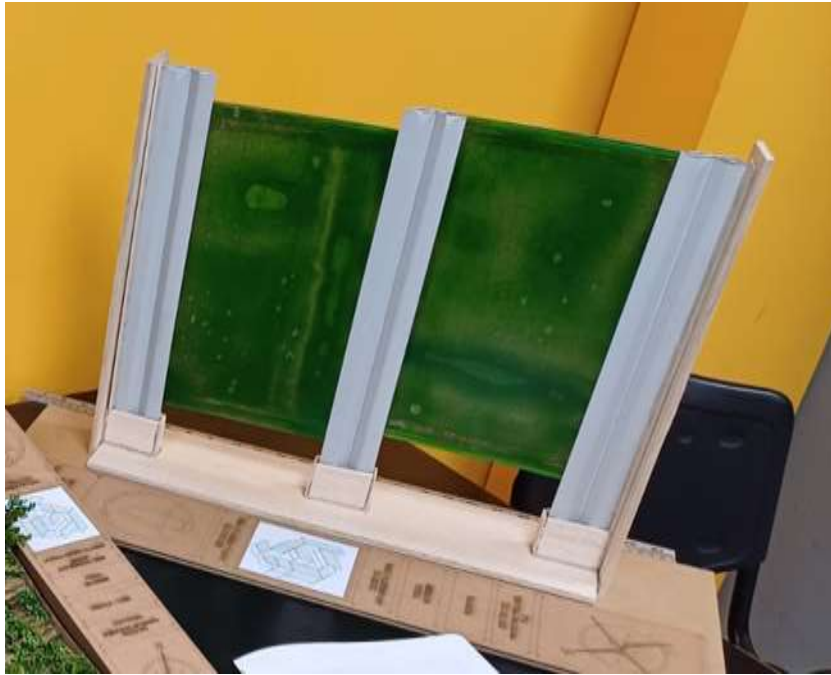
*Ejemplo 2, Render editado*



*Nota.* Render referente, en el que también se muestra un ejemplo del prototipo de panel en tipología persiana, indicando en su estética diferentes colores.

**Figura 21**

*Fotografía prototipo panel para envoltentes de fácil instalación*



**Nota.** En esta fotografía se indica el prototipo de panel fijo que se ensambla por medio de unos marcos de PVC 3mm



**Figura 22**

*Fotografía editada, ejemplo prototipo de panel fijo. Instalado*



**Nota.** En esta imagen se observa cómo podría ser este panel instalado en una fachada o envolvente de algún edificio enfermo, para mejorar el confort a partir de la envolvente por medio de este.

**Figura 23**

*Fotografía editada, Ejemplo 2: paneles instalados en sus fachadas*



*Nota.* En esta imagen se puede observar otro ejemplo del prototipo de panel versátil para cualquier edificio

### **2.4.1 Costo de estudio**

#### **Eco campus de los Cerros Universidad de América**

**Figura 24**

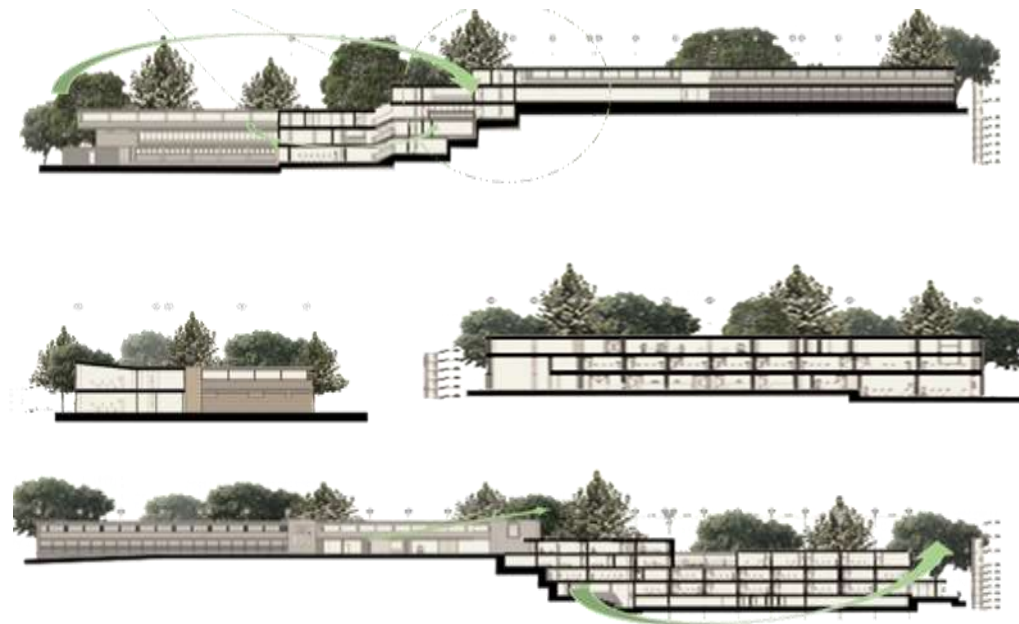
*Fotografías edificio Eco Campos de los Cerros*



*Nota.* Estado Actual del edificio eco campus de los cerros

**Figura 25**

*Secciones (Estado Actual)*



*Nota.* Por medio de los cortes y fachadas actuales se puede entender la configuración de la envolvente del edificio y orientación.

**Figura 26**

*Renders Edificio sin intervención en sus fachadas*



*Nota.* Visualizaciones digitales del edificio sin intervenir sus fachadas, se puede observar por que el edificio a primera vista se percibe un poco frío y es que además de su ubicación y orientación la mayoría de sus fachadas es rodeada por un gran contexto verde y de árboles que refrescan aún más la zona tapando el sol en la mayoría de su extensión, y estos vacíos que existen no aprovechan el sol, al contrario, en ellos se concentran túneles de viento que enfrían el edificio por dentro.

#### ***2.4.2 Diagnóstico del edificio Eco Campus de los Cerros: integración del diagrama de Givoni y estrategias bioclimáticas***

El diagnóstico del Edificio Eco Campus de los Cerros se llevó a cabo mediante la aplicación de simulaciones utilizando Revit para el análisis energético y Ecotec, con el objetivo de evaluar el impacto actual en términos de comportamiento bioclimático y eficiencia energética. La identificación de estrategias bioclimáticas se enfocó en la integración del nuevo prototipo de panel para la envolvente bioclimática en áreas estratégicas, considerando los hallazgos obtenidos de estas simulaciones.

#### ***2.4.3 Diagnostico bioclimático***

##### ***Análisis edificio Eco Campus de los Cerros Universidad de América***

Al realizar un diagnóstico del Edificio Eco campus de los Cerros de la Universidad de América, con el objetivo de mejorar su envolvente y proporcionar un mejor confort a los usuarios, se observa que, a nivel superficial, no se han implementado estrategias bioclimáticas efectivas. Esto se refleja en la sensación térmica del edificio, que tiende a ser bastante fría.

Para profundizar en este análisis, se ha comenzado investigando datos específicos de la zona. En este contexto, se han recopilado datos climáticos que son fundamentales para entender el entorno circundante. A través de tablas que presentan información sobre el clima de la zona, se busca identificar patrones y condiciones climáticas que puedan influir en el diseño de estrategias bioclimáticas más efectivas para el Edificio Eco campus.

Este análisis más detallado permitirá identificar las características climáticas clave, como temperaturas extremas, niveles de humedad, y patrones de viento, entre otros. La interpretación de estos datos contribuirá a desarrollar estrategias específicas que se adapten a las condiciones climáticas locales, mejorando así el confort térmico y ambiental del edificio.

