

Universidad Latina de Costa Rica



Facultad de Arte, Diseño y Comunicación Colectiva

Escuela de Arquitectura

Licenciatura en Arquitectura y Urbanismo

**DISEÑO DE PANELERÍA
BIOMIMÉTICA
PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA LLOVIDA**

Proyecto para optar por el grado de Licenciatura

Sustentante:

Frank André Vargas Navarro

Tutor:

Marianela Mora Valenciano

Heredia, Costa Rica

2022

TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: Diseño de Panelería Biomimética para la captación de agua llovida, por el estudiante: Frank André Vargas Navarro, fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Arquitectura de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Arquitectura y Urbanismo:

**MARIANELA MORA
VALENCIANO (FIRMA)**

Firmado digitalmente por
MARIANELA MORA VALENCIANO
(FIRMA)
Fecha: 2022.12.20 20:35:04 -06'00'

Lic. Arq. Marianela Mora Valenciano. MSc.

Tutora

**PABLO
ANTONIO MORA
FALLAS (FIRMA)**

Firmado digitalmente por
PABLO ANTONIO MORA
FALLAS (FIRMA)
Fecha: 2022.12.20
16:39:59 -06'00'

Lic. Arq. Pablo Antonio Fallas Mora. MSc.

Lector

**SUSANA ARAYA
RAMIREZ
(FIRMA)**

Firmado digitalmente por
SUSANA ARAYA RAMIREZ
(FIRMA)
Fecha: 2022.12.27 05:04:53
-06'00'

Lic. Arq. Susana Araya Ramírez. MSc.

Representante

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Frank André Vargas Navarro estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy Autor Intelectual del proyecto final de graduación titulado:

Diseño de Panelería Biomimética para la captación de agua llovida

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en Heredia 14 de diciembre del 2022

Firma: 

Frank André Vargas Navarro

Cédula: 701370277

Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico)
Universidad Latina de Costa Rica

Yo (Nosotros):	Frank André Vargas Navarro
De la Carrera / Programa:	Licenciatura en Arquitectura y Urbanismo
Modalidad de TFG:	Proyecto final de graduación
Titulado:	Diseño de Panelería Biomimética para la captación de agua llovida

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el "AUTOR"), declara lo siguiente: **PRIMERO:** Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la "OBRA"). **SEGUNDO:** El AUTOR autoriza y cede a favor de la UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L. con cédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la "UNIVERSIDAD"), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la OBRA necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la OBRA con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO:** El AUTOR acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la UNIVERSIDAD no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO:** El AUTOR garantiza la originalidad de la OBRA, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el contenido o la autoría de la OBRA, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del AUTOR y este garantiza mantener indemne a la UNIVERSIDAD ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO:** El AUTOR se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la UNIVERSIDAD **SEXTO:** La presente autorización y cesión se regirá por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el AUTOR y la UNIVERSIDAD, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO:** El AUTOR acepta que la UNIVERSIDAD, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de

presentación relacionado con la OBRA, y el AUTOR, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la UNIVERSIDAD, por lo que el AUTOR haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. OCTAVO: El AUTOR concede a UNIVERSIDAD., el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El AUTOR acepta que UNIVERSIDAD. puede, sin cambiar el contenido, traducir la OBRA a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. NOVENO: El AUTOR acepta que UNIVERSIDAD puede conservar más de una copia de este envío de la OBRA por fines de seguridad, respaldo y preservación. El AUTOR declara que el envío de la OBRA es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. DÉCIMO: El AUTOR manifiesta que la OBRA y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la OBRA contiene material del que no posee los derechos de autor, el AUTOR declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a UNIVERSIDAD los derechos requeridos por esta licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el AUTOR autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la UNIVERSIDAD utiliza la OBRA sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. **SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO.** La presente autorización se extiende el día 20 de diciembre de 2022 a las 15:00

Firma del estudiante(s):


701370277

San José, 13 de diciembre de 2022

Sres.

Comité de Trabajos Finales de Graduación
Escuela de Arquitectura
Universidad Latina de Costa Rica

Estimados señores:

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 114290780, bachiller en Filología española graduada en la Universidad de Costa Rica, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos (ACFIL), carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica (COLYPRO), código 75402, leí y corregí el Trabajo Final de Graduación denominado: DISEÑO DE PANELERÍA BIOMIMÉTICA PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA LLOVIDA, elaborado por el estudiante Frank Vargas Navarro; cédula de identidad 701370277, para optar por el grado académico de Licenciatura en Arquitectura y Urbanismo.

Corregí el trabajo en aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje que se trasladan a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico; desde ese punto de vista, considero que está listo para ser presentado como Trabajo Final de Graduación; por cuanto cumple con los requisitos establecidos por la Universidad.

Suscribe de ustedes cordialmente,

Fernanda S. Coto.



María Fernanda Sanabria Coto
Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225
Colypro. Código 75402
fernanda.sanabria@filologos.cr
Teléfono: +506 6022 9569

MARIA
FERNANDA
SANABRIA
COTO
(FIRMA)

Firmado
digitalmente por
MARIA FERNANDA
SANABRIA COTO
(FIRMA)
Fecha: 2022.12.13
19:18:42 -06'00'

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, primeramente, a mi madre, por estar siempre a lo largo de la carrera; a mi abuela y padre, quienes, aunque no están desde hace mucho, fueron parte de la fuerza con la que me motivé en momentos cuando estuve con los ánimos bajos.

En cuanto al proyecto, el primer agradecimiento es para la profesora Marianela Mora Valenciano, por su guía, paciencia y consejos durante el proceso y culminación del proyecto; así mismo, al profesor Pablo Mora Fallas, el cual generó dudas que me ayudaron a ver otras perspectivas del proyecto, dando mayor integridad al resultado final.

Gracias a todas las personas que, de una u otra forma, me alentaron a continuar y finalizar esta carrera; la cual, si bien es un hueso duro de roer, enseña muchísimas cosas que la hacen algo tan diferente del resto y que dan la satisfacción de ser parte de este gremio.

DEDICATORIA

Dedicado a toda persona que ha visto el esfuerzo que he hecho, durante toda la carrera, desde antes de haberla comenzado, hasta hoy que concluye con esta investigación.

*"Cuando comprendes que toda opinión es una visión cargada de historia personal, empezarás a comprender que todo juicio es una confesión" **Nikola Tesla.***

RESUMEN

En la actualidad, el consumo de agua potable es muy elevado para la cantidad y calidad disponible. En general, las personas con menos recursos tienen acceso más limitado al agua con buena calidad para el consumo, por eso se hace necesario ser proactivos y promover el ahorro, así como el aprovechamiento de esta, aunque no sea potable. Por lo cual, desde el enfoque de un diseño de arquitectura biomimética, se pretende desarrollar un modelo paramétrico de un panel/piel que capte el agua llovida, mediante la evaluación de los materiales más aptos, definiendo las necesidades que no requieren agua potable, lo que se traduce a un ahorro económico u aprovechamiento del recurso y que se aplique en la zona del Caribe de Costa Rica.

Palabras claves: biomimética, diseño, panel/piel, agua llovida, gasto económico, Caribe.

ABSTRACT

Currently, the human consumption of drinking water is very high for the quantity and quality of drinking water available. In general, people with fewer resources have more limited access to good quality water for consumption, that's why, it is necessary to be proactive and promote water saving as well as the use of it, even if it is not drinkable. From the approach of a biomimetic architecture design, it is intended to develop a parametric model of a Panel/skin that captures rainwater, evaluating the most suitable materials, defining the needs that do not require drinking water, translating it into economic savings or a utilization of the resource and to be applied to the Caribbean zone of Costa Rica.

Key words: Biomimetic, design, panel/skin, rainwater, economic expense, caribbean.

TABLA DE CONTENIDO

TRIBUNAL EXAMINADOR.....	i
DECLARACIÓN JURADA.....	ii
Aspectos generales.....	1
Delimitación del tema.....	1
Antecedentes del problema y Estado del arte	2
Enunciado problemático o pregunta de investigación.	3
Justificación	3
Objetivos	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos.....	5
Marco teórico.....	6
Conceptos base.....	6
Biomímesis	6
Biomimética	6
Panelería (piel o envolventes).....	7
Arquitectura biomimética	7
Desarrollo de temáticas	8
Materiales de base biológica.....	8
Consumo y uso del agua	8
Almacenamiento del agua de lluvia	9
Captación del agua de lluvia.....	9
Dureza del agua.....	11
Teorías relacionadas	11
Teoría 1. Biomímesis: Tres Roles.....	12
Teoría 2. Innovación humana independiente o bioinspiración	13
Teoría 3. Envolventes arquitectónicas biomiméticas	14
Estudio de casos	14

Caso 1. Hygroskin - Meteorosensitive Pavillion (Hygroskin - Pabellón meteorosensitivo) ..	14
Caso 2. Sistema de captación de agua de lluvia (SCALL), en el distrito de Huacas del cantón de Hojancha en Guanacaste.....	16
Caso 3. Proyecto Educativo La Cometa y uno para el Colegio Técnico Profesional Uladislao Gámez Solano de Tirrasés	17
Marco legal.....	18
Factibilidad ambiental.....	18
Normativa de construcción	19
Normativa para concesión de aguas	20
Normativas ambientales	20
Normativas sanitarias.....	21
Normativa para la conservación de suelos	22
Marco metodológico	23
Enfoque de la investigación.....	23
Definición del tipo de investigación	23
Muestreo, variables e instrumentos	23
Muestreo.....	23
Población.....	24
Muestra	24
Variables.....	24
Definición de variables independientes y dependientes.	25
Instrumentos	25
Tablas comparativas.....	25
Diagramas.....	25
Casos de estudio.	25
Mapeo.	26
Análisis de materiales.....	26
Tabla de operacionalización de variables.....	26
Definición de las fuentes	27
Programación y proyección	28
Limitaciones y Alcances.....	28

Análisis del contexto	30
Análisis macro: Caribe	30
Aspectos económicos.....	30
Aspectos socioculturales.....	30
Pronósticos.....	30
Datos demográficos relevantes para el proyecto.....	31
Análisis medio: Cantones principales de Limón	33
La imagen de la ciudad / del paisaje.....	33
Perfiles urbanos:	35
Arquitectura y tipologías predominantes	38
Análisis climático y zonas de vida.....	43
Historia, patrimonio y cultura de la zona.....	52
Análisis micro (barrio, lote, contexto inmediato)	55
El usuario.....	55
Elemento biomimético para el desarrollo de la panelería/piel.....	58
Variables del panel.....	62
Factores funcionales.....	67
Cuadros comparativos.....	71
Análisis interpretativo del producto	73
Desarrollo de la idea.....	74
Concepto arquitectónico	74
Arquetipos, idea generadora. Croquis / Sketches/Maqueta explorativa.....	74
Programa, zonificación y diagramación	82
Diagrama de zonificación. En cuanto a la zonificación	83
Criterios compositivos / proporción.....	84
Conceptualización de las ingenierías	88
Anteproyecto y proyecto	89
Calidad espacial.....	89
Solución en el espacio externo.....	89
Propuesta sobre la cubierta.....	89
Proporciones formales.....	90

Carácter visual del proyecto	95
Proceso constructivo sostenible	100
Gestión de los residuos	100
Diseño sostenible	100
Conclusiones y recomendaciones	101
Referencias bibliográficas	II
Tabla de figuras	VI
Apéndice	X
Apéndice 1. Imagen de Calculadora de recolección de agua de lluvia. Sitio web RUVIVAL.	X
Apéndice 2. Sketches para el diseño del panel biomimético	XI
Apéndice 3. Maqueta explorativa, versión 1.....	XII
Apéndice 4. Especificaciones de lona PVC, referencia de la empresa alemana Mehler.	XIII
Apéndice 5. Referencia de medidas y peso de tubo de aluminio de Metales FMS	XIV
Apéndice 6. Referencia de medidas y peso de barra redonda de aluminio de Metales FMS..	XV
Apéndice 7. Referencia de medidas y peso de platina rectangular de aluminio de Metales FMS	XVI
Apéndice 8. Referencia de malla atrapa niebla de Hortomallas, \$485.21 pesos MX a ¢15267,32	XVII
Apéndice 9. Referencia de madera plástica con Plastideck.	XVIII
Apéndice 10. Información recopilada vía telefónica con los distintos fabricantes, unos son nacionales y otros son referencias de las páginas web del fabricante extranjero.....	XIX

Aspectos generales

Delimitación del tema

Es un hecho irrefutable que los recursos naturales son limitados, por lo que es necesario buscar las mejores prácticas para mitigar el consumo de estos de la forma desmedida en que se hace hoy, con el fin de aprovecharlos de la mejor manera. Para eso, se está en la constante búsqueda de nuevas aplicaciones que contribuyan a utilizar estos recursos al máximo.

Actualmente, existe un enfoque llamado biomimética; este busca sacar ventaja de la naturaleza para dar soluciones a diferentes problemas cotidianos de toda índole. En este caso, se desea buscar la implementación de dicho enfoque en la arquitectura, específicamente en la vivienda, captando el agua llovida, explorando cómo recolectarla, almacenarla y luego encontrar el uso adecuado. Siempre tratando de que sea sustentable y manteniendo un ciclo del manejo de los residuos, ya que basarse en un diseño natural no significa que todo sea sostenible.

Basado en el enfoque anteriormente mencionado y que se explica más adelante con detalle, se desea desarrollar una panelería (piel o envolvente) bajo el diseño de biomimética, el cual tenga el aprovechamiento de la *acción por clima*, con el que se pueda captar esa agua de lluvia que el entorno brinda, haciendo que se obtenga un recurso o *energía asequible y no contaminante*. En este caso, se pretende desarrollar específicamente en la zona del Caribe del país, adaptándolo a la vivienda social, se proyecta la mitigación del gasto que se hace actualmente usando este recurso en actividades que no requieran del uso del agua potable.

La idea de integrar este sistema es innovadora, ya que actualmente solo se manejan los conocidos sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL), los cuales ya se utilizan desde hace 5000 años y a través del tiempo, en países donde los niveles de precipitación son muy bajos, así como en lugares donde se sufre de sequía; por lo que el recurso se vuelve de vital importancia y, por ende, su aprovechamiento total (Ministerio de Salud, 2009).

La biomimética es un concepto reciente y su implementación conlleva una investigación que congrega múltiples disciplinas; por lo que, en este caso, el proyecto que se pretende desarrollar es vanguardista y se espera que sea una opción, primero, para las familias de la zona Caribe del país, pero luego podría convertirse en una opción que abarque todo el país para asegurar *agua limpia y saneamiento*. Por otro lado, al hablar de mitigación o ahorro, se está generando un proyecto en beneficio de un sector de la población que tiene los recursos económicos limitados y

que, por medio de esta opción, podría, eventualmente, tener un impacto provechoso y que se puede proyectar a mediano y largo plazo.

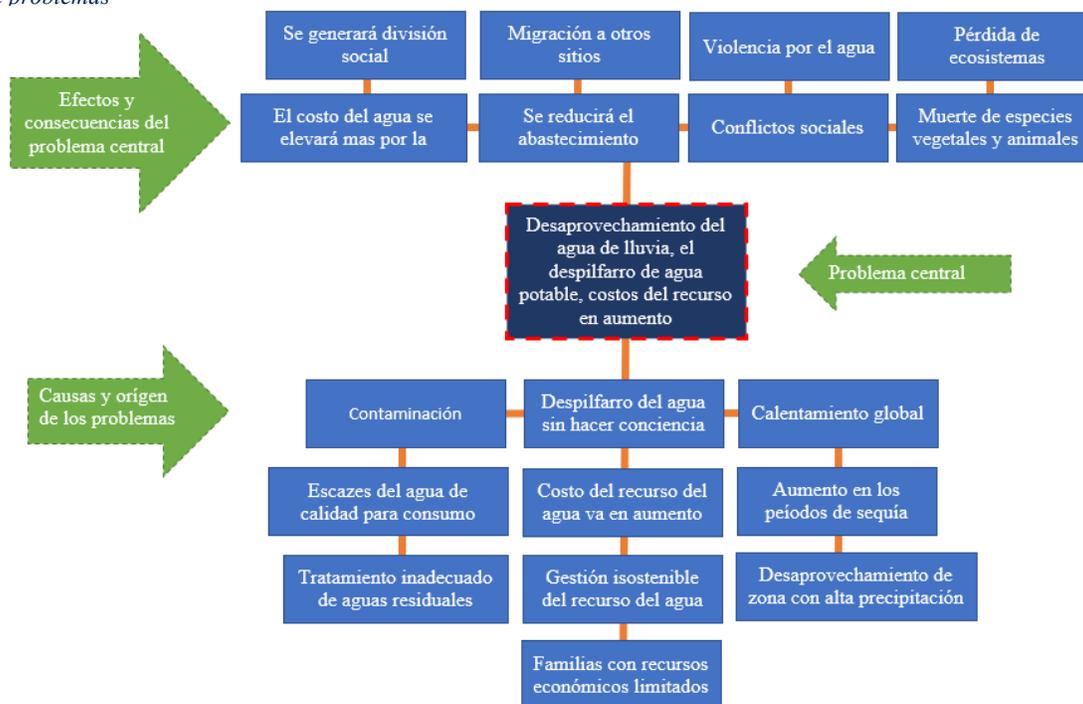
En el proyecto se busca relacionarse con entidades que trabajan directamente con la vivienda social, como el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH), Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS), Fundación Promotora de Vivienda (FUPROVI), Acueductos y Alcantarillados (AYA), Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI), las municipalidades de los cantones de la zona Caribe y toda entidad bancaria que pudiera estar interesada en el proyecto y dispuesta a desarrollarlo, principalmente, porque puede ser un atractivo más para que la inversión sea mayor.

Por último, es importante mencionar que la intención del proyecto es que las personas tengan mayor *acceso* al recurso del agua, cumpliendo con un sentido de *preservación, mitigación y restauración* de este, ya que, en pocas décadas, la escasez será una problemática aún mayor.

Antecedentes del problema y Estado del arte

Figura 1.

Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia, 2021.

En la figura anterior, se desglosa el problema central. El tema de la biomimética se ha desarrollado más de manera reciente conforme se han ido generando, a través de los años, nuevas tecnologías en materiales sostenibles/ecológicos, intentando aplicar las estrategias de la naturaleza para el mejor aprovechamiento de los recursos de manera sostenible. Citado en el sitio web de Contract Workplaces (CW): “Se puede decir que la Biomimética se consolidó en 1997 con la publicación del libro de Janine Benyus -pionera en la materia- “*Biomimicry: innovation inspired by nature*” (FM & WP, 2015).

Las estrategias, procesos o mecanismos naturales en algunas ocasiones funcionan mejor que las nuevas tecnologías, requieren menos recursos y energía. Además, trabajan como soluciones pasivas, reduciendo la generación de residuos y contribuyendo con la sostenibilidad.

Enunciado problemático o pregunta de investigación.

¿Cómo adaptar una aplicación bajo el diseño de panelería biomimética (PB) a la vivienda, buscando el mejor aprovechamiento del agua llovida, mitigando el gasto económico en la zona del Caribe, de manera efectiva y respetando el ciclo sostenible?

Justificación

En el mundo actual, existen muchos recursos de los que se saca ventaja, esto sucede en todos los ámbitos de la vida cotidiana. Específicamente, en cuanto al tema que se pretende desarrollar, Costa Rica es un país donde, por año, los niveles de precipitación son altos en la mayoría de los meses y el agua llovida representa un recurso valioso que es perfectamente aprovechable. No obstante, el gasto del agua potable en algunos países se ha agravado con el pasar de los años, debido al cambio climático y las prácticas no adecuadas de las personas; por eso, debido a que el agua es un recurso agotable, es sumamente importante que se generen diferentes alternativas para reducir el consumo excesivo de lugares que no tienen ninguna restricción y resguardar el recurso en los países donde aún es abundante.

En Costa Rica, el uso del recurso hídrico se presenta para diversos sectores en porcentajes menores a los del sector de consumo humano y el agropecuario; pero, basado en esas cifras, es posible identificar que el consumo humano es el de mayor utilización. Por lo tanto, es oportuno generar otras opciones para disminuir ese consumo de agua potable y combinarlo con el uso de agua donde no sea necesaria la potabilización. Esto podría representar un impacto importante en los números que se muestran en la figura 2:

Figura 2.

Aprovechamiento del recurso hídrico en Costa Rica, 2015.

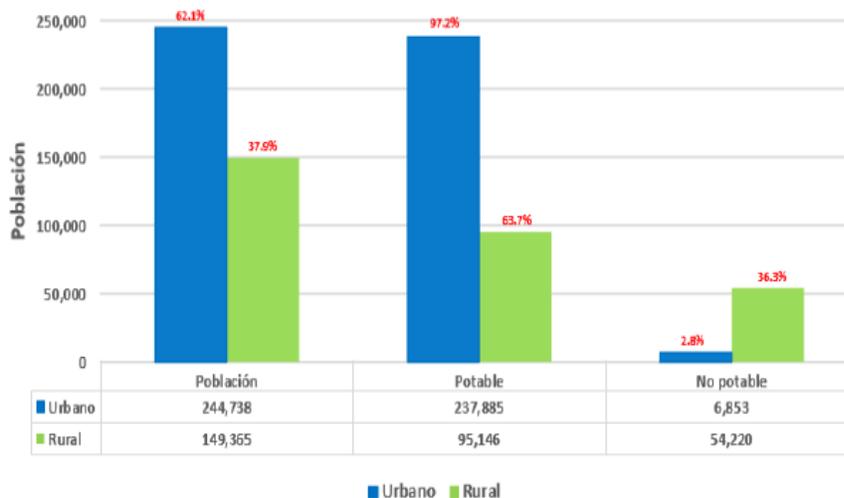
Actividad	Aprovechamiento
Consumo humano	22 %
Agropecuario	21 %
Agroindustrial	19 %
Industrial	13 %
Comercial	0 %
Riego	10 %
Turismo	8 %

Fuente: Informe gestión del recurso hídrico y saneamiento en Costa Rica, 2015.

El abastecimiento de agua de calidad para consumo humano se ha vuelto un tema por evaluar en las zonas rurales y marginales, debido a pozos con el agua contaminada y otras afectaciones que hacen que el recurso se vea limitado.

Figura 3.

Cobertura y calidad del agua por zona urbana y rural de la provincia de Limón, período 2018.



Fuente: Acueductos y Alcantarillados, Laboratorio Nacional de Aguas, 2018.

En el presente, se han desarrollado muchas aplicaciones para el aprovechamiento del agua llovida. La biomimética y el uso de panelería es una de las opciones que existe para aprovechar esta oportunidad que da la naturaleza todo el año en Costa Rica. Por ejemplo, la zona Atlántica es una de las zonas del país con precipitaciones a partir de los 2000 mm anuales, aproximadamente (Rosales, 1981).

La implementación de la biomimética junto a la panelería (piel o envolvente) puede ser una alternativa que, aparte de ser funcional para la recolección del agua llovida, es una función que puede incorporarse a la vivienda en todas las zonas que tienen un alto nivel de precipitación.

Objetivos

Objetivo general.

Adaptar, en el 2022, una aplicación de panelería biomimética a la vivienda social, para la recolección de agua llovida, usando este recurso con el fin de que reduzca el gasto económico de las familias de menor poder adquisitivo de una forma eficiente y sostenible, en la zona Caribe del país.

Objetivos específicos.

- Evaluar cuáles materiales de base biológica y no biológica pueden ser los más aptos para la aplicación biomimética de panelería, en la vivienda y la recolección del agua llovida, investigando los que mejor asimilen las inclemencias del ambiente costero.
- Identificar las actividades del uso doméstico donde el agua potable no es necesaria, para establecer la utilización de agua llovida como el recurso principal, cuantificando el gasto de agua que estas actividades requieran.
- Desarrollar un modelo paramétrico, acoplándolo a la vivienda de una manera estética y miméticamente posible, cumpliendo los objetivos del aprovechamiento del agua llovida y de sostenibilidad.

Marco teórico

Conceptos base

Los conceptos que se presentan, a continuación, permiten introducir el proyecto, ya que se incluyen criterios que deben ser abarcados con mayor profundidad para entender la línea que se quiere seguir en el desarrollo del análisis.

Biomímesis

El significado etimológico de la palabra biomímesis proviene del griego “*bios*” que significa vida y “*mimesis*” significa imitación (Fraile, 2019). Al respecto, existen varios planteamientos de diferentes profesionales que tienen criterios basados en la experiencia en su campo específico, algunos de ellos se muestran a continuación:

De acuerdo con Fraile (2019), en un artículo publicado en 1969 por el ingeniero norteamericano Otto Herbert Schmitt, Schmitt desarrolla el concepto de biomímesis, como un: “... proceso de ideas de la naturaleza a la tecnología”. Por su parte, para el zoólogo Julián Vincent, del Centro de Biomimética de la Universidad de Reading, la biomímesis debe ser entendida: “... como ‘la abstracción del buen diseño que proviene de la naturaleza’”. Y, finalmente, el físico israelí Yoseph Bar-Cohen plantea una tercera postura, al considerar a la biomímesis como: “...el estudio de los sistemas y procesos biológicos” (Fraile, 2019, p.11-12).

Biomimética

La biomimética puede definirse de una manera simple, donde el ser humano, a través de la historia, ha utilizado la “tecnología” que encuentra extrayendo de la naturaleza ciertas características, para adaptarla a las diversas necesidades que ha ido teniendo, comenzando por la vivienda hasta aplicaciones a distintos inventos que han logrado el desarrollo de la humanidad hasta hoy. De acuerdo con la revista FM&WORKPLACES: “la biomimética, es un nuevo enfoque para el desarrollo de diseños, productos y servicios que toma como fuente de inspiración la naturaleza” (FM&WORKPLACES #74, 2015, p.41).

Otro de los enfoques es el que indica que la biomimética es una filosofía contemporánea que busca soluciones sostenibles en la naturaleza, sin replicar puramente sus formas, sino a través de la comprensión de las normas que las rigen. Este enfoque multidisciplinario busca seguir una serie de principios en lugar de centrarse en códigos estilísticos (Franco, 2013, párr. 1).

La arquitectura biomimética se basa en buscar soluciones sostenibles en la naturaleza, desde la estructura de una edificación, su conectividad y funcionamiento, su relación con su entorno e inclusive la forma de utilizar recursos (Franco, 2013).

Panelería (piel o envolventes)

La panelería o piel, en arquitectura, se puede determinar cómo estructuras que envuelven a otras, ya sea que se le dé un enfoque meramente funcional o que se tome en cuenta la parte estética al mismo tiempo. Lo que busca es darle cobertura a la estructura base, sea, por ejemplo, para regular la entrada de luz, de viento, agua, para conseguir un resultado particular según los intereses, haciendo que un lugar sea más fresco, más cálido, aprovechando el agua que cae o dirigiendo el viento para ventilar mejor un espacio, hay muchas posibilidades. De acuerdo con la revista *online* SciELO, explica de la siguiente forma el término:

Así como la piel en los seres vivos, las superficies envolventes de los edificios regulan las relaciones con el medio. Dentro de ellas, hoy son de especial importancia aquellas relaciones que corresponden a intercambios energéticos (luz, calor, sonido, presión del aire). Tanto la luz como el sonido tienen además una carga cualitativa importante como transmisores de imágenes y mensajes; por los motivos expuestos, las envolventes de los edificios se han ido perfeccionando para lograr defenderse -aislarse- de condiciones ambientales adversas; también para poder captar energía ambiental o disipar energía en el ambiente. (ARQ Santiago, 2012, no.82).

Arquitectura biomimética

La idea de crear nuevos proyectos que no causen una contaminación al planeta no es nueva; actualmente, está muy en boga el término “arquitectura verde”. La arquitectura biomimética es un concepto que va más allá de que un proyecto sea sostenible y de minimizar el impacto ambiental; este nuevo enfoque desea que la naturaleza se encargue de dar las respuestas a problemas que muchas veces son difíciles de solucionar, aun con la tecnología actual. El entendimiento de las formas en las que la naturaleza resuelve los problemas puede dar un espectro de posibilidades para crear una armonía entre el diseño, funcionalidad y de paso cuidar el entorno.

Las implementaciones biomiméticas pueden abarcar desde las características de los materiales, estructura o consumo de energía, pasando por la funcionalidad hasta llegar a la eficiencia misma, provenientes de características, ya sean de flora o fauna, que se estudian y sintetizan para lograr algo que se quiere específicamente.

La importancia de la materialidad en proyectos que usan soluciones basadas en biomimética está muy ligada a la parte del ciclo sostenible; a partir de que se utilicen materiales que sigan la línea ecoamigable que también se pueden llamar de base biológica, es posible

acercarse mucho más a que esta idea contribuya a que sea menor la crisis climática (Wesseler, 2020).

Desarrollo de temáticas

Materiales de base biológica

Es muy importante, si se desea ser consecuente con los parámetros de ciclo sostenible dentro del proyecto, que se priorice la utilización de materiales que puedan cumplir con ese rubro o en un caso inevitable, tomar utilidad de materiales tradicionales, generando una combinación que minimice el daño al medioambiente y beneficie la parte económica y social.

Cada vez se estudian más y mejor las necesidades, y se buscan materiales que den soluciones específicas, en esta época, particularmente con el problema del cambio climático que se da. Los productores de materiales se acogen exhaustivamente a encontrar en la naturaleza esos materiales, tratando de que, a su vez, se llegue a que la producción de estos sea pensada desde su concepción hasta el final de su vida útil.

Consumo y uso del agua

El consumo del agua en la actualidad se ha vuelto un tema muy importante, debido a que, en la vida cotidiana, se utiliza el recurso para muchos quehaceres de rutina y todo está haciéndose con agua de consumo humano, es decir, agua potable.

De acuerdo con datos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y uno de sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): “cada vez más países están experimentando estrés hídrico, y el aumento de las sequías y la desertificación ya está empeorando estas tendencias. Se estima que al menos una de cada cuatro personas se verá afectada por escasez recurrente de agua para 2050” (PNUD, s.f.).

Lo anterior orienta a que no se debe llegar a esos extremos en el país y se debe aprovechar el recurso que naturalmente se está dando; además, no hacer despilfarro del que se trata para consumo humano.

Figura 4.

Estimación de consumo de agua por persona por día en Costa Rica.

ESTIMACIÓN DE AGUA CONSUMIDA POR UNA PERSONA POR DÍA ~ 180 LITROS	
¿Cómo consume los 180 litros al día?	
Consideración Individual:	
• En la ducha, 6 minutos con el tubo abierto:	72 litros
• En el lavatorio, 5 minutos con el tubo abierto:	24 litros
• En el servicio sanitario, 3 jaladas por día:	30 litros
Consideración colectiva:	
• Lavado de platos y preparación alimentos:	40 litros
• Lavado de ropa:	8 litros
• Otros como lavado de auto, riego, limpieza:	6 litros
Promedio total:	
	180 litros.

Fuente: Dirección desarrollo tecnológico, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AYA), 2010.

Una parte de esta cifra, se podría satisfacer mediante la recolección de agua de lluvia para el lavado de autos, de prendas de vestir, riego de jardines, llenado de tanques de inodoros y otros. En muchos lugares, el agua de lluvia es la única fuente disponible; sin embargo, en nuestro país se está desperdiciando ese potencial. (Zumbado, 2009, ECAG, N° 49, p.46).

Por ejemplo, el lavado de un automóvil con el uso de manguera llega a consumir alrededor de 500 litros de agua; un gasto de esta que representa casi lo que consumen tres personas, según los datos que brinda el AyA.

Almacenamiento del agua de lluvia

El almacenamiento es un elemento importante dentro del sistema de captación de agua de lluvia; principalmente, por mantener la calidad del agua que se va a utilizar, aunque no sea necesariamente de consumo humano. En principio, es necesario hacer cálculos para determinar sus dimensiones y si existen en el mercado; situación que, a su vez, va determinada por la oferta del recurso en la zona que se desarrolle y por la demanda particular que se pretende cubrir. Existen diversos tipos de almacenamiento: superficial, en tanque o subterráneo, todo depende del uso que se le quiera dar el recurso recolectado.

Captación del agua de lluvia

El agua de lluvia se ha captado desde hace mucho tiempo por antepasados. Según Medina (2012), sobre la captación de agua indica que:

La captación de agua de lluvia es milenaria, se tiene conocimiento que el ser humano ha utilizado scall (Sistema de captación de agua de lluvia) desde hace cinco mil años, en esa época se desarrolló la irrigación a pequeña escala para minimizar los efectos de las sequías. (como se cita en Obando, 2020, párr.3)

¿Se necesita recolectar agua de lluvia? Indica Conway (2003) que, a pesar de que el planeta esté cubierto en un mayor porcentaje de agua con respecto a la parte terrestre, en realidad el agua para consumo humano es muy poca, sumándole que la mayoría es salada. Por otro lado, se encuentra la de los glaciares que mantienen un equilibrio; por esa razón, la importancia de tener opciones con el recurso del agua (como se cita en Zumbado, 2009, Captación de agua de lluvia, ECAG, N° 49, p.45).

En Costa Rica, existen dos estaciones: la estación seca y la lluviosa; en algunos sitios, el abastecimiento de agua se dificulta en la época seca, por lo que la captación de agua de lluvia se vuelve muy importante y no menos importante en época lluviosa, porque es el momento donde se hace la recolección del recurso. Además, perfectamente se hace uso del agua de lluvia en los quehaceres domésticos haciendo ahorro del agua potable.

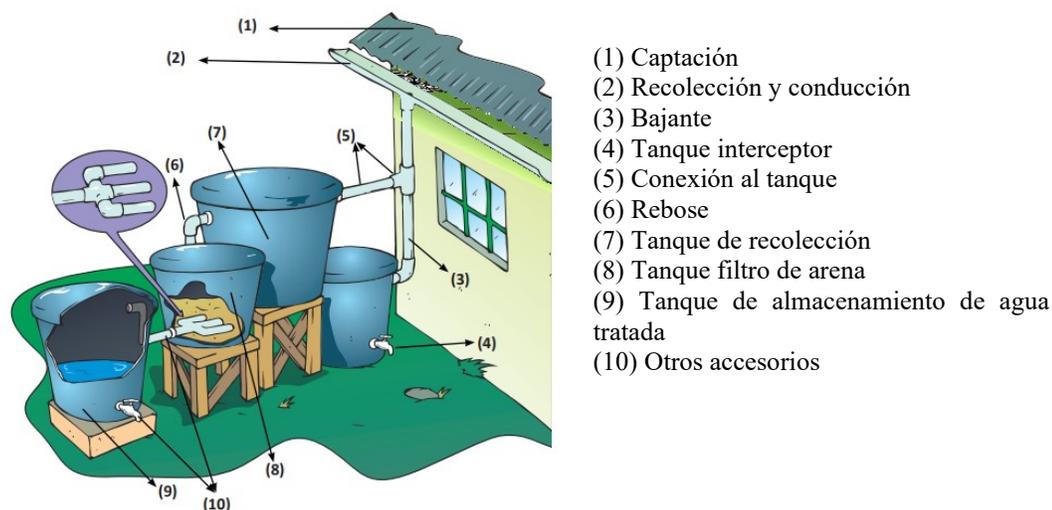
Por su parte, existen varios tipos de sistemas para la recolección y almacenamiento de agua de lluvia, los hay para una menor escala, como el uso en una vivienda y también para una mayor escala, como para abastecer las necesidades de una finca ganadera. El almacenamiento del agua es muy importante, no solo consiste en encontrar la mejor forma de captarla, sino también la mejor forma de almacenarla para luego darle uso, con el fin de que sea haga de la manera más eficiente y efectiva, apeándose al uso sostenible, según lo enuncia el OSD #6 del PNUD. Otro de los puntos muy importantes del almacenamiento es la limpieza y mantenimiento del contenedor del agua recolectada, según Basán (2018):

La operación y mantenimiento de los sistemas de captación de agua de lluvia es clave para garantizar la calidad del agua apta para el consumo humano en cualquier época del año, donde la limpieza y control de cada una de las partes antes de las lluvias y durante el período lluvioso es esencial. (Obando, 2020).

