

ARQUITECTURA FLOTANTE PARA COMUNIDADES COSTERAS EN RIESGO EN  
COLOMBIA

KAREN SOFIA QUINTERO MURCIA

Proyecto integral de grado para optar el título de  
ARQUITECTO

Director:

JUAN SEBASTIAN NEIRA SARMIENTO

Arquitecto

FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
BOGOTA D.C

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Bogotá D.C. Enero de 2024

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica

Dra. María Fernanda Vega de Mendoza

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Vicerrectora de Investigaciones y Extensión

Dra. Susan Margarita Benavides Trujillo

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano Facultad de Arquitectura

Dra. María Margarita Romero Archbold,

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

Dedicado a mis padres y a mi hermano que me han  
apoyado en cada meta que me he puesto.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
RESUMEN	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1 Situación problemática	10
1.2 Pregunta de investigación + creación	11
1.3 Justificación	11
1.4 OBJETIVOS	12
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	12
1.4.2 <i>Objetivos específicos de investigación</i>	12
1.4.3 <i>Objetivos específicos de creación</i>	12
1.5 Metodología	13
2. DISCURSO PREPOSICIONAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN + CREACIÓN	19
2.1 Antecedentes (estado del arte)	19
2.2 Marco referencial	22
2.2.1 <i>Marco teórico</i>	22
2.2.2 <i>Marco conceptual</i>	24
2.2.3 <i>Marco normativo</i>	25
2.3 Diagnostico urbano	27
2.4 Incorporación de resultados de la investigación a la creación (el proyecto arquitectónico)	41
2.4.1 <i>El proceso de indagación</i>	41
2.4.2 <i>Los análisis y los resultados a la pregunta de investigación</i>	42
2.4.3 <i>La incorporación de los resultados en el proyecto arquitectónico</i>	42
2.5 Los principios y criterios de composición	43
2.5.1 <i>Selección del área de intervención</i>	43
2.5.2 <i>Concepto ordenador</i>	43
2.5.3 <i>Implantación</i>	44
2.5.4 <i>Esquema básico y evolución del conjunto</i>	44
3. PROYECTO DEFINITIVO	46
4. CONCLUSIONES	54
BIBLIOGRAFIA	56



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1 -Departamentos en riesgo por ANM	29
Figura 2- Poblaciones palafíticas del Choco	31
Figura 3- Tipología de vivienda palafítica en Colombia	35
Figura 4 - Viviendas Palafíticas Riosucio, Choco	36
Figura 5 - Cielo nublado, sol y días de precipitación	38
Figura 6 - Temperaturas medias y precipitaciones	39
Figura 7 - Cantidad de precipitación	40
Figura 8 - Rosa de los vientos	41
Figura 9 - Polígono Riosucio y Usos de suelo	43
Figura 10 - Esquemas de transformación formal	48
Figura 11 - Explotado constructivo	51
Figura 12 - Sistema de recolección de aguas lluvia	53
Figura 13 - Sistema de tratamiento de aguas residuales	55
Figura 14 - Sistema de paneles fotovoltaicos	57
Figura 15 - Estrategias pasivas	59
Figura 16 - Planta arquitectónica	61
Figura 17 - Sección y fachada longitudinal	62
Figura 18 – Vista aerea viviendas flotantes	69
Figura 19 - Módulo social multifuncional	70
Figura 20 – Módulo habitacional	71
Figura 21 – Módulo de servicios	72
Figura 22 – Terraza módulo social	73
Figura 23 – Prototipo de vivienda flotante	74



## RESUMEN

Colombia es un país con una gran riqueza ambiental que cuenta con importantes cuerpos hídricos como ríos, mares y manglares, a lo largo de la historia las poblaciones se han asentado en los bordes o dentro de estos cuerpos de agua, en los últimos años con el cambio climático y los fenómenos naturales se han visto afectaciones en estos territorios deteriorando las costas, causando erosión y provocando inundaciones, lo que ha llevado a una grave afectación en la calidad de vida de los habitantes de estas zonas por su precaria infraestructura en viviendas y equipamientos. Es por esto que se plantean una serie de estrategias de diseño que tienen en cuenta factores técnicos, constructivos y bioclimáticos para viviendas flotantes en los diversos cuerpos hídricos y climas que se encuentran en el territorio colombiano, creando viviendas con la mayor independencia energética posible y que sean adaptables a entornos adversos con los menores índices de contaminación ambiental.

**Palabras Clave:** Vivienda flotante, Arquitectura adaptable, Eficiencia energética, Aumento del nivel del mar.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Situación problemática**

El planeta tierra atraviesa una grave crisis ambiental a manos del ser humano, el cambio climático y el calentamiento global han generado una serie de cambios en los ecosistemas que están empezando a atentar contra la seguridad de los seres humanos. El calentamiento global que se ha provocado por la contaminación y el aumento de los niveles de CO<sub>2</sub> está provocando que la superficie de la tierra y del mar cambien su temperatura con una tendencia ascendente esto ha llevado a que se dé el deshielo de los polos y el retroceso de los glaciares que ocasiona el aumento en los niveles del mar. Según el Panel Intergubernamental IPCC sobre Cambio Climático 896 millones de personas viven en ciudades costeras que están expuesta a los riesgos por el aumento del nivel del mar, la erosión costera y los fenómenos naturales como lluvias torrenciales, tsunamis y mareas altas, todo lo anterior supone un deterioro en la calidad de la tierra y expone a las comunidades que viven en asentamiento con proximidad a los cuerpos hídricos a un gran peligro.

En Colombia, según el departamento administrativo nacional de estadística DANE cerca del 10% de la población de la nación es decir 4.798.577 representa a los habitantes de las zonas costeras, según el Instituto de Investigaciones Costeras y Marítimas INVEMAR el 53,7% de las costas del país presentan una alta amenaza ante fenómenos geofísicos como alta marea, tsunamis y precipitaciones. El 32,7% de estas comunidades son pobres lo que aumenta su vulnerabilidad ante todos estos fenómenos físicos. Teniendo en cuenta lo anterior se puede identificar que en las costas colombianas existen una gran problemática que es el déficit de vivienda y de infraestructura que se da a causa de los altos niveles de pobreza, y de la inexistencia de una normativa que regule la manera en la que se dan estos asentamientos y edificaciones en las costas o incluso dentro del mismo mar, las viviendas que se construyen en estas zonas son inseguras ya que están construidas de manera informal y con materiales deficientes. La suma de todos los factores descritos anteriormente expone a las comunidades a una serie de riesgos y no les permite tener una vida digna.

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

¿Cómo por medio de la arquitectura flexible flotante se pueden diseñar espacios que dignifiquen la vida de las comunidades costeras y ribereñas que se encuentran en riesgo por los efectos del aumento del nivel del mar?

## **1.3 Justificación**

El cambio climático y la crisis ambiental que tenemos actualmente que produce una serie de consecuencias como el aumento del nivel del mar y la erosión costera que afecta algunas pequeñas comunidades costeras y a largo plazo acabara con algunas de las grandes ciudades costeras en el mundo.

Actualmente la normativa en Colombia no permite los asentamientos humanos sobre la ronda de los cuerpos hídricos, ignorando que históricamente muchas tribus y culturas hicieron sus primeros asentamientos en el borde o dentro de los mismos cuerpos hídricos, es por esto que en Colombia hoy en día existen comunidades costeras construidas de manera irregular, ya que se ignoran los derechos especiales que debería ser reconocidos a estas comunidades. Además, estas construcciones son inseguras y mal planificadas, resaltando también el hecho de que no existen una normativa para la construcción de edificaciones flotantes que dicte las directrices para que estas comunidades sean seguras, planificadas y legales.

Los asentamientos humanos que existen en los cuerpos hídricos no están en buenas condiciones, no suplen las necesidades básicas de las familias y están expuestas a diversos riesgos teniendo en cuenta los fenómenos naturales a los que se exponen.

Esta investigación ofrecerá una nueva alternativa para las viviendas que se encuentran en zonas costeras o cerca de cuerpos hídricos, indagando en la manera de remplazar las técnicas constructivas tradicionales como la arquitectura palafítica que a largo plazo no representa una buena solución teniendo en cuenta el inminente e irreversible aumento del nivel del mar.

El primer aporte que se quiere dar es una revisión a la normativa de viviendas flotantes en el mundo para tener las pautas normativas para la aplicación de este tipo de construcciones en Colombia. Además, se busca plantear un esquema de comunidad flotante en una zona rural en Colombia que brinde los servicios básicos que necesitan los habitantes de estas zonas, tales como espacios para habitar, estudiar y desarrollar

una actividad productiva propia de la zona. Por último, se hará el planteamiento de un prototipo de vivienda flotante sostenibles que brinde una buena calidad de vida para sus habitantes.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 *Objetivo general***

Proponer criterios de diseño de viviendas flotante por medio de la arquitectura flexible para satisfacer las necesidades de vivienda de las comunidades costeras y minimizar los riesgos de habitar en contextos de cuerpos hídricos.

### **1.4.2 *Objetivos específicos de investigación***

1. Recopilar información sobre las variables ambientales y climatológicas en las bases de datos meteorológicas del país con el fin de conocer las condiciones de los diferentes contextos hídricos como ríos, lagos y mares, para plantear soluciones bioclimáticas óptimas para las viviendas.
2. Analizar las actuales condiciones normativas sobre las construcciones flotantes recopilando información de normas de construcción alrededor del mundo con el fin de conocer los parámetros técnicos que se deben tener en cuenta para construcciones flotantes seguras.
3. Establecer estrategias de diseño para la vivienda flotante por medio de factores técnicos y bioclimáticos para esquematizar un prototipo de vivienda que sea energéticamente eficiente y constructivamente segura.

### **1.4.3 *Objetivos específicos de creación***

1. Plantear una serie de elementos estructurales que sean flexibles y resilientes, que permitan que la vivienda responda a las necesidades de movilidad, que tenga una plataforma flotante segura y que no contamine el ambiente, y que incorpore materiales y técnicas constructivas vernáculas que conserven la tradición de los habitantes y brinde el confort según sus necesidades específicas.
2. Proponer una vivienda modular minimalista que brinde los espacios necesarios que suplan las necesidades de las familias chocoanas y posibiliten que las viviendas crezcan según aumenten los miembros del hogar o se requieran espacios para desarrollar nuevas actividades. Estos módulos deben ser de fácil montaje sin

necesidad de mano de obra especializada y deben ser materializados a partir de técnicas vernáculas.