**Tabla 8**

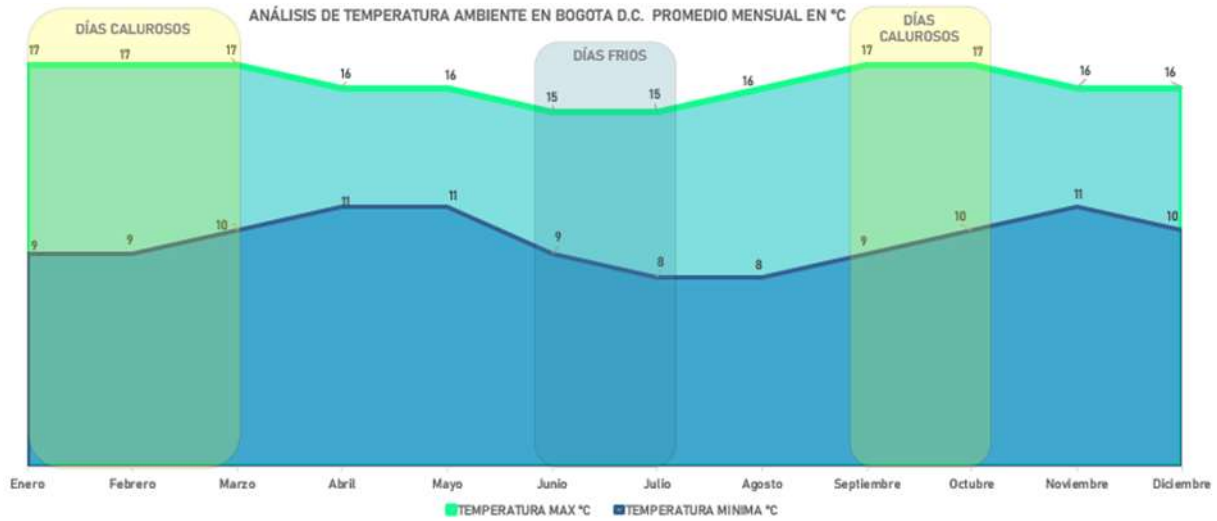
*Análisis Solar Bogotá D.C promedio mensual*



**Nota.** Datos obtenidos de CLIMATE DATA, Horas de sol, El mes con más horas diarias de luz solar real en Bogotá es septiembre con un promedio de 7 horas/día. El mes que presenta el menor número de horas diarias de luz solar real en Bogotá es mayo con un promedio de 5 horas/día. El mes con los días más largos en Bogotá es junio con 12.6 horas/día de luz máxima. El mes con los días más cortos es diciembre con 11.4 horas/día de luz máxima.

**Tabla 9**

*Análisis de Temperatura Ambiente en Bogotá D.C. Promedio Mensual en °C*



ANÁLISIS DE TEMPERATURA AMBIENTE EN BOGOTÁ D.C. °C

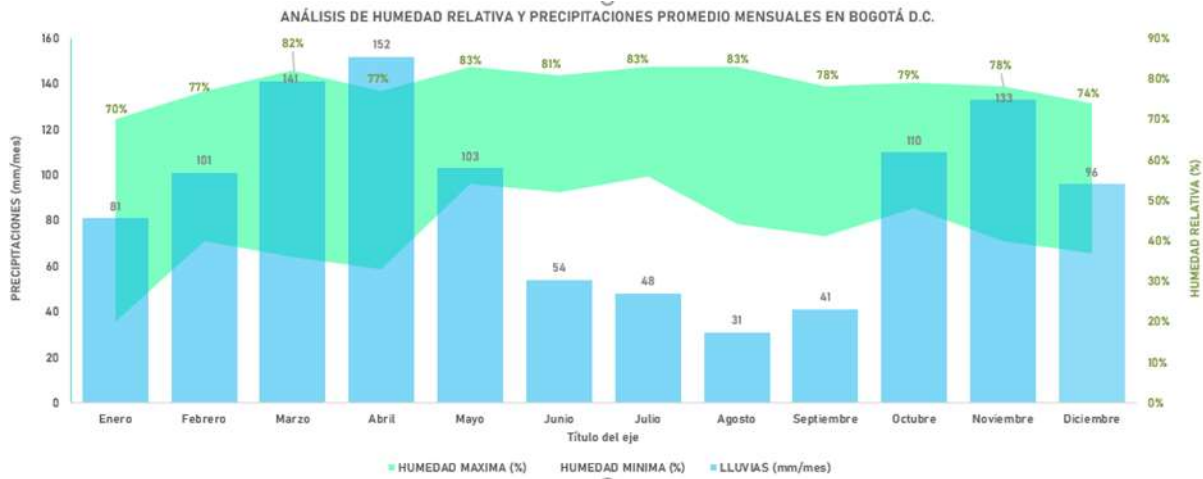
|                    | Enero        | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Sept. | Octubre | Nov. | Dic. |
|--------------------|--------------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-------|---------|------|------|
| Lugar: BOGOTÁ D.C. |              |         |       |       |      |       |       |        |       |         |      |      |
| Latitud: 4,0 °     |              |         |       |       |      |       |       |        |       |         |      |      |
| Longitud: 74 °     |              |         |       |       |      |       |       |        |       |         |      |      |
| Altitud: 2582 m    |              |         |       |       |      |       |       |        |       |         |      |      |
| Hora Meridiano: -5 |              |         |       |       |      |       |       |        |       |         |      |      |
|                    | Media Máxima | 17      | 17    | 17    | 16   | 16    | 15    | 15     | 16    | 17      | 17   | 16   |
|                    | Media        | 13      | 13    | 14    | 14   | 14    | 12    | 12     | 12    | 13      | 14   | 14   |
|                    | Media Mínima | 9       | 9     | 10    | 11   | 11    | 9     | 8      | 8     | 9       | 10   | 11   |

FUENTE: METEOBLUE weather close to you. [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historystimate/ultimatemodelled/bogot%C3%A1,colombia\\_3488489](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historystimate/ultimatemodelled/bogot%C3%A1,colombia_3488489)

**Nota.** Data de **METEOBLUE**, en los meses de enero, febrero, marzo, septiembre y octubre se presentan temperaturas máximas promedio en Bogotá, teniendo días más calurosos y noches frías, del mismo modo, las temperaturas mínimas promedio se presentan entre junio y julio, teniendo los días más fríos. Según la data de los últimos 30 años reportada en **METEOBLUE**.

**Tabla 10**

*Análisis de Humedad Relativa y Precipitaciones promedio mensuales en Bogotá D.C.*



|                    | ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES |         |       |       |      |       |       |        |       |         |      |      | mm/mes |
|--------------------|-----------------------------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-------|---------|------|------|--------|
|                    | Enero                       | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Sept. | Octubre | Nov. | Dic. |        |
| Lugar: BOGOTÁ D.C. | 81                          | 101     | 141   | 152   | 103  | 54    | 48    | 31     | 41    | 110     | 133  | 96   | 86     |
| Latitud: 4,0 °     | ANÁLISIS HUMEDAD RELATIVA   |         |       |       |      |       |       |        |       |         |      |      | %      |
| Longitud: 74 °     | Enero                       | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Sept. | Octubre | Nov. | Dic. |        |
| Altitud: 2582 m    | 70                          | 77      | 82    | 77    | 83   | 81    | 83    | 83     | 78    | 79      | 78   | 74   |        |
| Hora Meridiano: -5 | 45                          | 59      | 59    | 55    | 69   | 67    | 70    | 64     | 60    | 64      | 59   | 56   |        |
|                    | 20                          | 40      | 26    | 33    | 54   | 53    | 56    | 44     | 41    | 48      | 40   | 37   |        |

FUENTE: CLIMATE DATA [https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/bogota/bogota-5115/#google\\_vignette](https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/bogota/bogota-5115/#google_vignette). Data: 1991 - 2021 Precipitación (mm). CAR CUNDINAMARCA. <https://www.car.gov.co/vercontenido/2524>. SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica. VALORES MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA (%). ESTACIO DOÑA JUANA Código 2120630. Data 2021.