Es muy necesario tomar en cuenta las siguientes precauciones: los tanques de almacenamiento o depósitos deben estar cerrados, cualquiera sea el material de estos, y los mecanismos de bombeo ser estancos. Es de vital importancia la capacitación de las personas que van a operar estos sistemas, sean comunitarios o familiares, para que las mismas internalicen qué se deben realizar estos tratamientos. (Obando, 2020)

Figura 5.

Partes de un sistema de captación de agua de lluvia doméstico.



Fuente: adaptado de Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2010), p.9,10.

Dureza del agua

La dureza del agua en este tema es algo bastante importante en cuanto al uso que se le dé, debido a que, dependiendo del nivel de dureza, puede ser útil o no, para las diferentes actividades. De acuerdo con un estudio que muestra la Revista costarricense de salud pública, se indica que:

Las concentraciones promedio de $MgCO_3$ permiten concluir que las aguas del país tienen un comportamiento normal, con respecto a otras latitudes del mundo. Las concentraciones de $CaCO_3$ demuestran que el 64% de las fuentes subterráneas y el 74.5% de las superficiales se clasifican como aguas blandas, con tendencia a la corrosión. El 21% son aguas medianamente duras, mientras que el 8.8% y 6.4% de las aguas subterráneas son duras y muy duras, respectivamente, con tendencia a producir incrustaciones.

El análisis de resultados permite concluir que con aguas muy blandas se presentan problemas de fugas por la corrosión y el daño estructural de las tuberías, principalmente en los cantones del interior del país. Por el contrario, el exceso de $CaCO_3$ produce incrustaciones con problemas organolépticos y disminución de la vida media de las tuberías. Por último, se recomienda utilizar el presente estudio como instrumento para la planificación, construcción y operación de acueductos e industrias que utilicen las diferentes aguas. Además, se sugiere abordar por medio de estudios científicos la influencia de la ingesta de $CaCO_3$ y $MgCO_3$ en la dieta diaria y la salud del costarricense. (Mora & Alfaro, 1999).

Teorías relacionadas

El término biomimética puede parecer muy reciente, pero en realidad se trata de una actividad que se ha venido practicando desde hace muchos siglos. La naturaleza es el mejor ejemplo de esto, ya que cada especie ha venido evolucionando a través de los años,

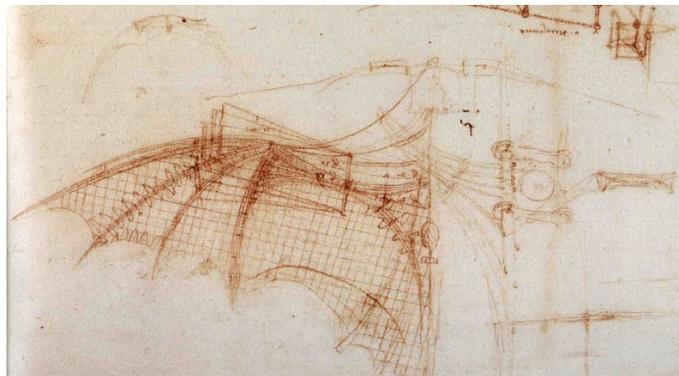
perfeccionándose. Así mismo, el ser humano ha tomado parte de esto, sacando ventaja, no existe mejor prueba y error que lo que la naturaleza ha practicado desde el inicio de todo llegando a adaptarse.

Existen muchos casos en los que la humanidad ha tomado el ejemplo de la naturaleza para desarrollar tecnologías y facilitar sus necesidades. Un ejemplo muy famoso es el del multifacético italiano Leonardo Da Vinci, quien, en uno de sus famosos inventos en el siglo XV, se basó en el estudio de las alas de aves y murciélagos para generar unas alas articuladas con la seria intención de volar. Quizá el inicio de lo que, siglos después, se convertiría en lo que hoy se conoce como el aeroplano.

Las teorías expuestas, a continuación, son base de la línea de pensamiento y enfoque de donde provienen los criterios con los cuales se establece el proyecto.

Figura 6.

La máquina voladora de Leonardo Da Vinci.



Fuente: Historia.com (2017).

Teoría 1. Biomímesis: Tres Roles

La humanidad se habituó a domar la naturaleza y, en este caso, la biomímesis constituye un reto nuevo donde apenas se está comenzando a experimentar e indagar más a profundidad las bondades de las que se puede tomar ventaja e implementarlo en los diseños de proyectos de diversas índoles. Por eso, se debe replantear la forma en que se ven las cosas de parte de los nuevos diseñadores, de los productores de materiales, así como de las grandes empresas productoras de todo tipo de proyectos. El mundo actual exige una reorientación en la filosofía con que se debe enfocar la idea y el nuevo pensamiento, a la hora del desarrollo de los nuevos proyectos (Fraile, 2019).

La biomímesis puede tomar tres roles en el desarrollo del diseño, los cuales determinan el rumbo de las líneas que tomará. Estos son: mentor, medida y modelo; en el primero, la intención es ver lo que esta enseña, más que en lo que se puede sustraer del mundo natural; en el segundo rol, la medida, es aprender qué salió bien y qué salió mal, lo útil de lo que ha funcionado a través del tiempo, lo idóneo o conveniente; finaliza con lo que permanece y persiste. El último es el modelo, de donde se puede tomar referencia, inspiración e imitar, no solo formas, sino también los procesos, para que, finalmente, se pueda resolver de la manera más similar a como lo hace la naturaleza.

Tomando como punto de partida esta línea de pensamiento, el fin último es poder forjar un nuevo mundo, evitando repetir el pasado consumiendo los recursos de forma desmedida y causando un gran daño al planeta. Se busca un desarrollo sustentable, donde la dinámica de producción sea basada en procesos naturales y que, a través de estos, se pueda ir limpiando poco a poco todo el descalabro que se ha creado por los comportamientos destructivos, al no ver con claridad cómo la naturaleza siempre ha estado ahí enseñando cómo se debe imaginar, inventar, hacer o producir los proyectos (Benyus, 2012, como se cita en Fraile, 2019, p. 13).

Teoría 2. Innovación humana independiente o bioinspiración

Desde los inicios de la humanidad, los individuos se han desarrollado poco a poco hasta llegar a generar la tecnología actual, pero, antes de los humanos, todas las criaturas vivas, millones de años antes y durante el desarrollo de la humanidad, ya había venido en una evolución continua, aprendiendo cada vez más y mejorándose. En su curiosidad natural, los humanos comenzaron a observar su entorno y cómo la naturaleza resolvía sus dilemas, así es que comienza a tomar referencia de ella y se inspira para generar protección para sí mismo, así como de las cosas que le eran importantes de proteger. Con esta noción fue produciendo más y mejores elementos que le fueron haciendo más práctico todo quehacer cotidiano y adelantándose en el tiempo, los conocimientos y las destrezas fueron mayores, con lo cual se fue haciendo cada vez más sencillo, extraer de la naturaleza esos procesos y acciones que le permitían solventar sus necesidades (Bar-Cohen, 2012).

De acuerdo con este pensamiento, siempre se ha tenido contacto directo con la bioinspiración, pero, en contraposición, muchos de los materiales que se fueron desarrollando, con

los cuales se reemplazaron los materiales orgánicos, se apoderaron de la idea del diseñador y si bien se han conseguido resoluciones magníficas, las respuestas siempre se han tenido a la vista.

Teoría 3. Envolventes arquitectónicas biomiméticas

Se entiende que los organismos vivos poseen características biológicas que les permiten interactuar con el medio, su cobertura o forma superficial se convierte en ese envoltorio o piel que responde directamente entre este ser vivo y su entorno de manera adaptativa. En la arquitectura, se intenta implementar esta idea general, potencialmente aplicable a una edificación, sea cual fuere su dimensión, lo cual permita, bajo el mismo concepto de adaptación, que la edificación interactúe con el medio natural. Esta es una de las formas con la que se busca tener una eficiencia, en cuanto al rubro energético, así con su elemento interior y de confortabilidad, lo cual representa una real alternativa que puede lograr armonizar estos ingredientes (López, 2017).

La biomimética busca hacer algo distinto al biomorfismo, que simplemente traslada una forma biológica a la arquitectura; por el contrario, con la biomimética, la idea es extraer elementos, procesos, características, comportamientos, luego de mucha observación e investigación biológica, para emularlos y luego adaptarlos a las edificaciones y que puedan obtener los mismos beneficios, que a la vez solventan inconvenientes similares (Brayer y Migayrou, 2013, como se cita en López, 2017, p. 41).

Estudio de casos

Se muestran, en este apartado, casos que presentan similitudes con respecto, principalmente, a elementos de sistemas de captación de agua de lluvia, ya que, tal como se pretende desarrollar este proyecto, solo hay casos similares conocidos como sistemas de cosecha de agua de lluvia o SCALL. También casos que muestren las características biomiméticas de panelería piel o envolventes.

Caso 1. Hygroskin - Meteorosensitive Pavillion (Hygroskin - Pabellón meteorosensitivo)

-Creador: Achim Menges in collaboration with Oliver David Krieg and Steffen Reichert
Institute for Computational Design

-Localización: FRAC Centre Orléans, Francia

-Año: 2013

Figura 7.

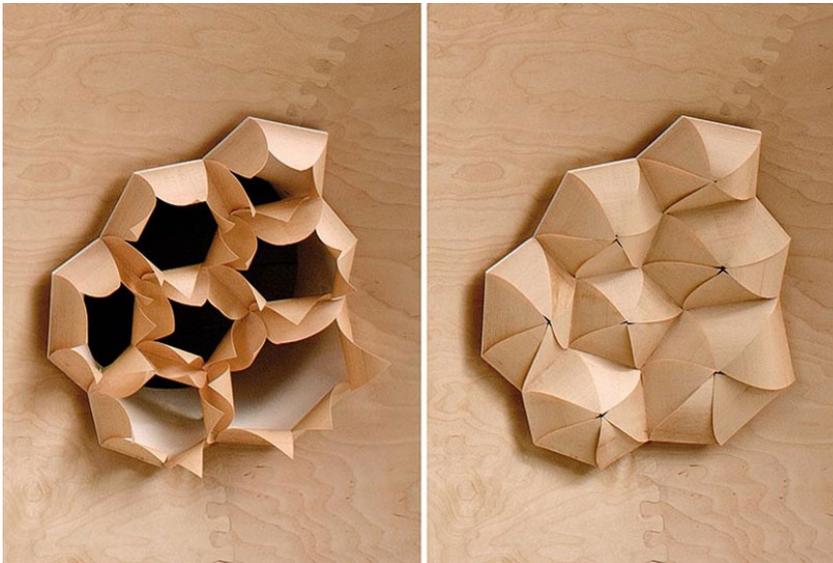
Hygroskin - Meteorosensitive Pavillion



Nota: Hygroskin con sus salidas en forma de flores en un estado cerrado. Fuente: <https://www.designboom.com/architecture/hygroskin-a-climate-responsive-kinetic-sculpture/>

Figura 8.

Muestra del detalle del sistema reaccionando a la humedad en el Hygroskin pavillion



Fuente: <https://static.designboom.com/wp-content/gallery/hygroskin-kinetic-sculpture-by-icd/hygroskin-kinetic-sculpture-by-icd-designboom-22.jpg>

Figura 9.

Principio biológico de donde se abstrae la idea



Nota: El cambio de forma es inducido por un cambio dimensional higroscópico y anisotrópico

Fuente: <https://static.designboom.com/wp-content/gallery/hygroskin-kinetic-sculpture-by-icd/hygroskin-kinetic-sculpture-by-icd-designboom-21.jpg>

La HygroSkin es una estructura diseñada como piel de un pabellón, basado en el comportamiento del elemento orgánico de un árbol de Picea, el cual implementa un comportamiento pasivo contra los cambios de humedad; por eso se le considera meteorológicamente sensitiva a esos cambios, que van entre un rango de 30 a 90% de humedad relativa. Estas aperturas que posee se abren y cierran según el estado de humedad relativa, sin necesidad de ningún elemento mecánico ni eléctrico. También sirven como reguladores de viento y luz; a nivel de biomimética, la piel o envolvente se adapta bajo un principio biomimético de la piña de picea, lográndolo, principalmente, por el material principal que es la madera, la cual por medio de la inestabilidad dimensional sufre cambios lineales, ya sea contrayéndose o hinchándose, gracias a la humedad (Azzarello, 2013).

Caso 2. Sistema de captación de agua de lluvia (SCALL), en el distrito de Huacas del cantón de Hojanca en Guanacaste.

-Creador: Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), con el apoyo del Programa Mesoamérica sin Hambre de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la

Agricultura (FAO) y la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AMEXCID)

-Localización: distrito de Huacas del cantón de Hojancha en Guanacaste

-Año: 2018

Figura 10.

Inauguración de Scall en Hojancha, Guanacaste



Fuente: El mundo.cr, 2018.

El *scall* fue diseñado para una finca que carecía de suficiente recurso de agua para la demanda que su finca lechera tiene en sus actividades. Una de las principales características que interesan en este proyecto es que se solventa de buena forma el suministro de agua para una gran extensión de tierra y con actividades que demandan gran cantidad de agua por día, muchos animales que abastecer y otros quehaceres comunes de los trabajos en una finca, lo cual se hace un recurso viable y sostenible.

Caso 3. Proyecto Educativo La Cometa y uno para el Colegio Técnico Profesional Uladislao Gámez Solano de Tirrases

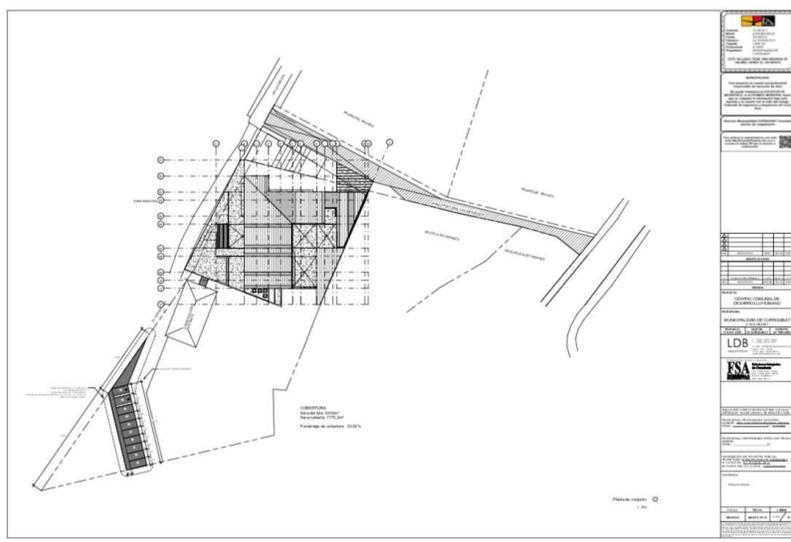
-Creador: ingeniera ambiental María Lourdes Navarro Bianchini

-Localización: cantón de Tirrases de Curridabat

-Año: 2019

Figura 11.

Planta de conjunto del proyecto educativo La Cometa



Fuente: Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Ambiental, 2019.

En este caso, la importancia de este son los recursos y características que se trabajaron para la implementación de este sistema en el centro educativo, cálculos de abastecimiento, demanda y oferta que se debe manejar para poder cumplir con las necesidades puntuales de los usuarios.

Marco legal

Siempre, para toda obra o construcción, es necesario cumplir la legislación que se encarga de regular cualquier proyecto. Hay requisitos y una línea por seguir, partiendo desde la elaboración de este, así como de su operación.

Debido a lo anterior, a continuación, se indica la lista de elementos que se deben cumplir legalmente, para poder ejecutar un plan de un sistema de captación de agua de lluvia (SCALL), que sería el ejemplo más similar al desarrollo del proyecto en proceso. Por lo tanto, la mayoría de las normativas pueden ser completamente aplicables a la panelería biomimética. Las pautas legales serían las siguientes:

Factibilidad ambiental

De conformidad con la **Ley orgánica del ambiente nº7554**, en su artículo 17, todas: “las actividades humanas que alteren o destruyan elementos del ambiente requerirán una evaluación de impacto ambiental por parte de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA). La aprobación previa por parte de SETENA es requisito indispensable para iniciar las actividades,

obras o proyectos” requerirán la evaluación de impacto ambiental (El subrayado no es del original). Sistema Costarricense de Información Jurídica (SCIJ, 1995).

Además, de acuerdo con el **artículo 94**, Ley de Biodiversidad: “aun cuando el proyecto esté programado para realizarse en etapas, la evaluación del impacto ambiental en materia de biodiversidad debe efectuarse en su totalidad” (CEMEDE-UNA, 2010).

Normativa de construcción

Todo proyecto requiere del cumplimiento de requisitos de construcción o permisos, sin embargo, dentro del marco del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) y en la página de trámites de construcción, no se ubican especificaciones legales para un proyecto como el de un SCALL o similares. Las municipalidades tienen la potestad sobre cualquier construcción que se desee realizar en su localidad, por tanto, en el tema de licencias, en el capítulo XVIII, **artículo 74**, de la **Ley de Construcciones, N° 833** de Costa Rica, establece la obligación de los particulares de solicitar a la municipalidad respectiva una licencia para poder efectuar obras de construcción dentro de una determinada localidad. Esta norma dispone lo siguiente: "**Artículo 74.-** Licencias. Toda obra relacionada con la construcción, que se ejecute en las poblaciones de la República, sea de carácter permanente o provisional, deberá ejecutarse con licencia de la Municipalidad correspondiente".

Hay otros artículos que se deben tomar en cuenta de esta misma ley, los cuales se pueden incluir dentro del marco legal del proyecto. A continuación, se enumeran y mencionan los siguientes, los cuales toman en cuenta la protección de varios elementos de importancia:

- El subsuelo y movimientos de terreno
- Licencias municipales
- Protección de servicios públicos
- Construcciones cercanas
- Precauciones, suspensiones
- Responsabilidades
- Vigilancia

Esta información se desarrolla en los artículos:

Artículo 9, Artículo 55, artículo 56, artículo 57, artículo 58, artículo 59, artículo 78, artículo 87 (Asamblea Legislativa, 2017).

Normativa para concesión de aguas

En este apartado, se toma en cuenta la **Ley de Aguas 276**, para poder identificar las normas que van a influir en el desarrollo del proyecto. Algunas de estas también podrían estar combinadas con la normativa que incluye al Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET). Entre las leyes más acordes al proyecto, se encuentran las siguientes:

Capítulo Primero, Sección I

Artículo 4º. - Son aguas de dominio privado y pertenecen al dueño del terreno:

I.- Las aguas pluviales que caen en su predio mientras discurren por él. Podrá el dueño, en consecuencia, construir dentro de su propiedad, estanques, pantanos, cisternas o aljibes donde conservarlas al efecto, o emplear para ello cualquier otro medio adecuado, siempre que no cause perjuicio al público ni a tercero.

Artículo 27.- En la concesión de aprovechamientos especiales de aguas públicas, se observará el siguiente orden de preferencia:

II.- Abastecimiento de poblaciones, servicios domésticos, abrevaderos, lecherías y baños.

VII.- Desarrollo de fuerzas hidráulicas o hidroeléctricas para servicios particulares.

Artículo 37.- Son servicios domésticos el suministro de agua para satisfacer las necesidades de los habitantes, el riego de cultivos de terrenos que no excedan de media hectárea; el lavado de atarjeas y el suministro de aguas para surtir bocas contra incendios.

(Asamblea Legislativa, 2012).

Normativas ambientales

Para este apartado, se muestra la normativa de la **Ley Orgánica del Ambiente 7554**, los siguientes artículos son los que se consideran relevantes para el proyecto:

Artículo 43.- Obras e infraestructura.

Las obras o la infraestructura se construirán de manera que no dañen los ecosistemas citados en los artículos 51 y 52 de esta ley. De existir posible daño, deberá realizarse una evaluación de impacto ambiental.

Artículo 50.- Dominio público del agua.

El agua es de dominio público, su conservación y uso sostenible son de interés social.

Artículo 51.- Criterios.

Para la conservación y el uso sostenible del agua, deben aplicarse, entre otros, los siguientes criterios:

- a) Proteger, conservar y, en lo posible, recuperar los ecosistemas acuáticos y los elementos que intervienen en el ciclo hidrológico.
- b) Proteger los ecosistemas que permiten regular el régimen hídrico.
- c) Mantener el equilibrio del sistema agua, protegiendo cada uno de los componentes de las cuencas hidrográficas.

Artículo 52.- Aplicación de criterios.

Los criterios mencionados en el artículo anterior deben aplicarse:

- a) En la elaboración y la ejecución de cualquier ordenamiento del recurso hídrico.
- b) En el otorgamiento de concesiones y permisos para aprovechar cualquier componente del régimen hídrico.
- c) En el otorgamiento de autorizaciones para la desviación, el trasvase o la modificación de cauces.
- d) En la operación y la administración de los sistemas de agua potable, la recolección, la evacuación y la disposición final de aguas residuales o de desecho, que sirvan a centros de población e industriales. (Asamblea Legislativa, 2012)

Normativas sanitarias

Con respecto al ámbito sanitario, la ley que se toma en cuenta es la ***Ley General de Salud N.º 5395***, también hay algunos artículos importantes relacionados que pueden interferir en este proyecto, de los cuales algunos se citan y se mencionan otros:

Artículo 262.- Toda persona natural o jurídica está obligada a contribuir a la promoción y mantenimiento de las condiciones del medio ambiente natural y de los ambientes artificiales que permitan llenar las necesidades vitales y de salud de la población.

Artículo 263.- Queda prohibida toda acción, práctica u operación que deteriore el medio ambiente natural o que, alterando la composición o características intrínsecas de sus elementos básicos, especialmente el aire, el agua y el suelo.

Artículo 264.- El agua constituye un bien de utilidad pública y su utilización para el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso.

A continuación, se mencionan algunos otros artículos, que incluyen normativas de elementos como:

- Sistemas privados de abastecimiento de agua
- Contaminación de aguas
- Drenajes y descargas de residuos líquidos
- Permisos municipales
- Eliminación de aguas pluviales
- Focos insalubres por drenajes
- Mantenimiento
- Alcantarillado

Esto se menciona en: **artículo 270, artículo 272, artículo 274, artículo 275, artículo 276, artículo 277, artículo 285, artículo 286, artículo 287, artículo 289** (Asamblea Legislativa, 2014).

Normativa para la conservación de suelos

En el marco de la conservación del suelo, con base en la ***Ley Uso, Manejo y Conservación de Suelos No. 7779***, tomando en cuenta que el proyecto no puede aprovechar el 100% del agua recolectada siempre y que en ocasiones programadas se le debe dar un mantenimiento periódico a los recipientes de almacenamiento de esta, es conveniente tomar referencia de algunos artículos de esta normativa:

Artículo 22.- Las concesiones para el aprovechamiento de aguas destinadas a cualquier uso, deberán incluir la obligación del usuario de aplicar las técnicas adecuadas de manejo de agua para evitar la degradación del suelo, por erosión, revenimiento, salinización, hidromorfismo u otros efectos perjudiciales. (Asamblea Legislativa, 2012)

Marco metodológico

Enfoque de la investigación

El desarrollo de esta investigación tiene su punto principal en el enfoque cuantitativo, prácticamente, sus características, proceso y bondades son variables que pertenecen a este ámbito. Se espera que, en el análisis de las variables, se vaya recopilando la información necesaria para confirmar o refutar las bases principales de la investigación, ya que plantea un problema delimitado en lo que sería el aprovechamiento del agua llovida, donde son necesarios datos estadísticos de varios elementos, mediante el uso de un diseño de panelería biomimética. Para lo cual, uno de los objetivos es constatar si el uso de esta recolección y aprovechamiento del agua de lluvia subsanará un monto sustancial en el gasto económico del agua potable en la vivienda.

Definición del tipo de investigación

De acuerdo con las características de la investigación por desarrollar, esta se basa en la aplicación de un diseño y de acuerdo con esto, obtener resultados. El desarrollo de la metodología en la que se van a recopilar los datos está basado en metodología descriptiva que, según Hernández Sampieri et al. (1991): “Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice, describe tendencias de un grupo o población” (p. 92).

En este caso, se toman elementos como los materiales que se utilizarán, las características de estos, cuáles son los más idóneos y eficientes para el diseño y en la parte de la metodología exploratoria, como menciona Hernández Sampieri et al. (1991): “Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (p.98). En cuanto a la aplicación al diseño que se pretende concretar bajo el diseño de panelería biomimética, algo no tan explorado hasta el momento o no tan desarrollado; este va de la mano con los materiales con los que se generaría dicha panelería y que se fundamenta en la prueba y el error, debido a que las condiciones del lugar donde se va a aplicar son un factor preponderante en el resultado final.

Muestreo, variables e instrumentos

Muestreo

El muestreo que se adoptaría es de corte específico, sería una población objetivo (los 8 tipos de viviendas de interés social), en la zona Caribe del país y por las características de alta precipitación en la mayoría del lugar. La idea es que esto sirva como parámetro en ciertos

elementos que se basan, primero, en qué diseño de panelería biomimética se adecúa mejor a la vivienda y cuáles materiales son los que mejor se adaptan para cumplir con el objeto de captar el agua de lluvia. Por último, se confirmaría si el uso del agua recolectada mitigará el gasto económico, en las actividades que no requieren de agua potable.

Población

La población, en este caso, serían las viviendas de interés social, que se ubican en la zona geográfica del Caribe. El objeto de estudio se desarrolla en esta zona, así como las viviendas son la base de adaptación de la aplicación de la panelería biomimética con la que se pretende recolectar el agua llovida.

Muestra

La muestra se establecería en un grupo de viviendas, que serían utilizadas como parámetro para poder establecer las cantidades de agua llovida que se pueden recolectar mediante la panelería biomimética (PB) y cómo puede esto mitigar el gasto económico versus otra cantidad de viviendas que utilizan el agua potable de forma regular sin la PB.

Variables

Las variables que se analizan en el desarrollo de este proyecto parten de un análisis de la zona en su elemento climático, tomando en cuenta específicamente el clima y el tiempo, los materiales y cantidad de agua almacenada mediante el sistema de panelería biomimética.

Panelería biomimética (PB). La panelería, piel o envolvente, en arquitectura, se puede determinar cómo estructuras que envuelven a otras y regulan las relaciones con el medio. El diseño de la panelería biomimética combina el primer concepto, pero diseñándose con características provenientes ya sea de flora o fauna, de los materiales, estructura, procesos o cualquier otro elemento que lo compone. Esta deberá tener una recolección promedio de acuerdo con el uso promedio del consumo por mes, basado en el consumo diario por persona por día. De acuerdo con fuentes del AyA, el promedio es de unos 180 litros de agua, a eso se debe tanto la captación de cantidad de agua como la de almacenamiento para determinado tiempo de abastecimiento. Por tanto, se busca en los proveedores de los materiales, las posibles capacidades de almacenamiento que, por ejemplo, algunas marcas ya tienen establecidas. Finalmente, el resultado de la elección dependerá del número de personas por familia.

Gasto económico en el uso del agua. El gasto del agua es parte de la vida cotidiana según la zona geográfica, en este caso de la zona Caribe, se da en usos o actividades domésticas. Se

descartan primero las actividades exclusivas de agua potable y se trabaja con las que no la requieren. Además, la medición, al igual que la PB, depende del número de personas de la familia que la vaya a utilizar, ya que así se puede calcular el posible gasto de agua, por día y por mes, el cual dará una mejor perspectiva de cuánto será necesario abastecer para las determinadas actividades que vayan a utilizar el agua que se almacenará. De ahí es donde el gasto o, mejor dicho, ahorro en el gasto, se verá reflejado, haciendo una comparativa, al calcular los litros de agua que se gastan potable y no potable, así como su costo en colones promedio.

Clima de la zona Caribe. Se analiza el clima de la zona Caribe en específico, debido a que es uno de los que posee altos niveles de precipitación y, por lo general, es bastante inestable en cuanto a pronóstico general. Esta región puede subdividirse en zona norte, central y sur.

El uso de datos estadísticos es fundamental en esta variable, ya que, por medio de estos datos, se pueden establecer los promedios que eventualmente se esperan durante los diferentes períodos del año. Esto marca también la pauta en cuanto al tema de almacenamiento y abastecimiento promedio en litros de agua captada.

Definición de variables independientes y dependientes.

En general, estos son los elementos principales: diseño de la PB, el gasto económico o ahorro que se obtendrá y la zona Caribe que es la que provee el recurso del agua. El desarrollo de estas variables va definiendo la otra de una forma que paralelamente se obtienen los resultados.

Instrumentos

Los instrumentos que mayoritariamente se utilizan son estadísticos, trabajados, investigados y emitidos por las instituciones vinculadas al tema del proyecto.

Tablas comparativas.

Las tablas comparativas serían el instrumento útil para extrapolar y comparar datos, un versus de datos estadísticos que darán como resultado el dato específico que se necesita.

Diagramas.

El análisis que se generaría con los diagramas es un mejor entendimiento de forma gráfica, además, que ayude a clarificar la información y sea de fácil entendimiento.

Casos de estudio.

Los casos de estudio, al ser de corte similar al proyecto, son una fuente importante de información de referencia. ***Análisis estadístico.*** Los datos estadísticos son datos puros, pero se

analizan de forma que, en combinación con las tablas comparativas y diagramas, se les dé un sentido útil y práctico.

Mapeo.

El mapeo se utiliza para definir con más claridad zonas específicas de manera gráfica y práctica para el mejor entendimiento del espacio.

Análisis de materiales.

El análisis de materiales es fundamental y específicamente para el diseño de la panelería biomimética, con el acompañamiento de las tablas comparativas y diagramas.

Tabla de operacionalización de variables

Mediante esta tabla, es posible establecer con claridad los elementos que se desarrollarán e indagar de una forma más exhaustiva, ya que permitirán dar una línea clara de lo que se busca en la investigación del proyecto.

Figura 12.

Tabla de variables

Objetivo: Adaptar en el 2022, una aplicación de panelería biomimética a la vivienda social, para la recolección de agua llovida, usando este recurso, para que reduzca el gasto económico de las familias de menor poder adquisitivo de una forma eficiente y sostenible, en la zona caribe del país.					
Concepto	Variables	Sub-variables	Indicadores	Items	Instrumento
Panelería (piel o envolvente)	Panelería Biomimética	Materiales	Materiales estructurales	¿Cómo diseño de panelería biomimética? ¿Mediante la P.B. que materiales son los más adecuados para aprovechar el agua de forma eficiente?	Análisis de materiales características Calidad Iso Entrevista con fabricantes detalles técnicos Observación Casos de estudio Diagramas Planos Tablas comparativas
			Materiales de base biológica		
			Materiales tradicionales		
		Captación de agua	Superficie que recibe el agua		
		Recolección y conducción del agua	Tubería que conduce el agua		
			Tubería que de conexión		
			Bajante que conecta a tanque		
		Almacenamiento de agua	Filtración		
			Tipo de tanque de almacenamiento Tamaño de tanque		
Uso del agua	Gasto Económico en el recurso del agua	Cantidad de uso de agua en Actividades que no usa agua no potable	Uso doméstico, lavar utensilios	¿Cuánta agua no potable se utiliza cotidianamente? Vs el agua que se usa en general y su costo. ¿Mediante la P.B. cuánta agua puedo recolectar y aprovechar? ¿Mediante la P.B. cuánta agua puedo ahorrar vs el uso regular?	Análisis estadístico Tablas comparativas Diagramas
			Uso doméstico, lavar automóvil		
			Uso doméstico, gasto en tanque de inodoros		
			Uso doméstico, regar las plantas		
Clima Zona Caribe	Zona caribe Norte Zona caribe Central Zona caribe sur	Agua llovida	Nivel de lluvia Anual	¿Mediante la P.B cuánta agua puedo aprovechar en la zona caribe? ¿Cuánta agua de lluvia puedo captar?	Análisis estadístico Tablas comparativas Diagramas Mapeo
			Nivel de lluvia mensual		
			Intensidad de lluvia periodos cortos		
			Nivel de precipitación general		

Fuente: elaboración propia, 2021.

Definición de las fuentes

En el desarrollo de este proyecto, se emplean fuentes muy directas, ya que mucha de la información se basa en exploración o experimentación. Como fuente primaria, que proporciona muchos datos importantes, se contemplan los materiales con los que se elaborará la panelería biomimética, dependiendo de cuáles materiales se definan, el resultado puede variar. En este caso, se consulta a fabricantes directos de los materiales, sobre especificaciones técnicas y basado en eso, se obtiene información de primera mano sobre su funcionalidad que, hipotéticamente, se extrapolará ante los datos de casos de estudio. Así mismo, se analizan proyectos propuestos o ya construidos con similitudes de importancia para este proyecto, por ejemplo, materiales, formas, eficiencia, adaptabilidad y otros.

Tomando en cuenta lo anterior, otra fuente primaria es el clima y tiempo de la zona. La información que brinda este elemento da los resultados que se buscan en combinación del diseño de la panelería biomimética, los datos estadísticos referentes a niveles de precipitación y las áreas de mayor nivel en milímetros, meses más lluviosos durante el año y otros datos relacionados. Otras fuentes provienen de estudios obtenidos de instituciones que manejan investigadores, como la UNED-CEMEDE, Acueductos y Alcantarillados (AyA), el Ministerio de Agricultura y Ganadería, Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN), entre otros. Además, los datos de investigaciones específicas como niveles de precipitación, dureza del agua y rangos de temporada de lluvias son fundamentales con el fin de obtener los resultados necesarios para el proyecto. De estas instituciones se pueden obtener:

- Estadísticas del AyA.
- Estadísticas del IMN.
- Estudios/consultorías del MAG.
- Estudios/consultorías UNED-CEMEDE

Otro de los recursos de los que se toma referencia son los electrónicos, en un nivel de fuente secundaria:

- Tesis de grado con temas relacionados con este proyecto
- Fuentes electrónicas de páginas web.
- Revistas web.
- Manuales de diseño y elaboración de proyectos de SCALL.
- Guías sobre diseño de SCALL.