3. Establecer los diferentes elementos que permitan que una vivienda sea energéticamente eficiente, en primer lugar, las fuentes de energía renovable, los sistemas para abastecer la vivienda con agua, el diseño de los elementos constructivos en función del clima y las características ambientales del entorno y por ultimo los materiales constructivos que permitan que la vivienda sea segura y confortable.

### 1.5 Metodología

Primero, se pondrá en contexto a cerca de las características socioculturales, económicas y geográficas del municipio de Riosucio Choco, entendiendo su forma de vida, costumbres culturales y necesidades sociales. Después se hará un análisis de las viviendas existentes, la manera en la que se implantan en el territorio, su tipología, características funcionales, la oferta de servicios básicos, las técnicas constructivas y los materiales con los cuales se llevan a cabo y las maneras en la que estas viviendas han evolucionado con el tiempo. Por último se diseñará una vivienda que cumpla con las necesidades básicas de la comunidad, que sea modular y permita el crecimiento según cambien las necesidades de las familias, y que se desarrolle en base a técnicas constructivas vernáculas optimizadas con procesos mas eficientes permitiendo que la vivienda sea segura y conserve su tradición al mismo tiempo, además esta vivienda deberá ofrecer los servicios básicos sin necesidad de depender de ningún tercero, esto se lograra a partir del uso de energías renovables lo que supone un ahorro energético y económico a largo plazo para conseguir que la vivienda cumpla con la mayor cantidad de características que la hagan sostenible.

**Tabla 1**

*Metodología de los objetivos de investigación y creación*

Objetivo Especifico	Actividades	Instrumentos
<b>Objetivo 1</b>	<b>Consulta:</b> Características de los cuerpos hídricos en	IDEAM, DANE y bases de datos meteorológicas.

	Colombia.	
Recopilar información sobre las variables ambientales y climatológicas en las bases de datos meteorológicas del país con el fin de conocer las condiciones de los diferentes contextos hídricos como ríos, lagos y mares, para plantear soluciones bioclimáticas óptimas para las viviendas.	<b>Análisis:</b> Diferencias entre los mares, ríos y manglares.	Datos normativos: Prohibiciones de construcciones sobre la ronda del cuerpo hídrico.
	<b>Resultados:</b> Esquemas gráficos de conceptos normativos	
	<b>Aplicación al proyecto arquitectónico:</b> Características especiales que permiten dar los diferentes requerimientos de una vivienda flotante.	La información obtenida se aplicará en los aspectos técnicos y constructivos del proyecto arquitectónico, enfocándose en la resiliencia, flotabilidad y seguridad de la estructura teniendo en cuenta las características de los cuerpos de agua.
<b>Objetivo 2</b>	<b>Consulta:</b> Normativa internacional de construcciones flotantes	Norma Holandesa de construcciones flotantes, Norma Danesa construcciones flotantes.
Analizar las actuales condiciones normativas sobre las construcciones flotantes recopilando información de normas de construcción alrededor del mundo con el fin de conocer los parámetros	<b>Análisis:</b> Elementos estructurales básicos, conceptos físicos para la flotación.	Datos normativos: Categorías de las viviendas flotantes, tipos de estructuras, técnicas vernáculas.
	<b>Resultados:</b> Esquemas gráficos de conceptos normativos	

técnicos que se deben tener en cuenta para construcciones flotantes seguras.	<b>Aplicación al proyecto arquitectónico:</b> Técnicas constructivas	La información obtenida se aplicará en los aspectos técnicos y constructivos del proyecto arquitectónico, enfocándose en la resiliencia, flotabilidad y seguridad de la estructura.
<b>Objetivo 3</b>	<b>Consulta:</b> Análisis de vivienda flotantes existentes en el mundo	Revistas y páginas web de arquitectura
Establecer estrategias de diseño para la vivienda flotante por medio de factores técnicos y bioclimáticos para esquematizar un prototipo de vivienda que sea energéticamente eficiente y constructivamente segura.	<b>Análisis:</b> Características y requisitos de las viviendas flotantes.	Datos normativos: Categorías de las viviendas flotantes, tipos de estructuras, técnicas vernáculas.
	<b>Resultados:</b> Esquemas gráficos de conceptos normativos	
	<b>Aplicación al proyecto arquitectónico:</b> Técnicas constructivas y estrategias de diseño	La información obtenida se aplicará en los aspectos técnicos, constructivos, funcionales y estéticos del proyecto arquitectónico, enfocándose en la resiliencia, flotabilidad y seguridad de la estructura.
<b>Objetivo 4</b>	<b>Consulta:</b> Normativa internacional de construcciones flotantes	Norma Holandesa de construcciones flotantes, Norma Danesa construcciones flotantes.

Plantear una serie de elementos estructurales que sean flexibles y resilientes, que permitan que la vivienda responda a las necesidades de movilidad, que tenga una plataforma flotante segura y que no contamine el ambiente, y que incorpore materiales y técnicas constructivas vernáculas que conserven la tradición de los habitantes y brinde el confort según sus necesidades específicas.	<b>Análisis:</b> Elementos estructurales básicos, conceptos físicos para la flotación.	Datos normativos: Categorías de las viviendas flotantes, tipos de estructuras, técnicas vernáculas.
	<b>Resultados:</b> Esquemas gráficos de conceptos normativos	
	<b>Aplicación al proyecto arquitectónico:</b> Técnicas constructivas	La información obtenida se aplicará en los aspectos técnicos y constructivos del proyecto arquitectónico, enfocándose en la resiliencia, flotabilidad y seguridad de la estructura.
<b>Objetivo 5</b>	<b>Consulta:</b> Fotografías, videos y entrevistas del modo de vida de las familias chocoanas.	Observación, análisis y abstracción de datos a partir del registro fotográfico de las viviendas.
Proponer una vivienda modular minimalista que brinde los espacios necesarios que suplan las necesidades de las familias chocoanas y posibiliten que las viviendas crezcan según aumenten los miembros del hogar o se requieran espacios para desarrollar nuevas actividades. Estos módulos deben ser de fácil montaje sin necesidad de mano de obra	<b>Análisis:</b> Espacios esenciales para las familias chocoanas.	Datos normativos: Categorías de las viviendas flotantes, tipos de estructuras, técnicas vernáculas.
	<b>Resultados:</b> Módulo básico funcional de 12m2.	
	<b>Aplicación al proyecto arquitectónico:</b> Técnicas constructivas	La información obtenida se aplicara en los aspectos funcionales y constructivos del proyecto.



especializada y deben ser materializados a partir de técnicas vernáculas.		
<b>Objetivo 6</b>	<b>Consulta:</b> Revistas de arquitectura e ingeniería ambiental.	Observación, análisis y abstracción de datos de los diferentes elementos técnicos que se pueden aplicar y de las estrategias pasivas.
Establecer los diferentes elementos que permitan que una vivienda sea energéticamente eficiente, en primer lugar, las fuentes de energía renovable, los sistemas para abastecer la vivienda con agua, el diseño de los elementos constructivos en función del clima y las características ambientales del entorno y por último los materiales constructivos que permitan que la vivienda sea segura y confortable.	<b>Análisis:</b> Técnicas para la independencia energética de las viviendas.	Datos normativos: categorías de las viviendas flotantes, tipos de estructuras, técnicas vernáculas.
	<b>Resultados:</b> Elección de paneles fotovoltaicos, filtros de agua y plantas de tratamiento de aguas residuales.	
	<b>Aplicación al proyecto arquitectónico:</b> Técnicas de ahorro energético	La información obtenida se aplicará en los aspectos funcionales y de abastecimiento de servicios básicos a la vivienda.

***Diferencias entre cuerpos hídricos***

**Tabla 2**

*Cuadro comparativo ríos, mares y manglares.*

<b>Categoría de Análisis</b>	<b>Ríos</b>	<b>Mares</b>	<b>Manglares</b>
<b>Definición</b>	Corrientes de agua dulce que fluyen hacia el mar o un lago	Grandes cuerpos de agua salada conectados a los océanos	Ecosistemas costeros de transición entre tierra y agua, dominados por árboles resistentes a la salinidad
<b>Ubicación</b>	Pueden encontrarse en todas las regiones y continentes	Cubren aproximadamente el 71% de la superficie de la Tierra	Principalmente en regiones tropicales y subtropicales, cerca de la desembocadura de ríos y estuarios
<b>Características</b>	Pueden tener corrientes rápidas o lentas, y pueden variar en tamaño y caudal	Suelen ser amplios y profundos, con mareas y corrientes oceánicas	Suelo fangoso, inundado por agua salada y dulce, con árboles adaptados a la salinidad
<b>Biodiversidad</b>	Albergan una gran variedad de especies acuáticas y terrestres, incluyendo peces, aves, mamíferos y plantas	Albergan una gran diversidad de vida marina, incluyendo peces, mamíferos marinos, corales y algas	Albergan una rica diversidad de especies adaptadas a las condiciones de agua salobre, como manglares, aves, reptiles y peces
<b>Funciones Ecológicas</b>	Transporte de nutrientes, hábitat para muchas especies, regulación del clima y purificación del agua	Hábitat y fuente de alimento para diversas especies, regulación del clima y producción de oxígeno	Protección costera contra erosión, hábitat para especies marinas y terrestres, filtración de agua y secuestro de carbono
<b>Importancia económica</b>	Suministro de agua dulce para consumo humano, agricultura e industria, turismo y recreación	Pesca comercial, transporte marítimo, turismo costero y actividades extractivas como la extracción de petróleo y gas	Pesca comercial, turismo ecológico, extracción de madera y productos forestales, protección costera y actividades recreativas
<b>Amenazas y desafíos</b>	Contaminación por desechos y productos químicos, represas y alteración del flujo de agua, degradación de hábitats y cambio climático	Contaminación marina, sobrepesca, acidificación de los océanos, pérdida de hábitats costeros y aumento del nivel del mar	Deforestación, contaminación, alteración de los flujos de agua, desarrollo costero no sostenible y cambio climático

En la anterior tabla se hace una comparación entre algunos de los cuerpos hídricos que se encuentran en Colombia con el fin de conocer sus diferentes características. Para la aplicación de este proyecto, la vivienda flotante se va a implantar en un río, sin embargo, las estrategias proyectuales propuestas son criterios para que las viviendas funciones en los diferentes cuerpos hídricos y se adapten a sus diferentes características.