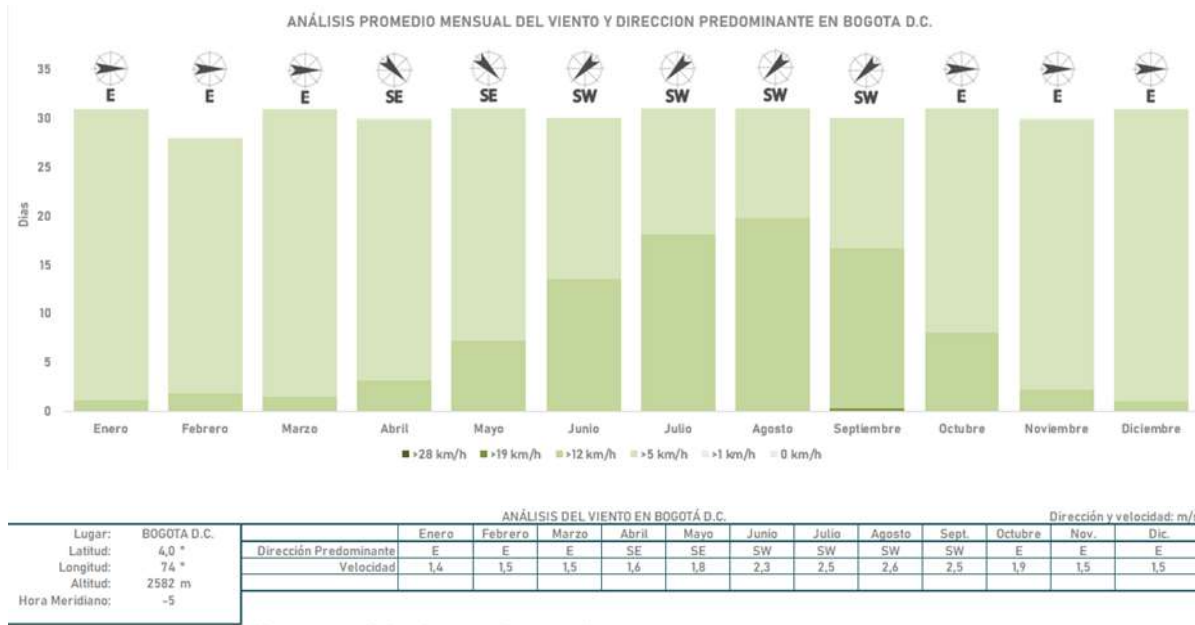
**Nota.** En el ciclo anual de la precipitación en Bogotá D.C. se puede distinguir un ciclo bimodal, con dos picos de lluvia bien establecidos y otros dos secos (o mejor, de menos lluvias).

Durante el año, Bogotá D.C. conserva porcentajes de humedad relativa constantes que oscilan entre 70 y 83 %. medido en la estación meteorológica "DOÑA JUANA" de la CAR CUNDINAMARCA. Tomado de: CLIMATE DATA [https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/bogota/bogota-5115/#google\\_vignette](https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/bogota/bogota-5115/#google_vignette). Data: 1991 - 2021 Precipitación (mm).

CAR CUNDINAMARCA. <https://www.car.gov.co/vercontenido/2524>. SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica. VALORES MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA (%). ESTACIO DOÑA JUANA Código 2120630. Data 2021.

**Tabla 11** Análisis promedio mensual del viento y dirección en Bogotá D.C.

Análisis promedio mensual del viento y dirección en Bogotá D.C.



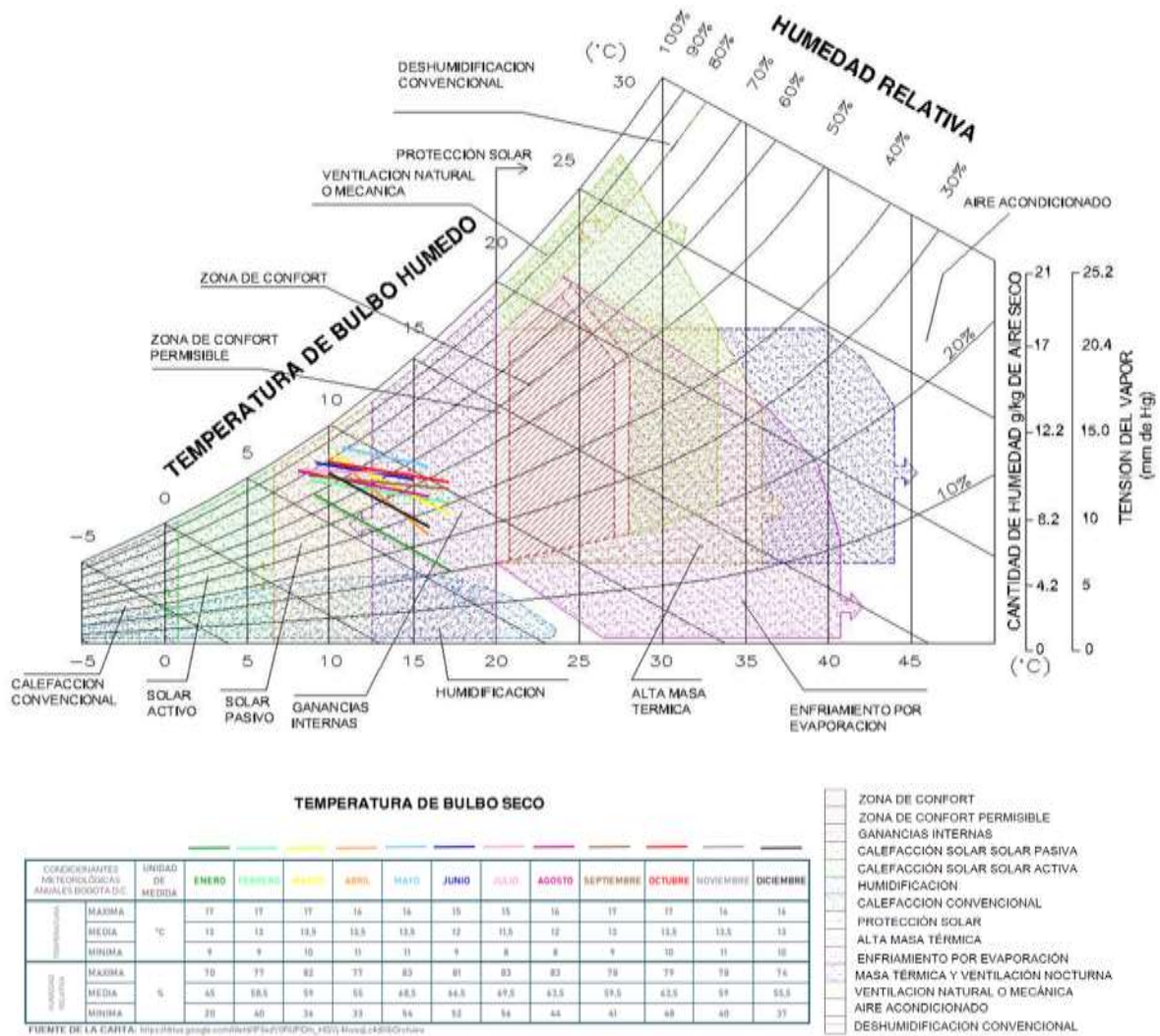
**Nota.** El análisis anual de Bogotá muestra los días por mes, durante los cuales el viento alcanza una cierta velocidad y la dirección que predomina en cada uno de los meses. La máxima velocidad del viento aumenta en agosto. **Tomado de: METEOBLUE Weather.**



## 2.4.4 Aplicación del diagrama de Givoni

Figura 27

Gráfico psicrométrico de Givony



**Nota.** La zona del diagrama de Givoni denominada GANANCIAS INTERNAS, engloba las situaciones comprendidas entre los 15°C y los 21,5°C, en las que se consigue llegar a condiciones de confort mediante el aumento de la temperatura ambiente del recinto, que se da por el solo hecho de habitar (vivir o trabajar) en una construcción.

Estas ganancias son las aportadas por los ocupantes, la disipación de calor de los equipos eléctricos, la pérdida de calor en procesos domésticos relacionados con la combustión, etc.