Programación y proyección

La programación de los capítulos se va desarrollando por semanas, como se muestra a continuación:

Figura 13.

Tabla de programación y proyección.

PRIMER CUATRIMESTRE	Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre					
Descripción de la actividad	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10	S 11	S 12	S 13	S 14	S 15			
Capítulo 1 Aspectos generales																		
Delimitación del tema																		
Antecedentes del problema																		
Enunciado problemamático																		
Justificación																		
Objetivos General y específicos																		
Capítulo 2 Marco Teórico																		
Conceptos base																		
Desarrollo de temáticas																		
Teorías relacionadas																		
Estudio de casos																		
Marco Legal																		
Capítulo 3 Marco Metodológico																		
Enfoque de la investigación																		
Tipo de investigación																		
Muestreo, variables e instrumentos																		
Tabla de Operacionalización de Variables																		
Definición de fuentes																		
Programación y Proyección																		
Limitaciones y alcances																		
Preparación para presentación																		
Preparación para presentación																		
Presentación oral																		
Entrega y exposición																		
Exposición																		
Carta a tutor																		
Capítulo 4 Análisis e interpretación																		
Análisis de los datos obtenidos																		
Análisis y aplicación de materiales																		
Análisis de captación recolección y conducción																		
Análisis y aplicación Almacenamiento																		
Desarrollo de presentación																		
Capítulo 5 Desarrollo de la idea																		
Biomimética, elección de elemento natural																		
Sketches, Ubicación de la panelería biomimética																		
Conversación con entidades asociadas, Idea																		
Desarrollo de presentación																		
Capítulo 6 Proyecto																		
Elaboración de planimetría																		
Desarrollo 3D, Elaboración de vistas																		
Detalles, Elevaciones																		
Propuesta para un artículo sobre el proyecto																		
Conversación con entidades asociadas, Viabilidad																		
Desarrollo de presentación																		
Preparación para presentación																		
Desarrollo de presentación																		
Verificación de todo el documento																		
Presentación privada																		
Correcciones y observaciones																		
Defensa pública																		

Fuente: elaboración propia, 2021.

En el desarrollo de este proyecto, se pueden considerar como probables **limitaciones**: la demora en la obtención de datos importantes, la burocracia con instituciones generalmente del

gobierno, datos que sirven para estimar o proyectar posibles resultados en el uso de un material específico y en la elaboración de la pannelería biomimética. Otra posible limitante podría presentarse con los resultados que se obtengan con solo el uso de estudios de caso, la verdadera información debería provenir de experimentar con un diseño elaborado y materializado.

En el caso de los **alcances**, este proyecto puede ser de gran impacto tanto social como económico y ambiental. El uso de esta aplicación puede venir a modificar e influir de manera positiva en el actuar de las personas que se beneficien de su utilización, tanto económicamente como sensibilizarse con el uso desmedido del agua potable.

El principal alcance que se espera es llegar al diseño planimétrico de la aplicación de pannelería biomimética, llegando al punto de ser parametrizado y que se pueda implementar luego en otros tipos de viviendas. También, establecer el mejor almacenamiento posible según las necesidades y basado en el promedio que se establece por gasto de agua, por persona, por día. Además, establecer el tiempo promedio en el que el agua no generará residuos, principalmente, los orgánicos que son, en primera instancia, los que pueden contaminarla en un principio, el que genera el agua cuando se asienta o está por mucho tiempo almacenada, llámense sedimentos o residuos sólidos. Por último, confirmar la realidad de cuánto puede mitigar en el gasto económico el uso del agua recolectada para esos usos que no requieren agua potable.

Análisis del contexto

Análisis macro: Caribe

Aspectos económicos.

La zona del Caribe es un área que goza de una buena fuente de agua, tanto en cuencas de ríos como a nivel de precipitación anual, por esta razón, la mayoría del tiempo no se le da la importancia necesaria. El gasto económico en este recurso es subestimado, por lo que es muy importante no pasar por alto esta tendencia y aprovechar el recurso al máximo de todas las fuentes disponibles.

De acuerdo con un documento elaborado por Aselex S.A., en el año 2019, donde se menciona que: “en las bajuras de Limón hay problemas de abastecimiento de agua, los pozos están secos y tienen hierro y manganeso”; el AYA está invirtiendo en la provincia en cuanto a saneamiento y abastecimiento, debido a que se mantuvo abandonada en administraciones pasadas (Aselex S.A., 2019).

Aspectos socioculturales.

La zona del Caribe del país posee gran parte de su territorio como zona rural, esto significa que la mayoría de fuentes de agua provienen de azadas, pozos y otros métodos de distribución. La mayoría de estas fuentes se ven afectadas por las inclemencias del tiempo en cada zona, hablando principalmente de las fuertes lluvias en muchos meses del año; esto provoca que la calidad del agua se vea afectada y sea menos la cantidad para consumo humano. Lo cual hace que, en muchas ocasiones, se vean obligados a utilizar medios de almacenamiento improvisados, aunque, al tener tal costumbre, se anticipa ese comportamiento, aquí es donde la importancia del aprovechamiento del agua de lluvia representa una oportunidad.

Pronósticos.

De acuerdo con información gestionada por el IMN, y en colaboración del Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH), establece en el documento *El clima, su variabilidad y cambio climático en Costa Rica*, que la región Caribe no posee una estación seca definida, que muestra un promedio de lluvia en los meses con menos precipitación de entre 100mm y 200mm, la cual sigue siendo una cantidad sustanciosa. El comportamiento de las lluvias en época seca se divide en dos partes: una entre febrero y marzo, y otra entre setiembre y octubre.

En época más lluviosa, también se da en dos partes. Estas están entrelazadas con los períodos secos, que van de noviembre a enero, siendo este el máximo en lluvias y el otro de mayo

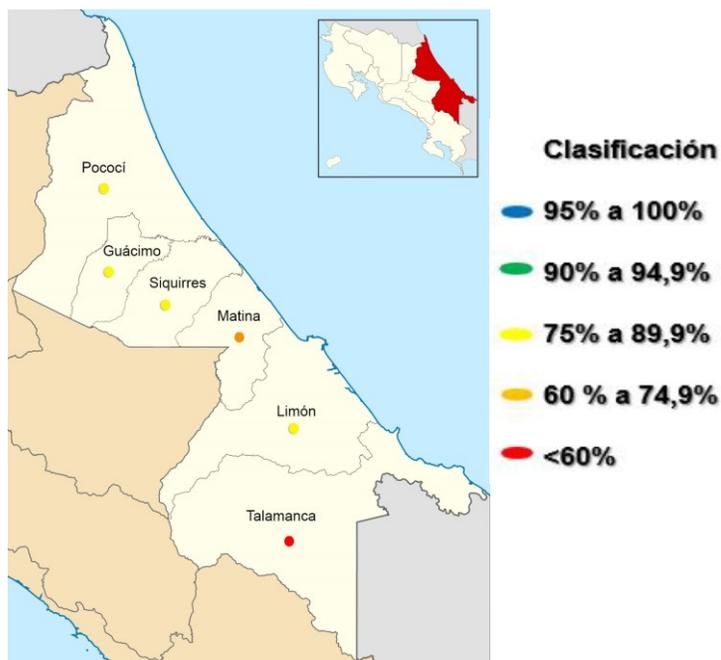
a agosto, siendo julio el de mayor precipitación en este período. El mes más lluvioso será diciembre, que tiene influencia por los frentes fríos del norte, donde la mayor afectación se da entre noviembre y marzo.

Datos demográficos relevantes para el proyecto.

De acuerdo con los datos que brinda el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en el último censo realizado en 2011, en los 9.189 km² que posee el territorio de la provincia caribeña de Limón, existe una densidad poblacional de 42 personas/km², para un total de 386.862 personas en toda la provincia (INEC, 2011).

Figura 14.

Calidad del agua en la provincia de Limón, Costa Rica, 2019



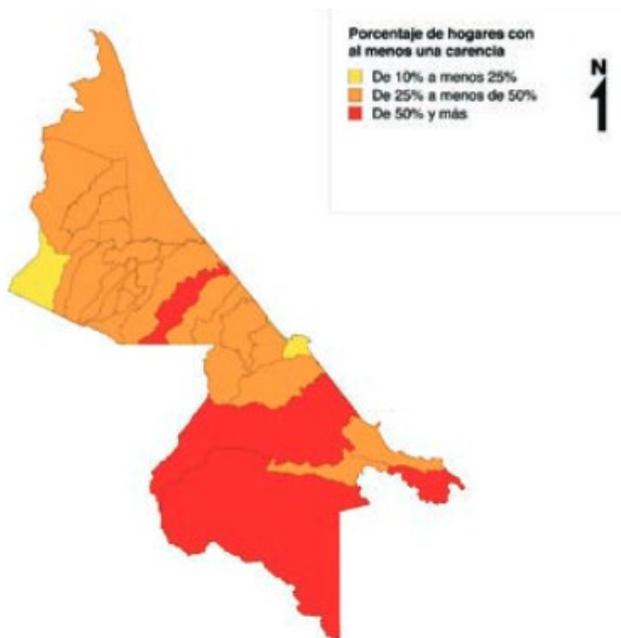
Nota: Adaptado de información del AyA, potabilidad del agua en Costa Rica 2020. (www.aya.go.cr).

Según los datos que recopila el estudio del AyA (2020) a cargo del Laboratorio Nacional de Aguas, detalla en la provincia de Limón y muestra por cantón la calidad de agua porcentualmente. Dato de importancia, ya que esto indica que la cantidad de agua apta para el consumo humano es limitada, dándose la oportunidad de aprovechar al máximo el recurso solo en actividades de consumo y dando cabida a que otro tipo de calidad del agua se use para actividades que no necesiten de esta.

Existe el rubro de Necesidad Básica Insatisfecha (NBI) que muestra el INEC en su reporte del Censo Nacional, el cual arroja datos interesantes. Se genera un mapa con los porcentajes de NBI, o sea, al menos una necesidad básica insatisfecha; entre ellas, el agua es uno de los recursos incluidos, no se especifica el porcentaje exacto de cuántas personas viven sin satisfacer esa necesidad, pero da un panorama general de cómo está la situación en la provincia.

Figura 15

Mapa de hogares según NBI. Provincia de Limón



Nota: Porcentaje de hogares con al menos una carencia según Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) por Unidad Geoestadística Mínima 2011. (www.inec.cr).

Según un artículo publicado por Monumental.co.cr, mediante un estudio realizado por la Universidad Nacional (UNA), las provincias de Limón y Guanacaste son las que menor disponibilidad de agua potable tienen; lo que las convierte en las áreas donde el recurso se hace aún más valioso. Esto se debe a que la calidad del recurso se ve afectada por contaminación u otros elementos como infraestructura y el descuido general. Dicho detalle ha sido notificado por medio de la queja de los usuarios, por el mal servicio, así como la calidad del recurso del agua. Finalmente, Limón resultó ser la provincia #1 con menor disponibilidad del servicio del país, seguido por Guanacaste (Monumental.co.cr, 2019).

Análisis medio: Cantones principales de Limón

La imagen de la ciudad / del paisaje.

La imagen que se presenta se debe en parte a lo estético, por influencia de la España colonial, la cultura afrocostarricense y la diversidad de inmigrantes que fueron llegando. La mayoría de las edificaciones de la provincia, se puede considerar que más de un 95% de ellas, no superan los dos niveles, principalmente, en épocas donde aún se conservaban la mayoría de arquitectura afrocaribeña clásica. Estas, generalmente, poseen de uno a dos niveles, pero con alturas de tres a cuatro metros de elevación; característica clásica de este tipo de edificaciones en la zona, debido a las altas temperaturas y humedad de la provincia en general.

Las ciudades de los cantones principales mantienen una imagen muy similar. Se encuentran conjuntas, los edificios de gobierno local están muy cerca, como zona central de la ciudad y luego de eso, se va expandiendo las zonas comerciales y habitacionales; siempre bajo alturas de no más de dos pisos generalmente y con algunas partes vacías. En las ciudades de los otros cantones principales, que no son el cantón y ciudad de Limón, es mucho más rural; por lo tanto, los espacios llenos y vacíos se pronuncian más, hay fincas y extensiones de plantaciones, generalmente de banano, también piña, los cuales son productos de exportación.

A continuación, en las figuras, se ejemplifica por medio de fotografías lo anteriormente mencionado, con el fin de dar una idea más clara de la imagen de las ciudades principales de los cantones de la provincia de Limón.

Figura 16

Ciudad de Siquirres



Nota: Centro de la ciudad del distrito primero del Siquirres, cabecera de cantón.

Fuente: Eco Municipal, (s.f.). (<https://ecomunicipal.co.cr>)

Figura 17

Ciudad de Puerto Viejo, Talamanca



Nota: Vista aérea del pueblo de Puerto Viejo, muy visitada por turistas tanto nacionales como extranjeros. (s. f). (<https://costarica.org>)

Figura 18

Ciudad de Puerto Limón, cantón central



Nota: Vía principal de entrada al puerto, al fondo la isla Uvita. (s.f). (<https://guiascostarica.com/limon/>)

Figura 19

Ciudad de Guápiles, Pococi



Nota: Vista aérea del centro de la ciudad de Guápiles. 2020. (<https://www.facebook.com>)

Perfiles urbanos:

Análisis de alturas de los edificios, materiales predominantes, estudio de proporciones de ventanería y aperturas. Materiales predominantes, tipología Imagen y paisaje.

Remontándose a la época donde predominaban las edificaciones clásicas caribeñas, el perfil más común eran las edificaciones de dos niveles. Actualmente, no ha cambiado mucho la configuración tradicional, o sea, se ha mantenido siempre las alturas de no más de dos plantas, aunque sí pueden variar las alturas entre una planta y otra. Situación que, por otra parte, es un elemento que se puede calificar como común, tomando en cuenta que las alturas de las edificaciones caribeñas suelen tener altura y media más o menos.

Figura 20

Paso peatonal del centro de la ciudad de Limón

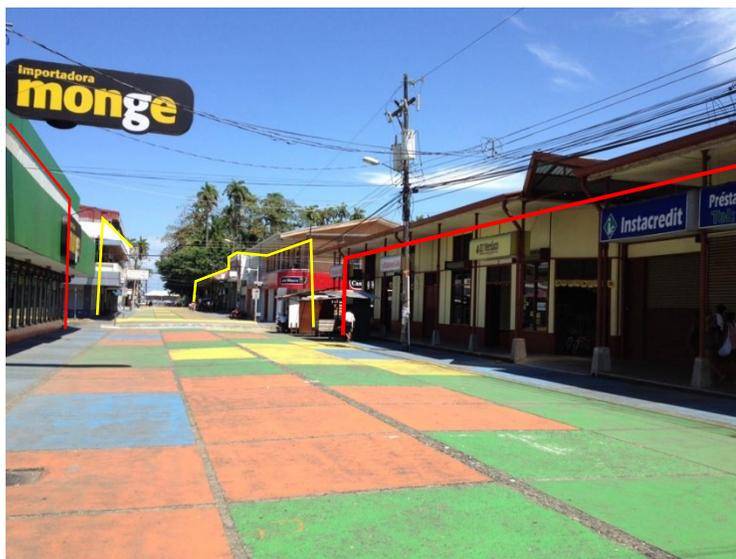


— 2 niveles
— 1.5 nivel

Fuente <https://www.whereandwhen.net/when/central-america/costa-rica/puerto-lim-n/>

Figura 21

Paso peatonal del centro de la ciudad de Limón



— 2 niveles
— 1.5 nivel

Fuente: <https://foursquare.com/v/boulevard-de-lim%C3%B3n/52ec1eba498e908a06d604b1>

Figura 22

Paso peatonal del centro de la ciudad de Limón



■ 2 niveles
■ 1.5 nivel

Fuente: <https://foursquare.com/v/boulevard-de-lim%C3%B3n/52ec1eba498e908a06d604b1>

Figura 23

Paso peatonal del centro de la ciudad de Limón



■ 2 niveles
■ 1.5 nivel

Fuente: <https://foursquare.com/v/boulevard-de-lim%C3%B3n/52ec1eba498e908a06d604b1>

Figura 24

Centro de la ciudad de Limón.



2 niveles
1.5 nivel

Fuente: <https://www.pricetravel.co/limon>

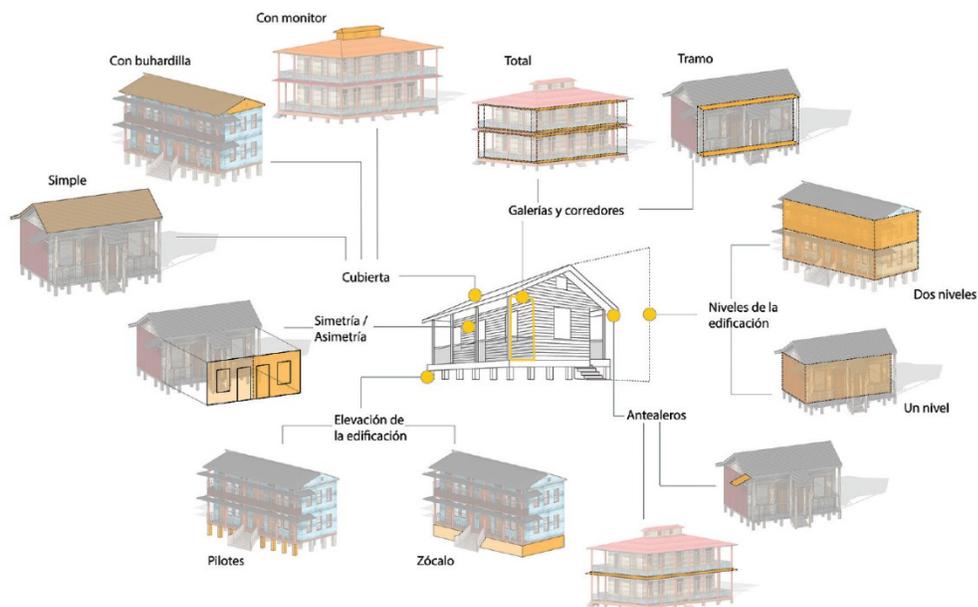
Arquitectura y tipologías predominantes

En la provincia de Limón, históricamente, la tipología más clásica que se desarrolló a través de los años en la arquitectura ha sido la casa de madera, sobre postes, ventanas amplias de madera, techo de zinc y algunas contaban con amplios corredores que las rodeaban. Hubo muchas influencias debido a la variedad cultural, por ejemplo, la United Fruit Company (UFCO) basó en el estilo victoriano inglés, las viviendas que se le daban a sus trabajadores; las cuales se clasificaban según el estatus de estos (Universidad de Costa Rica, s.f).

Muchos de los edificios de la provincia pertenecen al patrimonio nacional, entre ellos, un ícono: el Black Star Line, muy estrecho a la cultura afro, con el personaje de Marcus Garvey. Existen otras edificaciones que tienen un estilo de la España colonial, tales como la Pensión Costa Rica y el edificio de correos. Las siguientes dos figuras son esquemas de expresiones formales, también de detalles constructivos de las casas típicas de la zona atlántica (Tecnológico de Costa Rica, 2020).

Figura 25

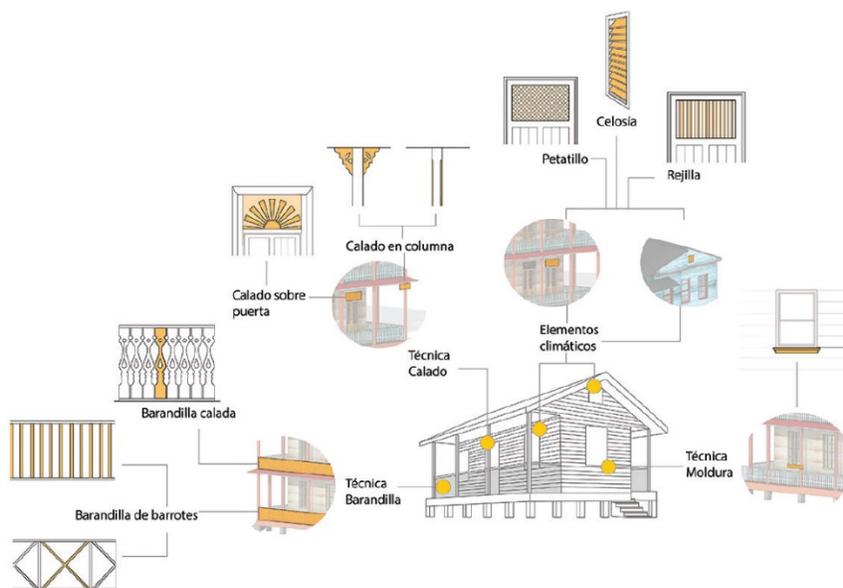
Esquema de las expresiones formales orientadas al emplazamiento



Fuente: (Tecnológico de Costa Rica, 2020)

Figura 26

Esquema de las expresiones formales orientadas al uso de detalles constructivos



Fuente: (Tecnológico de Costa Rica, 2020)

Las siguientes figuras son ejemplos de las diferentes edificaciones que representan lo anteriormente ilustrado, edificaciones de las más importantes de la provincia de Limón.

Figura 27

Hospital de la United Brands Co. Año 1909



Fuente: Universidad de Costa Rica, OBTUR (Observatorio de turismo sostenible del Caribe)
(<http://obturcaribe.ucr.ac.cr>)

Figura 28

Logia Masónica. Año 1922



Fuente: Universidad de Costa Rica, OBTUR (Observatorio de turismo sostenible del Caribe)
(<http://obturcaribe.ucr.ac.cr>)

Figura 29

Liberty Hall- Black Star Line



Fuente: Hoy en el TEC, Tecnológico de Costa Rica, 2016. (<https://www.tec.ac.cr>)

Figura 30

Antigua capitania de puerto Limón, actual Centro Comunitario de Expresión artística de la municipalidad de Limón.



Nota: Edificación clásica de madera, estructura de dos plantas, de las pocas que se mantienen aún vigentes.

Fuente: Hoy en el TEC 2019. (<https://www.tec.ac.cr>)

Figura 31

Edificación típica de la arquitectura caribeña costarricense



Fuente: Hoy en el TEC 2019. (<https://www.tec.ac.cr>)

Figura 32

Fernando Montero B. May 24, 2019



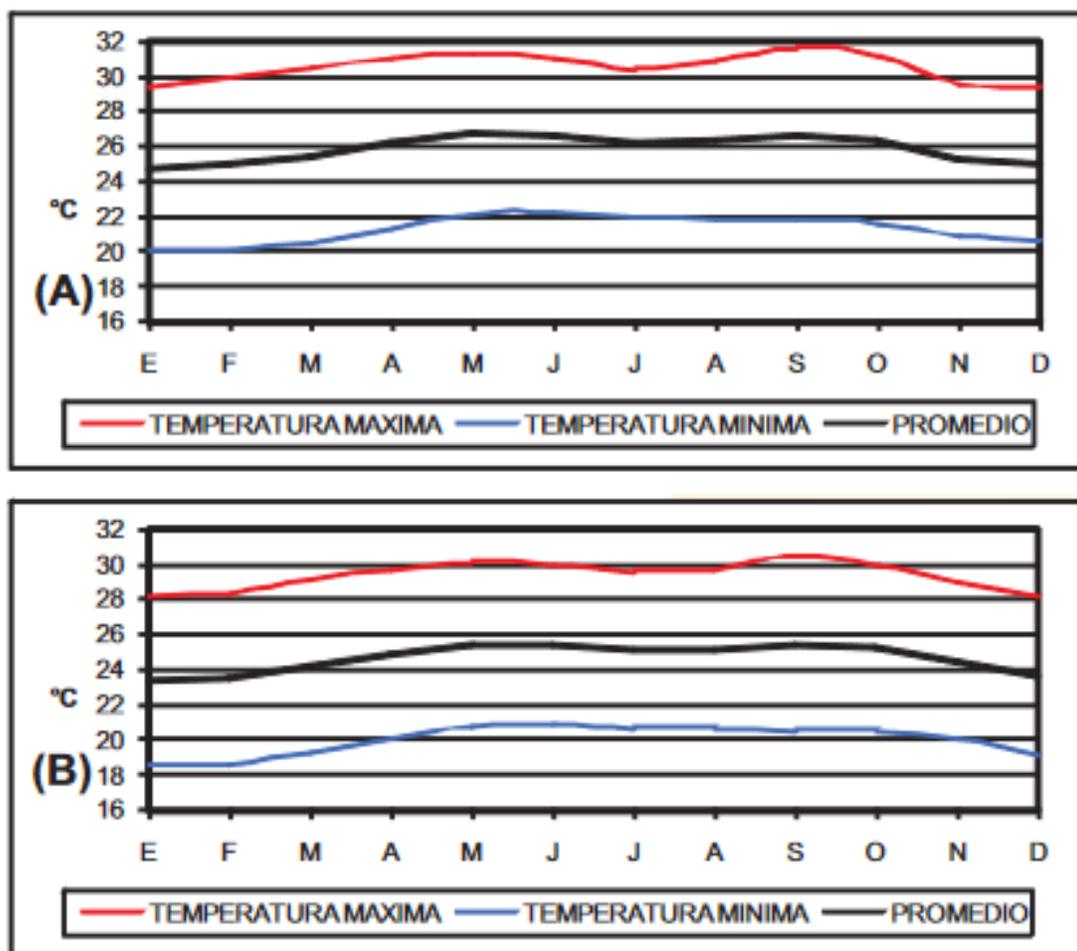
Fuente: Tecnológico de Costa Rica. (<https://www.tec.ac.cr>)

Análisis climático y zonas de vida.

Temperatura. La temperatura promedio de las zonas norte y sur del Caribe oscila entre 29°C y los 32°C en su rango máximo en la zona norte y la mínima entre 20°C y 21°C. En la zona sur, los rangos máximos van entre 28°C y 31°C, los mínimos van entre 18°C y los 21°C.

Figura 33

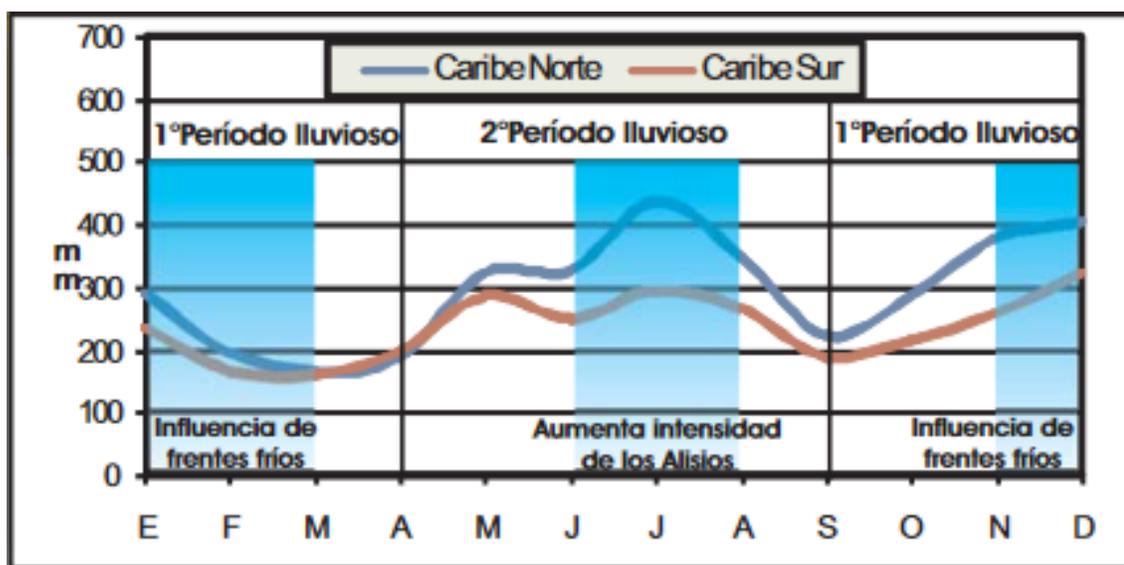
Temperaturas promedio del Caribe norte (A) y el Caribe sur (B) de Costa Rica.



Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (<https://www.imn.ac.cr/documents/10179/31165/VertienteCaribe.pdf/acd336b0-9c69-444a-9316-f168945c9a6d#page=1&zoom=auto,-274,848>)

Pluviometría. El promedio aproximado de la precipitación en la zona caribeña que está dividida en dos es: Caribe norte que posee el promedio más alto entre ambas zonas, desde los 3500mm a los 4500mm al año y la del Caribe sur, con un promedio menor que va desde los 2500mm hasta los 3000mm (IMN, 2009). Figura 34

Precipitación promedio en el Caribe norte y Caribe sur de Costa Rica



Nota: Línea azul, representa el Caribe norte y línea roja representa Caribe sur, 2009. (<https://www.imn.ac.cr>)

Vegetación endémica. Flora y fauna existente. Diagrama zonas de vida. La zona del Caribe presenta la más grande cobertura boscosa de todo el país, dentro de esta extensión de bosque, hay grandes áreas que no han sido alteradas. Estas se encuentran mayormente en las estribaciones de la cordillera de Talamanca (Museo Nacional de Costa Rica, 2015).

Figura 35

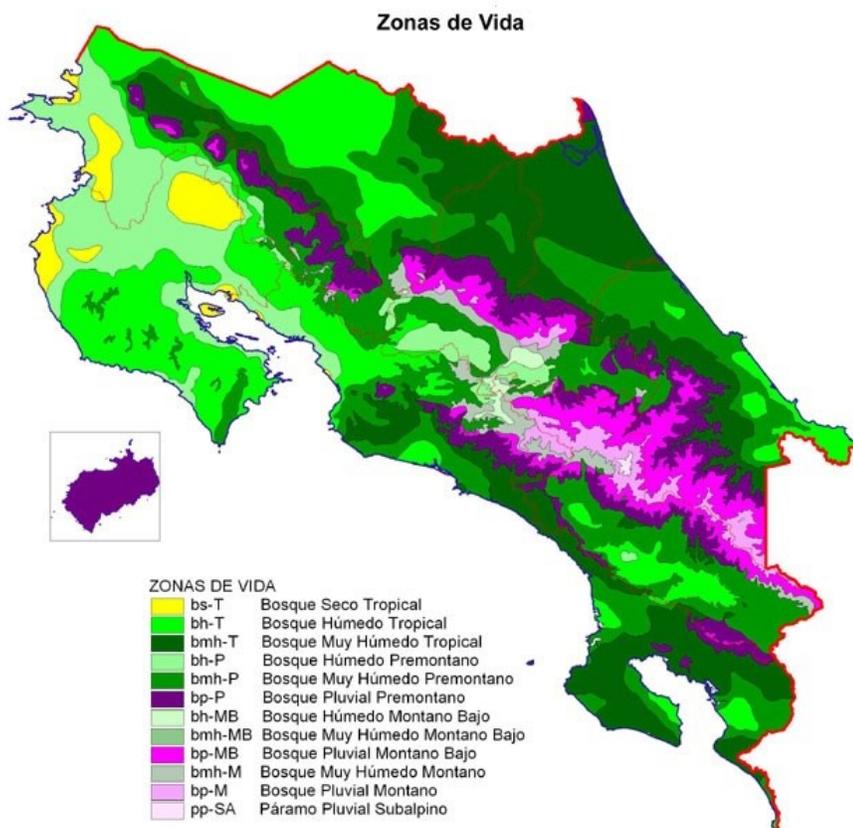
Número de especies por grupo biológico en la región de Baja Talamanca (Caribe Sur), Costa Rica

GRUPO BIOLÓGICO	NÚMERO DE ESPECIES	PORCENTAJE PARA COSTA RICA
Plantas	2 258	24 %
Hongos	146	5 %
Aves	426	47 %
Mamíferos	91	37 %
Mariposas diurnas	448	28 %
Mariposas nocturnas	1 631	20 %

Fuente: Guía de Biodiversidad del Caribe Sur de Costa Rica /Joaquín Sánchez G., editor.-.1. ed.- San José, C.R.: Museo Nacional de Costa Rica, 2015

Figura 36

Mapa de las zonas de vida de Costa Rica



Nota: Se muestra la simbología con las diferentes zonas de vida, categorizado por distintos colores.

Fuente: <http://ecosystems-ecosistemas.blogspot.com/2011/08/zonas-de-vida-de-costa-rica.html>

La provincia de Limón alberga al menos tres zonas de vida en lo largo y ancho de su territorio; en las zonas bajas y en las zonas más altas, de la cordillera de Talamanca, tres más. Se pueden clasificar entonces de forma sencilla en zonas bajas y zonas altas:

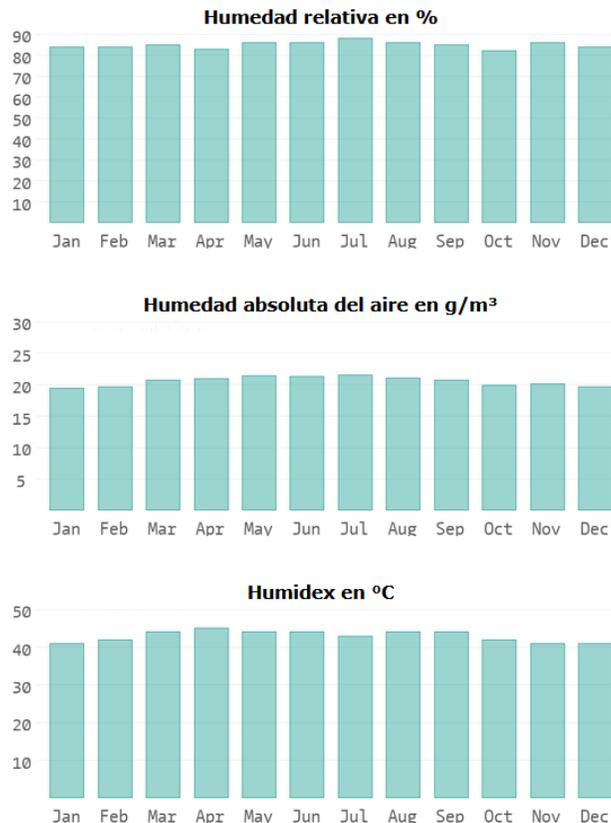
Zonas bajas: Bosque húmedo tropical, Bosque muy húmedo premontano, Bosque muy húmedo tropical.

Zonas altas: Bosque pluvial premontano, Bosque pluvial montano bajo, Bosque pluvial montano.

Humedad relativa. La humedad en la provincia es bastante constante, el promedio está entre los 80% y 90%. Los ambientes cálidos, particularmente el aire caliente, tiende a absorber la humedad en zonas con aire frío, una humedad confortable puede estar en el rango de 40%-60%, con la media de 88% la humedad se vuelve poco confortable. Consideraciones importantes que fueron tomadas en cuenta en la forma de diseñar las viviendas en la zona caribeña.