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

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

#### **Arquitectura y diseño flexible una revisión para una construcción más sostenible (tesis doctoral)**

La flexibilidad es una de las características que puede lograr que los proyectos sean más dinámicos y tengan la capacidad de adaptarse a diversas condiciones y contextos físicos. Este tipo de arquitectura hace posible construir proyectos de manera más rápida y eficiente ya que generalmente se compone de elementos prefabricados que permiten un fácil montaje y desmontaje que posteriormente puede ser reciclado o tener un uso nuevo, esta característica también permite que tenga un bajo costo, un bajo peso y permite su fácil transportación, lo que a su vez posibilita que llegue a zonas de difícil acceso. La flexibilidad puede ser la respuesta para muchas necesidades que se presentan en la actualidad. La ventaja de la arquitectura flexible frente a la convencional es que la convencional no permite que se dé una correcta adaptación a los cambios del entorno y a las necesidades funcionales de los usuarios. El contexto en el que se implanta un proyecto es uno de los factores que puede estar más sujeto a cambios entendiendo las diferentes variables de los ecosistemas sumado a los impactos que se dan por los efectos del cambio climático. Además, a flexibilidad en el ámbito de distribución espacial de las viviendas permite que el uso cambie según sea requerido con la disposición de elementos que configuran el espacio de varias maneras.

Es necesario comprender que la sostenibilidad se consigue cuando hay un equilibrio entre los factores social, económico y ambiental, es por esto que el primer paso es un análisis de las condiciones de la población y su contexto físico ambiental. La elección de los materiales y la técnica constructiva son unos de los primeros factores claves para garantizar la sostenibilidad de un proyecto, es este ámbito existen dos ramas por las que el diseñador se puede inclinar, en primer lugar, está la arquitectura vernácula que implementa técnicas y materiales locales y la otra es la implementación de materiales industrializados, pre fabricados o reciclados con técnicas constructivas que son de fácil montaje y que no requieren de mano de obra especializada.

(Pinto Campos, B. C, 2019)

### **Desafíos de la gestión moderna del desarrollo de viviendas flotantes**

En los últimos años en varios países de Europa Occidental ha surgido una nueva forma de vivir, vivir en el agua, esta modalidad nace como respuesta a varios factores como el aumento del costo de la tierra, la expansión urbana, la congestión de las ciudades y el aumento poblacional. Países Bajos es uno de los lugares en donde este tipo de arquitectura se ha desarrollado más, teniendo en cuenta sus particulares condiciones ambientales, el 60% de la superficie del país esta por debajo del nivel del mar, lo que ha hecho que se construya una gran infraestructura de diques y canales que contrarresta los efectos de posibles inundaciones. A partir de lo anterior el gobierno de Países Bajos se ha preocupado por establecer una normativa que tecnifique y haga mas segura la manera de habitar en estas condiciones estableciendo los parámetros necesarios en términos constructivos y proponiendo diversos modelos de gestión y administrativos para este tipo de edificaciones.

(Miszewska-Urbańska, E, 2016)

### **Adaptación activa y pasiva de casas flotantes**

Este artículo es una revisión de las viviendas flotantes ubicadas sobre el rio Melawi en Indonesia, estas viviendas están diseñadas para responder y mitigar el riesgo que implica estar asentado sobre un cuerpo hídrico que cuenta con una serie de variables ambientales como la marea, la corriente, el aumento en el nivel del agua y fenómenos climatológicos como las altas precipitaciones y las temporadas secas. Se hizo un análisis activo de la adaptación de los integrantes de la vivienda y sus dinámicas con respecto a los cambios ambientales, además se hizo un análisis pasivo en el cual se identificaron los aspectos de implantación del edificio que responden a las condiciones ambientales, como la posición, la orientación, la función y el acceso. (Putro, J. D.,2021)

### **Las 3 dimensiones de sostenibilidad y arquitectura flotante**

La sostenibilidad en arquitectura flotante se dividen en 3 dimensiones, en primer lugar se encuentra la adaptabilidad ante el aumento del nivel del mar teniendo en cuenta que la estructura flotante se acomoda a la superficie y sus cambio de condiciones físicas como nivel y marea, en segundo lugar el uso a largo plazo y la movilidad según como cambien las condiciones climáticas y ambientales puede ser necesario desplazar la

vivienda a lugares más seguros, y por último esta la materialización de la vivienda, la elección de sus materiales que pueden ser locales o prefabricados con elementos modulares y en la aplicación de tecnologías que generen energías limpias y renovables con el fin de abastecer a la vivienda y permitir un ahorro económico a largo plazo. La arquitectura flotante puede crecer para generar comunidades en los cuerpos hídricos, estos asentamientos se dan teniendo en cuenta los procesos de expansión urbana y el crecimiento poblacional, las comunidades flotantes presentan una serie de ventajas con respecto a las comunidades tradicionales sobre tierra, como lo es el sentido de comunidad y apropiación, fortaleciendo la dimensión social y además reforzando la seguridad y la calidad de vida de los habitantes. (Moon, 2014)

### **Arquitectura residencial flotante: nuevas formas de vida sobre el agua**

Los antecedentes históricos de los primeros asentamientos humanos que más adelante se convirtieron en las grandes civilizaciones han estado ligados al agua desde el inicio de los tiempos. Las principales razones para establecerse en estos contextos eran defensivas teniendo en cuenta una posición estratégica, económicas y comerciales debido a la fácil transportación de productos y también esto facilitó el desarrollo de las técnicas agrícolas. Por todas estas razones, la gran mayoría de ciudades principales están ubicadas junto al mar, en un río o en islas.

La construcción de infraestructuras flotantes es una práctica que ha tomado más fuerza con el paso de los años, sin embargo, teniendo en cuenta la ambigüedad de las normas y reglamentos aplicados a este tipo de edificaciones, hay problemas ya que no se tiene claridad de la manera más adecuada para desarrollar este tipo de proyectos. Entre las pocas normativas existentes para este tipo de arquitectura se encuentran la ley holandesa sobre estructuras flotantes es una de las más avanzadas que existen y puede servir como referencia para hipotéticos proyectos futuros.

La principal conclusión es que construir casas sobre el agua es una solución arquitectónica viable y sostenible a unas crecientes problemáticas como el aumento del nivel del mar en las zonas costeras, escasez de tierras cultivables y desarrollo desordenado de los sistemas urbanos. Es posible que la construcción se lleve a cabo en cuerpos de agua en el futuro. Haciendo que las construcciones flotantes se conviertan en una práctica común en la arquitectura residencial tanto para viviendas

unifamiliares como para edificios de apartamentos, comerciales o para espacios públicos. (Moñux, 2020).

## **2.2 Marco referencial**

### **2.2.1 Marco teórico**

Dado que este trabajo se centrará en el impacto que tiene el cambio climático y el aumento del nivel del mar en los diversos asentamientos de poblaciones en zonas costeras y las posibles alternativas para brindar una solución que mitigue el riesgo de desplazamiento y contribuye al mejoramiento de la calidad de vida a través de la arquitectura flotante, es necesario definir algunos conceptos y presentar una serie de datos para el correcto desarrollo de las temáticas mencionadas para el proyecto.

#### **La arquitectura móvil según Yona Friedman**

Las teorías de Yona Friedman, un arquitecto húngaro francés fueron uno de los primeros planteamientos que surgieron alrededor de la arquitectura móvil, dentro de su teoría aparecen conceptos como movilidad, adaptabilidad y diseño participativo. El exploró el diseño a partir de formas y técnicas constructivas eficientes y simples reduciendo costos y dificultad, todo esto como respuesta a la creciente demanda de las necesidades de la sociedad. El concepto de movilidad representa la capacidad de adaptarse y sobrevivir de la arquitectura, y esto se logra por medio de la libertad de diseño participativo que define las condiciones que debe tener cada vivienda según las necesidades cambiantes del usuario y del contexto.

Para él, la arquitectura no se debe entender como un objeto compacto y aislado sino que por el contrario esta debería operar como una máquina en donde cada pieza tiene su función, además entendiendo la inclinación hacia la industrialización una de las herramientas que se implementa en el diseño de la arquitectura móvil es la composición a partir de módulos y de sistemas constructivos poco complejos y prefabricados logrando que la producción de la arquitectura cumpla con la demanda. (Lockard, 2017.)

#### **La flexibilidad en arquitectura según Ewald Bubner**

La flexibilidad en arquitectura es un concepto que se debe entender a partir de 3 factores: 1) La movilidad que se refiere a la necesidad de cambiar de posición ya sea

un leve desplazamiento o uno amplio debido a las condiciones del entorno en el que se implanta, 2) evolución teniendo en cuenta el factor tiempo y de los cambios de las necesidades sociales de los usuarios y 3) elasticidad que es un factor que se puede asociar con las características físicas y las propiedades de los materiales y las técnicas constructivas a través de las cuales se materializan las construcciones. (Colmenarez, 2009)

La flexibilidad es una característica necesaria en términos funcionales permitiendo que un mismo espacio sea usado de diversas maneras según sea la necesidad del usuario, en términos técnicos la flexibilidad permite una fácil construcción y desmontaje en caso de que se requiere reconstruir y desplazar en otro contexto, es por esto que los materiales ligeros y prefabricados proporcionan la serie de ventajas mencionadas anteriormente además de las que se dan en términos económicos y energéticos.