Es importante tener en cuenta ese tipo de ganancias, ya que durante determinadas épocas del año serán suficientes para conseguir el confort en cualquier zona de Bogotá D.C, de acuerdo con el **ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DE GIVONI** realizado.

Integración del Diagrama de Givoni en el análisis para comprender la relación entre el clima local y las estrategias bioclimáticas aplicadas en el edificio.

### **Identificación de Zonas Problemáticas**

Análisis de los resultados de simulación para identificar zonas críticas en el edificio, tomando en cuenta variables como la conductividad térmica, exposición solar y patrones de viento.

Hallazgos del Diagnóstico: **Buena Conductividad Térmica en la Envolvente:** Conclusión positiva sobre la eficacia del material de la envolvente del edificio en términos de conductividad térmica.

### **2.5 Simulaciones en Revit y Ecotec**

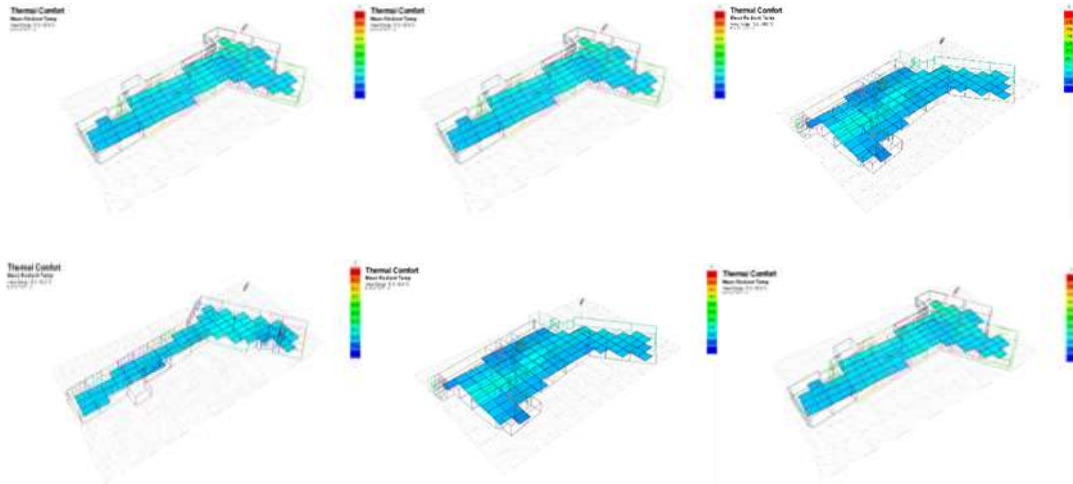
Empleo de simulaciones en Revit para realizar un análisis energético detallado del edificio.

Utilización de Ecotec para evaluar el comportamiento bioclimático del edificio en diferentes condiciones ambientales.

## 2.5.1 Simulaciones, identificación de temperatura en el edificio

Figura 28

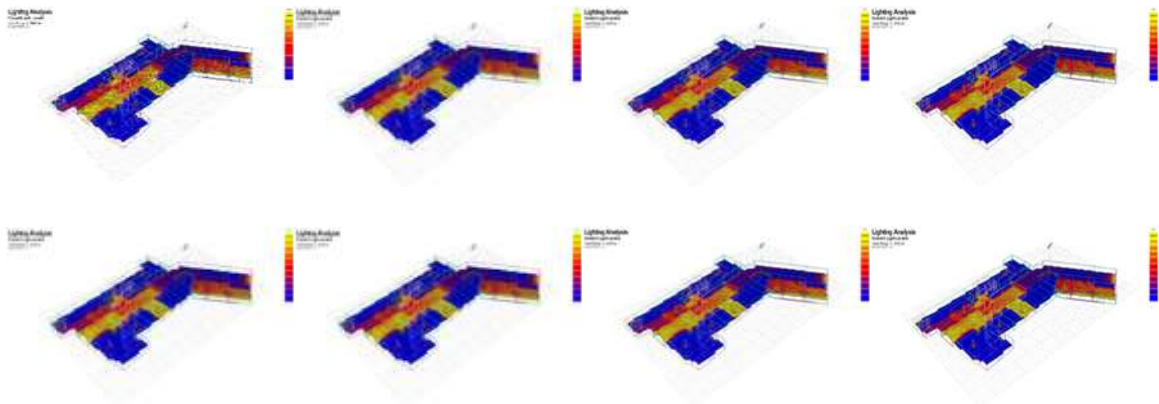
Simulaciones Confort térmico



*Nota.* Las simulaciones de temperatura en Ecotec arrojan que el edificio se suele mantener entre los 10°C a 16°C en su interior.

Figura 29

Simulaciones confort Lumínico



*Nota.* En este análisis el programa arroja que, si bien el edificio en el centro tiene buena iluminación los costados, ósea los salones de clase se encuentran muy oscuros, por la vegetación a su alrededor.

### **3. PROPUESTA IMPLEMENTACIÓN PANELES REPOFIB EN EL EDIFICIO ECOCAMPUS DE LOS CERROS DE LA UNIVERSIDAD DE AMÉRICA**

#### **3.1 Estrategias propuestas**

##### **Optimización de la Envolvente en Zonas Críticas**

Reforzamiento de la envolvente en las zonas afectadas por túneles de viento para minimizar su impacto, considerando posiblemente la implementación del nuevo prototipo de panel.

##### **Elementos de Sombra Dinámicos**

Introducción de elementos de sombra dinámicos, como persianas o paneles ajustables, en los niveles 7 y 8 para contrarrestar la exposición solar directa en momentos específicos del día.

##### **Aprovechamiento de Recursos Naturales**

Implementación de estrategias bioclimáticas, como la colocación estratégica de vegetación o elementos arquitectónicos, para aprovechar los recursos naturales y optimizar el confort térmico.

##### **Diseño Integrado del Nuevo Prototipo**

Integración del nuevo prototipo de panel para envolvente bioclimático de manera estratégica en las áreas identificadas, considerando sus propiedades térmicas y capacidad de adaptación a las condiciones climáticas específicas.

**Figura 30**

*Fachada Longitudinal Nivel 7 y 8*



**Nota.** Esta fachada ya intervenida con el prototipo de panel en su tipología de persiana para mejorar la problemática, de que en las horas de 3 pm en los primeros meses del año o 10 am en los últimos meses del año el sol llega directo afectando la concentración y confort de los usuarios.

**Figura 31**

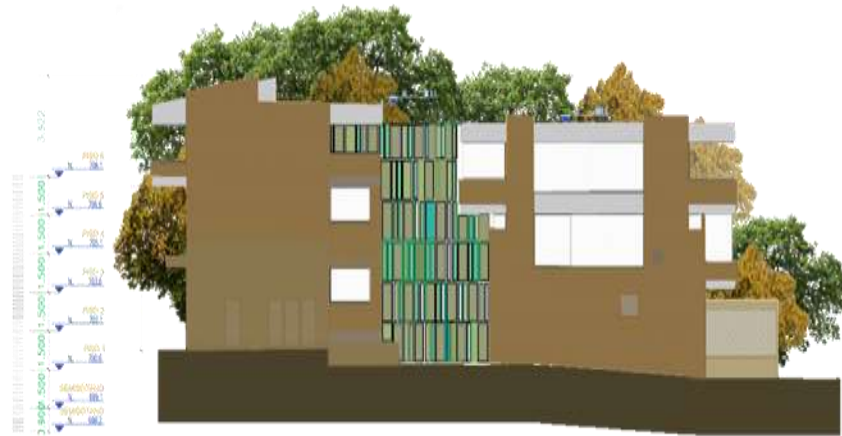
*Fachada Longitudinal Eco campus de Los Cerros*



**Nota.** En la parte frontal del edificio también se interviene su fachada y de esta forma mejorar el confort en el interior, para el bienestar de trabajadores y estudiantes.