Figura 37

Datos gráficos de la humedad en la provincia de Limón.



Nota: Niveles altos de humedad que benefician la recolección por medio de malla atrapa niebla.

Fuente: Datosmundial.com (<https://www.datosmundial.com/america/costa-rica/clima-limon.php>)

Hidrografía. El sistema fluvial de la provincia de Limón corresponde a las subvertientes Caribe y Norte de la vertiente del Caribe. Algunas de las cuencas más importantes de la provincia serían los siguientes: río Tortuguero, río Pacuare, río Sixaola, río Grande de Tárcoles, Grande de Terraba y río Chirripó, entre otros (Japdeva, s.f).

Figura 38

Mapa del sistema fluvial de la provincia de Limón.



Fuente: costoricamap.com

Vientos predominantes. De acuerdo con el IMN, el cual cita a Zárate (1978), los vientos predominantes provienen del este o alisios por casi todo el año, durante el día son predominantes los vientos del norte y noreste con altas velocidades; por el contrario, durante la noche, la que predomina es la brisa tierra-mar, con direcciones del oeste, pero con bajas velocidades. Este viento produce el desarrollo de nubosidad y lluvias, ya que confluye con los alisios en el océano, pero se hacen notar más en la costa (IMN, 2009).

Figura 39

Esquema de los vientos predominantes del Caribe

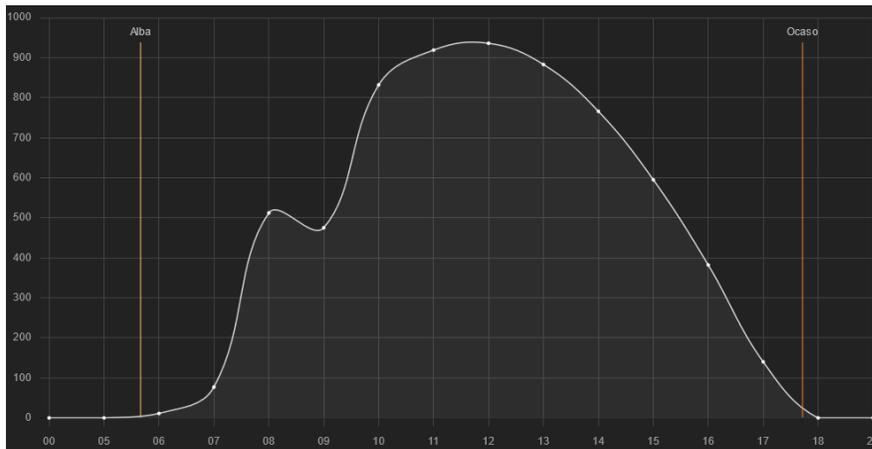


Fuente: *imn.ac.cr, Vertiente caribe.*

Soleamiento, radiación y luminancia. Para obtener un pronóstico de la radiación solar y otros datos, hay diferentes factores por tomar en cuenta y que brindan datos de proyección a corto plazo; aspectos como el ángulo horario, la declinación, el ángulo de incidencia de radiación solar y la latitud. Estos elementos, conjugados con los otros datos meteorológicos, dan al final este tipo de información. Además, se presentan horas de luz entre 11-12 horas y respecto a energía o radiación solar, en promedio, va entre 2000 y 5000 w/m².

Figura 40

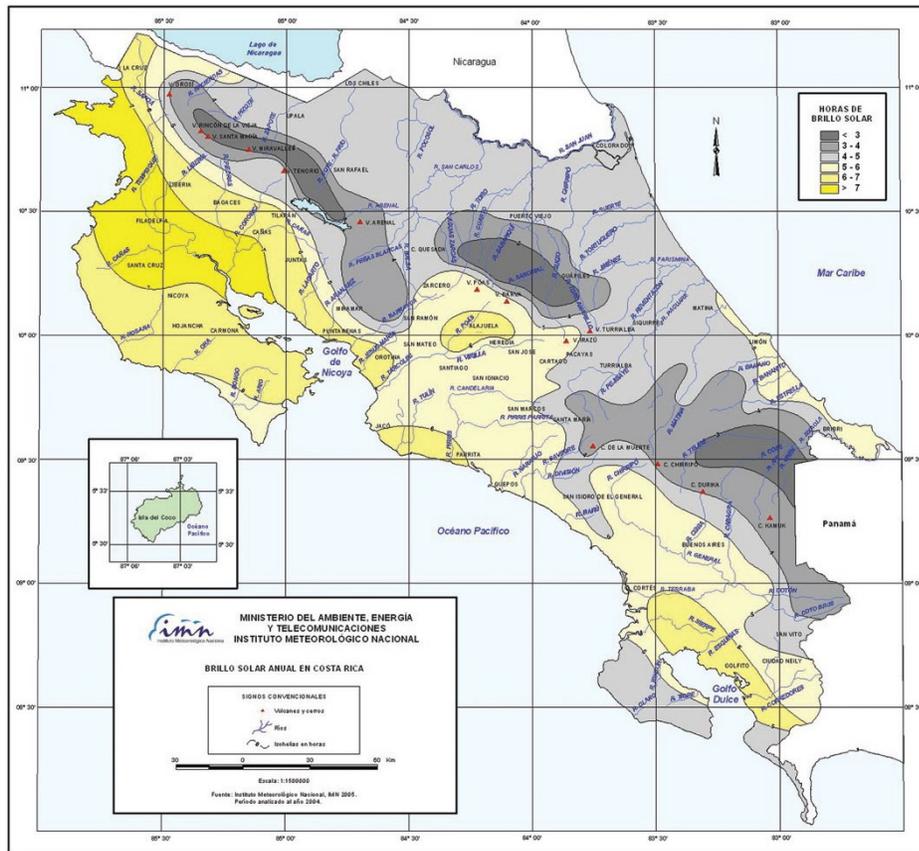
Radiación solar de Puerto Limón



Fuente. Resumen diario de radiación solar, datos que se muestran, hora que amanece, hora que anochece y total de energía solar. <https://www.radiacionsolar.es/puerto-limon.html>

Figura 41

Brillo solar anual en Costa Rica

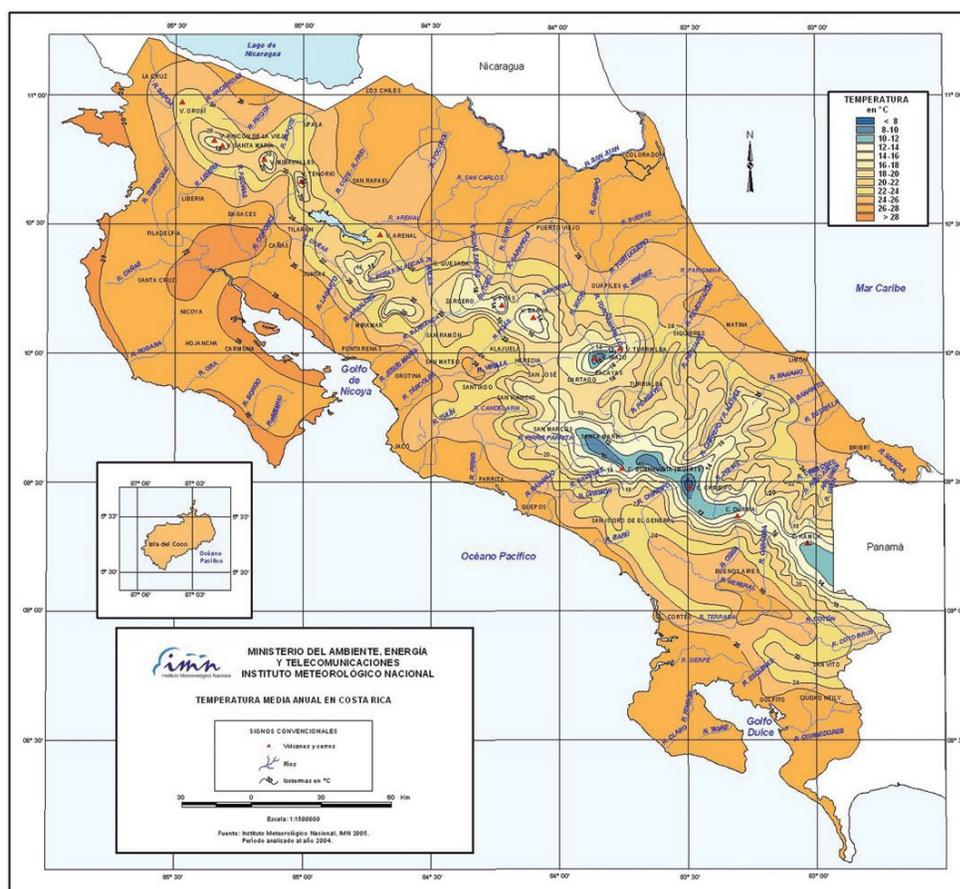


Fuente: Instituto Meteorológico Nacional.

Confort higrotérmico: temperatura. En el periodo caliente, las temperaturas medias ascienden hasta los 27°C en zonas bajas, a los 23.5°C en zonas intermedias y a los 19°C en zonas altas. Los meses fríos se ubican entre diciembre y febrero, en estos meses y en zonas bajas, la temperatura media desciende a los 24.5°C, en zonas intermedias a los 23°C y en altitudes más altas a los 17°C (WeatherSpark, 2022).

Figura 42

Temperatura media anual en Costa Rica



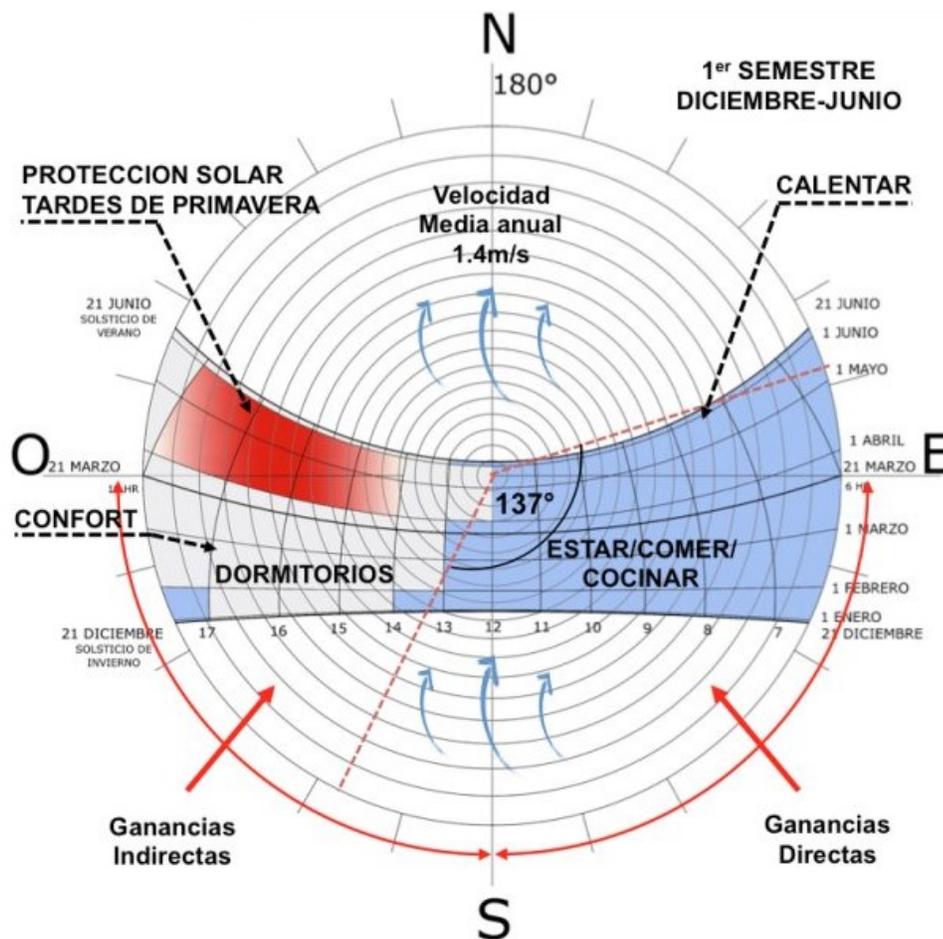
Fuente: Instituto Meteorológico Nacional.

Aplicación y análisis de la Carta solar. De acuerdo con un estudio realizado por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), denominado Estudio del Potencial Solar en Costa Rica, para la provincia de Limón, el promedio de potencial es 1,351083333 EJ/año, (Exajulios = EJ). Además, menciona que la radiación solar anual es de un promedio de 13,40 MJ/m²/día. (Megajulios = MJ). (ICE, 2006)

En este caso, lo ideal o adecuado es que se pudiera tomar en cuenta las posiciones del sol, para la ubicación del PB sobre la vivienda a la cual se le va a incorporar; de esa forma, también proteger el PB de la radiación solar; en cuanto al tema de durabilidad y de sensaciones, la forma y aberturas en el PB generarían luces y sombras interesantes.

Figura 43

Carta solar



Nota. Estereográfica con temperaturas horarias. Fuente: (https://www.soloarquitectos.com/logos/gal/full/1069_1.jpg)

Intensidad de las lluvias. Tiene tres categorías por las cuales se puede medir (figura 44), esto determina la cantidad de agua recolectada, con este dato, se calcula cuánta agua recolectar en un área específica.

En el mapa de lluvia diaria del IMN, muestra que la zona Caribe maneja de 1-10mm, con lo que se consideraría que, en promedio, la zona tiene frecuencia de lluvias moderadas.

Figura 44

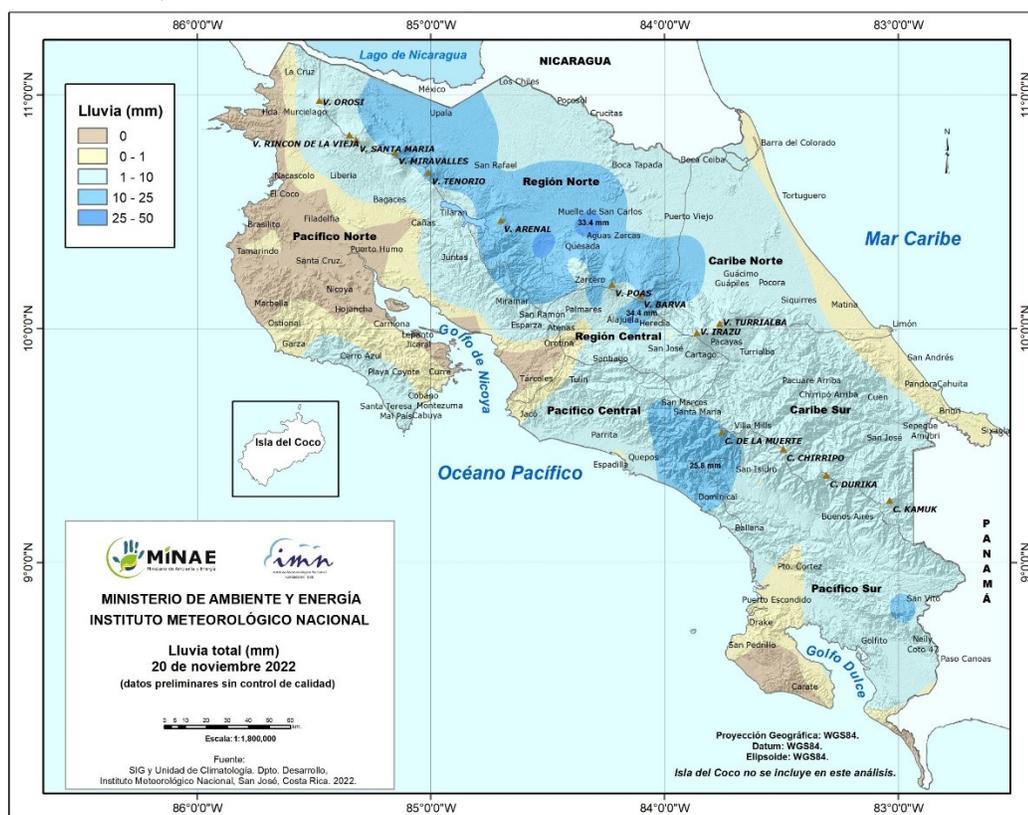
Clasificación de la precipitación según la intensidad

Clase	Intensidad media en una hora (mm/h)
Débiles	≤ 2
Moderadas	$> 2 \text{ y } \leq 15$
Fuertes	$> 15 \text{ y } \leq 30$
Muy fuertes	$> 30 \text{ y } \leq 60$
Torrenciales	> 60

Fuente: (www.aemet.es)

Figura 45

Mapa de lluvia diaria, lluvia total en milímetros



Fuente: IMN.2022.

Historia, patrimonio y cultura de la zona

Breve reseña histórica de la provincia de Limón. Antes de la llegada de los españoles, esta zona estuvo habitada por grupos de indígenas huetares, suerres, pococís, tariacas, viecitas y terbis. Cristóbal Colón llegó en 1502 a la isla Uvita (Quiribrí). En 1564, Juan Vázquez de Coronado visitó el litoral en una expedición. Durante los siglos XVI, XVII y XVIII, solo funcionaban los puertos de Suerre y Matina. Después de la Independencia, se construyó el puerto de Moín, para exportar café a Europa. En 1839, Braulio Carrillo inició la construcción de un

camino desde Paraíso hasta Moín. En 1852, se habilitó el puerto de Limón para el comercio y en 1865, se declaró puerto principal de la República en la costa Caribe. Entre 1871 y 1890, se realizó la construcción del ferrocarril, que durante muchos años comunicó a la provincia con el resto del país. Finalmente, en 1872, llegaron los primeros jamaíquinos para trabajar en la construcción del ferrocarril (Guías Costa Rica, 2015).

Figura 46

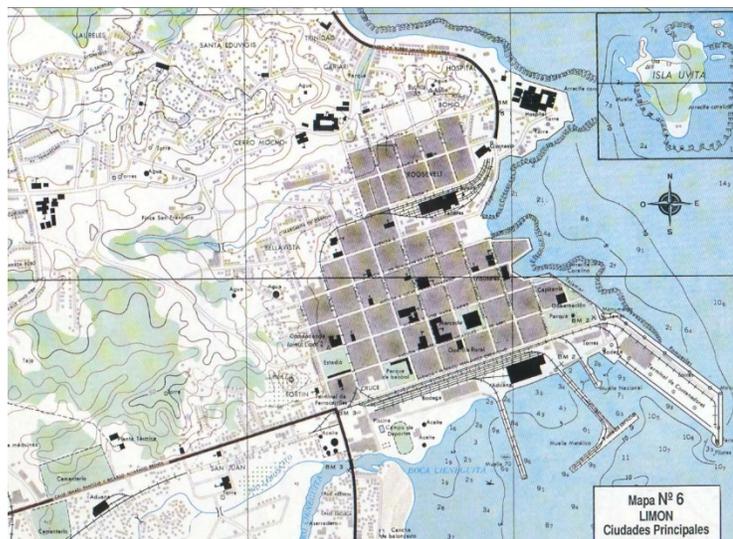
Breve reseña histórica



Nota: Adaptada de Breve reseña Histórica, de Guías de Costa Rica, 2015. (<https://guiascostarica.com/limon/>)

Figura 47

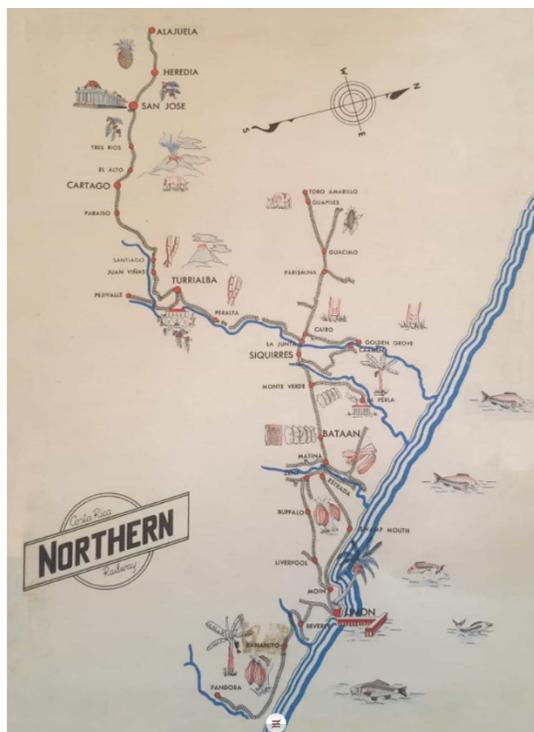
Mapa de la ciudad del cantón central de Limón



Nota: Reproducida de Breve reseña histórica, de Guías de Costa Rica, 2015. (<https://guiascostarica.com/limon/>)

Figura 48

Mapa del Ferrocarril al Atlántico – Northern



Nota: Reproducida de Breve reseña histórica, de Guías de Costa Rica, 2015. Fuente: (<https://guiascostarica.com/limon/>)

Análisis micro (barrio, lote, contexto inmediato)

El usuario

Definición de perfil de usuario. Más que una definición de usuario, es el perfil de vivienda social, la cantidad promedio de usuarios que típicamente la conforman y las dinámicas que manejan. Podrían definir una vivienda tipo, que ayude a establecer un perfil estándar de una vivienda donde se aplicaría la PB y los elementos que la componen.

Basado en información que genera el INEC en sus investigaciones y de acuerdo con la Directriz N°27 (2003). Especificaciones Técnicas y Lineamientos para la Escogencia de Tipologías Arquitectónicas para la Construcción de Viviendas y Obras de Urbanización, en esta se definen los parámetros que deben utilizarse para la construcción de las viviendas según el MIVAH-MIDEPLAN (Asamblea Legislativa, 2003).

Otro elemento que indica un parámetro para determinar en tal caso la capacidad o volumen de recolección de agua y almacenamiento es la relación área/número de usuarios o, en este caso, ocupantes de la vivienda. Es lo estipulado también en la misma directriz N°27 en su artículo 5° - Especificaciones técnicas y lineamientos para la escogencia de tipologías arquitectónicas para la construcción de vivienda y obras de urbanización, bajo el título Características mínimas de vivienda de interés social, dice en el inciso 1°- Área de la Vivienda.

Casa con un área mínima de 42 m² y dos dormitorios para núcleos familiares de menos de cinco miembros. Casa de 50 m² y tres dormitorios para núcleos familiares de cinco o más miembros. Se podrán autorizar viviendas con menos aposentos de dormitorios, si existe la necesidad de un diseño diferente, dada las condiciones particulares de los ocupantes.

Bajo la idea de buscar la mejor forma de beneficiar al usuario, en este caso, el que cuenta con menores recursos es el sector que se tiene en consideración como público meta; el usuario que en base sería el que cuenta con vivienda social. El punto de partida es poder reducir el gasto económico en el recurso del agua, para que se pueda invertir en otras situaciones de importancia en el diario vivir.

Así, entonces, se definen los siguientes rubros por considerar de la población de la provincia, en la siguiente información:

Figura 49

Viviendas individuales ocupadas por número y promedio de ocupantes por vivienda

Costa Rica: Viviendas individuales ocupadas por número y promedio de ocupantes por vivienda, según provincia, tipo de vivienda individual ocupada y número de aposentos

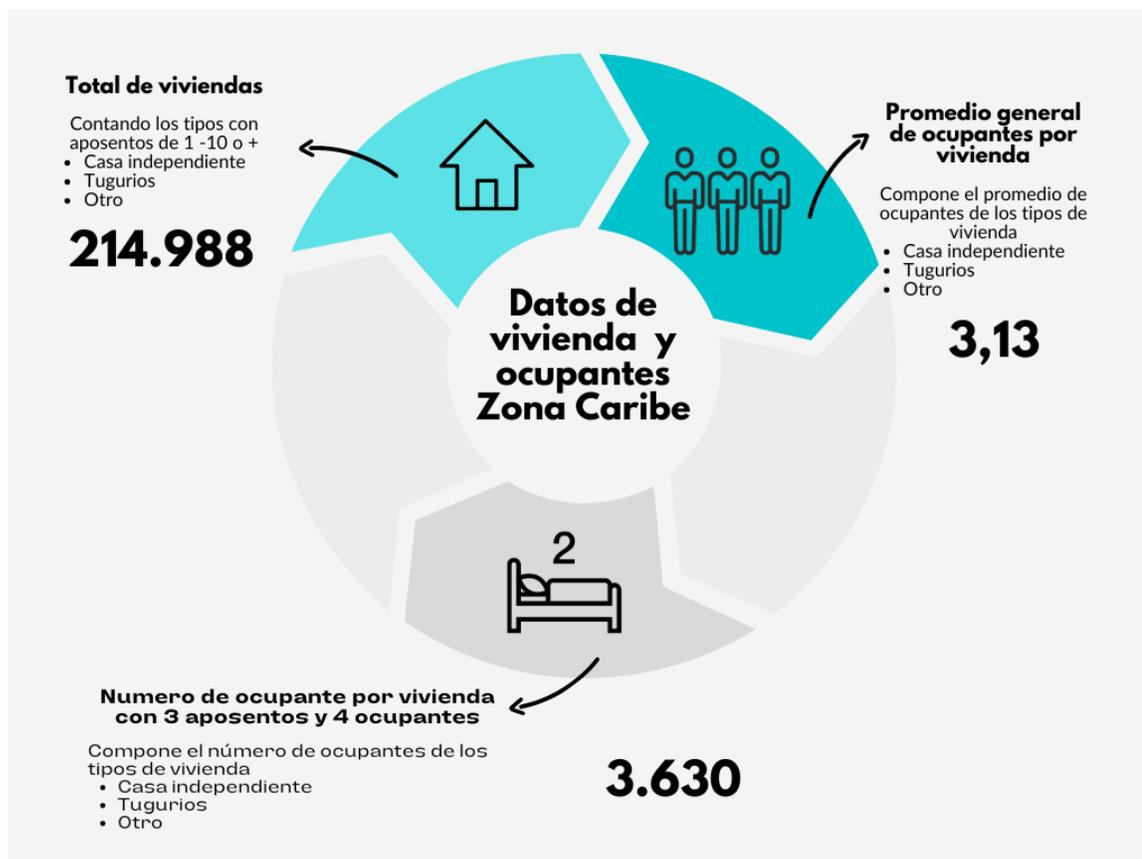
Provincia, tipo vivienda indiv. ocupada y núm. aposentos	Total viviendas indiv. ocupadas	Número de ocupantes por vivienda										Promedio ocupantes vivienda
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 o más	
Limón	109 316	13 730	20 192	24 679	23 389	14 075	6 922	3 195	1 555	746	833	3,5
Con 1 aposento	4 492	1 658	822	742	549	282	175	116	49	35	64	2,8
Con 2 aposentos	6 906	1 997	1 521	1 382	953	526	250	125	83	30	39	2,8
Con 3 aposentos	19 134	2 925	4 114	4 538	3 741	2 056	926	414	205	96	119	3,3
Con 4 aposentos	33 173	3 788	6 546	8 111	7 329	3 991	1 892	819	358	181	158	3,4
Con 5 aposentos y más	45 611	3 362	7 189	9 906	10 817	7 220	3 679	1 721	860	404	453	3,9
Casa independiente	104 912	12 505	19 178	23 862	22 839	13 791	6 757	3 082	1 483	685	730	3,5
Con 1 aposento	3 567	1 243	673	617	477	238	143	85	36	18	37	2,8
Con 2 aposentos	6 002	1 670	1 317	1 229	867	486	218	107	64	22	22	2,8
Con 3 aposentos	18 112	2 686	3 824	4 342	3 607	1 981	893	394	193	88	104	3,3
Con 4 aposentos	32 236	3 633	6 296	7 892	7 182	3 925	1 850	803	347	169	139	3,4
Con 5 aposentos y más	44 995	3 273	7 068	9 782	10 706	7 161	3 653	1 693	843	388	428	3,9
Tugurio	458	133	77	80	69	36	27	15	8	5	8	3,2
Con 1 aposento	201	87	26	32	21	19	9	5	-	-	2	2,6
Con 2 aposentos	125	32	27	28	18	7	5	4	3	1	-	2,9
Con 3 aposentos	65	9	12	12	14	8	2	4	1	-	3	3,9
Con 4 aposentos	55	5	11	8	12	1	8	2	4	2	2	4,3
Con 5 aposentos y más	12	-	1	-	4	1	3	-	-	2	1	5,9
Otro	302	96	70	50	40	30	8	5	2	-	1	2,7
Con 1 aposento	53	30	9	8	1	5	-	-	-	-	-	1,9
Con 2 aposentos	67	31	16	9	6	4	1	-	-	-	-	2,1
Con 3 aposentos	68	14	19	19	9	2	3	1	1	-	-	2,8
Con 4 aposentos	42	5	13	6	11	7	-	-	-	-	-	3,0
Con 5 aposentos y más	72	16	13	8	13	12	4	4	1	-	1	3,4

Fuente: INEC, 2011.

Entonces, tomando la información que determina el censo del INEC con más detalles, se sintetiza la que es más útil para el proyecto del PB y se extrae la siguiente:

Figura 50

Diagrama de datos importantes para definición de vivienda tipo.



Fuente: elaboración propia, basado en los datos del INEC figura 49.

Definición de necesidades (espaciales, grupales, individuales, psicológicas, socioeconómicas). Dentro de las necesidades de la población, con la calidad del agua relativamente baja y que comienza a escasear, surge la importancia de un elemento que ayude a sacar ventaja de este recurso. El impacto que puede causar un aprovechamiento del agua de lluvia es algo que daría un impulso a que se genere una cultura de ahorro, cuidado y mejor uso de esta; aunque actualmente es “muy” abundante, haría una conciencia en la población más preponderante a la actual y una leve diferencia, aunque sea mínima, es diferencia al fin.

A nivel masivo, puede considerarse que un ahorro a gran escala asegura que el consumo esté cubierto por más tiempo en los momentos donde más se requiere. Tomando en cuenta que el

consumo actual por persona por día es muy elevado y que está supeditado al disponible que exista para consumo humano. Como se ha mencionado anteriormente, es escasa la cantidad de recurso de buena calidad, siendo la provincia del Caribe una de las que menor calidad del agua posee, aunque es una de las zonas del país con mayor volumen de capital natural de este tipo.

Otra referencia importante es que el agua tiene demasiados usos tanto a nivel doméstico como público; también en producción de energía, en agricultura y usos industriales. Es un recurso que está unido a prácticamente cada actividad del ser humano, por lo tanto, en ámbitos tan importantes como el económico, por ende, y no menos importante, la parte mental o psicológica.

En cuanto al panel, este debe cumplir con las características de acuerdo con las familias tipo y vivienda tipo, en general, lo básico es que sea un módulo de fácil instalación, peso ligero, materiales con un grado de sostenibilidad bueno, su duración o vida útil suficiente para abarcar el período de una vivienda, dimensiones adecuadas según el área de la vivienda y que su costo sea accesible.

El proyecto debería incluir las siguientes partes:

- La parte estructural
- La parte de recolección
- La parte de almacenamiento
- La parte de distribución que conecta a la distribución normal de la vivienda

Elemento biomimético para el desarrollo de la panelería/piel.

Regularmente, los proyectos de arquitectura conllevan muchos análisis, con los que se pueden discernir varios elementos que se utilizan de la forma más conveniente para el desarrollo de dicho proyecto; componentes que marcan las pautas del diseño que se irá construyendo basado en esos análisis.

Moloch Horridus. Es el nombre científico del “diablo espinoso” como se le llama comúnmente. Este es una especie de lagarto, presenta en toda su piel, cuernos o espinas para protegerse de los depredadores (Jara Valle, 2014, como se citó en Sher-brook, W.C. 1990). Sus características y apariencia se muestran a continuación:

Figura 51

Características del diablo espinoso

Familia: Agamidae
Subfamilia: Agaminae
Género: Moloch
Peso: 28.5 – 57 gramos
Longitud: 75 – 110 mm
Longevidad: 6 – 20 años
Reproducción: Ovípara
Número de huevos: 3 – 10
Período de gestación: 90 – 132 días
Hábitos: Diurnos
Alimentación: Carnívora
Dieta: Insectívora
Hábitat: Regiones desérticas y semidesérticas
Distribución: Australia

Figura 52

Imágenes del Moloch Horridus



Fuente:

www.anipedia.net

Fuente: ecuador.inaturalist.org

La piel del diablo espinoso es hidrofílica, lo cual significa que es afín al agua, lo que hace que capte la humedad del aire y de otras fuentes, con el fin de absorber los líquidos necesarios para su supervivencia, ya que es un animal de las zonas áridas de Australia. El agua la transporta por una serie de canales que están en todo su cuerpo y que hacen que llegue hasta su boca.

El dragón espinoso, como también es llamado, presenta otra característica en su piel, la cual es algo que posee la mayoría de los reptiles: su piel es heliotérmica, lo que sirve para regular su temperatura corporal.

Figura 53

Mecanismo de absorción en la piel del diablo espinoso



Fuente: cienciadelavidabiologia.blogspot.com

Figura 54

Esquema de la recolección de agua del Moloch.



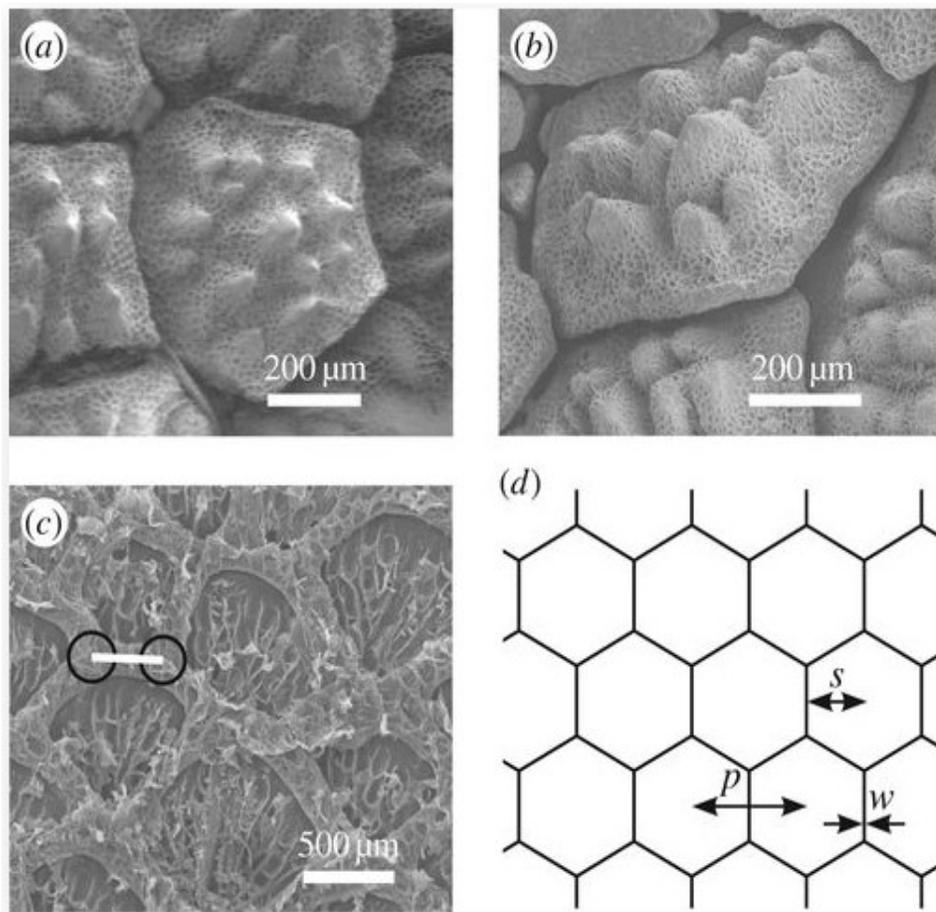
Fuente: retalesdeciencia.wordpress.com.