Según el ingeniero Ewald Bubner quien aportó al concepto de flexibilidad en arquitectura las soluciones técnicas constructivas son las herramientas para que los objetos arquitectónicos se adapten a las necesidades reales y actuales, y de esta misma manera es posible evolucionar según sean las condiciones futuras. (Pinto, 2019)

### **La arquitectura científica adaptable según Buckminster Fuller**

La postura del arquitecto Richard Buckminster Fuller sobre la arquitectura adaptable parte del análisis de las necesidades y requerimientos de las generaciones futuras, es por esto que los proyectos se deben diseñar con la capacidad de ajustarse a los eventos o circunstancias cambiantes o enfrentar los efectos de la naturaleza. Su teoría de la adaptabilidad tiene una mirada global apoyándose de los avances tecnológicos e industriales, haciendo posible que los materiales y técnicas locales de construcción no sean un impedimento para construir en lugares lejanos e inaccesibles. Otra de las principales preocupaciones del arquitecto tiene que ver con el impacto sobre el medioambiente a causa de la industria de la construcción, buscando la manera de aprovechar los recursos al máximo y lograr una alta eficiencia en los proyectos. El plantea el concepto de arquitectura científica adaptable que en la primera etapa se centra en la recolección de datos de la población haciendo énfasis en temas sociales, económicos y culturales para comprender el modo de vida y las necesidades del presente y del futuro. (Franco, 2011)

## **Las causas y efecto del aumento del nivel del mar a escala global**

Los factores que modifican los niveles del mar son diversos, en primer lugar, están los naturales como los cambios en la sedimentación y la tectónica. Sin embargo, el factor que tiene el mayor impacto es el cambio climático. Es importante entender que el calentamiento global provoca un aumento de la temperatura del océano lo que origina el deshielo de los polos y el retroceso de los glaciales. Los efectos del aumento del nivel del mar en primera medida afectan a los asentamientos que se dan en las áreas próximas al mar, en las comunidades que habitan allí y las actividades que desarrollan como lo son la agricultura, la pesca, el turismo lo que a la larga representa no solo un problema social sino también económico y ambiental al provocar una gran afectación en los ecosistemas deteriorando la calidad de los suelos y del agua.

“El Nivel medio global del mar aumentó en 195 mm entre 1870 y 2004, y continúa aumentando a un ritmo sostenido de aproximadamente 3 mm/año. El calentamiento del agua y del hielo terrestre ha elevado el nivel medio global del mar 4,5 centímetros desde 1993 hasta 2008, aunque el ascenso no es uniforme.” (Málikov, I, 2010)

### **2.2.2 Marco conceptual**

#### **Arquitectura flotante en la vivienda**

A lo largo de la historia de la humanidad se han establecido diversos asentamientos humanos con relaciones próximas o directas con cuerpos hídricos, esto ya que suponía una serie de ventajas desde tener una posición defensiva, hasta tener una superioridad desde el punto de vista del comercio y las actividades económicas ligadas a la agricultura y la acuicultura. En la actualidad en la mayoría del mundo no existe un marco normativo en relación a la construcción de estructuras flotantes lo que representa que las estructuras flotantes que existen en la actualidad no se han construido de forma segura o regulada. La ley holandesa sobre edificaciones flotantes sobre el nivel del agua del año 2003 es de las más desarrolladas en cuanto a estructuras flotantes. La arquitectura flotante es una buena alternativa para responder a la falta expansión urbana y a la alta densidad y crecimiento acelerado de la población urbana, también es una buena alternativa que puede reemplazar otros tipos de viviendas que se ubican en las costas o a las viviendas palafíticas, las viviendas flotantes son



flexibles y permiten que se adapten a los diferentes cambios que se dan con el aumento del nivel del mar. La vivienda flotante resulta estable desde el punto de vista de la ingeniería y puede ser económicamente viable si se utilizan materiales constructivos disponibles en el ámbito local, además existen diversas maneras de construir las estructuras flotantes con variedad de materiales y técnicas constructivas que se adapten a los diferentes presupuestos. (Gutiérrez Moñux, D. 2020)

### **Arquitectura resiliente**

"Se consideran territorios resilientes aquellos que conocen sus riesgos, los reducen y si estos se manifiestan en desastres, resisten el impacto recuperándose de manera rápida, segura y eficiente" (Ricardo, S. E. L. et all, 2018)

En la actualidad estamos en un contexto sometido a diversos y constantes cambios, cambios que en muchas ocasiones llegan de sorpresa y tienen un impacto negativo. La resiliencia es un término que se asocia a la respuesta ante una amenaza o vulnerabilidad. El impacto climático es una de las amenazas que más riesgo representa y que se va a volver más peligrosa por el tiempo, el agotamiento de los recursos naturales va a ser que sea necesario la implementación de las fuentes de energías renovables, los fenómenos naturales hacen que sea necesario implementar materiales firmes, ligeros, sanos, de fácil construcción, y que generen un bajo impacto ambiental.

#### **2.2.3 Marco normativo**

Las normas sobre construcción dentro de cuerpos hídricos en Colombia se encuentran en la Resolución 0372 de 2017 emitida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y en la Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Estas normas establecen las regulaciones y requisitos que deben seguirse para la construcción de obras civiles en cuerpos de agua, como ríos, lagos y lagunas, con el fin de preservar la integridad de estos ecosistemas y garantizar la protección del medio ambiente.

1. La Ley 99 de 1993 - Por medio de la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se establece el Sistema Nacional Ambiental (SINA), establece las directrices para la gestión del medio ambiente y los recursos naturales renovables.

2. El Decreto 1640 de 2012 - Reglamenta la gestión integrada de la zona marina costera y los cuerpos de agua interiores.
3. El Decreto 1076 de 2015 - Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, regula la intervención de cuerpos de agua y la autorización de vertimientos en aguas marinas y continentales.
4. La Resolución 631 de 2015 - Establece las condiciones para la autorización de ocupación de cauces y cuerpos de agua en Colombia.
5. La Resolución 631 de 2015 - Establece los criterios y los requisitos para la autorización de vertimientos de aguas residuales a cuerpos de agua en Colombia.

En general, la construcción en aguas colombianas se rige por diversas normas tendientes a garantizar la protección y preservación de los recursos naturales renovables y el medio ambiente. Cabe recalcar que los permisos y autorizaciones para tales intervenciones deben ser otorgados por la autoridad ambiental competente.

### **Normativas internacionales para construcciones flotantes**

Países Bajos es un país conocido por su relación de simbiosis con el agua, en donde se han tenido una serie de problemas de inundaciones razón por la cual cuentan con infraestructura como presas, diques y canales que contrarrestan esta problemática. Con el paso de los años y la expansión urbana el desarrollo de las ciudades ha tenido un giro inesperado y se han dado urbanizaciones sobre el agua. Es por esto que Holanda es uno de los precursores de las edificaciones flotantes y esto ha permitido que desarrollen una normativa para la construcción segura y sostenible de este tipo de infraestructura.

Existen 3 categorías para las edificaciones flotantes que contempla la norma:

1. Woonboot (casa flotante residencial): es una casa flotante utilizada como residencia permanente. Las casas flotantes deben cumplir con los códigos de construcción y seguridad, así como con los requisitos de las autoridades locales para la zonificación, los permisos y el uso de la tierra.

2. Woonschip (Houseboats): Son viviendas flotantes utilizadas como viviendas temporales o de verano. Estas casas flotantes están diseñadas como barcos para moverse sobre el agua. Las casas flotantes también deben cumplir con las normas de construcción y seguridad y estar registradas como embarcaciones en la Administración Marítima.
3. Bedrijfsvatrait (barcos comerciales): son casas flotantes que se utilizan con fines comerciales, como restaurantes, tiendas u oficinas. Las casas flotantes también deben cumplir con las normas de construcción y seguridad y estar registradas como embarcaciones en la Administración Marítima.

En los Países Bajos, las casas flotantes están sujetas a las "Woonbotenregeling", que son normas nacionales para la construcción y el uso de casas flotantes. Esta normativa establece los requisitos de seguridad y construcción para casas flotantes en los Países Bajos, cada municipio puede tener sus propias reglas.

Algunos de los requisitos principales que aparecen en la norma son:

- Las casas flotantes deben construirse con materiales impermeables y resistentes al viento.
- Las casas flotantes deben diseñarse y construirse para mantener una posición estable en el agua incluso en condiciones climáticas adversas.
- Los sistemas eléctricos y de plomería deben cumplir con los estándares de seguridad establecidos por la legislación nacional.
- La casa debe estar equipada con elementos de seguridad como extintores de incendios, detectores de humo y sistemas de escape.

(Miljøstyrelsen, 2015.)