**Figura 32**

*Fachada Lateral*



**Nota.** En la parte lateral del edificio encontramos estos vacíos que en las simulaciones y análisis nos arrojaban que los primeros niveles del edificio ósea esta zona era lo mas frio, esto por los túneles de viento que se concentran en estas áreas enfriando sus alrededores, por este motivo para mejorar el confort en esta zona se Implementan estos paneles fijos formando una nueva pared sin afectar el confort lumínico, esta se encargara de no permitir mas túneles de vientos y junto a las capacidades mecánicas del material se comportara muy confortable siendo un lugar más cálido.

**Figura 33**

*Visualización Paneles persiana instalados en fachada 7 y 8 nivel*



**Nota.** En este Render se muestra el panel tipo persiana o corta sol instalado en el edificio eco campus de los cerros de la universidad de América.

#### 4. CONCLUSIONES

El uso de resina reciclada de poliestireno en la fabricación de los paneles **REPOFIB** demuestra un compromiso claro con la sostenibilidad y la reducción de residuos. Este enfoque contribuye a la economía circular y a la gestión responsable de los recursos, y al mismo tiempo se le brinda una segunda vida a materiales previamente desechados.

El diseño de los paneles **REPOFIB** sería una mejora significativa en la eficiencia energética del Edificio Eco Campus. La capacidad de adaptarse a diversas condiciones climáticas y a la resistencia a los cambios de temperatura contribuyen directamente al confort térmico de los ocupantes.

La diversidad de tipologías propuestas para los paneles **REPOFIB** refleja su versatilidad y capacidad para adaptarse a diferentes aplicaciones. Desde sistemas de fácil instalación hasta diseños estéticamente atractivos, estos paneles demuestran ser una solución adaptable para una variedad de proyectos, tanto residenciales como comerciales.

La combinación de métodos artesanales e industriales en la fabricación de los paneles **REPOFIB** destaca la capacidad de integrar la tradición con la innovación. Este enfoque híbrido no solo garantiza la calidad del producto, sino que también permite una producción eficiente y escalable, facilitando la implementación a gran escala.

Como caso de estudio se analizó bioclimáticamente el edificio eco campus el cual actualmente en la actualidad es muy frío, sin embargo, cuenta con una gran estructura verde que lo rodea que lo hace un espacio digno hermoso y natural. Este prototipo es diseñado para cualquier edificio o incluso para nuevas construcciones.

Este proyecto no marca el final, sino el inicio de un compromiso continuo con la innovación y la mejora constante. La implementación exitosa del prototipo de panel **REPOFIB** destaca la importancia de la investigación y la aplicación práctica de soluciones que beneficien tanto al medio ambiente como a los usuarios.



## REFERENCIAS

- Aguilar, A. (1997). Reciclado de materiales de construcción. *Boletín CF+ S*, (2).  
<https://polired.upm.es/index.php/boletincfs/article/view/2781/2844>
- Arias Villegas, G y Velásquez Barrero, L. (1997). *La bioarquitectura*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales.  
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57285/34.labioarquitectura.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Álvarez Castilla, E. R. (2012). *Comportamiento mecánico de las conexiones en los elementos de bambú para estructuras ligeras: el caso de las especies del trópico de Veracruz* (Doctoral dissertation, Arquitectura).
- Blanchet, P. (2017). Biomateriales y tecnologías para una nueva arquitectura. *Materia Arquitectura*, (15), 82–93. <https://doi.org/10.56255/ma.v0i15.102>
- Chiluisa Mesías Julia Alejandra (2020); Determinación de la resistencia del bambú, como biomaterial de construcción. UTC. Latacunga. 50 p.  
<https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6650/1/PC-000845.pdf7000/6650>
- CCCS, Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (s.f.). Programa LEED en Colombia. (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible) Recuperado el 21 de 05 de 2021, de <https://www.cccs.org.co/wp/capacitacion/talleres-depreparacion-leed/>
- De Gobierno, P. (1979). Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la norma básica de edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios. *Boletín Oficial del Estado*, 253, 24524-24550.
- De Santos Marián, D., Delgado, B. M., & Martínez, A. G. (2013). *Gestión de residuos en las obras de construcción y demolición*. Tornapunta.  
[https://libreria.fundacionlaboral.org/ExtPublicaciones/Gestion\\_residuos\\_2013\\_FINAL.pdf](https://libreria.fundacionlaboral.org/ExtPublicaciones/Gestion_residuos_2013_FINAL.pdf)
- De Schiller, S. (1999). Impacto de la Forma edilicia en el Confort de Espacios Urbanos, en Anais 2°. Encontro Latinoamericano y 5°. Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construido, ISBN 85-902227-1-3, Fortaleza, Brasil.

<https://es.scribd.com/document/424562340/Impacto-de-La-Forma-Edilicia-enEl-Confort-de-Espacios-Urbanos>

De Schiller, S., & Evans, J. M. (2005). Rol de la Envolvente en la Edificación Sustentable. *Revista de la Construcción*, 4(1), 5-12 <https://www.redalyc.org/pdf/1276/127619365001.pdf>

Evans, J. M., 2003. Evaluación de Impacto del Sol en Envolventes Vidriadas, en *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, ISSN 0329-5184, INENCO-UNSa, Salta, Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/80790>

Inés Ramírez Bosco. "Michael Reynolds: hippie visionario, pionero de la bioarquitectura." *La Nación, Lifestyle*, 11 de noviembre de 2020, 14:04, <https://www.lanacion.com.ar/lifestyle/michael-reynolds-hippie-visionario-pionero-bioarquitectura-nid2460972/>.

MUÑOZ-VELEZ, M. F., HIDALGO-SALAZAR, M. A., & MINA-HERNANDEZ, J. H. (2014). Fibras de fique una alternativa para el reforzamiento de plásticos. Influencia de la modificación superficial. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 60-70.

Muñoz Muñoz, D., & Cabrera Cifuentes, G. (2007). EL FIQUE COMO AISLANTE TÉRMICO. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 5(1). <https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A16%3A9526448/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A31977884&crl=c>

Mercader, M. P., Ramírez de Arellano, A., & Olivares, M. (2012). Modelo de cuantificación de las emisiones de CO2 producidas en edificación derivadas de los recursos materiales consumidos en su ejecución. *Informes de la Construcción*, 64(527), 401-414 <https://www.torrossa.com/en/resources/an/2510593#page=146>

Salazar, M. Á. H. (2014). *Mecánica, micromecánica y viscoelasticidad del biocomposite polietileno-aluminio-fique*. Universidad Autónoma de Occidente. <https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/deb94bb9-4774-4c88-9242-310dc7e0fdec/content>

- Torre, N. (2012). Evaluación de impacto de ciclo de vida (EICV) de una planta de incineración de residuos sólidos urbanos (RSU). [http://repositorio.unican.es:8080/xmlui/bitstream/handle/10902/728/345763.pdf?sequence=1 &isAllowed=y](http://repositorio.unican.es:8080/xmlui/bitstream/handle/10902/728/345763.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Uso de fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en concreto. César A. Juárez Alvarado, Patricia Rodríguez López, Raymundo Rivera Villarreal, Ma. de los Ángeles Rechy de Von Roth. 2004, Ingenierías, págs. 7-19.
- Velásquez, S; Peláez G; Giraldo D; (2016). Uso de fibras vegetales en materiales compuestos de matriz polimérica: una revisión con miras a su aplicación en el diseño de nuevos productos. Informador Técnico, volumen 80, 77-86.
- Vasquez, A., Acevedo, H., & Ramírez, D. (2012). Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia. Gestión y ambiente. <http://hdl.handle.net/10784/28440>
- Zambrano, V. A. M., Calderon, L. F. P., & Chávez, A. J. M. (2023). La Bioarquitectura Para el Aprovechamiento de los Recursos Energéticos. Revista Científica FIPCAEC (Fomento de la investigación y publicación científico-técnica multidisciplinaria). ISSN: 2588-090X. Polo de Capacitación, Investigación y Publicación (POCAIP), 8(1), 122-133. <https://fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/767>