Nota: Esquema de Wade C. Sherbrooke · Andrew J. Scardino et al., 2007.

Lo mostrado en la figura 54 ilustra la absorción de agua de un charco de agua en el sustrato, a través de las fuerzas capilares generadas en los canales de las articulaciones de las escamas de las extremidades y su transporte por todas las superficies tegumentarias que conducen al ángulo posterior de las mandíbulas para beber (Sherbrooke, 2007).

Figura 55

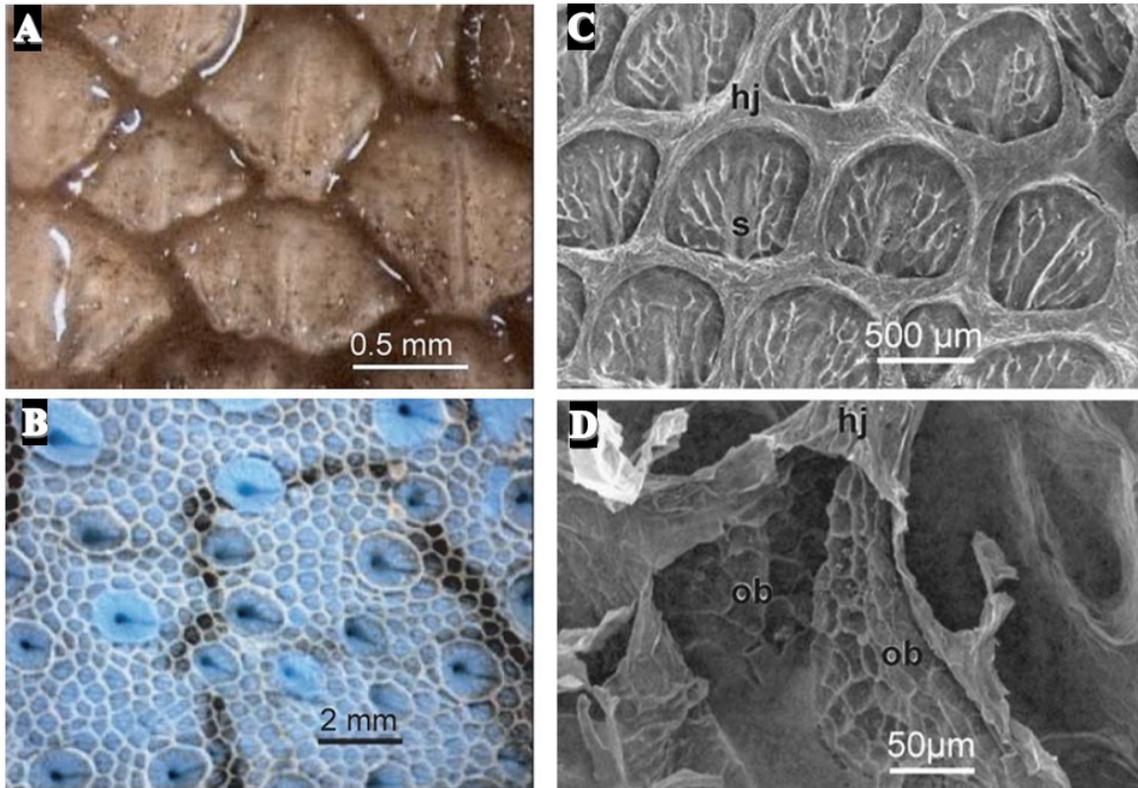
Morfología de la piel del Moloch horridus, se pueden ver los canales capilares entre las escamas hexagonales y la superposición de escamas.



Nota: Morfología de la piel de Moloch horridus con canales capilares entre las escamas. (a) Topografía de escala dorsal por imágenes SEM. (b) Superposición de escamas dorsales. (c) Lado interior de exuvia ventral. La longitud de los capilares (barra blanca) se determinó como la distancia media entre los puntos de intersección con otros dos capilares (centro geométrico de un círculo (aquí: círculo negro) colocado en el área de intersección). (d) Esquema de estructura de red capilar hexagonal. Se indican los valores para el modelado; paso p , radio de escala s , ancho del canal w . Fuente: Royal Society, Fotografía de: Comanns P, Esser FJ. et al. 2017. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.170591>

Figura 56

Morfología funcional de bisagras de escamas utilizadas para transportar agua: adaptaciones convergentes para beber en lagartijas del desierto (Moloch horridus).



espinas ventrales que muestra la red interconectada de las bisagras de las escamas (blanco). C y D Un SEM (Scanning electron microscope) de la superficie media de la epidermis de la escama ventral (capa) que muestra el soporte de refuerzo dendrítico interior de cada escama (s) y las interconexiones que definen la escama de las bisagras de la escama. Fuente: (Sherbrooke, 2007)

Variables del panel

Las variables del PB son elementos funcionales preponderantes en el desarrollo del panel, cada uno se define visualizando factores y pensando en extraer la información biomimética; a su vez, que en la realidad sea manejable por individuos comunes, que se adapte y permita flexibilizar costos lo mejor posible.

Estructura portante. Debe ser ligera, que no produzca un sobrepeso en la estructura de la cubierta de la casa y sea fácil de adaptar a la vivienda, así mismo que sea de fácil instalación.

Tomando en cuenta que el peso del Moloch es muy ligero (ver información figura 52), se relaciona al mismo tiempo este factor con el de la estructura base del PB que es la del panel

horizontal, ya que esta estará dando cobertura a la cubierta, como lo fuera una *escama* del diablo espinoso (ver figura 55, (a) y (b)), el panel vertical es más ligero, ya que cae de la cubierta.

Resistencia de materiales. La resistencia de los materiales es un factor de suma importancia, ya que esto influye directamente en el costo/beneficio, pero más con respecto a su funcionalidad diaria.

El diablo espinoso pertenece a un área con clima extremo, como lo son las zonas desérticas, esto implica que su piel sea muy resistente a las inclemencias del clima que le toca soportar, con una especie de armadura de escamas, como lo son la mayoría de los reptiles según su taxonomía, que pertenecen al orden Squamata (escamosos) (GBIF, 2022).

Dimensiones de superficie de captación. Debe cumplir con el promedio de agua, a la que va a dar cobertura, según el promedio de uso por persona, el cual se multiplica por la cantidad de personas en la vivienda.

Las referencias adecuadas se manejan en función y forma. El ideal más manipulable se encuentra en unas dimensiones que puedan manejar un mínimo de dos personas en su manipulación, en su ensamblaje, lo puede manejar una sola persona, pero a eso se debe que sean dimensiones mínimas como prototipo, de 3m x 2.5m, equivalentes a 7.5m². Esta se puede ampliar modularmente a 65 cm a lo largo y 80 cm a lo ancho. Esa variable cambia entonces a 3.80m x 3.15m, que equivale a 11.97 m², una tercera opción es ampliar a 4.60m x 3.80m igual a 17.48m².

Si se aplican las fórmulas de cálculo de desagüe pluvial o simplemente se calcula el promedio de agua por recolectar de acuerdo con el área que se usará para dicho fin, se logra establecer el promedio de agua que se recolectará y, por ende, obtener qué cobertura puede tener sobre los usos domésticos que se le dé que no requieren de agua potable.

Por medio de una calculadora (Apéndice 1) que posee el sitio web RUVIVAL, el cual produce el material en la Universidad Tecnológica de Hamburgo, se hace el cálculo usando el dato de la precipitación anual y el área de la zona de captación (RUVIVAL, 2022). La otra forma de calcular sería por medio de la Norma para el cálculo de las tuberías de desagüe pluvial, del artículo 8.7 del Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias del CFIA (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos), de la cual se toma tanto la fórmula de cálculo como el coeficiente de escorrentía.

Figura 57

Método racional de la Norma para el cálculo de las tuberías de desagüe pluvial

$$Q = \frac{C \times i \times A}{3600}$$

En donde,

Q=caudal de diseño de la tubería, bajante o canal de desagüe (l/s).

i=intensidad de la lluvia (mm/hora).

A=área de drenaje tributaria (m²).

C=coeficiente de escorrentía superficial (adimensional).

Fuente: Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias, CFIA, 2017.

Figura 58

Coeficientes de escorrentía en la fórmula racional

Tipo de área o zona	C
Comercial céntrico	0,70 a 0,95
Comercial periférico	0,50 a 0,70
Oficinas comerciales	0,50 a 0,70
Industrial espaciada	0,50 a 0,80
Industrial densa	0,60 a 0,90
Residencial unifamiliares	0,30 a 0,50
Residencial multifamiliar espaciada	0,40 a 0,60
Residencial multifamiliar densa	0,60 a 0,75
Residencial semiurbana	0,25 a 0,40
Deportivas	0,20 a 0,35
Parques	0,20 a 0,35
Estaciones ferrocarril	0,20 a 0,40
Condominios	0,40 a 0,60
Apartamentos	0,60 a 0,80
Cementerios	0,20 a 0,35

Fuente: Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias, CFIA, 2017.

Para cada una de las dimensiones de captación, se generan los siguientes datos.

Figura 59

Cuadro o tabla de datos que muestra, según las dimensiones de área de captación del P.B

TABLA DE DIMENSIONES PROTOTIPO Y RECOLECCIÓN DE AGUA ANUAL											
DIMENSIONES Y ÁREA M2	CÁLCULO POR ÁREA Y PRECIPITACIÓN ANUAL (CALCULADORA RUVIVAL)				NORMA PARA EL CÁLCULO DE LAS TUBERÍAS DE DESAGÜE PLUVIAL					VALOR DEL AGUA	
	CARIBE NORTE /		CARIBE SUR		ZONA DEL CARIBE TOTAL					VALOR DEL AGUA EN €	ALGUNOS DATOS
	M3	Litros	M3	Litros	Fórmula $Q=C*i*A/3600$ L= Litros Q= Caudal C= 0.50 i = 10mm A= área						
					L/seg	L/hr	L/día	L/mes 30 días	L/año		
3m x 2.5m = 7.5m ²	33.750	33750.000	22.500	22500.000	0,010	37,5	864	25.920	311.040	€206.530.560	AYA VALOR DEL LITRO DE AGUA €664 EN 2019
3.80m x 3.15m = 11.97m ²	53.865	53865.000	35.910	35910.000	0,016	59,85	1436,4	43.092	517.104	€343.357.056	AYA TARIFA FIJA €2.000
4.60m x 3.80m = 17.48m ²	78.660	78660.000	78.660	78660.000	0,024	87,4	2097,6	62.928	765.624	€508.374.336	ASADA TARIFA FIJA €1.200

* PRECIPITACIÓN, IMN, ANUAL

MÁXIMA CARIBE NORTE 4500 MM
MÁXIMA CARIBE SUR 3000MM

* FUENTE: FÓRMULA DEL CÓDIGO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS. ARTÍCULO 8.7, SE USAN EL COEFICIENTE MAS ALTO Y LA INTENSIDAD MAS ALTA

FUENTE: AYA Y ARESEP

Fuente: elaboración propia 2022.

Adaptación al clima. Esta característica de los materiales está directamente relacionada a los elementos climáticos. La zona tiene varios elementos climáticos por considerar:

- Lluvia
- Humedad
- Radiación solar (Temperatura)
- Salinidad (en las partes costeras)
- Viento
- Insectos (Termitas)

Se consideraron varios materiales que primero cumplan con este rubro. También es necesario que se considere de manera balanceada con respecto a su valor económico, porque hay muchos materiales que lo cumplen, pero son de costos elevados. Esto se desarrolla más en la sección de materialidad. El diablo espinoso vive en una zona de climas extremos, por lo que es una característica que debe venir implícita en el desarrollo del PB.

Los materiales seleccionados cumplen sin problemas este aspecto; madera plástica, aluminio y lona PVC tienen como característica una durabilidad más amplia de los 20 años que se tiene como parámetro base.

Relación con la identidad cultural. Los materiales más típicos de la provincia anteriormente eran madera y zinc para la cubierta, principalmente. También porque son materiales más adaptables a la gran humedad y altas temperaturas del Caribe. En tiempos más modernos, al igual que en el resto del país, se utiliza concreto/mampostería y, de igual manera, cubierta de zinc. Otro de los elementos que se consideran parte de este tema son los colores, debería poder combinarse la mayoría con las tonalidades de colores de lona que estén disponibles. La idea siempre es combinar colores con los de la vivienda, aunque eso es un aspecto más estético que funcional, pero entra en un rubro que se debe trabajar con sutileza para que integralmente se cumpla con esa característica.

Vida útil. Esta debe ser extendida, pero, según los materiales por utilizar, se debe analizar cómo montar una base de material con una vida útil al menos de 20 años, en un mínimo de 60% - 75% de su totalidad. Se puede mejorar ese porcentaje, pero como se mencionó anteriormente, se necesita balancear el costo/vida útil.

Costo. El costo es un rubro muy importante, ya que debe hacer equilibrio con el resto de las variables. Los materiales deben elegirse de acuerdo con los factores más aptos tomando en cuenta el costo/factores funcionales.

Para este equilibrio, se pueden hacer varias combinaciones de materiales, habrá varias versiones del PB según estos, o sea, materiales versus costo, así se puede determinar también otro rubro que es el de durabilidad.

Los costos de los materiales se manejan en función de la durabilidad, se hicieron consideraciones con otros similares y, en este caso, se definieron: aluminio, madera plástica y lona PVC, para la construcción del PB. Ver figura 62.

Usos del agua no potable. Los usos del agua no potable son importantes en términos del gasto económico del recurso, como se ilustra en la figura 4. Según datos del AyA(Consumo y uso del agua), cada persona consume por día 180 litros aproximadamente en las diferentes actividades cotidianas, de esos 180 litros, todo es agua potable, de la cual se puede retirar los usos en los que no es necesaria y a esa cantidad sumarle otras más que también son domésticas y que generalmente consumen bastante más agua, ya sea por el tamaño, el área y como siempre por malas costumbres

y poca consciencia a la hora de utilizarla. Los siguientes datos son importantes para entender por qué es necesario dejar el comportamiento de gasto desmedido del agua y lo que representa económicamente.

Figura 60

Consumo de agua no potable y su valor en colones, cantidades y montos aproximados.

CONSUMO DE AGUA NO POTABLE Y COSTO ECONÓMICO			
ACTIVIDAD	CANTIDAD DE LITROS, USADOS O PERDIDOS	COSTO EN COLONES	DETALLE
LAVADO DE AUTOMÓVIL	LAVADO CON MANGUERA 350L - 500L LAVADO CON CUBETA 50L	€232.400 - €332.000 €33.200	€664 VALOR DEL LITRO EN 2019
RIEGO DE JARDÍN	10L/M2	€6.640/M2	
SERVICIO SANITARIO(3 JALADAS/DÍA)	30L	€19.920/DÍA	
FUGAS (AVERÍAS, TOMAS ILEGALES,)	50L DE C/100L RECOLECTADOS	€33200 DE C/100L RECOLECTADS	

* Datos aproximados Fuente: AYA, OMS, crhoy, ECODES

Nota: Los datos se obtuvieron de distintas fuentes AYA, OMS crhoy.com y ECODES. Fuente: elaboración propia, 2022.

Factores funcionales.

Durabilidad. Debe ser uno de los puntos principales para tener una funcionalidad y bajar el mantenimiento, mínimo 20 años de vida útil. Los materiales más duraderos se seleccionaron porque la relación costo beneficio es la mejor opción para evitar problemáticas de mantenimiento o remplazo de piezas y asegurar un funcionamiento a largo plazo sin deficiencias.

En este caso, entonces, luego de evaluar los distintos materiales propuestos, se eligió la madera plástica que tiene una propiedad de resistencia de hasta 150 años (UPB, 2018). El otro material principal es el aluminio, que puede resistir hasta 200 años y, por último, la lona PVC, la cual, al ser un derivado de los plásticos, adquiere su misma característica de durabilidad, hasta 500 años en degradarse (Telaspvc.cl, 2019).

Resistencia a la humedad. Característica importante en conjunto con durabilidad, asegura funcionalidad óptima. En el caso de la madera plástica, la lona PVC y el aluminio, no tienen ninguno problemas con la humedad. Ver figura 63.

Resistencia a radiación del sol. Esta característica asegura la estabilidad de la dimensionalidad. Los materiales usados para el proyecto son 100% resistentes a la radiación UV. Dentro de las características de los materiales seleccionados para el proyecto, esta es un factor que cumplen a cabalidad.

Estabilidad dimensional. Es un factor que podría afectar la funcionalidad regular, ya que la zona presenta alta humedad. El material utilizado para la construcción del panel, la madera plástica y la lona tienen una estabilidad dimensional muy alta casi al 100%, con lo que se asegura que no se deforme el panel.

Resiste insectos y hongos. Este factor es importante, ya que podría afectar la forma y función. En este caso, cada material considerado ya cumple con este rubro, para evitar cambios de piezas a corto plazo. En el Caribe y todo el país, al ser tropical, el factor humedad produce hongos y degradación; por otro lado, se encuentra el factor de la fauna, específicamente las termitas.

Factor sostenible. Valoración de su ciclo sostenible versus reutilización, también los desechos que genera desde su fabricación, Por eso, algunos de los materiales son usados por su modulación de fábrica, por ejemplo, las maderas sean plásticas o naturales, estas ya tienen dimensiones establecidas por el fabricante, lo que se toma en cuenta para evitar el desperdicio.

Mantenimiento. Debido a que estaría en una parte poco frecuentada de la vivienda, importa que no sea de alto mantenimiento. Los materiales considerados no poseen gran tiempo de mantenimiento ni de cambio a corto plazo. Por su parte, los materiales utilizados requieren muy bajo mantenimiento, aún con las inclemencias del tiempo/clima que se dan en la zona Caribe.

Ambientales. compatibilidad con el ambiente y ciclo de sostenibilidad Los materiales por utilizar, desde la concepción, deben tener procesos más ambientales/ecológicos, así como generar un impacto visual significativo. Sin embargo, los materiales más ecológicos tienen menor durabilidad de la que se necesita, por lo que se recurre a utilizar materiales tradicionales en general. En este caso, el enfoque es que el material de fábrica venga con ese factor y que, al construir el panel, se desperdicie lo menos posible el material implementado en la construcción.

Constructivas. En cuanto a la autoconstrucción, entre dos personas como mínimo, según un informe de manipulación de cargas de la Universidad de Málaga, de su Departamento de riesgos

laborales, una persona tiene una ideal manipulación manual de la carga, en general, de unos 25 kilos; si es una persona sana, sin ningún inconveniente muscular u ortopédico, puede levantar hasta 40 kilos. Así mismo, personas que tienen un entrenamiento para ese fin, pero no debe ser algo que se repita constantemente, debe ser algo eventual, esto representa una excepción a nivel general (SEPRUMA, 2006).

Lo ideal es que sea algo que se pueda crear de forma sencilla sin generar problemas con la parte funcional, ya que también depende de lo que permitan las capacidades de sus materiales y sus dimensiones, aspecto que influirá definitivamente con cuán relativamente fácil será tanto su construcción como instalación. Por eso se determinó que las formas no sean complicadas para no complicar el diseño y que no sea difícil la manipulación, todo es ajustable y construible sin ninguna experiencia ni tener conocimientos especializados.

De materialidad. Definición de materiales según lo desarrollado en la parte de vegetación y fauna, enfocado en materiales existentes en el mercado local o que no sea necesario su importación, ya que eso encarecería los costos de estos y, a su vez, el PB en general.

La definición de los materiales tiene que ver directamente con las inclemencias del clima de la zona caribeña, factores como la radiación solar, humedad, salinidad en el caso de la parte costera de la provincia y dureza del agua son parte de la cotidianeidad de las zonas. Es importante que todos esos factores se puedan cubrir en un buen porcentaje, ya que de eso depende que el panel biomimético logre cumplir con los elementos de función, forma, durabilidad y costo.

Los materiales considerados también deben tomar el factor del peso, los elegidos son los siguientes:

- Madera para exteriores (teca, pino)
- Madera plástica (*deck* plástico)
- Aluminio (platina, tornillos, manijas)
- Hierro (platina, tornillos, manijas)
- Lona (Polietileno (PE) y Policloruro de vinilo (PVC))
- Hule

Figura 61

Características deseables de los materiales



Fuente: elaboración propia, 2022.

Peso del material. Debido a que el peso es importante por considerar en términos de los aspectos generales del PB y porque es implementado sobre la cubierta de la vivienda, donde los materiales de construcción más recurrentemente utilizados en la zona del Caribe son, en la parte estructural, la madera y con el zinc de material que cubre la estructura; este último puede variar en varios calibres de la lámina. Por lo que es importante una buena consideración del peso de los materiales para la construcción del PB. En la figura 62, se hace una referencia de los materiales seleccionados con su peso aproximado, así como su cálculo total.

Variables complementarias. Esta variable consiste simplemente en los posibles elementos complementarios para que el panel funcione mejor y queda a consideración del usuario completamente. Primero están los almacenamientos que serían opciones de tanques que variarían dependiendo del tamaño del número de usuarios que habitarán la vivienda. Los hay para uso subterráneo, uso sobre cubierta o alguna estructura y una forma muy ecoamigable como lo es el Ekomuro H₂O. El segundo complemento es la forma en que se desea impulsar el agua recolectada, que en un principio puede ser simplemente por gravedad, pero, si se desea transportar a otros sitios

de la casa, será necesario un traslado mediante una fuerza de impulso, se habla de bombas eléctricas, bombas hidroneumáticas, o bien bombas que no requieren energía como las anteriores, como lo son las bombas de golpe de ariete.

Figura 62

Opciones de almacenamiento y de bombeo.



OPCIONES DE ALMACENAMIENTO



OPCIONES DE BOMBEO

Fuente: imágenes de EPA.com, Ecotank.com, Total.com, Solo Stocks.cl.

Cuadros comparativos

Los cuadros comparativos son una herramienta que funciona como elementos para el mejor entendimiento de la información

Figura 63

Cuadro de peso de materiales y costo total

CUADRO DE PESO DE LOS MATERIALES Y COSTO TOTAL						
MATERIAL	PESO	MEDIDAS	TOTAL EN m-m2 o kg	PESO TOTAL DE LA PARTE	COSTO TOTAL	
PARTES DEL PANEL POR MATERIAL	DECK PLASTICO	6.7kg/Unidad de 2.90m	MARCO PH 2x2.5m + 2x3.95m PATAS PH 2x1.15m+ 4x45cm	17m	113kg	¢134.880
	ALUMINIO (BARRAS/PLATNAS/TORNILLOS MANIJAS TUBO)	BARRAS 10MM 0,212 kg/m PLATINAS 0,324 Kg/m TORNILLOS MANIJAS 1Kg TUBOS 40MM 0,553 Kg/m	16x0.80m 9x3m + 9 x 2.5m 14 tornillos 6 manijas 5 x 3.35m	12.8m 49.5m 1kg 16.75m	29kg	¢519.680
	LONA PVC (POLICLORURO DE VINILO)	1.3 kg /m2	PH 3.15 m x 2.65m = 8.34m2 PV 3.25m x 3.20m+1m amarres Total Conos 14.60m2	34.34m2	44,642kg	¢391.000
	MALLA ATRAPA NIEBLA	0,08kg	4.2X5M	0,08kg	0,08kg	¢15267,32
	* PRECIOS Y MEDIDAS CON CÁLCULO APROXIMADO, PRECIOS RECOPIADOS CON FABRICANTE, TORNILLOS Y MANIJAS SE HIZO CÁLCULO EMPÍRICO				186,72kg	¢1.072.448

Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 64

Cuadro comparativo de los posibles materiales por utilizar

CUADRO COMPARATIVO DE MATERIALES BASE										
CARACTERÍSTICA MATERIAL	DURABILIDAD	RESISTENCIA AL AGUA Y/O HUMEDAD	RESISTENCIA A LA RADIACIÓN SOLAR	RETARDANTE AL FUEGO	ESTABILIDAD DIMENSIONAL	RESISTE INSECTOS Y HONGOS	FACTOR SOSTENIBLE	MANTENIMIENTO	COSTO	☆☆☆☆
DECK O MADERA PLÁSTICA	3	3	3	3	3	3	1	3	2	☆☆☆☆
ALUMINIO (BARRAS/PLATNAS /TORNILLOS)	3	3	3	3	3	3	1	3	1	☆☆☆☆
LONA PVC (POLICLORURO DE VINILO)	3	3	3	3	3	3	1	3	3	☆☆☆☆
MADERA TECA	2	1	1	1	1	1	1	1	1	☆☆
HIERRO (BARRAS/PLATNAS /TORNILLOS)	3	1	3	3	3	3	1	2	2	☆☆☆☆
LONA PE (POLIETILENO)	2	3	2	1	2	3	1	3	3	☆☆

* Criterios ponderados del 1 al 3, 1 valor mas bajo y 3 el valor mas alto

Fuente: elaboración propia, 2022.

Análisis interpretativo del producto

El análisis de acuerdo con los cuadros comparativos revela que es, principalmente, entre los materiales, el peso y sus rendimientos que se debe dar mejor enfoque; fuera de las variables y características de los materiales, las posibilidades y variables cambiarán dependiendo de la calidad y resistencia de los materiales. Se puede tener varias gamas del PB, precisamente, según se elijan los materiales, así como variará su peso, el cual es otro rubro que se deberá considerar en las conclusiones, respecto a su construcción, manipulación e instalación.

Para dar mejor accesibilidad al usuario de este panel biomimético, siempre será una de las prioridades la durabilidad, con el fin de asegurar que funcione por más tiempo y su uso se pueda dar tanto en viviendas regulares como en viviendas productivas y zonas donde se requiera.

Desarrollo de la idea

Concepto arquitectónico

Arquetipos, idea generadora. Croquis / Sketches/Maqueta explorativa.

De acuerdo con los elementos que el sujeto de referencia brinda, se desarrollan algunos *sketches* de lo que se puede incorporar al PB y que pueda funcionar para el trabajo de la recolección de agua de lluvia. Es importante decir que es un tanto difícil separar las similitudes de un SCALL tradicional, con los elementos formales del sujeto de referencia, esto es bastante bien explicado y definido por Benyus, hablando sobre los niveles o escalas de aplicación, de formas, procesos y sistemas (López, 2017, como se citó en Benyus, 2002).

Por otro lado, también se explora el diseño por medio de maqueta, para percibir las dimensiones del PB, esto planteándolo en una cubierta, para cubrir las posibles variables. El diseño junta tres factores elementales:

Figura 65

Diagrama de idea generadora



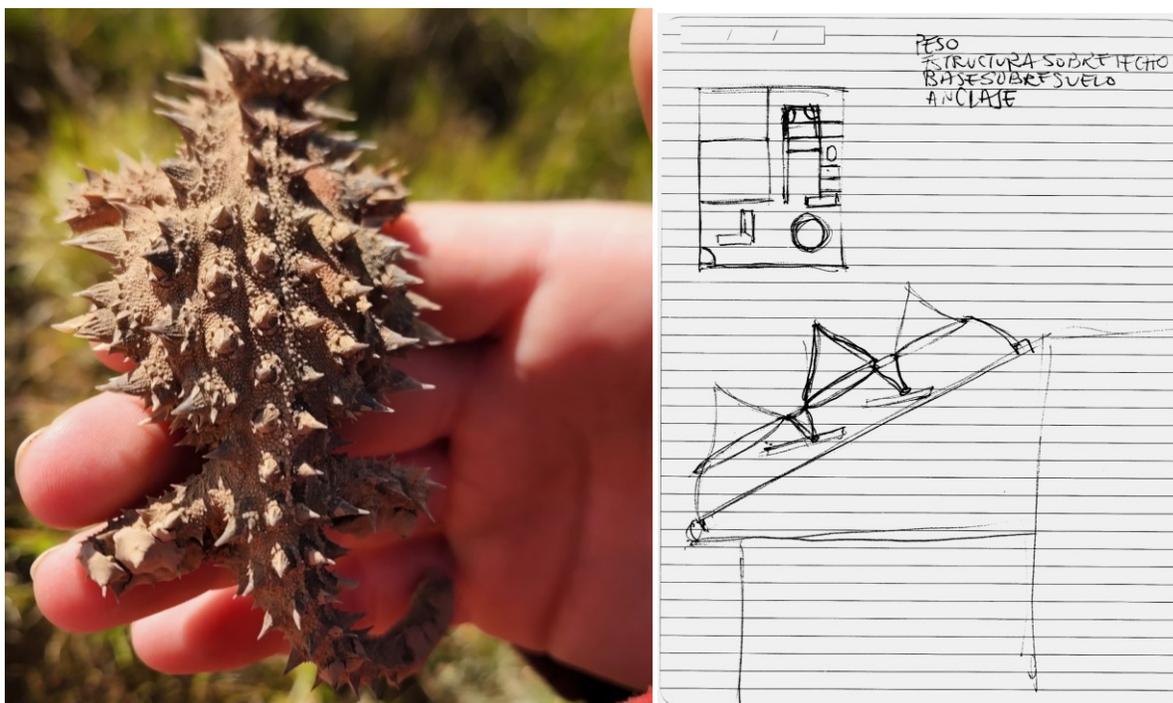
Fuente: elaboración propia, 2022.

La combinación de estos factores, más las características específicas definidas en tres subfactores más, son los que comienzan a darle forma al diseño y lo articulan para obtener el resultado que se busca en los objetivos del proyecto. Del elemento biomimético se extrajeron algunas características que se consideraron representativas y funcionales para la recolección de agua de lluvia.

Primero, se toma la referencia conspicua del diablo espinoso, que son las espinas en toda la piel de su cuerpo; el cual, por su tamaño y su hábitat, es propenso a muchos depredadores. Al ser un diseño de una piel lo que se pretende desarrollar, se utiliza ese elemento como punto de partida.

Figura 66

Espinas del Moloch Horridus “Diablo Espinoso” y primer acercamiento al diseño

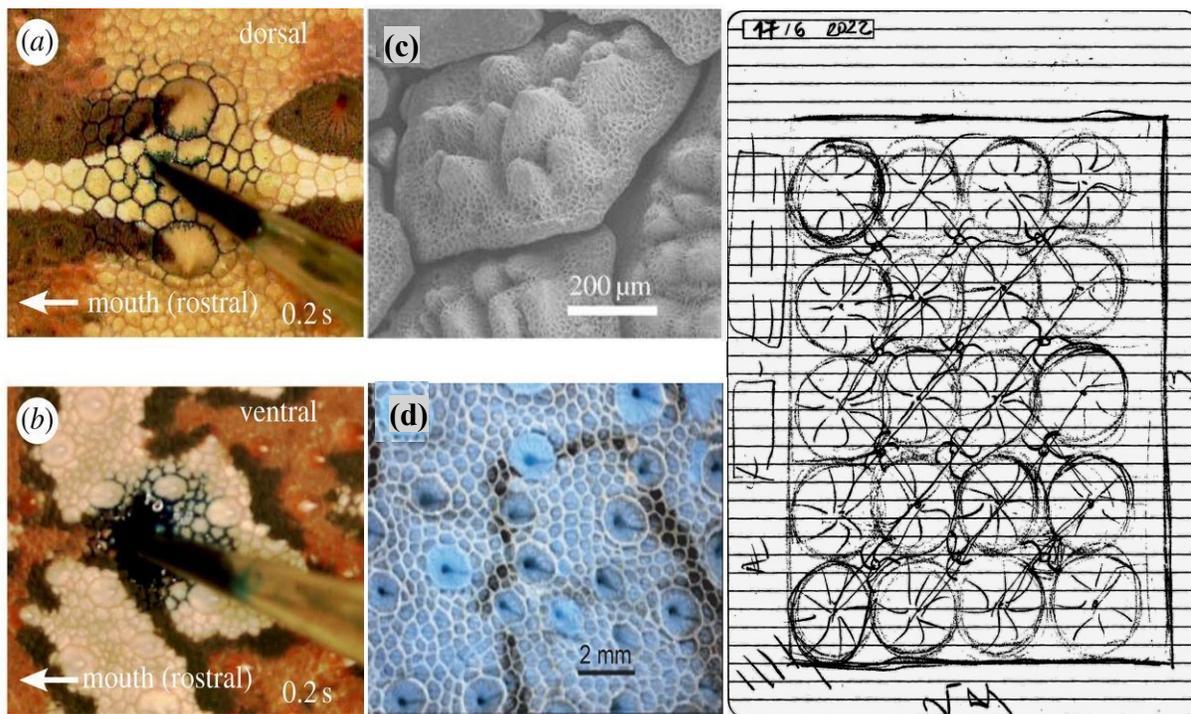


Fuente: Imagen de <https://ecuador.inaturalist.org/> / Sketch elaboración propia, 2022

Esto deriva en algo particular en la piel del *Moloch Horridus*, que se puede apreciar detalladamente y que es parte de su característica especial, donde sus vasos capilares funcionan como transportadores del agua que recolectan del suelo, del ambiente en forma de humedad o bien agua que cae directamente sobre su piel; de esta forma transporta ese recurso directamente hasta su boca para poder hidratarse.

Figura 67

Capilaridad del Moloch Horridus



Nota: En la imagen se puede visualizar su transporte capilar (a) y (b) y en la (c) las escamas espinosas y en la (d), la red de canales y una especie de poros Fuente: Royal Society, 2017/ Sherbrook, 2007/ Sketch elaboración propia, 2022.

La idea de utilizar ese esquema de la piel (d) permite hacer del panel funcional, similar a la piel de diablo espinoso, solo que con el elemento de la gravedad a favor, para emular el movimiento capilar del animal.

Otro detalle importante es que, en la imagen (c), se visualiza la escama del Moloch, con esto el panel se convierte en una especie de escama, lo cual define de cierta manera la estructura base para el diseño; como ya se ha mencionado antes, hay varios otros factores por tomar en cuenta que derivan para que el diseño sea de la forma que se ve en el sketch, estableciendo un área para poder obtener de ahí la cobertura al volumen de agua que se proyecta por persona por día. Sin embargo, existen variables que están descritas en la sección **Dimensiones de superficie de captación**, donde se desglosan las posibilidades en cuanto al tamaño del panel (Ver figura 59).