## **2.3 Diagnostico urbano**

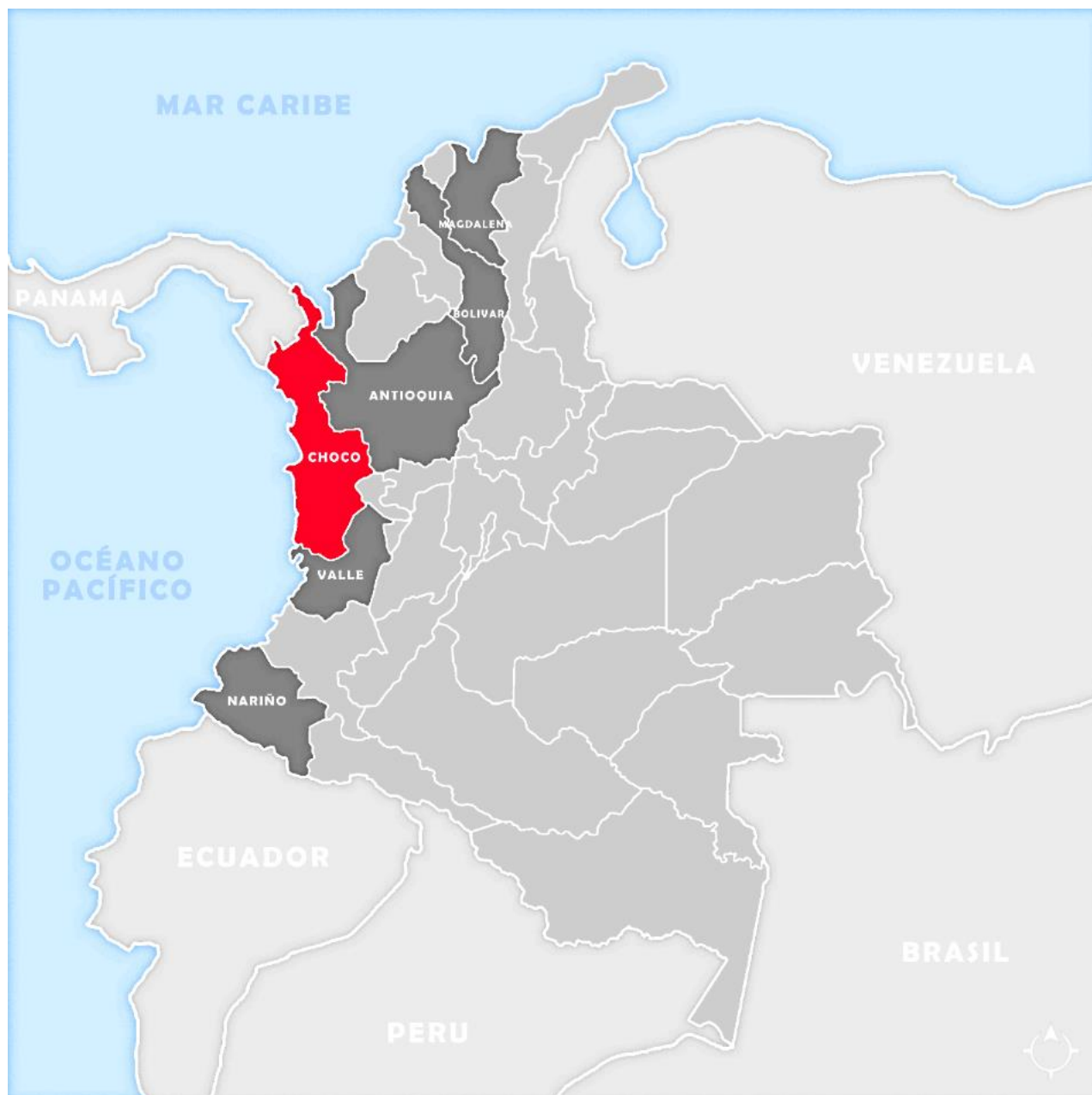
### **Análisis de lugar**

Colombia es un país que se ubica en el continente sur americano y que limita con el océano pacifico al occidente y con el mar caribe al norte, El 8% de su superficie está cubierto por agua y esta cifra asciende al 30% teniendo en cuenta el área inundable, cerca del 10% de la población de la nación es decir 4.798.577 representa a los habitantes de las

zonas costeras, el 53,7% de las costas del país presentan una alta amenaza ante fenómenos geofísicos. El 32,7% de estas comunidades son pobres lo que aumenta su vulnerabilidad ante todos estos fenómenos físicos. Los principales departamentos en condición de riesgo son Magdalena, Bolívar, Antioquia, Valle del Cauca, Nariño y Chocó.

**Figura 1**

*Departamentos en condición de riesgo por ANM*



**Nota.** Identificación de los principales departamentos del país que se encuentran en amenaza por fenómenos geofísicos.

Los puntos más críticos se encuentran en el pacífico, es así como se identificaron las poblaciones que se ubican en la cuenca del río Atrato en el chocó.

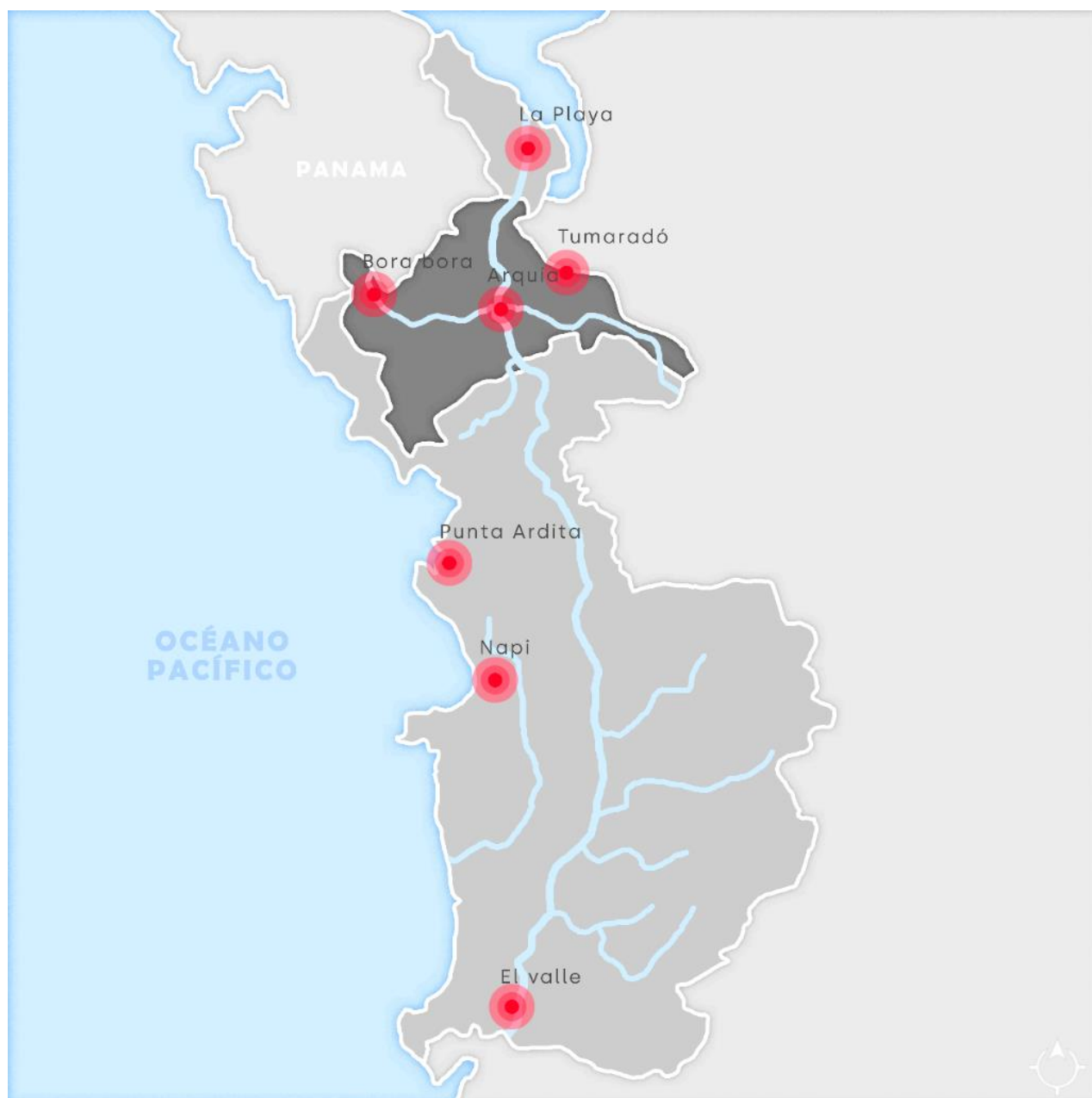
El río Atrato es uno de los principales ríos que recorre territorio colombiano y nace en el Cerro Plateado y desemboca en el mar Caribe. Su extensión cubre 187.400 kilómetros

cuadrados. Este importante afluente presenta una enorme biodiversidad con más de 9000 especies de flora y con más de 1000 especies de fauna. Además, cuenta con un gran patrimonio étnico y cultural ya que en este territorio existen asentamientos de comunidades mestizas, negras e indígenas.

El chocó es el departamento con más lluvias del país superando los 7000 mm y atraviesa una larga temporada de lluvias de 9 meses, el clima es cálido super húmedo y domina la mayor parte del territorio, este hecho incrementa la amenaza ante inundaciones, se ha registrado desbordamientos de los ríos a causa del ascenso del nivel del agua por encima de los 3 metros, es por esto que las poblaciones que se ubican en límites cercanos a los ríos cuentan con viviendas de tipo palafíticas.

## Figura 2

### *Poblaciones palafíticas del Chocó*



**Nota.** Identificación de las poblaciones palafíticas que se ubican en los límites del río Atrato en el departamento del Chocó.

En materia socioeconómica llama la atención que el Chocó a pesar de ser un territorio rico en Biodiversidad es una de las regiones que presenta los niveles de pobreza más alto del país, el 48,7% de la población se encuentra en condición de extrema pobreza,

además al ser una zona tan apartada del país, la mayoría de su extensión se encuentra en áreas rurales que no cuentan con redes de servicios públicos en la totalidad de su área, es por esto que en muchas poblaciones no existe cobertura de servicios de alcantarillado, agua potable y redes de telecomunicaciones. Todos los factores descritos anteriormente suponen que los habitantes de estas zonas habitan en condiciones precarias que los exponen a una serie de riesgos de salud pública.

### **Viviendas palafíticas del choco**

Las viviendas palafíticas son construcciones elevadas sobre pilotes o estacas, diseñadas para aislarse del suelo y evitar en contacto con el agua cuando ascienda el nivel del cuerpo hídrico en el que se implanta, este tipo de arquitectura es un ejemplo de adaptación a entornos específicos con características geográficas particulares.

La región pacífica de Colombia es una zona en donde culturalmente se construyen este tipo de vivienda teniendo en cuenta su ubicación geográfica que es al norte de Colombia y que limita con el océano pacífico y con el mar caribe, además de tener un importante río que atraviesa todo el departamento, el Río Atrato.

### **Materiales de construcción**

Las viviendas palafíticas en el Chocó, Colombia, se construyen sobre pilotes o postes de madera usualmente de Mangle rojo, que se clavan en el suelo, generalmente en los bordes de los ríos o en zonas inundables. En general, se utilizan materiales naturales como madera, guadua, hojas de palma, caña brava y lodo. La madera es la materia prima más común y se utiliza para los postes, vigas, travesaños y paneles de paredes. La caña brava se utiliza para los techos y se entrelaza para formar una estructura resistente y liviana. El lodo se utiliza para cubrir las paredes y darles consistencia. También se usa para sellar las juntas entre las cañas del techo. Las hojas de palma se utilizan para cubrir el techo y protegerlo de la lluvia. En algunas ocasiones, se pueden agregar materiales como el zinc para reforzar la protección del techo contra las inclemencias del tiempo.