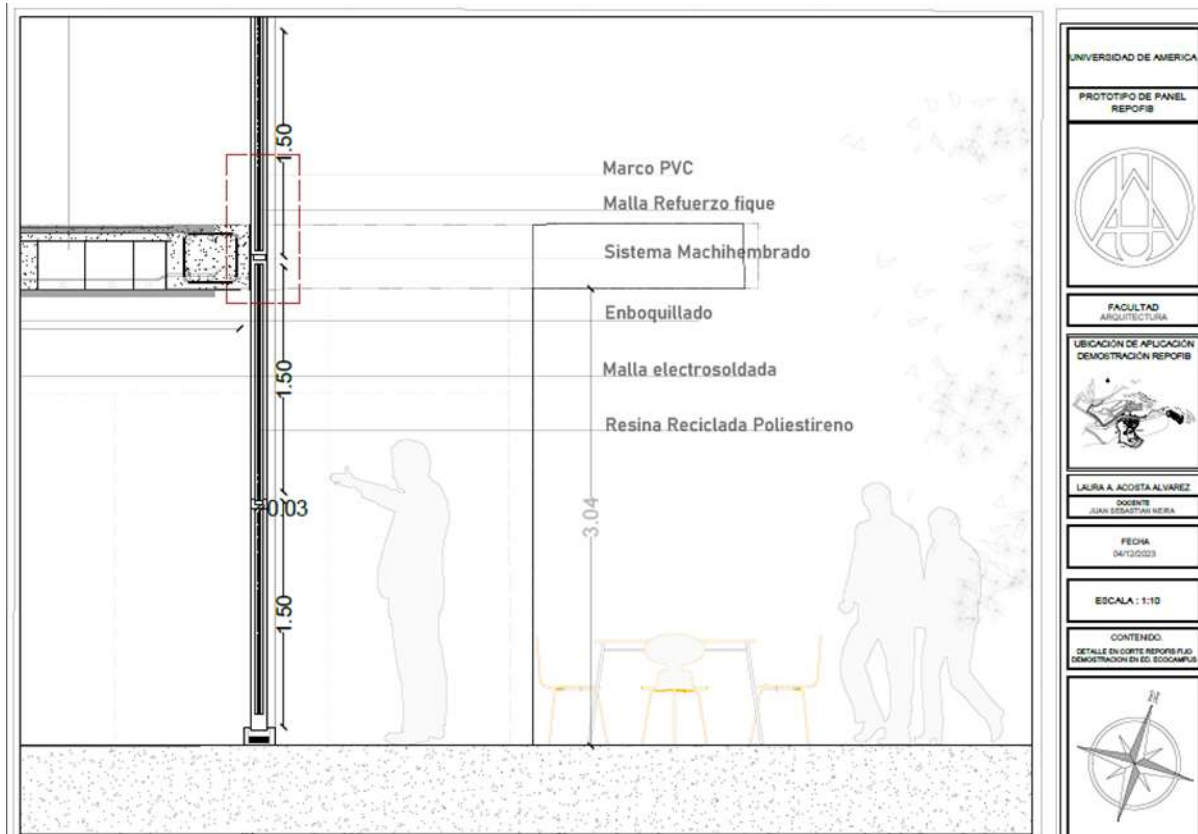
## **ANEXOS**

# ANEXO 1

## PLANIMETRÍA

Figura 34

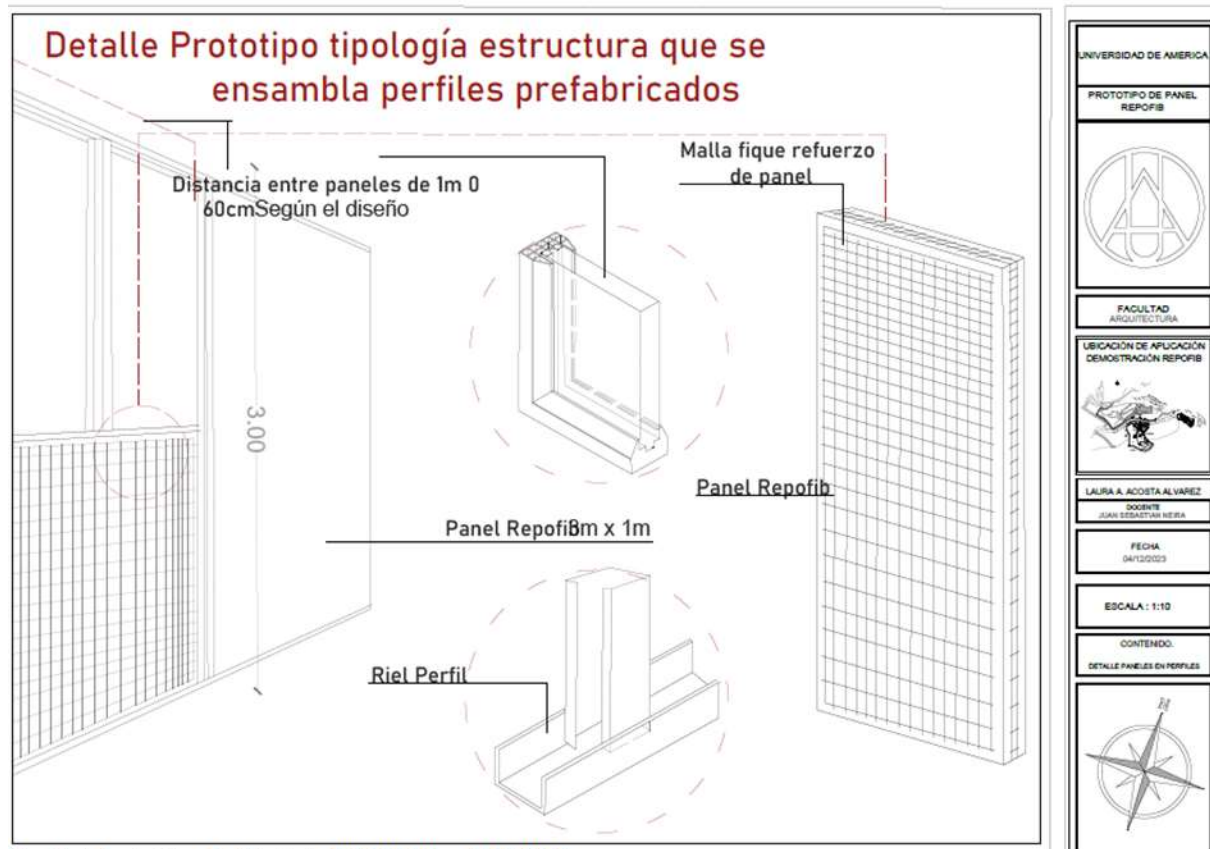
Detalle prototipo de panel instalado



*Nota.* Detalle en corte, del prototipo REPOFIB instalado en el edificio Eco campus de los cerros.