Figura 68

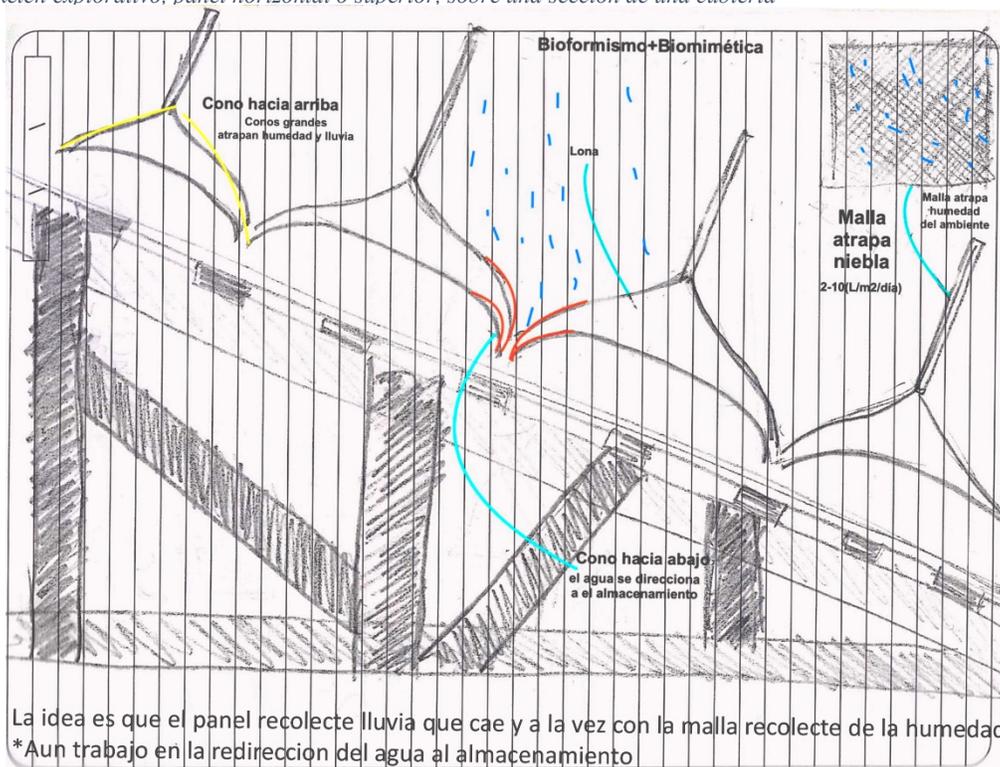
Maqueta de una de las secciones del panel



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 69

Sketch explorativo, panel horizontal o superior, sobre una sección de una cubierta



Nota: Explicación de las ideas planteadas, posibilidades, se agrega una característica del Moloch Horridus, la posibilidad de capturar la humedad del ambiente, esto por medio de malla atrapa niebla, que se ubicaría sobre los conos/espinas, la malla atrapa niebla puede recolectar entre 2 a 10 litros de agua por metro cuadrado al día.

Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 70

Maqueta explorativa panel horizontal o superior, sobre una sección de una cubierta

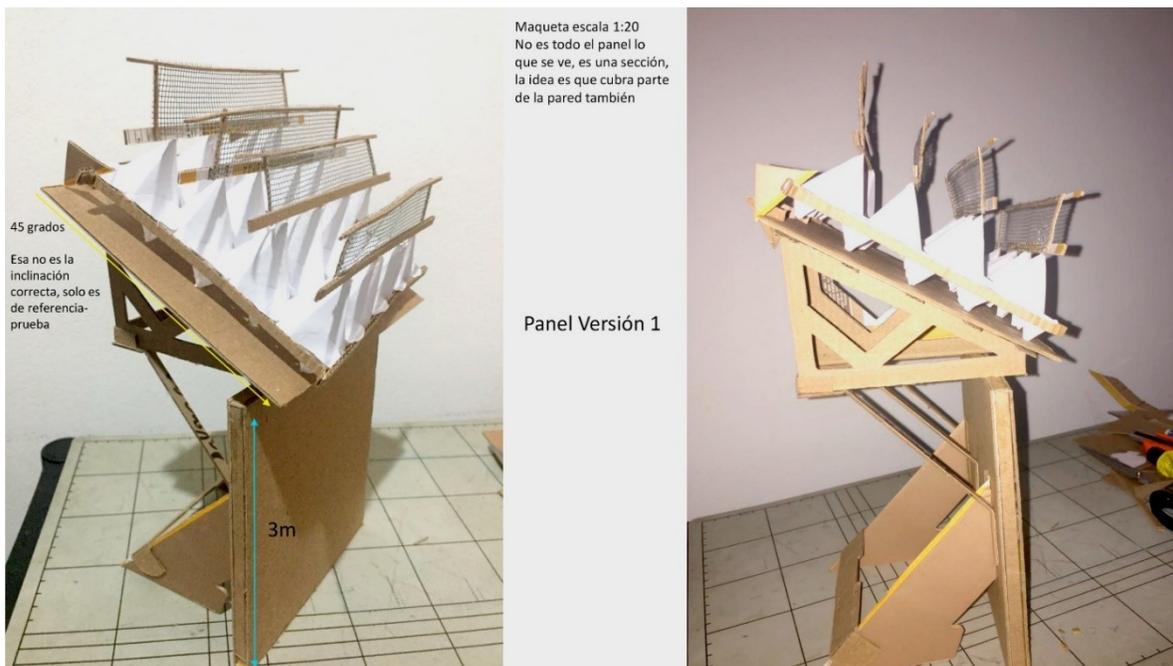
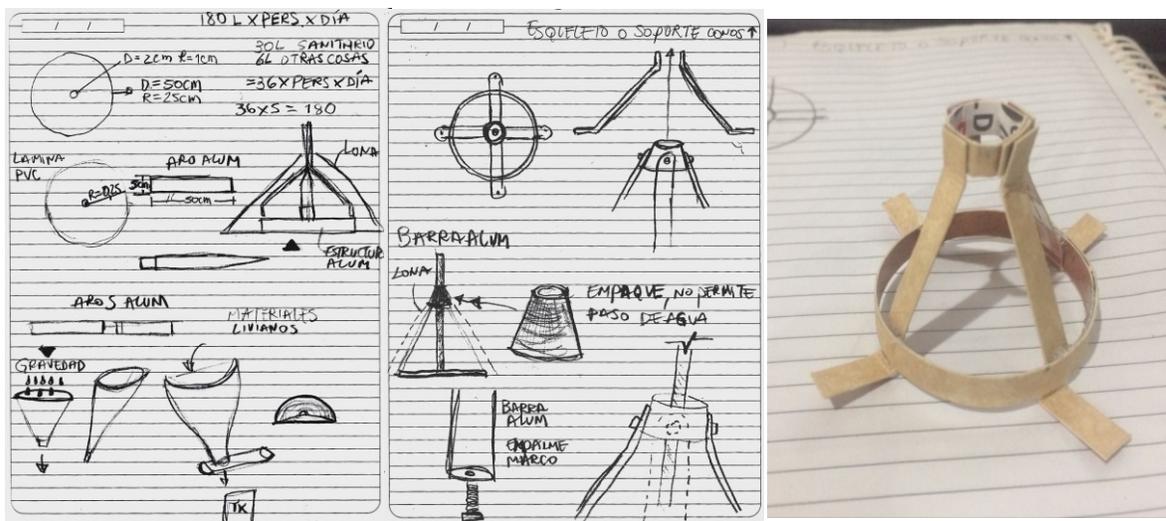


Figura 71

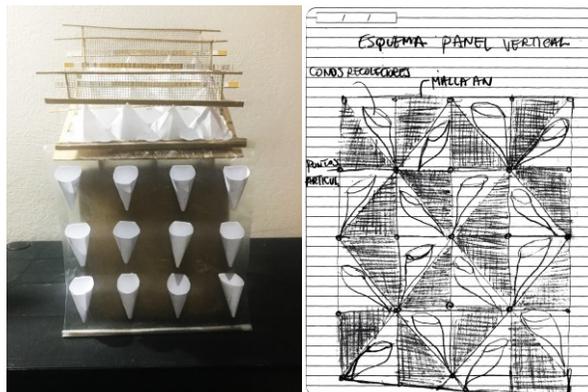
Exploración del diseño de las espinas/conos ▲



Nota: Se desarrolla una estructura para los conos que tienen orientación hacia arriba, ya que el material que lo cubre debe ser liviano y flexible, con lo que por gravedad no tendrían una forma estable. En cambio, los conos que van con orientación hacia abajo no lo requieren porque están a favor de gravedad. Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 72

Panel vertical, versión 1 y versión 2



Nota: En la imagen se desarrolla la otra parte del panel de una manera simple, lisa y con un ordenamiento de los conos sobre esa superficie por cuadrante, se diría que es la versión 1. En el sketch, se desarrollaría una versión 2, cada cuadrante se dividiría diagonalmente formando un triángulo, uno lleva el cono recolector, el otro una malla atrapa niebla

Figura 73

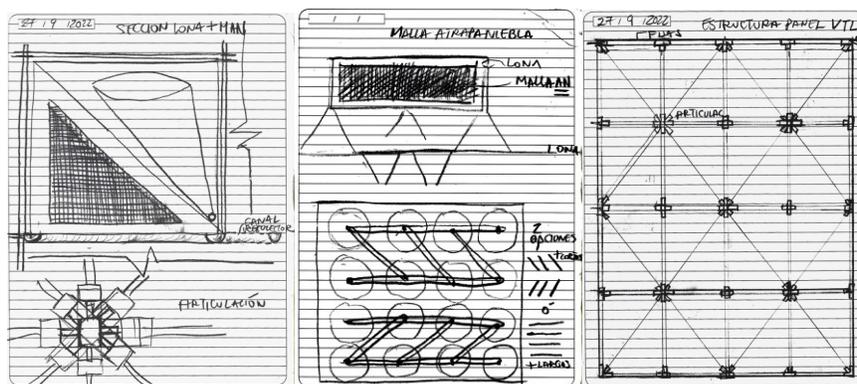
PB en su versión 1



Nota: Versión 1, primero solo el panel horizontal o sobre cubierta y se añade el panel vertical con una caída simple y ordenamiento de los conos recolectores ordenados también de una manera simple sobre su superficie plana. Fuente: elaboración propia. (2022)

Figura 74

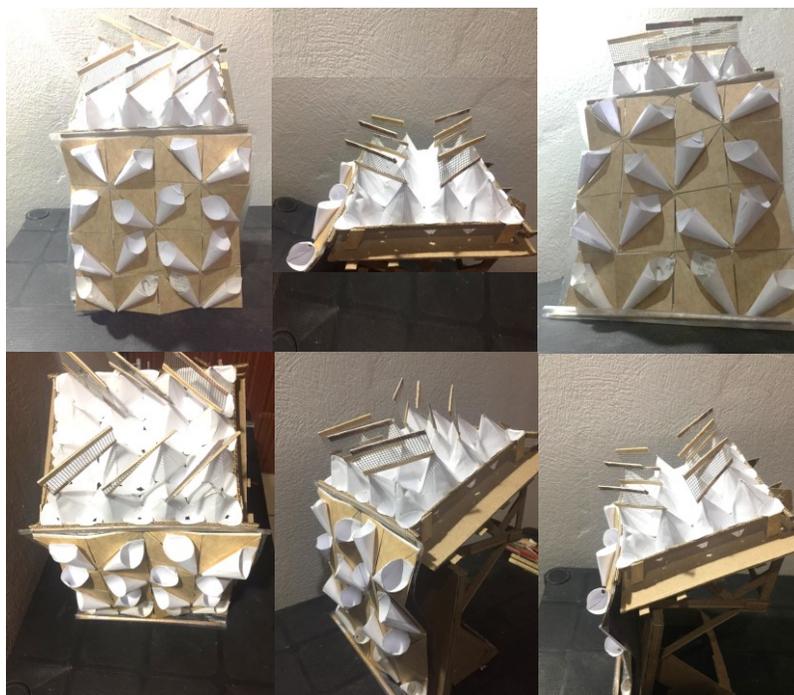
Desarrollo de la idea del panel vertical



Nota: Se detalla cada cuadrante, el posicionamiento de paneles en vertical de malla atrapa niebla sobre los conos orientados hacia arriba y la estructura flexible del panel vertical. Fuente: elaboración propia (2022).

Figura 75

PB en su versión 2

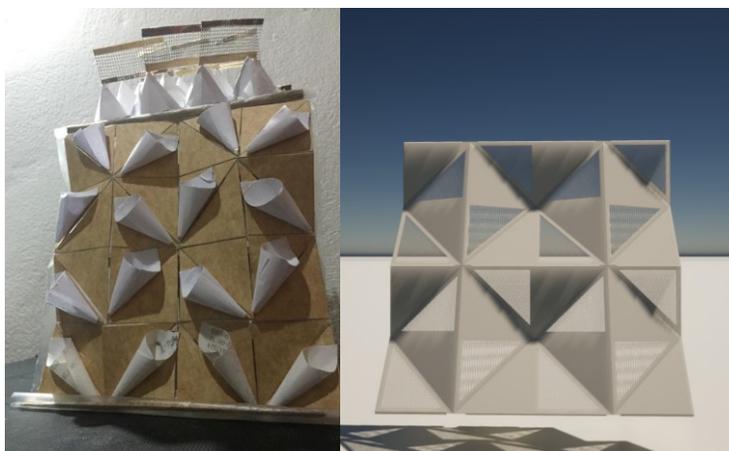


Nota: Versión 2, modificación en la malla atrapa niebla, de ser solo lineal a ser en diagonal, secciones más cortas que las anteriores. El panel vertical sufre una modificación en la superficie de su área, de una caída y ordenamiento simple, ahora a una superficie en relieve en triángulos, así como los conos recolectores se manejan ahora en una posición diagonal sobre su superficie plana de la sesión triangular. Fuente: Elaboración propia (2022).

El panel vertical se desarrolló como una segunda sección del PB, este tiene caída de la cubierta, unido por un eje móvil que tiene el panel horizontal, lo cual significa que está emulando dos situaciones relacionadas al *Moloch Horridus*. Por una parte, el panel vertical tendrá una estructura o armazón flexible, que le permite estar totalmente liso, o bien puede crear, por medio de sus secciones triangulares, formas que imiten la piel del diablo espinoso generando una especie de espinas, aunque no tan pronunciadas. La intención es que la lluvia que venga de cualquier dirección se pueda recolectar, ya sea por la parte del panel que posea el cono recolector, o bien que tenga la malla atrapa niebla.

Figura 76

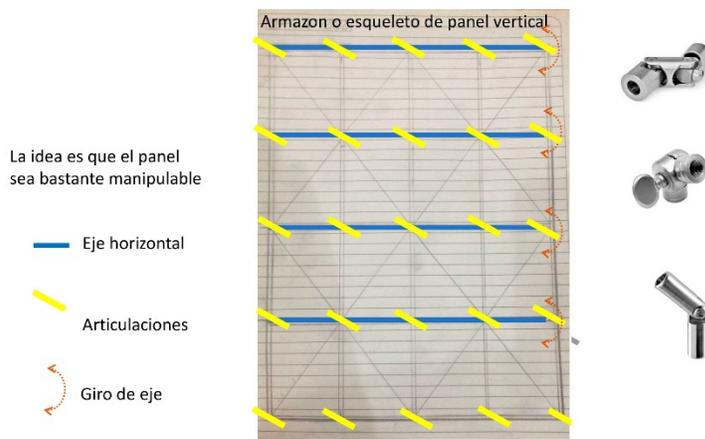
Representación del panel vertical



Fuente: Maqueta explorativa / Vista digital del panel vertical, elaboración propia, 2022.

Figura 77

Esquema de funcionamiento de la estructura flexible del panel vertical



Nota: Estructura está compuesta por cinco ejes fijos, abarcan el ancho del panel, cada unión de triángulos se une por articulaciones flexibles, estas se pueden fijar para darle la apariencia de relieve. Fuente: elaboración propia (2022).

Programa, zonificación y diagramación

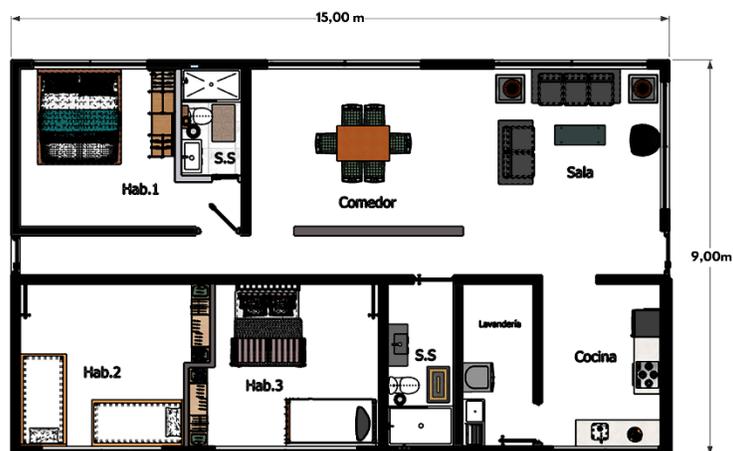
Programa arquitectónico. De acuerdo con los parámetros de vivienda que se ha podido generar por medio de la información del INEC, se podría decir que, al tener una familia promedio de entre 3 a 5 personas por vivienda, ya que de 5 personas o más se denota una disminución de casos con ese factor, se determina que lo ideal sería basarse en el promedio más frecuente que es 4 personas. Teniendo como media de ese promedio los 4 ocupantes, se considera que el programa arquitectónico de una vivienda en la zona Caribe podría constar de los siguientes elementos, mostrados, a continuación:

- Sala
- Comedor
- Cocina
- Servicio sanitario
- Espacio de lavandería
- Tres habitaciones

Esta es una visión de una casa tipo donde se instalaría el PB, donde se toma en cuenta los datos del AyA, los cuales establecen que por persona por día se mantiene un promedio de consumo de 180 litros de agua en las diferentes actividades diarias más comunes (ver figura 4). Esto sirve como elemento básico para determinar la cantidad de agua que se debe recolectar para el consumo en las otras actividades que no requieren necesariamente de agua potable para cumplir con el cometido.

Figura 78

Planta de una casa tipo donde se proyecta la utilización del PB.



Fuente: elaboración propia, 2022.

Este análisis es basado en un promedio y en tener como base el mayor gasto posible que producen los ocupantes, tomando en cuenta que la configuración de las viviendas cuenta con esos elementos que la conforman regularmente. Es importante aclarar que el diseño de la distribución de la planta arquitectónica de la casa tipo no establece ningún parámetro, ya que este es un factor que puede variar mucho de casa a casa y no determina si se puede o no instalar el PB en una u otra vivienda, según su estilo de planta de distribución.

Matriz de relaciones. Un elemento que sí se resalta como ideal es que, de ser posible, se aplique la incorporación del PB en nuevas viviendas (a parte de las ya construidas) sobre el núcleo húmedo de la casa, concentrando así todo elemento de la casa que se relacione con el uso del recurso del agua, de una u otra forma, en un mismo lugar. Esto representa un enlace lógico, además, conlleva algunos beneficios en cuanto a eficiencia del traslado del agua que se está recolectando con el PB a los elementos de la casa que lo requieran. Esto presupone un ahorro de energía y de posibles nuevas instalaciones de tuberías que trasladen el agua recolectada a su sitio de utilización; también significa un ahorro en el gasto económico teniendo en cuenta que parte de la idea principal es eso precisamente. Ver figura.

Diagrama de zonificación. En cuanto a la zonificación de acuerdo con el tipo de elemento que es el PB, donde se incluyen factores de humedad, lo ideal es tratar de concentrar que el PB se ubique donde se encuentre la mayoría de los elementos de un núcleo húmedo en una vivienda. De igual manera que en la matriz de relaciones, ya que el PB es un elemento externo y que básicamente dependerá de cómo estén distribuidas las zonas de la vivienda. Como ejemplo se utiliza en la casa tipo, en una de la zona de servicios, donde están el área de lavandería, cocina y servicio sanitario más el baño. Ver figura.

Diagrama de circulación. En cuanto a la circulación, este rubro solo cobrará importancia, si en la parte externa de la vivienda hay algo donde el PB obstruya su correcto funcionamiento o el paso a otras áreas de la casa, de lo contrario, sería un elemento incorporado a la vivienda, sin ningún tipo de dificultad en su utilización.

Criterios compositivos / proporción.

Ritmo. Los criterios utilizados son básicos, sin que haya mucha complicación en el diseño, pensando más en un tema funcional que estético, aunque al final siempre se visualice este último como el más representativo.

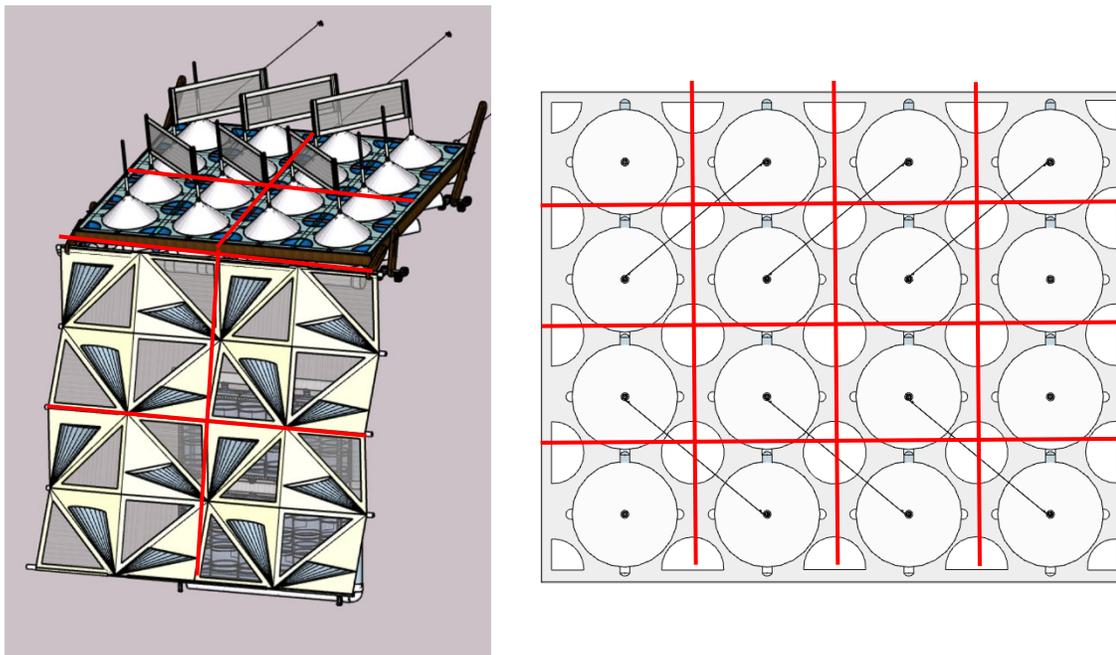
El primer elemento que se puede denotar es el eje, donde se alinearía mayormente el PB con la casa tipo, siempre hay varios ejes ordenadores, pero puede haber un par de ejes que son los principales, de ahí se partiría siempre.

Se utilizará la simetría para dar un balance entre el PB y la casa tipo, y así poder extender por igual tanto la forma como función. Se pueden utilizar dos PB. al mismo tiempo creando esa simetría, aunque se puede perfectamente utilizar solo uno procurando darle jerarquía.

El color es importante, la definición del color va totalmente en congruencia con el entorno inmediato y la parte cultural, así como la historia arquitectónica en ambos elementos. El PB puede jugar un rol de elemento jerárquico que, a la vez, genera un equilibrio dentro de su forma integral y completa, dando el ritmo y el funcionamiento que es parte de este y lo justifica, así como la proporción que hace todo más compacto.

Figura 79

Isométrico del PB, composición, proporción, ritmo, simetría, ejes



Fuente: elaboración propia, 2022.

Manejo de la luz natural. En este caso, es poco lo que se puede implementar, ya que dependerá de las aperturas para luz en la cubierta que tenga la vivienda donde se integre, claramente no es adecuado que se sitúe en aperturas de luz con dimensiones muy pequeñas, porque eso obstruiría totalmente la entrada de luz. Sin embargo, sí es más adecuado a aperturas de luz más amplias, debido a que el panel puede generar tramas interesantes con la luz, principalmente, en la parte del panel que es vertical.

Figura 80

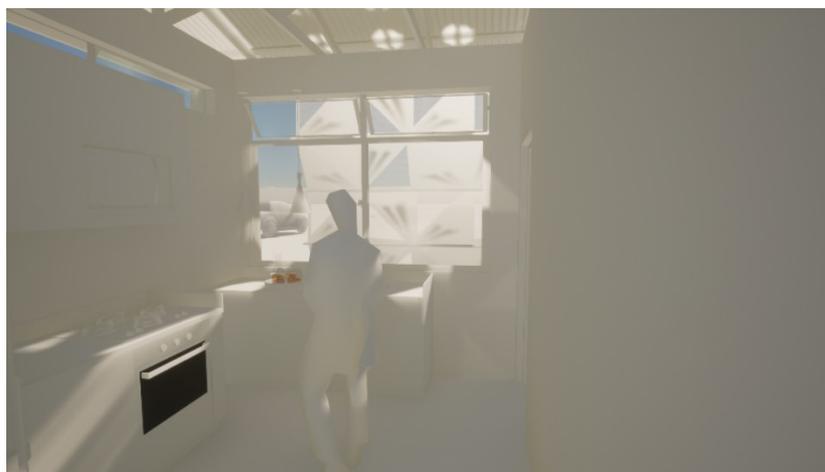
Vista externa donde el panel vertical genera sombras variables por su formas y permeabilidad.



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 81

Vista desde lo interno de una vivienda, donde la luz ingresa al espacio generando un tamizaje de esta.

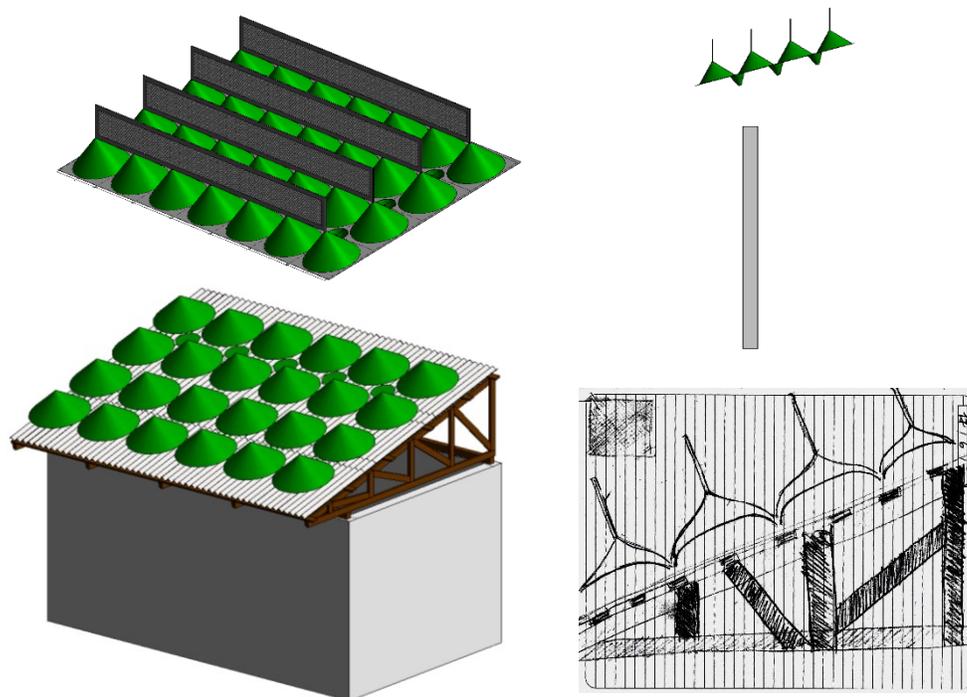


Fuente: elaboración propia, 2022.

Partido arquitectónico

Figura 82

Inicios del diseño, implementando la idea en una cubierta, visualizado en 3D.

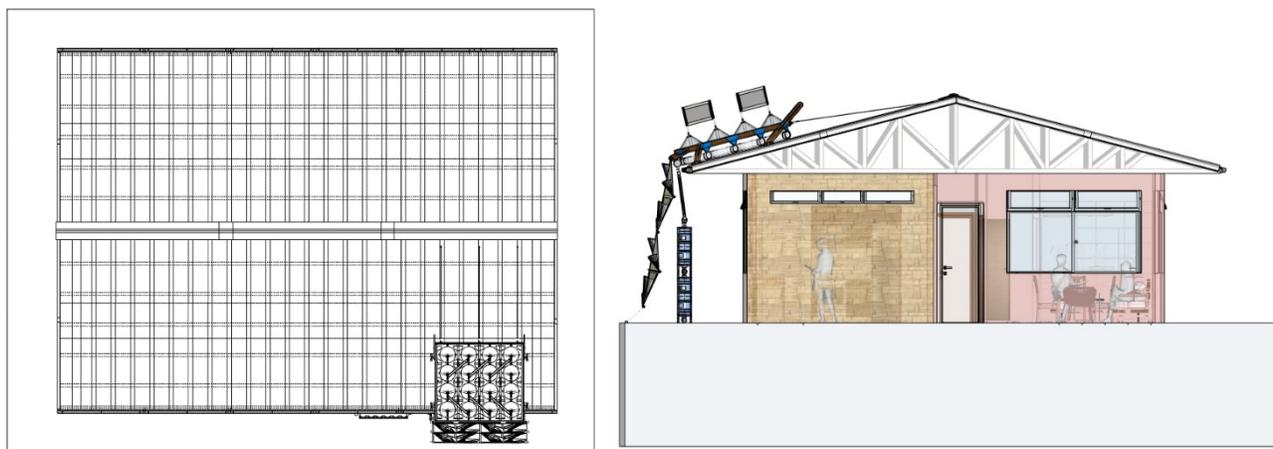


Fuente: elaboración propia, 2022.

Relación planta-sección

Figura 83

Vistas desde planta y elevación del panel biomimético aplicado sobre la cubierta de la casa tipo.

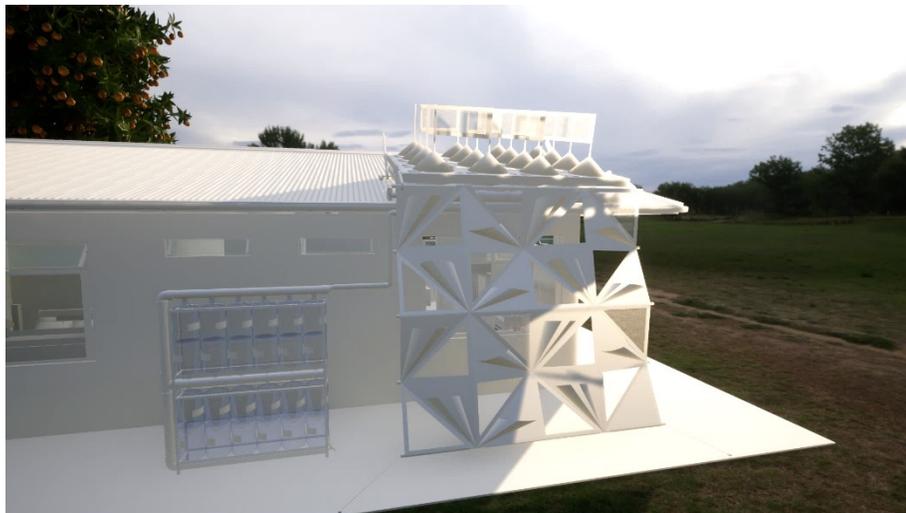


Fuente: elaboración propia, 2022.

Juego volumétrico

Figura 84

Vista externa en perspectiva, visual del volumen integrando la vivienda.



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 85

Vista externa en perspectiva, visual del volumen integrando la vivienda.



Fuente: elaboración propia, 2022.

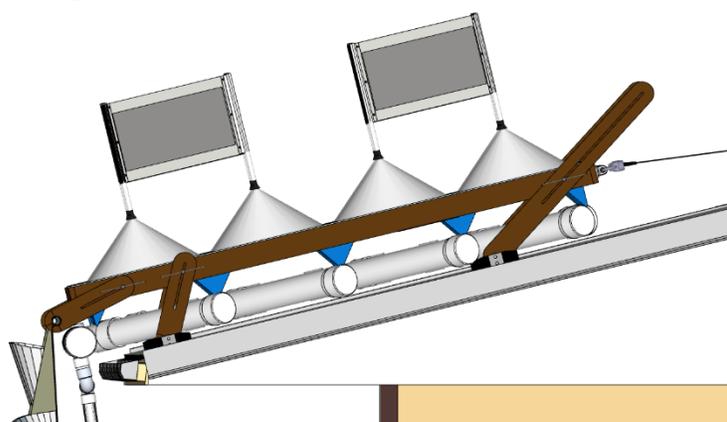
Conceptualización de las ingenierías

Concepto estructural. La estructura es sencilla, se trata de generar algo que sea fácil de entender, de armar y desarmar, tratando en lo posible que no se complique en ninguna de las dos facetas y teniendo en cuenta que debe cumplir su función de rigidez y flexibilidad.

Se idea una forma articulada para las variables de posición del panel, tanto en la parte del panel superior u horizontal como en el panel inferior o vertical, con estructuras que respondan a la adaptación de la casa tipo, así como de su función principal de recolección de agua de lluvia.

Figura 86

Vista lateral, del panel superior.



Nota: Cuenta con patas ajustables a la superficie de la cubierta y a la inclinación que esta tenga, con manijas que regulan cada posición. Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 87

Vista de la estructura del panel vertical, esta es articulada y cambia de posición para dar forma y función.



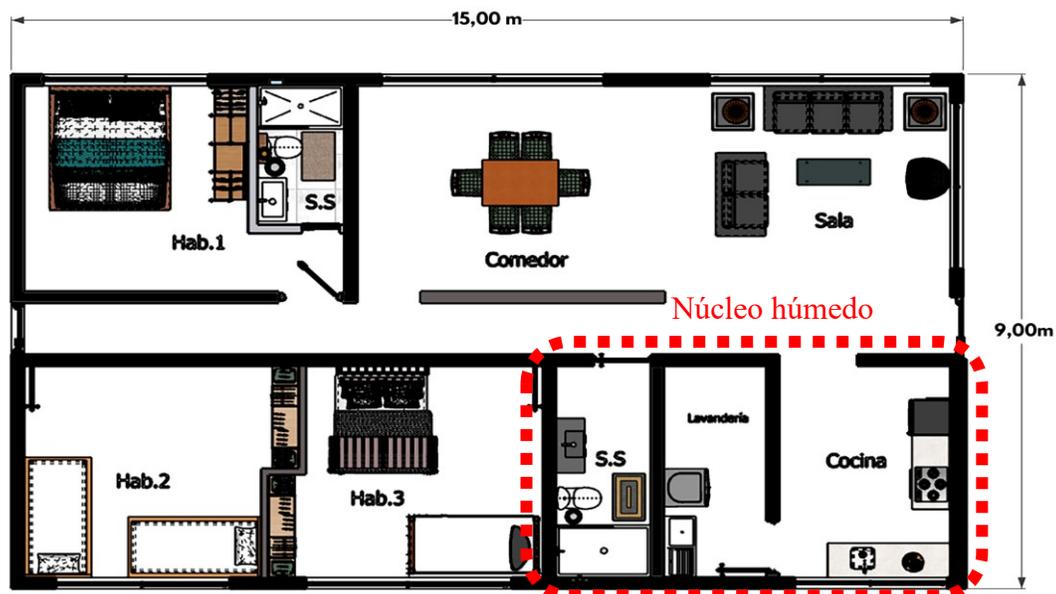
Nota: Esta se ajusta con seguros para poder darle rigidez a la forma ayudando a la recolección de agua llovida. Fuente: elaboración propia, 2022.