### **Carencias de las viviendas**



Las viviendas palafíticas en zonas aisladas del Chocó pueden enfrentar diversas carencias debido a la falta de acceso a servicios básicos y a la limitada infraestructura en esas áreas.

1. Suministro de agua potable: Los residentes pueden depender de fuentes de agua cercanas, como ríos o arroyos, lo que puede llevar a problemas de acceso, calidad y saneamiento del agua.
2. Saneamiento básico: Muchas viviendas no cuentan con sistemas de eliminación de desechos o inodoros adecuados, lo que puede resultar en problemas de salud y de contaminación ambiental.
3. Electricidad: La disponibilidad de energía eléctrica puede ser limitada o inexistente en algunas áreas aisladas del Chocó.
4. Conectividad y comunicaciones: Las zonas aisladas pueden tener un acceso limitado o nulo a servicios de telecomunicaciones, como internet y telefonía móvil.
5. Acceso a servicios de salud y educación: Las viviendas palafíticas en zonas aisladas pueden tener dificultades para acceder a servicios de salud y educación de calidad.

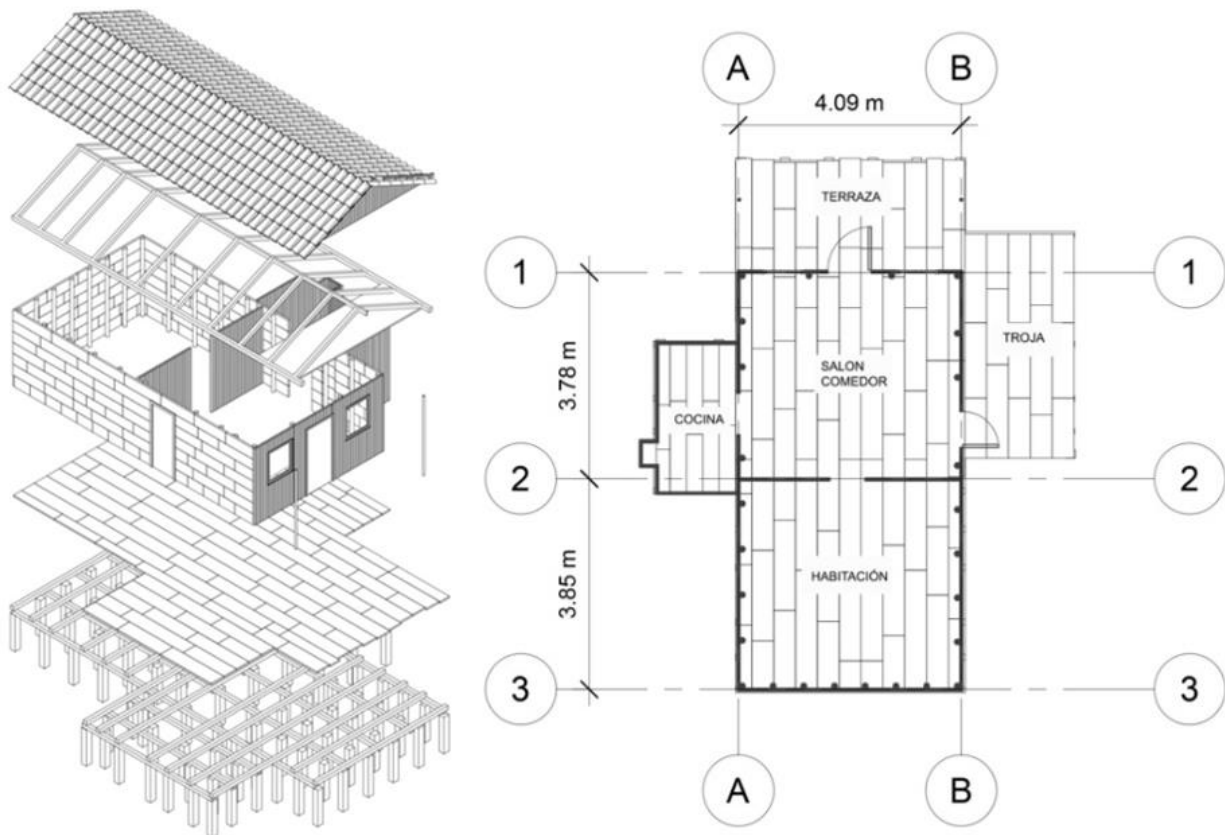
### **Espacios de la vivienda**

1. Área de estar: Es el espacio principal de la casa y se utiliza para actividades sociales y familiares. Aquí se encuentran generalmente los muebles, como sofás, sillas y mesas, donde las personas pueden descansar, conversar o compartir comidas.
2. Dormitorios: Las viviendas palafíticas tienen uno o varios dormitorios para que los habitantes puedan descansar y dormir. Dependiendo del tamaño de la casa, puede haber diferentes habitaciones destinadas a adultos y niños, separadas por divisiones de caña o madera.
3. Cocina: Las viviendas palafíticas suelen tener un área destinada a la preparación de alimentos. La cocina puede estar equipada con una estufa, utensilios de cocina básicos y un lugar para almacenar alimentos.

4. Baño: Algunas viviendas palafíticas cuentan con un baño interno que puede tener una ducha, un inodoro y un lavamanos. Sin embargo, en muchas comunidades, los baños pueden estar ubicados en estructuras separadas.
5. Porche o terraza: Es común encontrar un porche o una terraza elevada en las viviendas palafíticas en el Chocó. Estos espacios exteriores proporcionan un lugar para relajarse, disfrutar de las vistas y socializar con los vecinos.

### Figura 3

#### Tipología de vivienda palafítica en Colombia



**Nota.** Arquitectura palafítica en la Ciénaga Grande del Magdalena, Tomado de *ArchDaily Colombia*, 2020.

## **Figura 4**

### *Viviendas Palafíticas Riosucio, Chocó*



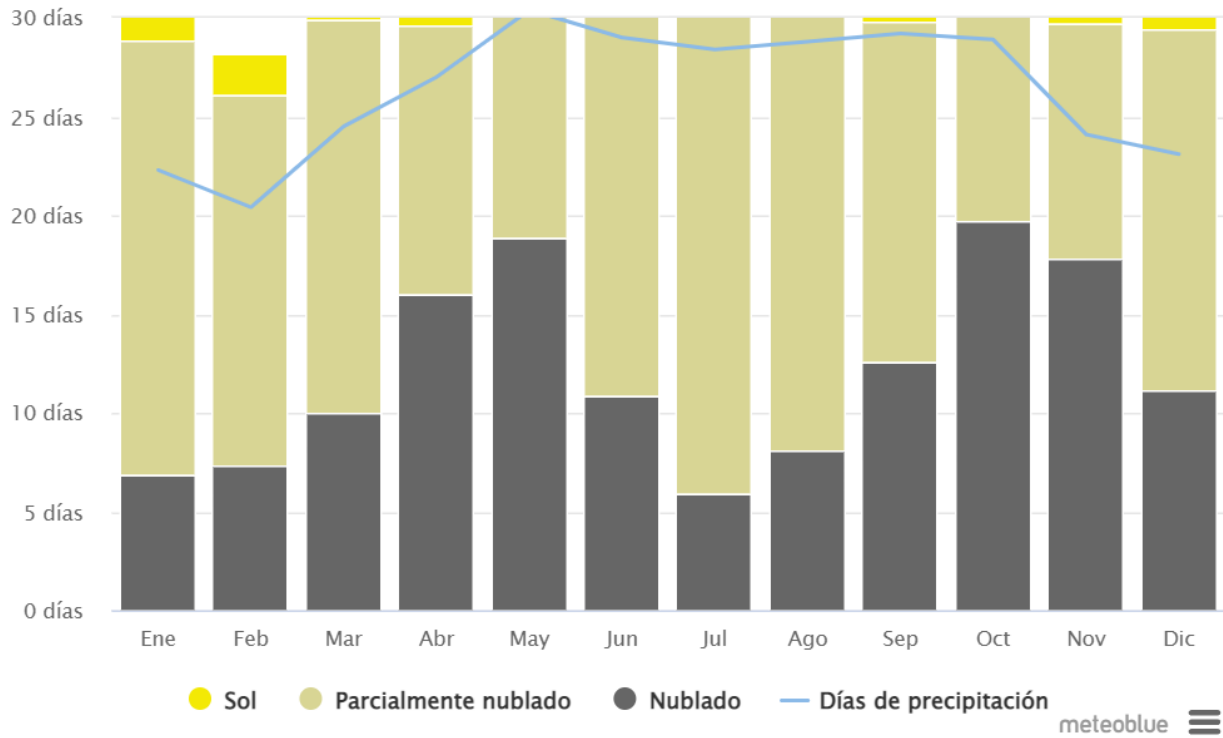
**Nota.** Registro fotográfico municipio de Riosucio, Tomado de *Google Maps*, 2018.

### **Análisis ambiental**

Riosucio Choco se ubica al norte del departamento de Choco y es un territorio que cuenta con condiciones climáticas muy particulares, en primer lugar, es el lugar del país en donde se encuentran los niveles más altos de precipitaciones superando los 7000mm, además atraviesa por una larga temporada de lluvias de 9 meses. En términos de radiación solar es uno de los territorios que está expuesto a radiación solar por más horas en el día, en promedio 12 horas con una temperatura media de 26 grados centígrados.