**Figura 35**

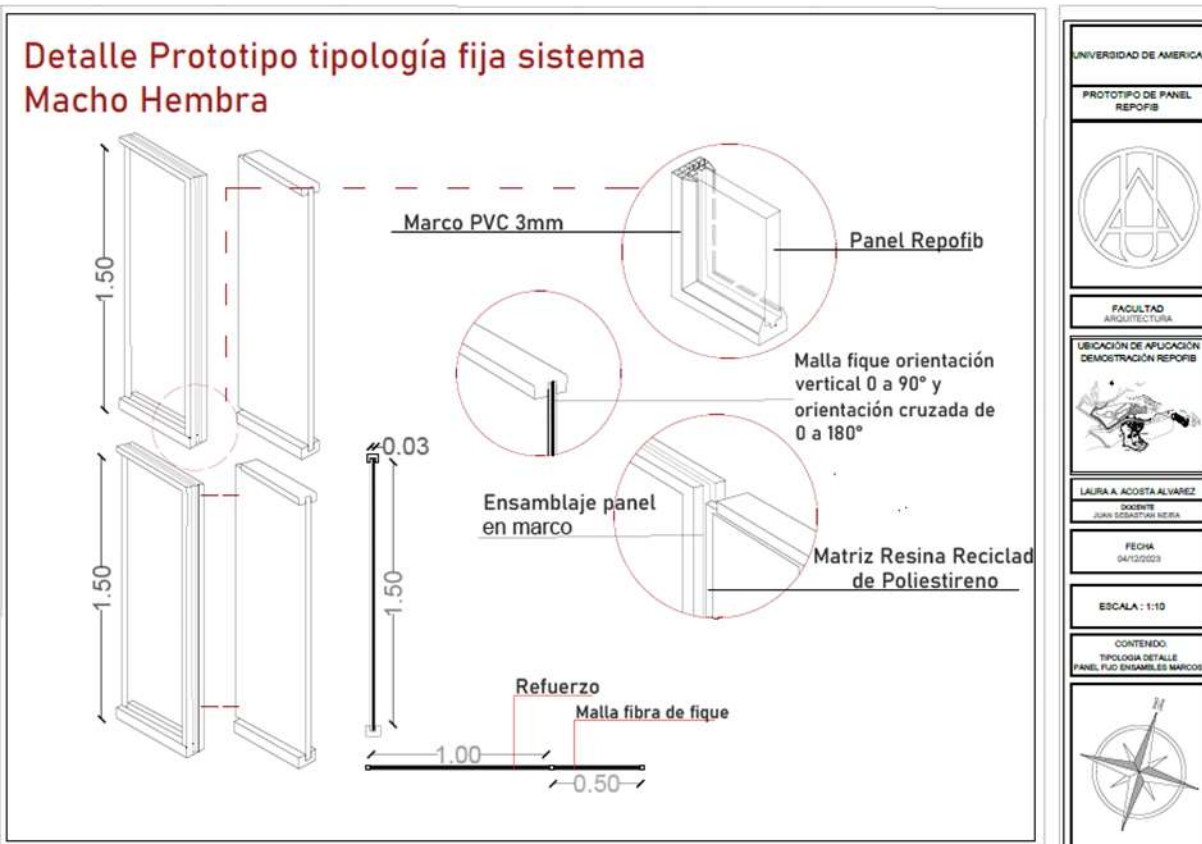
*Detalle prototipo tipología elegancia en la estructura*



**Nota.** En este plano detalle se muestra elementos que harán parte del montaje de la tipología elegancia en la estructura del prototipo de panel REPOFIB

Figura 36

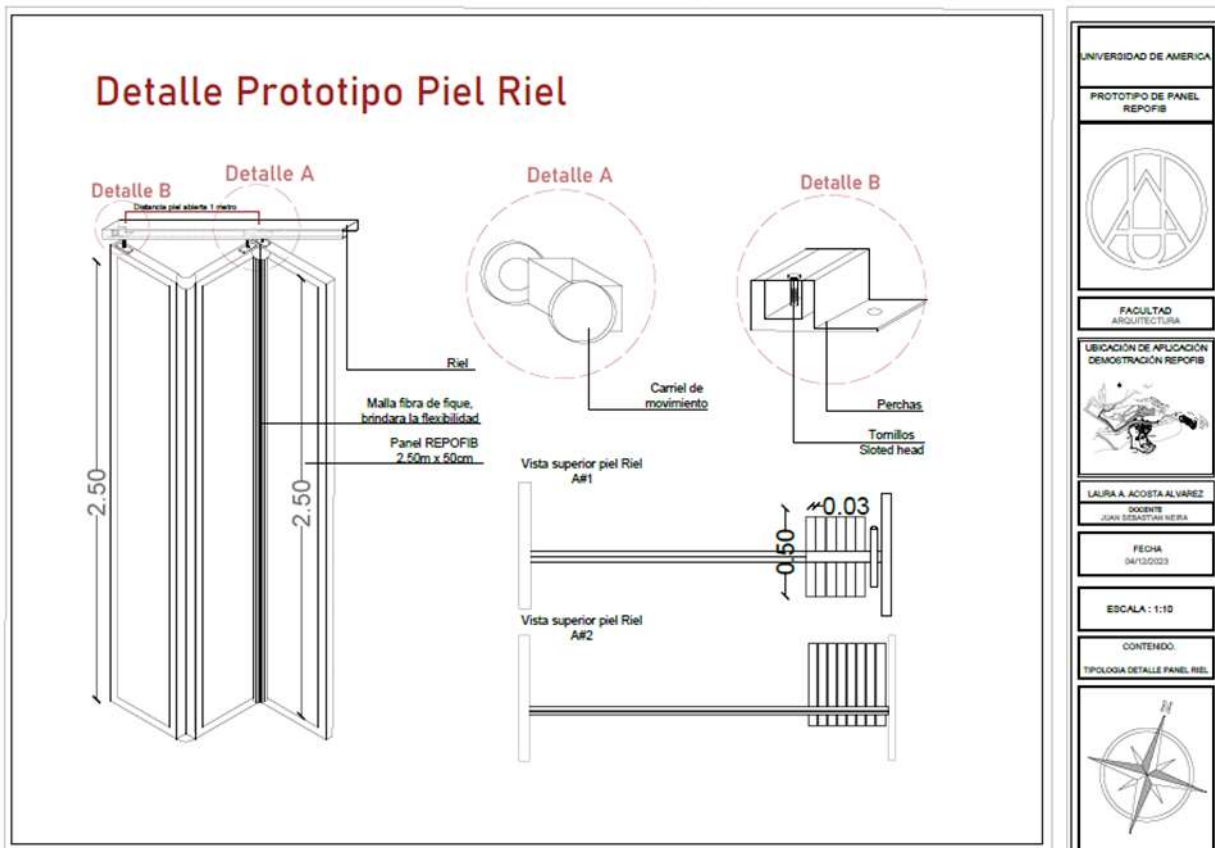
Detalle prototipo Tipología M.H



*Nota.* Plano del detalle de la tipología de instalación fácil y practica a partir de un sistema macho hembra.