Anteproyecto y proyecto

Calidad espacial.

Figura 88

Propuesta de casa tipo, para aplicar el panel biomimético. Sin escala.



Fuente: elaboración propia, 2022.

Solución en el espacio externo.

Propuesta sobre la cubierta.

Figura 89

Vista de posición sobre cubierta del panel biomimético, parte superior u horizontal.



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 90

Vistas del panel inferior o vertical.

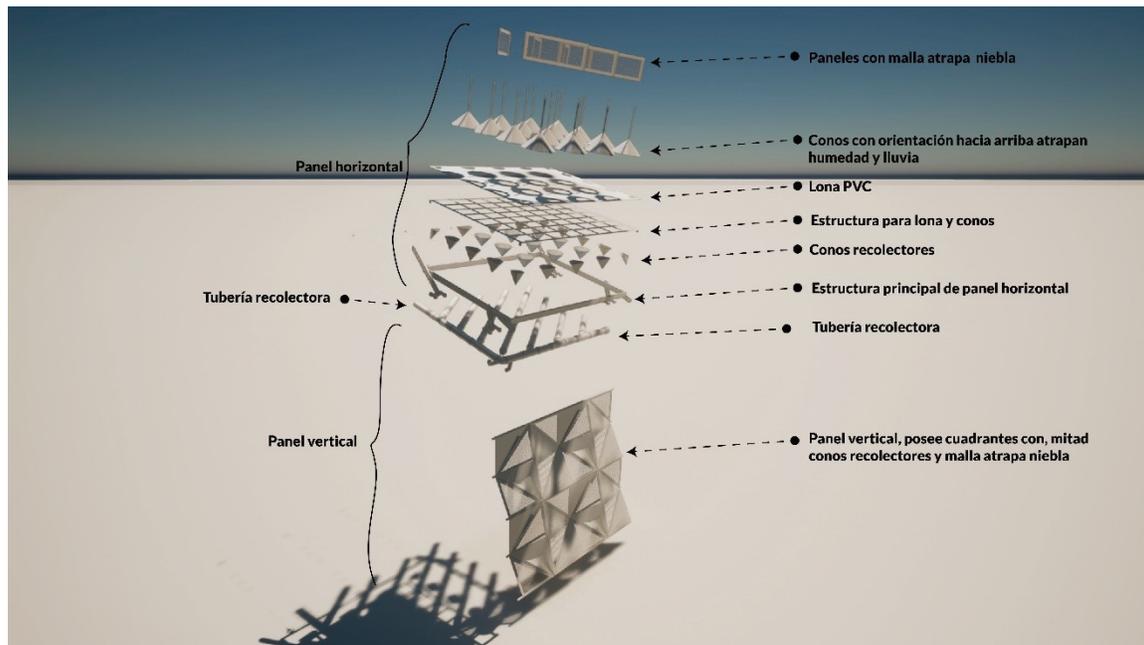


Fuente: elaboración propia, 2022.

Proporciones formales.

Figura 91

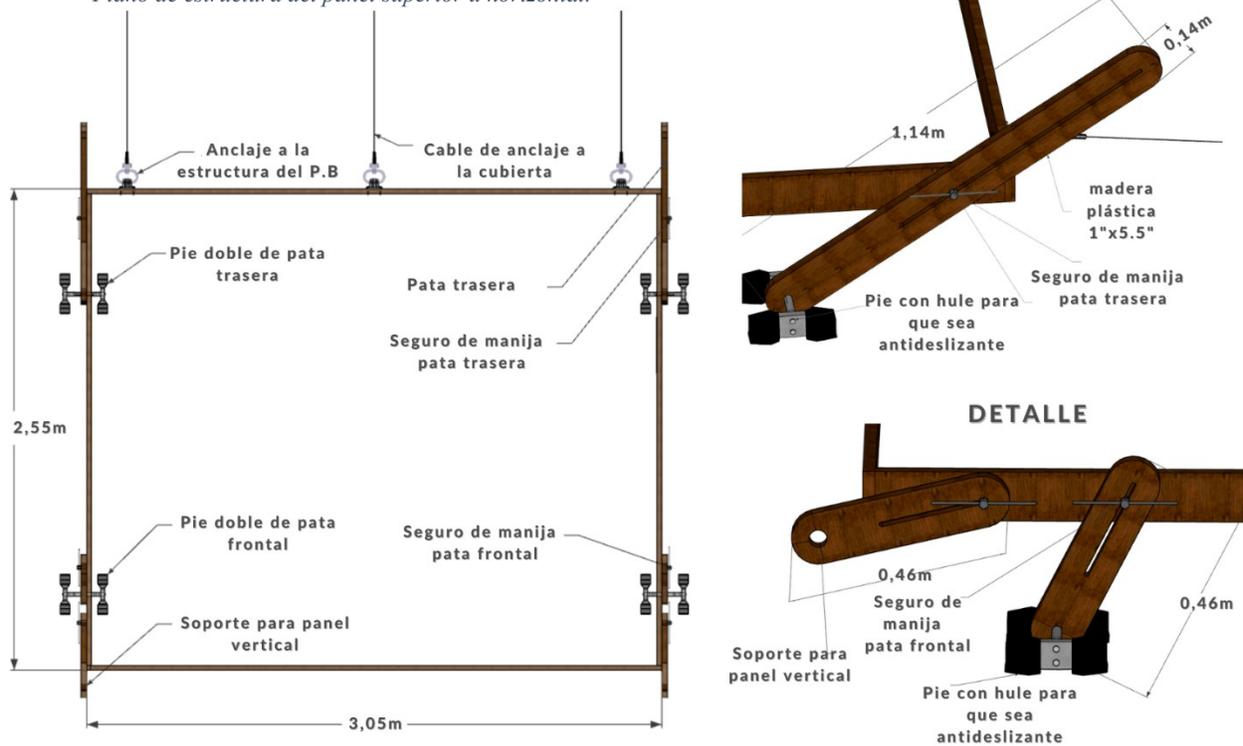
Conformación del panel biomimético general.



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 92

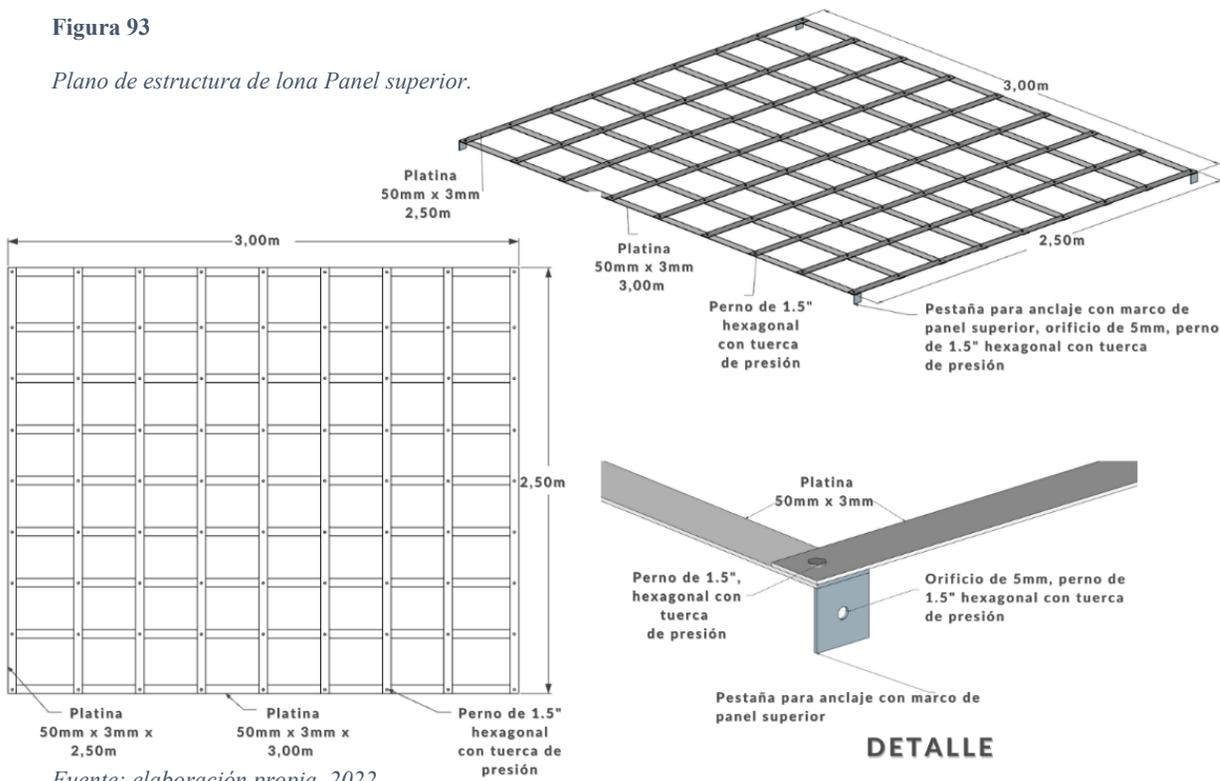
Plano de estructura del panel superior u horizontal.



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 93

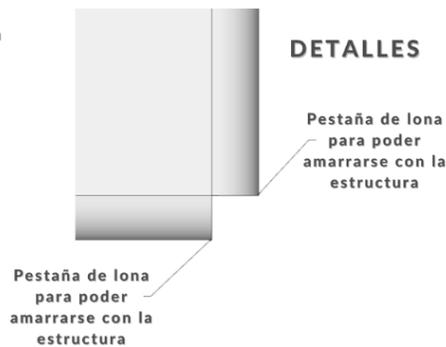
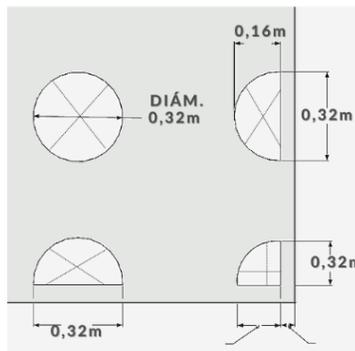
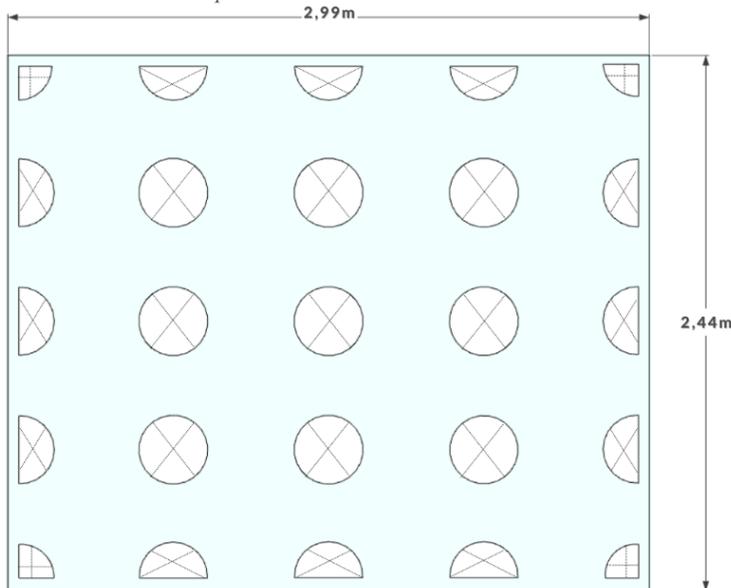
Plano de estructura de lona Panel superior.



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 94

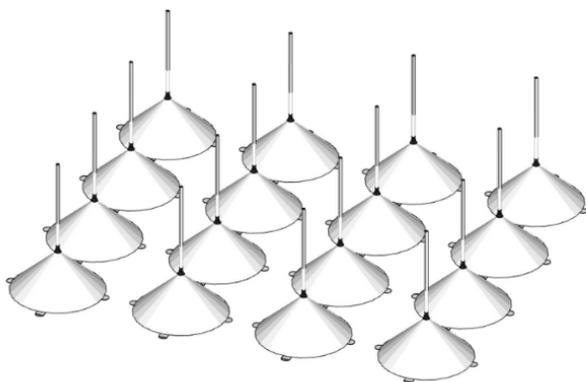
Plano Lona superior.



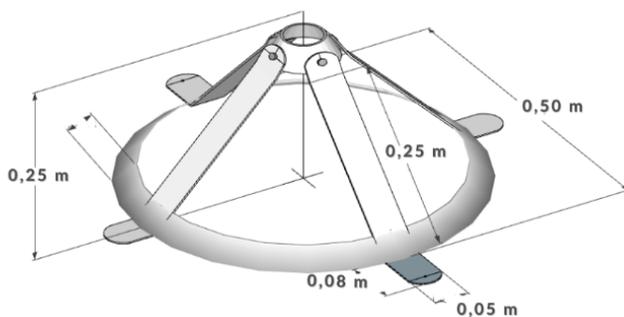
Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 95

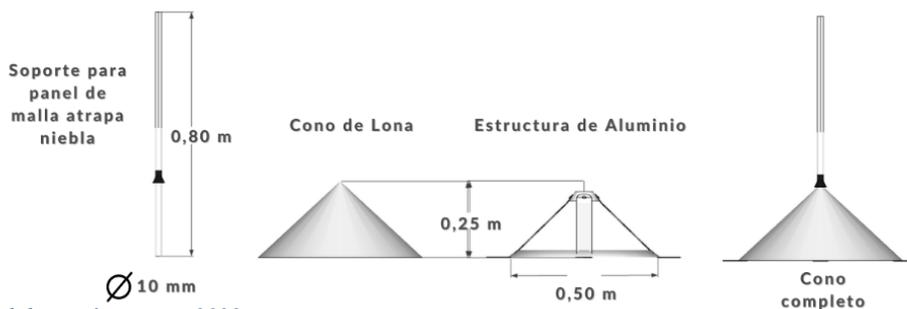
Detalles de conos del panel superior.



DETALLE DE ESTRUCTURA DE CONO



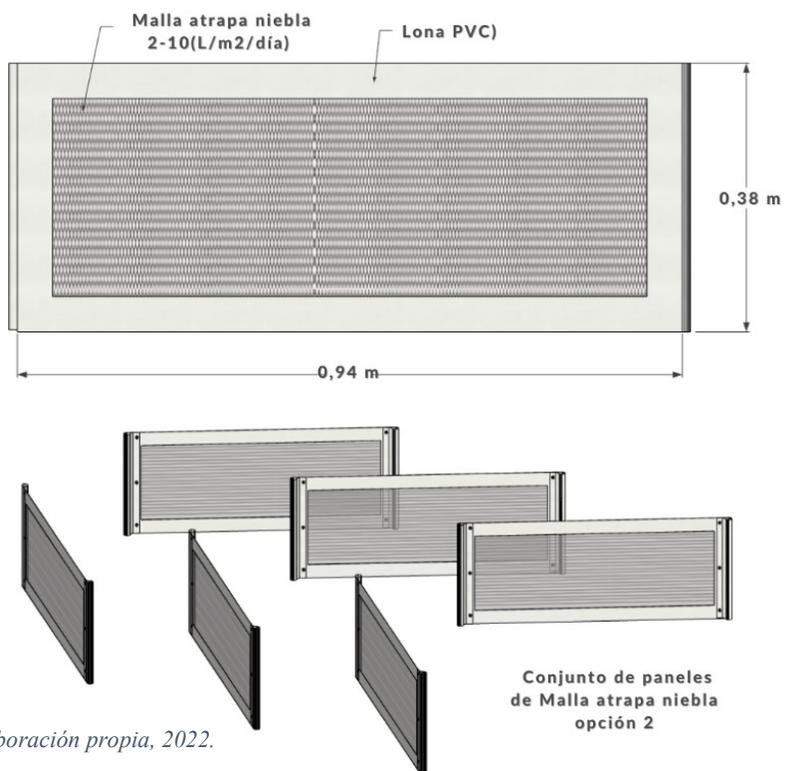
DETALLES



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 96

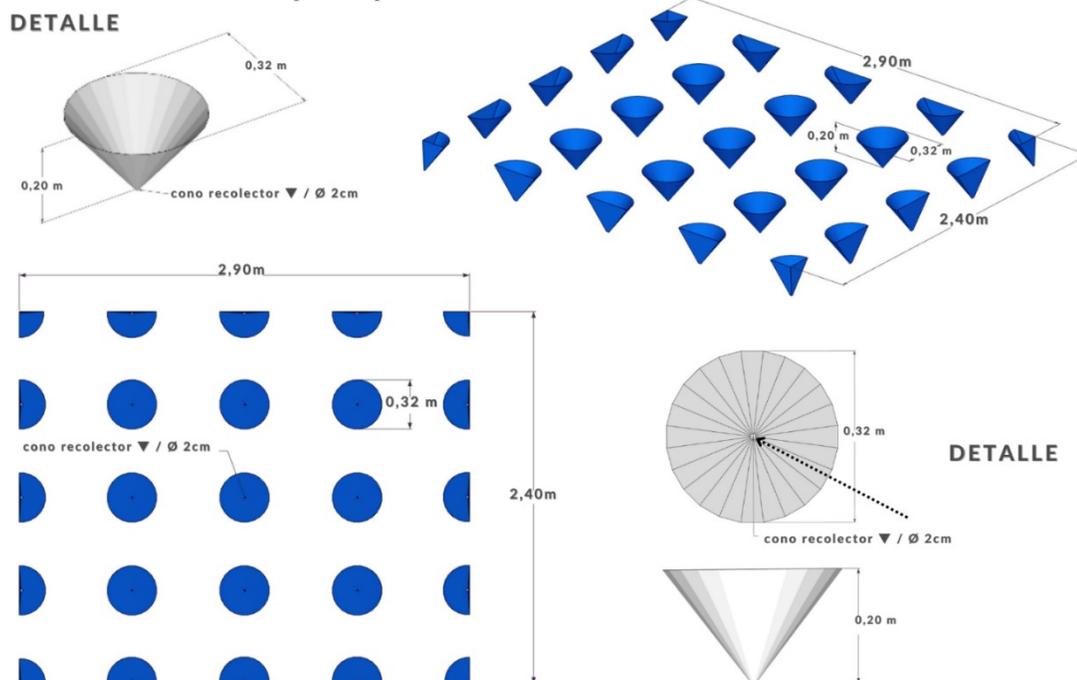
Paneles de malla atrapa niebla Panel Superior



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 97

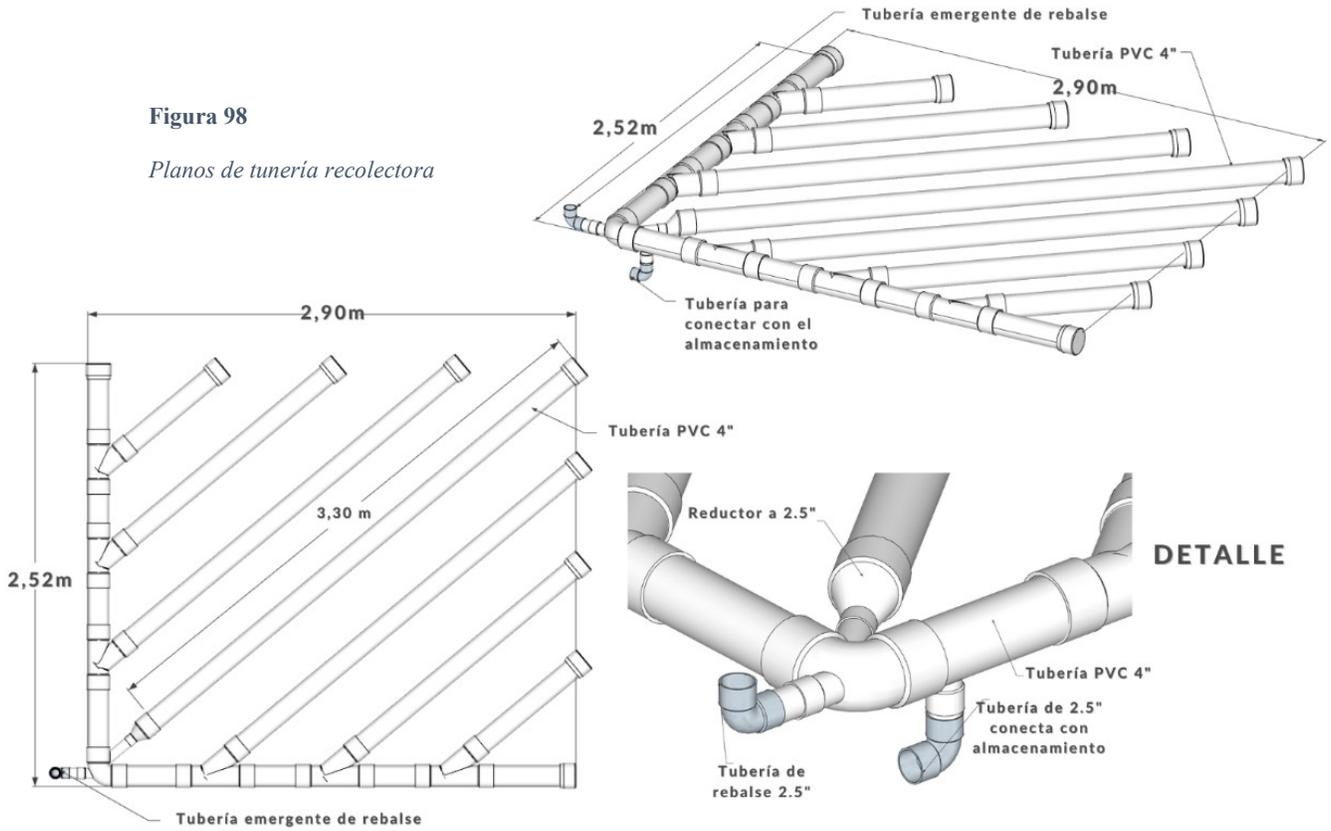
Planos de conos de recolectores, panel superior.



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 98

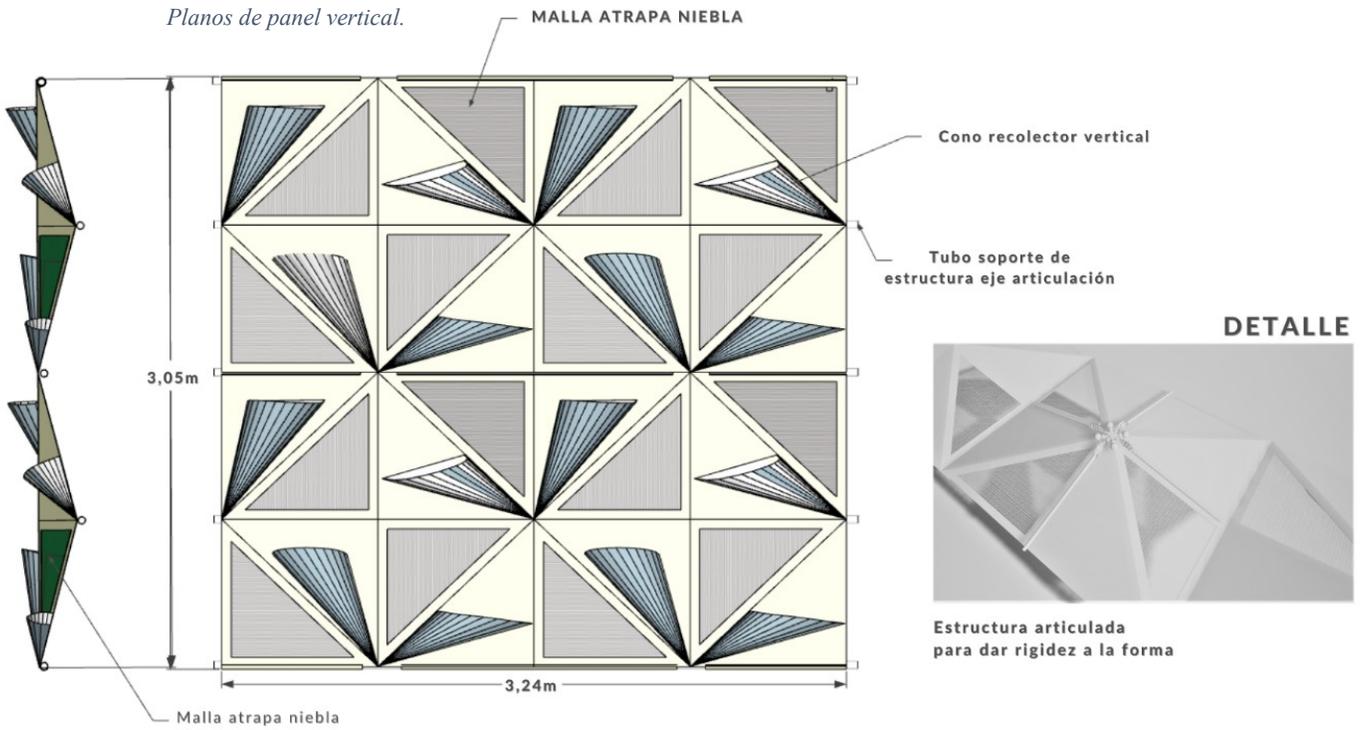
Planos de tubería recolectora



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 99

Planos de panel vertical.



Fuente: elaboración propia, 2022.

Carácter visual del proyecto

Figura 100

Vista general del proyecto

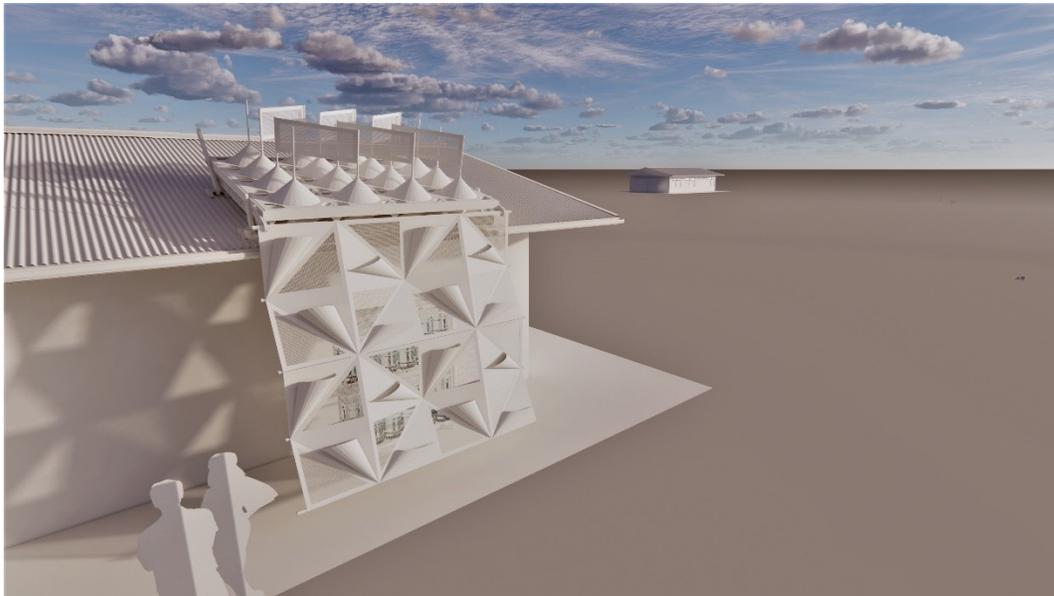


Figura 101

Vista del panel en casa tipo, entorno ambientado.



Fuente: elaboración propia, 2022.

Influencia sobre el espacio interno.

Figura 102

Vista interna de casa tipo, tamizaje de luz.



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 103

Vista interna de casa tipo, influencia de color.

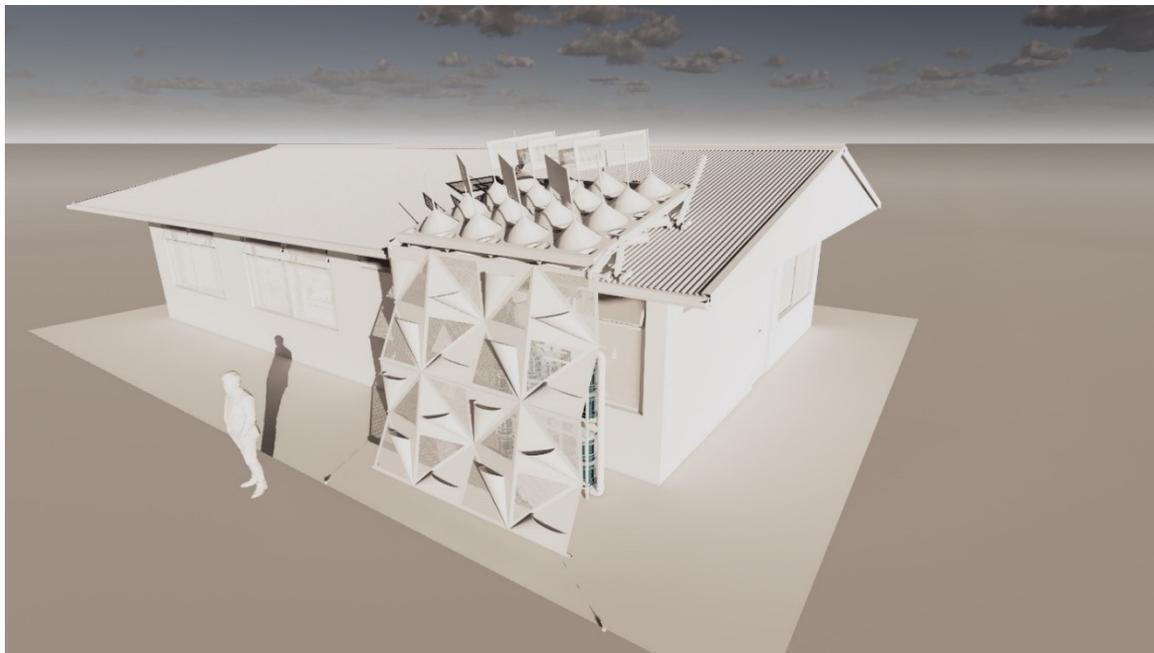


Fuente: elaboración propia, 2022.

Fugas visuales

Figura 104

Vista en perspectiva del panel biomimético.



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 105

Vista en perspectiva del panel biomimético, desde la parte de inferior posterior



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 106

Vista lateral panel biomimético.



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 107

Fuga visual



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 108

Fuga visual, otra perspectiva



Fuente: elaboración propia, 2022.

Figura 109

Fuga visual otra perspectiva.



Fuente: elaboración propia, 2022.

Proceso constructivo sostenible

Gestión de los residuos

Plan de gestión de residuos del proyecto. Básicamente, se pretende que los materiales sean adquiridos en dimensiones que beneficien las dimensiones establecidas para evitar el desperdicio de material.

Diseño sostenible

Agua.

Estrategias o dispositivos de ahorro de agua. El diseño en su totalidad está generado para el aprovechamiento del agua de lluvia.

Estrategias y dispositivos para reducir la generación de aguas residuales y su disposición adecuada. Las aguas que sobrepasen la capacidad del almacenamiento se evacuarán por las canoas de la vivienda o de la cubierta de la edificación.

Estrategias y dispositivos para prevenir impactos a la biodiversidad relacionados con el uso del agua y la generación de aguas residuales. En el caso particular de las viviendas productivas, el proyecto está pensado en que beneficien todas las actividades de riego y que requieran del agua.

Energía.

Estrategias o dispositivos de ahorro de electricidad o combustibles fósiles en la planificación del proyecto. Este aspecto depende mucho del usuario, pero está pensado para que no sea necesario el uso de ningún componente que consuma energías fósiles.

Materiales.

Estrategias para reducir la cantidad de residuos. Como se ha mencionado antes, todo está sujeto a los fabricantes, las dimensiones recomendadas se extrajeron de la investigación para el proyecto, pero se puede buscar proveedores que brinden las medidas que se buscan para la construcción del panel biomimético.

Estrategias para optimizar el uso de materiales y utilización de materiales locales. Una de las recomendaciones es seguir investigando nuevos materiales que se puedan usar en la construcción del PB, para tener distintas opciones del panel.

Conclusiones y recomendaciones

Según se fue desarrollando la investigación, se develaron distintas dificultades, así como la necesidad de contar con una variedad de materiales más amplia para obtener un balance eficiente entre la durabilidad, el precio y, finalmente, la función del PB. A partir de lo anterior, algunas de las conclusiones para esta investigación son las siguientes:

- Hacer una búsqueda más exhaustiva con materiales eco amigables, ya que la mayoría tienen una vida útil más corta con respecto a los de base no biológica; siempre manteniendo la meta de 20 años de rendimiento, al menos, del 60-75% del PB, para que soporte el clima del Caribe.
- Buscar alternativas de materiales que sean mucho más livianos para bajar el peso total del panel biomimético. Esto en la práctica puede reducir la posibilidad de un hundimiento en la cubierta, dependiendo del calibre de la lámina de zinc y del material de la estructura de esta.
- Las actividades de consumo de agua no potable se identificaron y se cuantificaron, por lo que se logra extraer de esa información que sí se puede tener un ahorro consistente y sustancial del gasto de dinero sobre el recibo generado por el consumo de agua potable, sustituyendo con el agua de lluvia la utilizada en las actividades que no requieren la potable. Aunque, por ser módico el precio del agua en Costa Rica, esto realmente no representa tanto dinero al mes, como sí lo representa al año.
- Se desarrolla un diseño sencillo que se pudo adaptar a la vivienda y que se puede modificar según las dimensiones que se requieran, dependiendo del consumo de agua no potable base al que se quiera cubrir. Se entiende que es un poco menos natural adaptarlo a una vivienda ya construida, que a un diseño de una nueva vivienda.
- Tomando en cuenta los fabricantes de materiales y las diversas medidas que trabajan para la venta, no son 100% compatibles las dimensiones definidas por la investigación con las de los fabricantes, para mantener un mínimo de residuos y mantener el lado sostenible.