**Figura 5**

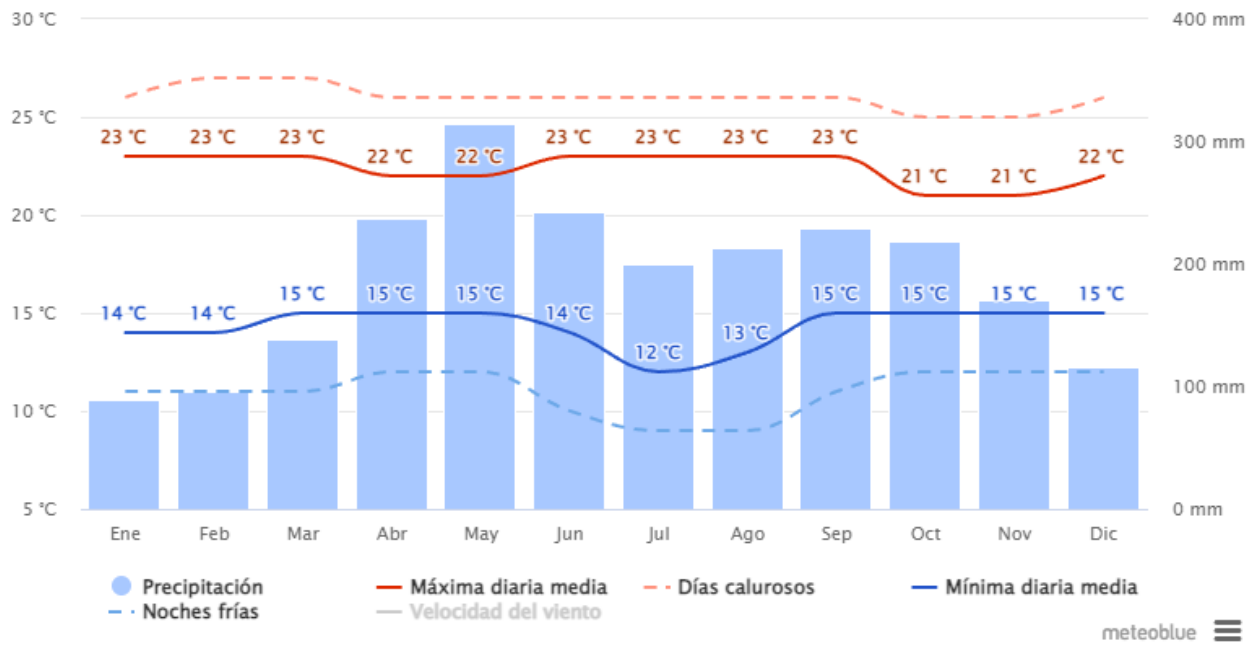
*Cielo nublado, sol y días de precipitación*



**Nota.** Gráfico de Cielo nublado, sol y días de precipitación en Riosucio, Tomado de Meteoblue, 2024.

**Figura 6**

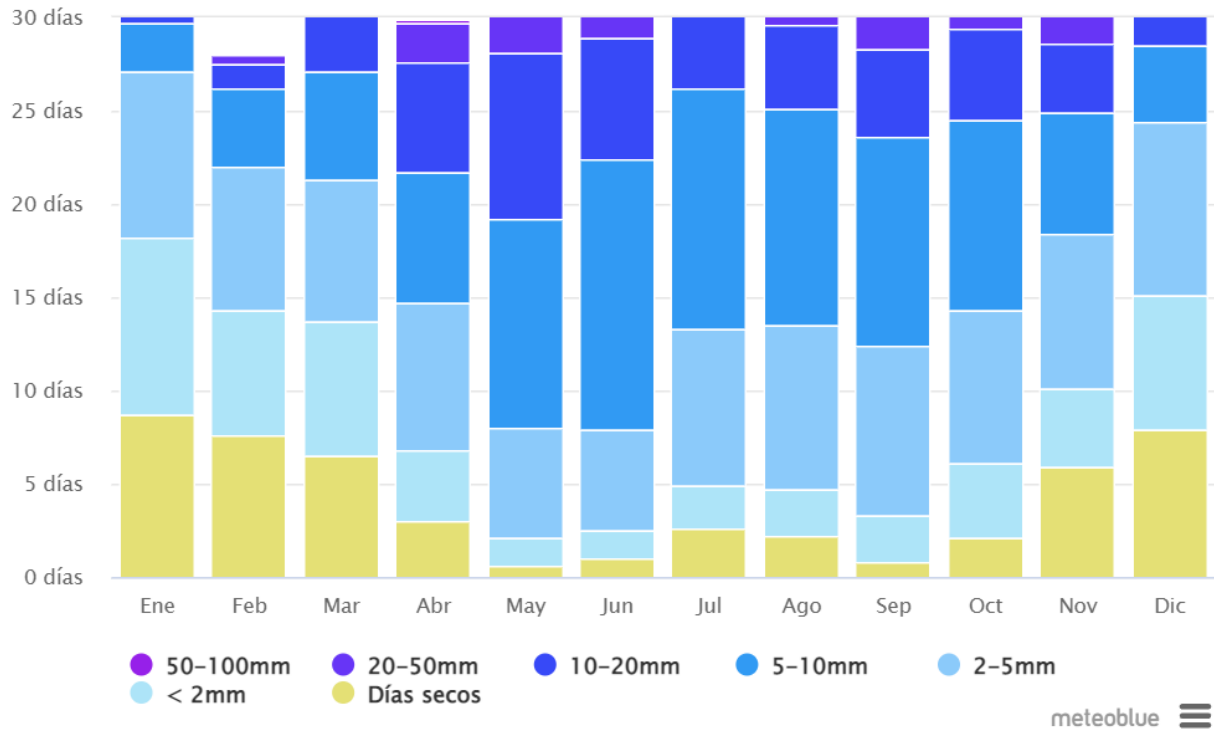
*Temperaturas medias y precipitaciones.*



**Nota.** Gráfico de temperaturas medias y precipitaciones en Riosucio, Tomado de Meteoblue, 2024.

**Figura 7**

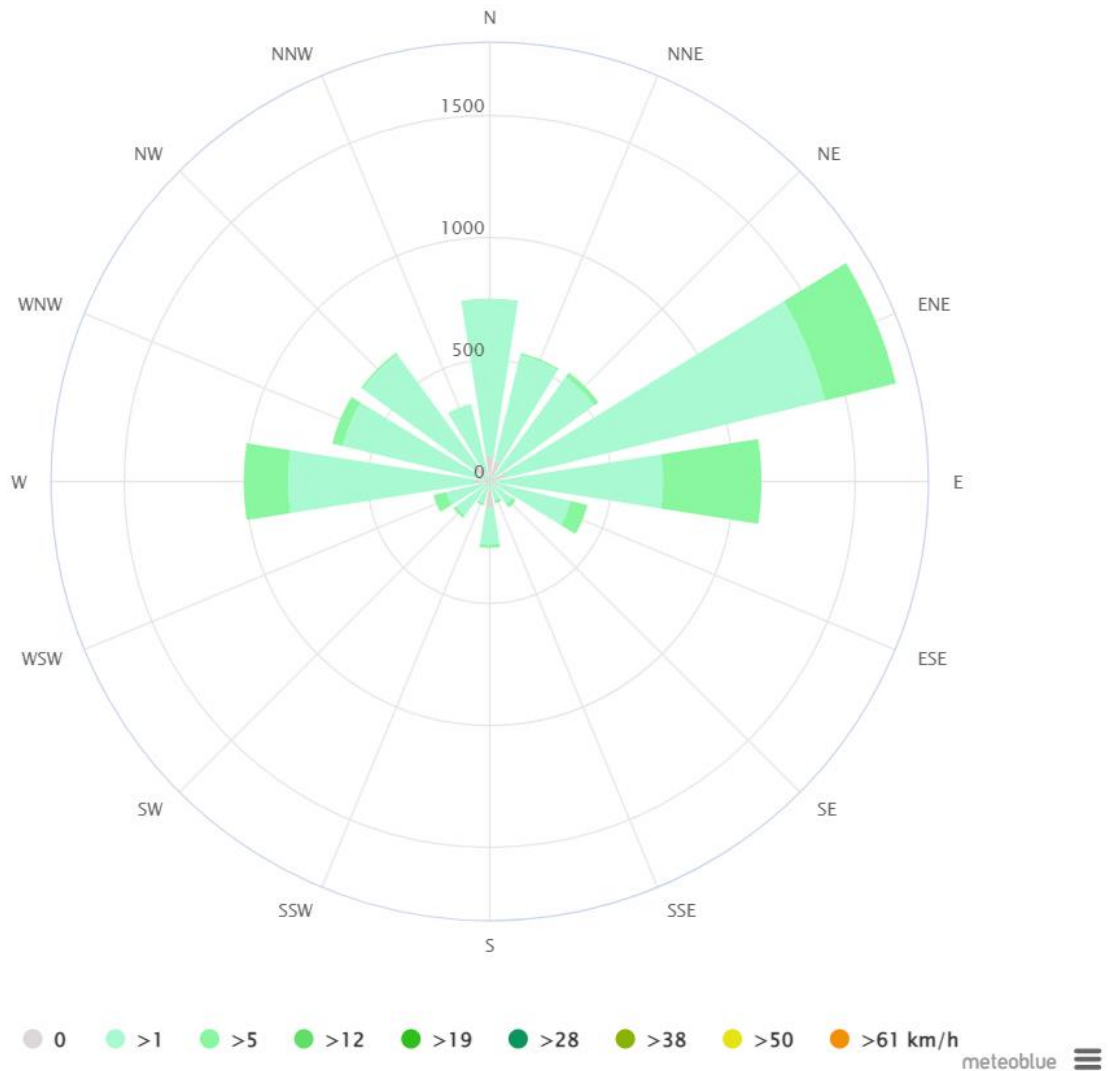
*Cantidad de precipitación*



**Nota.** Gráfico de Cantidad de precipitación en Riosucio, *Tomado de Meteoblue, 2024.*

**Figura 8**

*Rosa de los vientos*



**Nota.** Rosa de los vientos en Riosucio, Tomado de Meteoblue, 2024.

### Diagnostico urbano Riosucio Chocó

El sitio de implantación se encuentra en el centro del municipio de Riosucio, sobre el borde del rio Atrato, en un asentamiento llamado Arquia, esta población está construida con viviendas palafíticas y se encuentra inundada aproximadamente 9 meses del año, es por esto que no tienen vías, por el contrario, cuentan con unas pasarelas o caminos construidos con tablas de madera y postes. Esta población cuenta con viviendas en estado precario, la mayoría están construidas con madera y paja, al estar expuestas

continuamente a la humedad van perdiendo sus propiedades mecánicas y la vivienda se va deteriorando, además es importante tener en cuenta que a causa de los fenómenos naturales los niveles de desbordamiento de los ríos cada vez son más altos y estas estructuras palafíticas de las viviendas eventualmente van a ser obsoletas ya que le nivel del agua supera el de las viviendas.