Figura 37

Detalle prototipo Riel

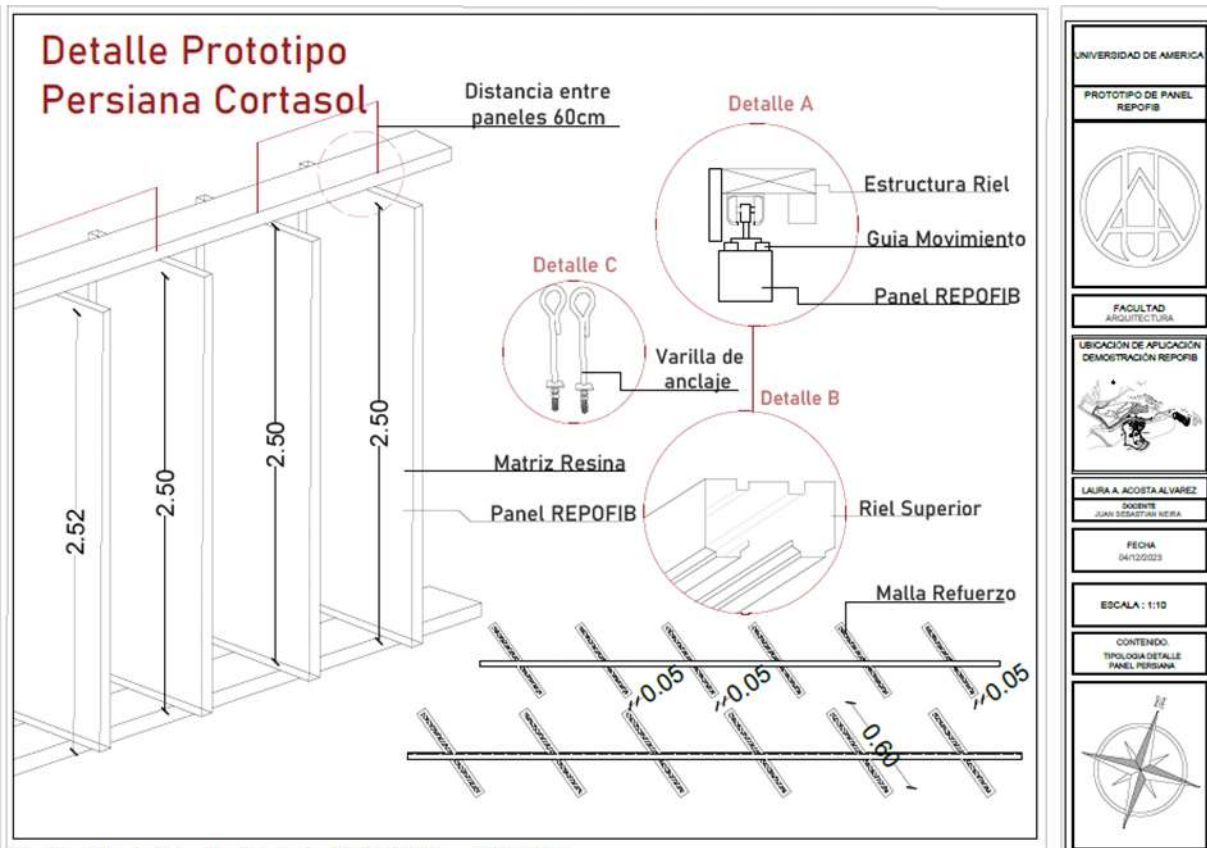


*Nota.* Detalle de la tipología riel del prototipo panel REPOFIB



**Figura 38** Detalle prototipo tipología Corta sol

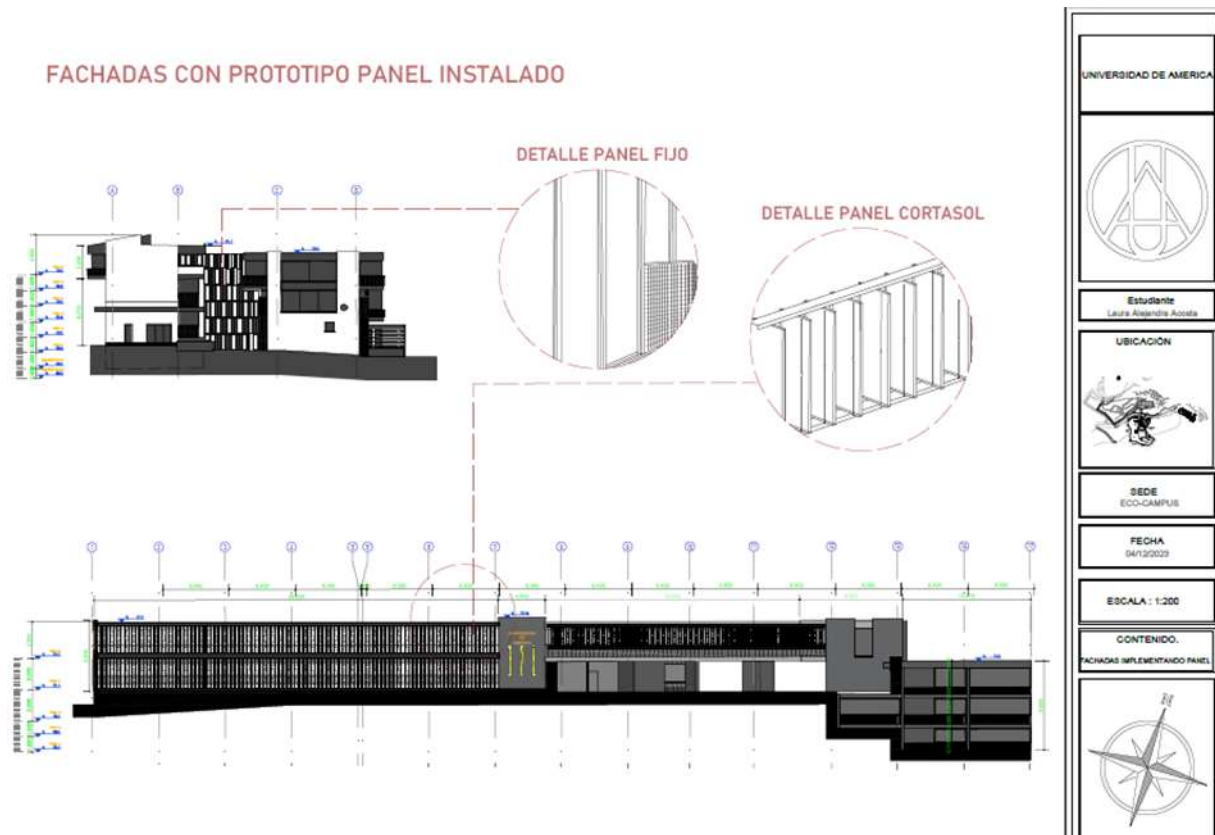
Detalle prototipo tipología Corta sol



**Nota.** Plano a nivel de detalle del prototipo corta sol o persiana del prototipo de panel.

**Figura 39**

*Fachadas con prototipo instalado*



**Nota.** Fachadas del edificio eco campus de los cerros de la universidad de América con el prototipo de panel instalado.

Figura 40

Tabla Presupuestos

| Unidad                        | Descripción  | Cantidad | Valor unitario | Valor parcial     |
|-------------------------------|--|----------|----------------|-------------------|
| <b>Materiales</b>             |  |          |                |                   |
| m <sup>2</sup>                | Lámina de resina reciclada de poliestireno reforzada con fibra de fique, de colores de 5 mm de espesor   | 1,0      | \$ 67.000      | \$ 67.000         |
| Ud                            | Cartucho de 310 ml de silicona neutra, incolora, dureza Shore A aproximada de 23, según ISO 868 y recuperación elástica >=80%, según ISO 7389. | 0,3      | \$ 15.472      | \$ 4.642          |
| Ud                            | Material auxiliar para la colocación de vidrios.   | 1,5      | \$ 3.370       | \$ 5.055          |
| <b>Subtotal materiales:</b>   |  |          |                | <b>\$ 76.697</b>  |
| <b>Mano de obra</b>           |  |          |                |                   |
| h                             | Oficial 1º de instalación  | 0,5      | \$ 26.197      | \$ 13.098         |
| h                             | Ayudante   | 0,5      | \$ 19.558      | \$ 9.779          |
| <b>Subtotal mano de obra:</b> |  |          |                | <b>\$ 36.146</b>  |
| <b>Herramienta menor</b>      |  |          |                |                   |
| ‰                             | Herramienta menor  | 2,0      | \$ 113.252     | \$ 2.265          |
| <b>Costos Directos</b>        |  |          |                | <b>\$ 115.108</b> |

Nota. Ficha cotización del prototipo de panel.

## ANEXO 2

## RENDERS

**Figura 41**

*Visualización prototipo instalado*



*Nota.* Visualización del prototipo tipo persiana o corta sol instalado en las fachadas.

**Figura 42**

*Visualización prototipo tipo 1. Instalado*



*Nota.* Visualización del panel fijo en el vano del edificio.

**Figura 43**

*Visualización prototipo instalado en parte posterior del edificio*



**Nota.** Visualización 2 del panel tipo corta sol en las fachadas del edificio nivel 7 y 8.

**Figura 44**

*Visualización Fachada principal*



**Nota.** Visualizaciones fachadas modificadas con el nuevo prototipo de panel.

**Figura 45**

*Visualización lateral, Fachadas modificadas*



*Nota.* Visualización Fachadas Modificadas.



**Figura 46**

*Visualización fachada modificada*



**Nota.** Visualizaciones fachadas modificadas con el prototipo de panel REPOFIB.

**Figura 47**

*Visualización prototipo en vacíos del edificio*



*Nota.* Visualización fachada primeros niveles modificadas con el prototipo de panel REPOFIB