En cuanto a las recomendaciones para las instituciones relacionadas con el PB, son las siguientes:

- Debido a que hay muchos aspectos que no se pueden confirmar más que de una forma teórica y poco profunda, se deben estudiar a fondo los materiales utilizados y posibles sustitutos según las variables; además, profundizar con conocimientos más avanzados, sea por un ingeniero o científico de materiales, con el fin de definir con precisión los materiales más adecuados, por durabilidad y peso. Esto ya que se puede encontrar posiblemente un mejor balance entre dichos factores y lograr beneficios de ambos: un panel más liviano, siempre con una extensa vida y también con un costo mucho más accesible.
- Se recomienda confirmar la capacidad de recolección de agua con más precisión, así como la capacidad máxima de volumen de agua que pueda soportar sin que se sobrecargue, realizando cálculos por medio de un ingeniero mecánico o un físico. Para que, de esa manera, también se pueda calcular correctamente el volumen al que se le puede dar cobertura y cuánto dinero se puede ahorrar con su uso.
- Verificar las diferentes variables de materiales también para determinar, a cierto nivel, si se puede manejar varias versiones del PB, combinaciones de materiales que se ajusten mejor a uno u otro usuario, sin dejar de lado su parte funcional, así como estética; además de disminuir el residuo que pueda generar su construcción.
- A la Universidad Latina de Costa Rica, se le sugiere que se prosiga en la búsqueda de optimizar más este diseño, dándole seguimiento a la investigación, precisamente por parte de las diferentes áreas de estudio involucradas: arquitectura, ingeniería, la parte de sociología, publicidad, etc. Esto con el fin de mejorar lo hecho hasta ahora y hacer que evolucione a una realidad.
- Para el AyA, sería una buena manera de inculcar el ahorro en la ciudadanía, generando que sea parte de los proyectos que desarrolla y, de esa manera, ser un patrocinador e impulsor de la idea, ya que es un beneficio para toda la población del Caribe y puede serlo también a nivel nacional.
- Para las municipalidades de la provincia de Limón, también involucrarse como una forma de invertir en el futuro, ya que el recurso del agua no es inagotable y mucho menos el de agua potable de consumo humano.

- Por último, a las instituciones gubernamentales que se relacionan a la vivienda, que puedan incorporar el panel dentro de los proyectos de vivienda como un elemento propio de la casa y que se le promueva al usuario su uso para que pueda reducir el gasto económico, en el corto, mediano y largo plazo.

Referencias bibliográficas

- Asamblea Legislativa. (01 de Setiembre de 2003). *Sistema Costarricense de información jurídica*. Recuperado el 5/7/2022 de Julio de 2022, de SCIJ: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=51456&nValor3=55642&strTipM=TC
- Asamblea Legislativa. (25 de Junio de 2012). *Sistema Costarricense de Información Jurídica*. Recuperado el 8 de 12 de 2021, de SCIJ: https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=27738&nValor3=93505&strTipM=TC
- Asamblea Legislativa. (11 de Mayo de 2012). *Sistema Costarricense de Información Jurídica*. Recuperado el 8 de 12 de 2021, de SCIJ: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=26421&nValor3=93194&strTipM=TC
- Asamblea Legislativa. (25 de Junio de 2012). *Sistema Costarricense de Información Jurídica*. Obtenido de SCIJ: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=11950&nValor3=91553&strTipM=TC
- Asamblea Legislativa. (22 de Abril de 2014). *Sistema Costarricense de Información Jurídica*. Recuperado el 8 de 12 de 2021, de SCIJ: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=6581&nValor3=96425&strTipM=TC
- Asamblea Legislativa. (26 de Setiembre de 2017). *Sistema Costarricense de Información Jurídica*. Recuperado el 8 de 12 de 2021, de SCIJ: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param2=NRTC&nValor1=1&nValor2=36307
- Aselex S.A. (18 de 2 de 2019). *Aselex S.A.* Obtenido de <http://www.aselex.cr/boletines/LIM2019-02-18.pdf>
- Azzarello, N. (12 de Setiembre de 2013). *Designboom*. Recuperado el 7 de 12 de 2021, de <https://www.designboom.com/architecture/hygroskin-a-climate-responsive-kinetic-sculpture/>
- Bar-Cohen, Y. (2012). *Biomimetics Nature-Based Innovation*. Florida: CRC Press.

- Brayer, M.-A., & Migayrou, F. (2013). *Naturalizing architecture - Archilab 2013*. Orleans: HYX Editions.
- CEMEDE-UNA. (Junio de 2010). *Ministerio Agricultura y Ganadería*. Recuperado el 1 de Noviembre de 2021, de Centro Mesoamericano De Desarrollo Sostenible del Trópico Seco: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F06-5901.pdf>
- FM & WP. (2015). Biomimética, el futuro de la sustentabilidad. *FM & Workplaces facility magazine*(#74), 40 - 47. Recuperado el 2021, de <https://issuu.com/ndiricci/docs/fm74>
- Fraille, M. (2019). *Biomímesis. El camino hacia un diseño eficiente*. Buenos Aires: Proyecto SI TRP21.
- GBIF. (22 de Noviembre de 2022). *GBIF —Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad*. Obtenido de GBIF —Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad: https://www.gbif.org/es/occurrence/taxonomy?q=Squamata&continent=OCEANIA&country=AU&dataset_key=217b0d4f-c87e-4063-b6c5-78277e40e866&dataset_key=e48d6c49-34a3-4df6-8206-121c061f190d&dataset_key=7e380070-f762-11e1-a439-00145eb45e9a&dataset_key=71d0dff0-f76
- Guías Costa Rica. (15 de Noviembre de 2015). *guiascostarica.com*. Obtenido de [guiascostarica.com](https://guiascostarica.com/limon/): <https://guiascostarica.com/limon/>
- ICE. (Noviembre de 2006). *www.acesolar.org*. (J. W. Gilmore, Ed.) Recuperado el 15 de Mayo de 2022, de [www.acesolar.org](http://www.acesolar.org/wp-content/uploads/2016/03/INFORME-FINAL-CONSULTORIA-SOLAR.pdf): <http://www.acesolar.org/wp-content/uploads/2016/03/INFORME-FINAL-CONSULTORIA-SOLAR.pdf>
- IMN. (6 de Noviembre de 2009). *www.imn.ac.cr*. Recuperado el Abril de 2022, de [www.imn.ac.cr](https://www.imn.ac.cr/documents/10179/31165/VertienteCaribe.pdf/acd336b0-9c69-444a-9316-f168945c9a6d#page=1&zoom=auto,-274,848): <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/31165/VertienteCaribe.pdf/acd336b0-9c69-444a-9316-f168945c9a6d#page=1&zoom=auto,-274,848>
- INEC. (2011). *INEC*. Recuperado el 2022, de https://www.inec.cr/sites/default/files/documentos/poblacion/estadisticas/resultados/repo_blicenso2011-07.pdf.pdf
- Japdeva. (s.f). *ww.japdeva.go.cr*. Recuperado el 25 de Marzo de 2022, de [ww.japdeva.go.cr](https://www.japdeva.go.cr/administracion_de_desarrollo/operaciones/programas_proyectos/informacion_general_de_la_region_limon.pdf): https://www.japdeva.go.cr/administracion_de_desarrollo/operaciones/programas_proyectos/informacion_general_de_la_region_limon.pdf

- Jara Valle, J. M. (2014). Bosko-inspirado en la naturaleza, para transformar comunidades. [*Tesis de licenciatura*]. Universidad de los Andes., Bogotá, Colombia. Recuperado el 25 de Marzo de 2022, de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/16191/u686231.pdf?sequence=1>
- López, M. (2017). Envolventes arquitectónicas vivas que interactúan con su entorno. Naturalizando el diseño. (*Tesis Doctoral*). Universidad de Oviedo, Oviedo, España. Recuperado el Diciembre de 2021
- Ministerio de Salud. (2009). *Antecedentes de la captación e agua de lluvia [Versión PDF]*. (M. Anaya, Ed.) Recuperado el 8 de 12 de 2021, de <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/investigacion-y-tecnologia-en-salud/inventarios/inventario-tecn-de-agua-de-consumo-humano/captacion-de-agua-para-consumo-humano/captando-agua-de-la-lluvia/presentacion-power-point/1852-antecedentes-de-la-capta>
- Monumental.co.cr. (18 de Marzo de 2019). *Monumental.co.cr*. (A. Navarro, Ed.) Recuperado el Mayo de 2022, de [www.monumental.co.cr: https://www.monumental.co.cr/2019/03/18/limon-y-guanacaste-son-los-lugares-con-menor-disponibilidad-de-agua-potable-en-costa-rica/](https://www.monumental.co.cr/2019/03/18/limon-y-guanacaste-son-los-lugares-con-menor-disponibilidad-de-agua-potable-en-costa-rica/)
- Mora, D., & Alfaro, N. (1999). *SciELO, Revista Costarricense de Salud Pública*. Recuperado el 31 de 10 de 2021, de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14291999000200002#1a
- Museo Nacional de Costa Rica. (2015). Recuperado el 2021, de <https://www.museocostarica.go.cr/wp-content/uploads/2021/07/1-introduccion-indice-nombres.pdf>
- Obando, J. (19 de Noviembre de 2020). *www.creactualidad.com*. Recuperado el 30 de Octubre de 2021, de <https://www.creactualidad.com/sociedad-global/que-son-los-sistemas-de-captacion-de-agua-de-lluvia-y-como-han-ayudado-a-la-humanidad/>
- OPS. (2010). *Organización Panamericana de la salud*. Obtenido de Organización Panamericana de la salud: <https://www.paho.org/es>
- PNUD. (s.f.). Recuperado el 30 de Noviembre de 2021, de <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>

- Rojas, A. (2003). *Pensar la arquitectura hoy*. San José: Alcalá.
- Romero, A. (2011). Muros, barreras y corredores. Como interpretar los cambios de uso en la trama urbana durante eventos socio-culturales. *El mañana*, 12-19.
- RUVIVAL. (22 de Noviembre de 2022). *RUVIVAL*. Obtenido de RUVIVAL: <https://www.ruvival.de/es/calculadora-recoleccion-de-agua-de-lluvia/>
- Sampieri, R. H., Fernandez-Collado, C., & Lucio, P. B. (1991). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- SCIJ. (13 de 11 de 1995). *Sistema costarricense de información jurídica*. Obtenido de Sistema costarricense de información jurídica: https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=27738&nValor3=93505&strTipM=TC
- Sherbrooke, W. &. (1 de Agosto de 2007). Morfología funcional de bisagras de escamas utilizadas para transportar agua: adaptaciones convergentes para beber en lagartijas del desierto (*Moloch horridus* y *Phrynosoma cornutum*). *Zoomorphology*, 126(102), 89. <https://doi.org/DOI 10.1007/s00435-007-0031-7>
- Sistema Costarricense de Inforamción Jurídica. (7 de Enero de 2004). *Sistema Costarricense de Inforamción Jurídica*. Recuperado el 3 de 11 de 2021, de Sistema Costarricense de Inforamción Jurídica: <http://www.pgrweb.go.cr/>
- Tafari, A. (1997). *Civilización y poder*. Madrid: Gustavo Gili.
- Tecnológico de Costa Rica. (1 de Diciembre de 2020). *Revista Tecnología en marcha*. <https://doi.org/https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5506>
- Universidad de Costa Rica. (s.f). *obturcaribe.ucr.ac.cr*. Recuperado el Marzo de 2022, de obturcaribe.ucr.ac.cr: <http://obturcaribe.ucr.ac.cr/nuestro-enfoque/cultura/arquitectura>
- WeatherSpark. (6 de Junio de 2022). *Weather Spark*. Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/16146/Clima-promedio-en-Ciudad-de-Lim%C3%B3n-Costa-Rica-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Franco, José Tomás. "Arquitectura Biomimética: ¿Qué podemos aprender de la Naturaleza?" 25 nov 2013. Plataforma Arquitectura. Accedido el 21 Oct 2021. <<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-312614/arquitectura-biomimetica-que-podemos-aprender-de-la-naturaleza>> ISSN 0719-8914

Tabla de figuras

Figura 1.	2
Figura 2.	4
Figura 3.	4
Figura 4.	9
Figura 5.	11
Figura 6.	12
Figura 7.	15
Figura 8.	15
Figura 9.	16
Figura 10.	17
Figura 11.	18
Figura 12.	26
Figura 13.	28
Figura 14.	31
Figura 15.	32
Figura 16.	33
Figura 17.	34
Figura 18.	34
Figura 19.	35
Figura 20.	36
Figura 21.	36
Figura 22.	37
Figura 23.	37
Figura 24.	38
Figura 25.	39
Figura 26.	39
Figura 27.	40
Figura 28.	40
Figura 29.	41
Figura 30.	41

Figura 31	42
Figura 32	42
Figura 33	43
Figura 34	43
Figura 35	44
Figura 36	44
Figura 37	46
Figura 38	47
Figura 39	48
Figura 40	49
Figura 41	49
Figura 42	50
Figura 43	51
Figura 44	52
Figura 45	52
Figura 46	53
Figura 47	54
Figura 48	54
Figura 49	56
Figura 50	57
Figura 51	59
Figura 52	59
Figura 53	60
Figura 54	60
Figura 55	61
Figura 56	62
Figura 57	64
Figura 58	64
Figura 59	65
Figura 60	67
Figura 61	70

Figura 62	71
Figura 63	72
Figura 64	72
Figura 65	74
Figura 66	75
Figura 67	76
Figura 68	77
Figura 69	77
Figura 70	78
Figura 71	78
Figura 72	79
Figura 73	79
Figura 74	79
Figura 75	80
Figura 76	81
Figura 77	81
Figura 78	82
Figura 79	84
Figura 80	85
Figura 81	85
Figura 82	86
Figura 83	86
Figura 84	87
Figura 85	87
Figura 86	88
Figura 87	88
Figura 88	89
Figura 89	89
Figura 90	90
Figura 91	90
Figura 92	91

Figura 93	91
Figura 94	92
Figura 95	92
Figura 96	93
Figura 97	93
Figura 98	94
Figura 99	94
Figura 100	95
Figura 101	95
Figura 102	96
Figura 103	96
Figura 104	97
Figura 105	97
Figura 106	98
Figura 107	98
Figura 108	99
Figura 109	99

Apéndice

Apéndice 1. Imagen de Calculadora de recolección de agua de lluvia. Sitio web RUVIVAL.

máxima que puede ser recolectada. Una simple multiplicación de la precipitación promedio que puede ser captada, basándose en las respuestas a las siguientes preguntas:



- ¿Cuánta lluvia cae en el año?
- ¿Cuáles son las dimensiones de la zona de captación?

Noticias Herramientas Clases Lectura Juego Proyecto Comunitario Acerca de Español

Máxima Captación de Lluvia

Captación total de lluvia posible (m³/año) = Precipitación (mm/año) · Área de la Zona de Captación (m²)

Precipitación (mm/año)*:

Área de la Zona de Captación (m²)*:

Captación total de lluvia posible (m³/año):

Litros (l/año):

Galones americanos (gal/año):

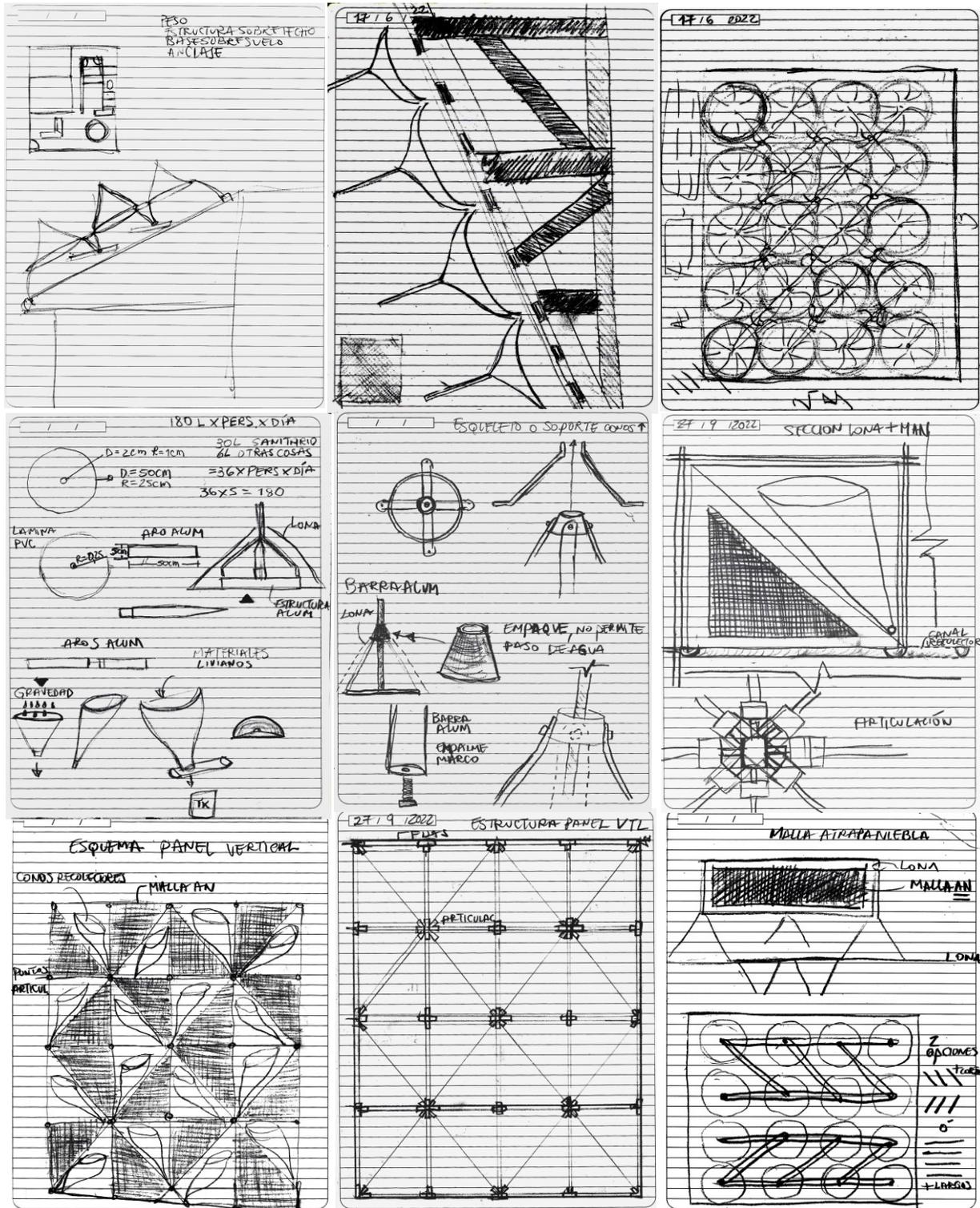
Precipitación Promedio Anual	
Zona Climática	Tasa de Precipitación
Zona desértica	0-100 mm
Zona semi-desértica	100-250 mm
Zona árida	250-500 mm
Zona semi-árida	500-750 mm
Zona semi-húmeda	900-1500 mm
Húmeda - tropical	> 2000 mm

Si quieres descubrir más acerca de los métodos de captación de agua de lluvia, una herramienta divertida y fácil que puedes hacer tú mismo es un [pluviómetro](#) para medir la lluvia que cae en tu zona, o también puedes echarle un vistazo al [mapa mundial de lluvia](#) diseñado por la NASA, para tener una mejor idea de los niveles de precipitación en todo el mundo. La NASA también está buscando el apoyo de estudiantes, profesores y entusiastas de la ciencia, que quieran recolectar información y apoyar su [Programa GLOBE: Aprendizaje Global y Observaciones para Beneficiar el Medio Ambiente](#). Además, si necesitas [datos específicos de precipitación](#), la ONU ha elaborado una gran base de datos que puede ser muy útil.

Calculadora de Recolección de Agua de Lluvia por Claudia Lasprilla Pina, Mykyta Riabchynskiy, Rahel Birhanu Kassaye y Ruth Schaldach está bajo una licencia [Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional](#).

Fuente: <https://www.ruvival.de/es/calculadora-recoleccion-de-agua-de-lluvia/>

Apéndice 2. Sketches para el diseño del panel biomimético



Fuente: elaboración propia, 2022.

Apéndice 3. Maqueta explorativa, versión 1



Fuente: elaboración propia, 2022.

Apéndice 4. Especificaciones de lona PVC, referencia de la empresa alemana Mehler.



Product specifications for VALMEX® ENVIRO | pro - OIL TANK A

article number 7608-5340

Material properties	Value	Unit	Measuring Methods/Norm	Remark
Total weight	1300	g/m ²	EN ISO 2286-2	
Tensile strength warp/weft	2800 / 2500	N/50 mm	EN ISO 1421/V1	
Tear strength warp/weft	250 / 250	N	DIN 53363	
Adhesion	30	N/cm	PA 09.03 (intern)	
Cold resistance.	-30	°C	EN 1876-1	
High Temperature	+100	°C	PA 07.04 (intern)	
Light fastness	>6	Note, Value	EN ISO 105 B02	
Crack resistance	100000 x		DIN 53359 A / DIN EN ISO 7854 B	no cracks
Material	PES		DIN EN ISO 2076	
Yarn count	1100	dtex	DIN EN ISO 2060	
Weave	L 1/1		ISO 3572	

Fuente: <https://www.mehler-texnologies.com/en/produkte-archive/enviro-pro-oil-tank-a/>

Apéndice 5. Referencia de medidas y peso de tubo de aluminio de Metales FMS



PT ES EN

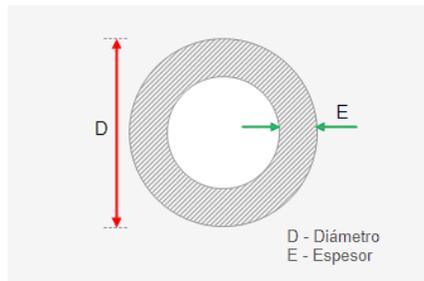
(351) 226 198 530


[INICIO](#) [EMPRESA](#) [METALES](#) [FORMATOS](#) [SERVICIOS](#) [SECTORES](#) [+INFO ...](#)
[Anterior](#) / [Aluminio](#) / [Seguiente](#)

TUBO REDONDO DE ALUMINIO



Solicitud de cotización ...



Producto	Diámetro	Espesor	Peso
Tubo Redondo de Aluminio	3/8"	9,5 mm x 1,3 mm	0,090 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	11 mm	x 1,3 mm	0,107 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	16 mm	x 1,5 mm	0,184 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	19 mm	x 1,5 mm	0,223 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	25 mm	x 1,5 mm	0,299 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	28 mm	x 1,5 mm	0,337 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	32 mm	x 1,5 mm	0,388 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	35 mm	x 1,5 mm	0,426 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	38 mm	x 1,5 mm	0,464 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	45 mm	x 1,5 mm	0,553 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	50 mm	x 1,5 mm	0,617 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	60 mm	x 1,5 mm	0,744 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	40 mm	x 1,7 mm	0,552 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	20 mm	x 2 mm	0,305 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	25 mm	x 2 mm	0,390 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	30 mm	x 2 mm	0,475 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	40 mm	x 2 mm	0,645 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	50 mm	x 2 mm	0,814 Kg/m
Tubo Redondo de Aluminio	50 mm	x 2 mm	0,814 Kg/m

TABLA DE PESOS TEORICOS

Los valores presentados en esta tabla son teóricos, deberán ser confirmados en caso de encargo. F Marques da Silva SA, tiene el derecho de introducir modificaciones en la gama de productos presentada en esta tabla, sin aviso previo. Las solicitudes efectuadas con base en esta tabla están supeditadas a confirmación por parte de los servicios comerciales de la empresa.

Fuente: https://www.fms.pt/es/aluminio/tubos/tubo_redondo_aluminio.html

Apéndice 6. Referencia de medidas y peso de barra redonda de aluminio de Metales FMS



PT ES EN

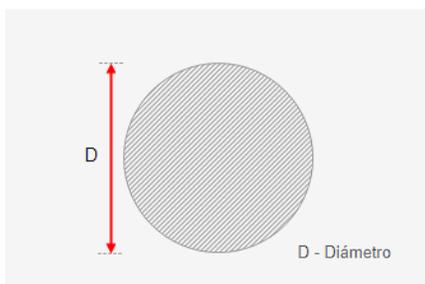
(351) 226 198 530


[INICIO](#) [EMPRESA](#) [METALES](#) [FORMATOS](#) [SERVICIOS](#) [SECTORES](#) [+INFO ...](#)
[Anterior](#) / [Aluminio](#) / [Seguiente](#)

BARRA REDONDA DE ALUMINIO



Solicitud de cotización ...



Producto	Diámetro	Peso
Barra Redonda de Aluminio	6 mm	0,076 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	7 mm	0,104 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	8 mm	0,136 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	9 mm	0,172 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	9,5 mm	0,191 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	10 mm	0,212 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	11 mm	0,257 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	12 mm	0,305 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	12,5 mm	0,331 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	13 mm	0,358 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	14 mm	0,416 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	16 mm	0,543 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	16,5 mm	0,577 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	18 mm	0,687 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	19 mm	0,766 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	20 mm	0,848 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	22 mm	1,026 Kg/m
Barra Redonda de Aluminio	25 mm	1,325 Kg/m

TABLA DE PESOS TEORICOS

Los valores presentados en esta tabla son teóricos, deberán ser confirmados en caso de encargo. F Marques da Silva SA, tiene el derecho de introducir modificaciones en la gama de productos presentada en esta tabla, sin aviso previo. Las solicitudes efectuadas con base en esta tabla están supeditadas a confirmación por parte de los servicios comerciales de la empresa.

Fuente: https://www.fms.pt/es/aluminio/barras/barra_rectangular_aluminio.html

FMS

Apéndice 7. Referencia de medidas y peso de platina rectangular de aluminio de Metales



metals **FMS**
F.Marques da Silva S.A.

PT ES EN

(351) 226 198 530 

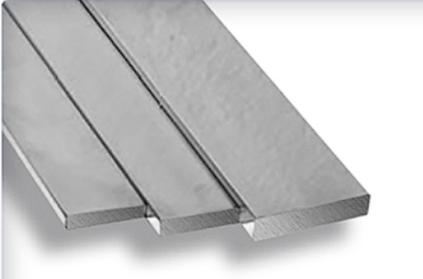




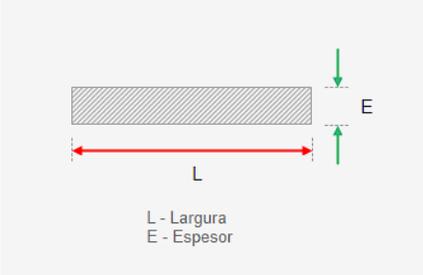
INICIO
EMPRESA
METALES
FORMATOS
SERVICIOS
SECTORES
+INFO ...

[Anterior](#) / [Aluminio](#) / [Seguiente](#)

BARRA RECTANGULAR DE ALUMINIO



Solicitud de cotización ...



L - Largura
E - Espesor

Producto	Ancho	Espesor	Peso
Barra Rectangular de Aluminio	20 mm x	2 mm	0,108 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	15 mm x	3 mm	0,122 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	20 mm x	3 mm	0,162 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	25 mm x	3 mm	0,203 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	30 mm x	3 mm	0,243 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	40 mm x	3 mm	0,324 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	15 mm x	4 mm	0,162 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	20 mm x	4 mm	0,216 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	25 mm x	4 mm	0,270 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	30 mm x	4 mm	0,324 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	15 mm x	5 mm	0,203 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	20 mm x	5 mm	0,270 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	25 mm x	5 mm	0,338 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	30 mm x	5 mm	0,405 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	40 mm x	5 mm	0,540 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	50 mm x	5 mm	0,675 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	30 mm x	6 mm	0,486 Kg/m
Barra Rectangular de Aluminio	40 mm x	6 mm	0,648 Kg/m

TABLA DE PESOS TEORICOS

Los valores presentados en esta tabla son teóricos, deberán ser confirmados en caso de encargo. F Marques da Silva SA, tiene el derecho de introducir modificaciones en la gama de productos presentada en esta tabla, sin aviso previo. Las solicitudes efectuadas con base en esta tabla están supeditadas a confirmación por parte de los servicios comerciales de la empresa.

Fuente: https://www.fms.pt/es/aluminio/barras/barra_rectangular_aluminio.html

Apéndice 8. Referencia de malla atrapa niebla de Hortomallas, \$485.21 pesos MX a €15267,32




OBAMALLA®

Malla Raschel para Atrapar Agua de la Niebla color Verde Negro (3.17oz Cobertura 88%)

MXN \$485.21 – MXN \$7,763.12 + I.V.A. (1 pieza)

OBAMALLA Rollo de Malla Raschel verde negra con cobertura de 88% para recolectar el agua de las nubes, neblinas, se les conoce como malla atrapanieblas, funcionan como condensadores de agua para la niebla en laderas de montañas en zonas desérticas. Se instalan del lado donde viene los vientos dominantes de la costa o zonas húmedas, y las mallas literalmente atrapa el agua contenida en las nubes, esta cae lentamente sobre la tela instalada verticalmente en una canaleta de recolección que luego dirige las aguas a una almacén.

Escoger Medidas

4.2x5m (MXN \$485.21) ▾

MXN \$485.21 + I.V.A. (1 pieza) (1 pieza)

MXN \$456.10 + I.V.A. (2 - 24 piezas)

1

Fuente: <https://www.hortomallas.com/tienda/obamalla-malla-raschel-para-atrapar-agua-de-la-niebla-color-verde-negro-sombra/>

Apéndice 9. Referencia de madera plástica con Plastideck.



Fecha Elaboración	01/05/2021
Fecha Revisión	01/05/2021

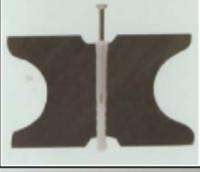
Ficha Técnica de Producto

Información General			
Código	02095015689		
Descripción	Deck Gold 23mm*14*290cm Nuez		
División	Construcción		
Grupo	Decks		
Referencia	Origen	China	
Unidad	Pieza		



Dimensiones					
Largo	2.9m	Alto	2.3cm	Ancho	14cm
Grosor	23mm	Cubicaje	0.009338 m3	Peso	6.7 kg
Capacidad	0.406m ²	Carga Máxima		Apilamiento	

Características	Garantía
<ul style="list-style-type: none"> - Fabricado con HDPE, fibras de bambú y madera, anti-oxidantes, anti-hongos, estabilizadores, entre otros. - Tecnología de segunda generación, núcleo WPC, NO absorbe humedad. - Uso en interiores y exteriores. Cobertura de Polietileno 360° - Fácil de instalar / Antideslizante - Producto amigable con el ambiente - Se debe limpiar de forma semanal, se recomienda agua y jabón neutro. - El almacenamiento de las piezas debe ser completamente horizontal sobre una superficie lisa. 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 años de garantía por defecto de fábrica. - La aplicación de la garantía se limita a la verificación de las causas que hayan llevado al cambio de las condiciones del producto. - Debido a la composición de sus materiales el producto presenta un coeficiente de expansión de 0.5%, lo que implica un incremento o reducción de su longitud de 0.5 cm por metro. - El color puede variar levemente durante el primer año.

Instalación			
	1.El área donde se instalará debe ser una superficie lisa o estructurada a no mas de 30cm de distancia entre los clavadores metálicos y libre de vibración.		4.Se instalan los clips iniciales y se coloca la primera pieza de deck dejando una separación de 1cm entre la pared y la pieza. Respetar siempre el espacio entre las piezas al instalar el clip.
	2.Primeramente se instala la barra para clavador inicial con tornillo punta broca sobre estructura metálica ó tornillo punta fina y espander cemento. tornillo y espander de 1 pulgada		5.Se atornillan los clips que funcionan para unir los paneles de deck entre sí. Y se repite el proceso en cada pieza. La distancia longitudinal mínima debe ser de un centímetro. La terminación de cada panel debe quedar instalado sobre una barra para clavador.
	3.Luego se colocan las barras para clavador de forma perpendicular a los clavadores metálicos y paralelas entre ellas a una distancia de 30cm entre cada una.		6.Por último se instala el convector esquinero en las orillas y gradas según corresponda.

*Imágenes con fines ilustrativos.

Apéndice 10. Información recopilada vía telefónica con los distintos fabricantes, unos son nacionales y otros son referencias de las páginas web del fabricante extranjero

The screenshot displays a product page for 'BARRA REDONDA ALUMINIO AA 6061'. On the left, there is a sidebar with categories like 'PLATINA ACERO INOXIDABLE AISI 303', 'BARRA INOXIDABLE AISI 303', 'BARRA CUADRADA INOXIDABLE AISI 303', 'BARRA INOXIDABLE AISI 17-4 PH COD.A', and 'BARRA INOXIDABLE AISI 15-6 PH COD.A'. Below this is a 'CATEGORÍAS DE PRODUCTOS' section with a list of materials including Acero Inoxidable, Acero Maquinaria, Acero Herramientas, Acero Inoxidables, Acero Estructurales, Aluminio, Bronce, Plásticos Ingeniería, and Materiales Aviación.

The main product area features a large image of the aluminum bar, a description in Spanish, and a grid of diameter options: 1/4", 5/16", 3/8", 1/2", 5/8", 3/4", 7/8", 1", 1-1/4", 1-1/2", 1-3/4", 2", 2-1/4", 2-1/2", 3", 3-1/2", 4", 4-1/2", 5", 5-1/2", 6", 7", 8", 9", and 10". The 'Diámetro: (A)' field is currently empty. The 'Largo (m):' field is set to 0,80. There are checkboxes for 'Certificado de Conformidad' and 'Empaque Especial'. The 'Precio Total' is shown as ₡0.00 (Impuesto de Ventas Includido, 13%). A 'Añadir al carrito' button is at the bottom.

The shopping cart on the right shows the selected item: 'BARRA REDONDA ALUMINIO AA 6061 - 1/4" x AA 6061 - 1/4" Largo m: 0,80 Peso: 0,06898 kg 18 = ₡833,416'. The cart subtotal is ₡13,334.66 and the total weight is 1,10338 kg. There are buttons for 'VER CARRITO' and 'FINALIZAR COMPRA'.

Fuente: <https://aceroscartago.com/carrito/producto/division-metales/aluminio/barra-redonda-aluminio-aa-6061/>

Otros precios consultados por llamada telefónica.

Aceros Cartago: consulta por platina, 50mm x 3mm, unidad de 3,65m / **₡37120**

Fuente: aceroscartago.com. Central telefónica: (506) 2552-7272

Plastimex: consulta por precio de unidad de plastideck, unidad de 2,90m / **₡22480**

Fuente: plastimexsa.com. Central telefónica: +506 2453-9270

Toldos nacionales: consulta por lona PVC, unidad 150cm x 50cm x 1mm, **₡8500**

Fuente: toldoscr.com. Central telefónica: +506 2221-0664

Grupo Mercasa: consulta web, precio de tubo de aluminio, unidad de 2m, 1/2", **₡1506**

Fuente <https://www.grupomercasa.com/producto/tubo-aluminio-1-2/>