## Figura 9

### *Polígono Riosucio y Usos de suelo*



**Nota.** Mapa uso de suelos en la comunidad Arquia de Riosucio.

**Actividad económica principal**



La pesca artesanal es una de las principales actividades económicas para los habitantes de las regiones costeras del país, el litoral pacífico se caracteriza por sus procesos artesanales y su poco desarrollo tecnológico. El departamento del Chocó cuenta con más de 7700 pescadores activos, esta actividad involucra a varios miembros de la familia desde los niños hasta las mujeres en donde cada uno tiene un rol en el proceso de pesca y comercialización del producto.

Existe una problemática alrededor de esta actividad y es la falta de espacios adecuados para la conservación y almacenamiento de estos productos que necesitan ser refrigerados y tener una zona en la cual se hacen procesos de evisceración y descamación. Además de un espacio para la comercialización con las debidas condiciones de higiene.

## **2.4 Incorporación de resultados de la investigación a la creación (el proyecto arquitectónico)**

### **2.4.1 *El proceso de indagación***

Para la recopilación de los datos necesarios para la resolución de la pregunta de investigación se consultaron diversas fuentes, en primer lugar se hizo un análisis urbano del área de intervención y un análisis cualitativo de las viviendas, todo esto a partir de registro fotográfico por el mapa satelital de Google Maps, a continuación se consultó la normativa colombiana que dicta los parámetros para las construcciones cerca de cuerpos hídricos, esta información se recopiló de fuentes como el Sistema Nacional Ambiental y el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Posteriormente se hizo un proceso comparativo de los diferentes tipos de cuerpos hídricos que se encuentran en Colombia con el fin de conocer sus condiciones específicas.

Además se hizo una investigación de las condiciones climáticas del territorio a intervenir en donde se observaron variables como las precipitaciones, temperaturas y condiciones de humedad.

También se dio una mirada a la normativa específica de viviendas y construcciones flotantes de los países bajos que es uno de los lugares que más ha desarrollado esta

práctica estableciendo los parámetros técnicos necesarios para la correcta construcción e implantación de este tipo de viviendas en los cuerpos hídricos de su país logrando que esta sea una forma de vivienda segura y accesible, esta normativa se llama Woonbotenregeling".

Todos estos factores llevaron a la definición de una serie de parámetros a tener en cuenta desde el punto de vista Bioclimático, constructivo, normativo y técnico, satisfaciendo las necesidades específicas de la población según su forma de vida.

#### ***2.4.2 Los análisis y los resultados a la pregunta de investigación***

- Análisis de forma de vida: Se identificaron las condiciones específicas en las que habitan sus residencias los habitantes de Riosucio, entendiendo sus dinámicas sociales y horarias dentro de las viviendas.
- Análisis tipológico: Se observaron las viviendas de la zona haciendo una revisión cualitativa buscando los espacios esenciales y tradicionales que hacen funcionales a estas viviendas.
- Análisis técnico: Se examinaron los materiales y las estructuras con el fin de identificar los elementos seguros y funcionales y las patologías que sufre la estructura ya sea por malos diseños o por exposición a condiciones ambientales como vientos y humedad.

#### ***2.4.3 La incorporación de los resultados en el proyecto arquitectónico***

En cuanto a las dinámicas sociales que tienen las familias se identificó que en las viviendas la manera de habitar es particular ya que suelen tener habitaciones separadas para niños y adultos, además que uno de los espacios esenciales de la vivienda es el porche que funciona como punto de acceso, pero además es uno de los principales espacios sociales. Es por esto que se plantean dentro de las viviendas flotantes un módulo habitacional con dos habitaciones una para niños y otra para adultos y un porche. También se identifica que una de las principales actividades económicas de la zona es la pesca, por lo que se decide incorporar una plataforma desmontable al diseño que permite la ampliación del módulo de pesca de la familia anclándose a la lancha o canoa permitiendo mayor almacenamiento para la pesca.

Teniendo en cuenta las condiciones climáticas se tomaron decisiones como la altura de la vivienda en donde la altura máxima del cielo raso es de 3 metros permitiendo la correcta disipación de la masa térmica y evitando concentraciones de calor en ciertos puntos de los módulos, las cubiertas se diseñaron teniendo en cuenta dos factores principales: la lluvia y el sol, es por eso que tienen grandes aleros que protegen las fachadas de la humedad y de la directa radiación solar y captando mayor cantidad de agua en ellas para su posterior recolección y tratamiento.

El análisis de la normativa de las construcciones flotantes de países bajos dicta parámetros importantes en el factor estructural ya que el diseño de la plataforma flotante se compone de una plataforma de la madera y de barriles plásticos reciclados que en conjunto distribuyen de manera uniforme las cargas de la vivienda y brindan la resistencia necesaria para la cargas de la vivienda, por otro lado la norma también establece la importancia de tener un sistema de tratamiento de aguas residuales eficiente, razón por la cual se incorpora al diseño un tanque séptico con un filtro biológico que absorben y degradan las bacterias para la final disposición de las aguas ya descontaminadas para evitar al máximo la contaminación al cuerpo hídrico en el cual está implantada la vivienda.

## **2.5 Los principios y criterios de composición**

### **2.5.1 Selección del área de intervención**

La selección del área de intervención se dio teniendo en cuenta factores de vulnerabilidad en general, el primero y más importante es su vulnerabilidad ante los riesgos por aumentos del nivel del mar, creciente e inundaciones, por lo que el sitio está ubicado geográficamente en una zona que limita con el océano pacífico y con el mar caribe y cuenta con el Río Atrato, además este territorio tiene una población que se encuentra en condición de pobreza ya que el 75,3% de sus habitantes son estratos 1 y 2.

### **2.5.2 Concepto ordenador**

El concepto ordenador del proyecto es la modularidad y la flexibilidad razón por la cual la figura esencial es el hexágono que permite diversas configuraciones teniendo un

cuenta un futuro crecimiento de la vivienda adaptándose a las cambiantes condiciones de las familias.

### **2.5.3 *Implantación***

La implantación de este proyecto no es un lote o punto geográfico en específico, razón por la cual el principal criterio de implantación al que se responde es a la asolación ya que es una de las condiciones climáticas que más afectan el confort en la vivienda.

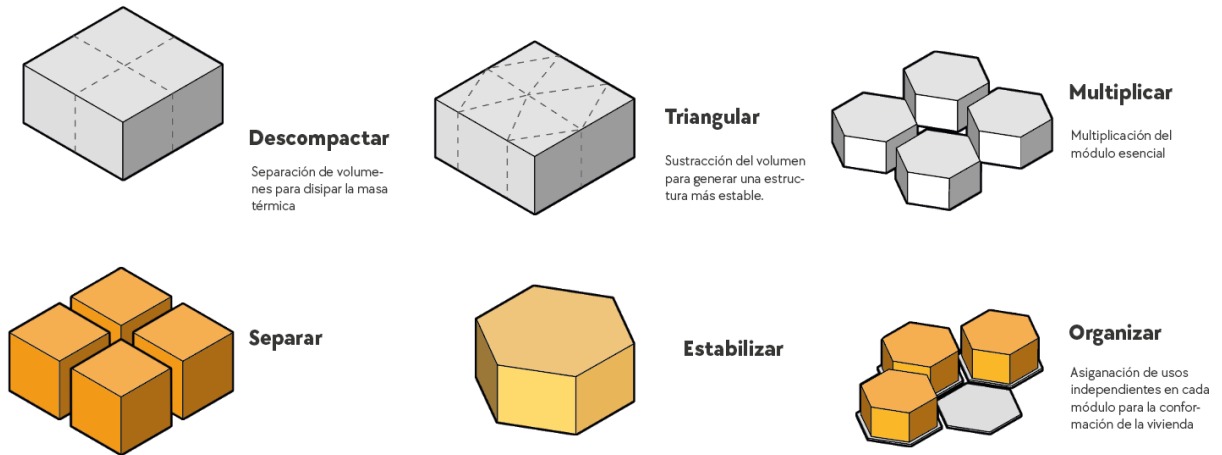
### **2.5.4 *Esquema básico y evolución del conjunto***

Para el diseño de la vivienda, en primer lugar, se analizan las viviendas para identificar sus espacios esenciales así como el estilo de vida de las familias de Riosucio.

1. Se crea el módulo inicial y se decide descompactar y triangular la geometría llegando a una forma hexagonal, que es más resistente a las fuerzas laterales, ideal para estructuras expuestas a fuertes vientos o movimientos.
2. Se replica el módulo inicial y se separan según un uso para lograr la independencia de cada módulo. Los 4 módulos esenciales son: Acceso / porche, servicios, social multiusos y habitacional.

## Figura 10

### Esquemas de transformación formal



**Nota.** Esquemas de proceso de transformación volumétrica de la forma básica del módulo de vivienda flotante.

### 3. PROYECTO DEFINITIVO

Los criterios de diseño establecidos para el proyecto son:

1. Sistemas modulares: estos sistemas permiten el crecimiento de la vivienda y facilitan la construcción de más unidades.
2. Técnicas vernáculas: Promueven la autoconstrucción por parte de la comunidad, minimizando gastos en mano de obra especializada y fomentando la conservación de los ecosistemas locales.
3. Eficiencia bioclimática: se aprovechan la mayoría de recursos naturales a la disposición para generar energía, además se implementan estrategias de diseño pasivas.

#### **Diseño constructivo**

La vivienda se construye sobre una plataforma flotante hexagonal, hecha de madera de pino y barriles plásticos reciclados. Para que la vivienda pueda flotar se aplica el principio de Arquímedes. Este principio establece que un objeto sumergido en un fluido (en este caso, el agua) experimenta una fuerza ascendente, llamada empuje, igual al peso del fluido desalojado. La plataforma de madera proporciona rigidez a la estructura y ayuda a distribuir el peso de la vivienda de manera uniforme. Los barriles plásticos, por su parte, proporcionan flotabilidad.

Estas plataformas tienen dos alternativas de sistemas de anclaje para que la vivienda quede estática. Un ancla tipo bruce que se usaría en caso de cortas paradas, o un anclaje a postes guías que están ubicados estratégicamente en los bordes del río.

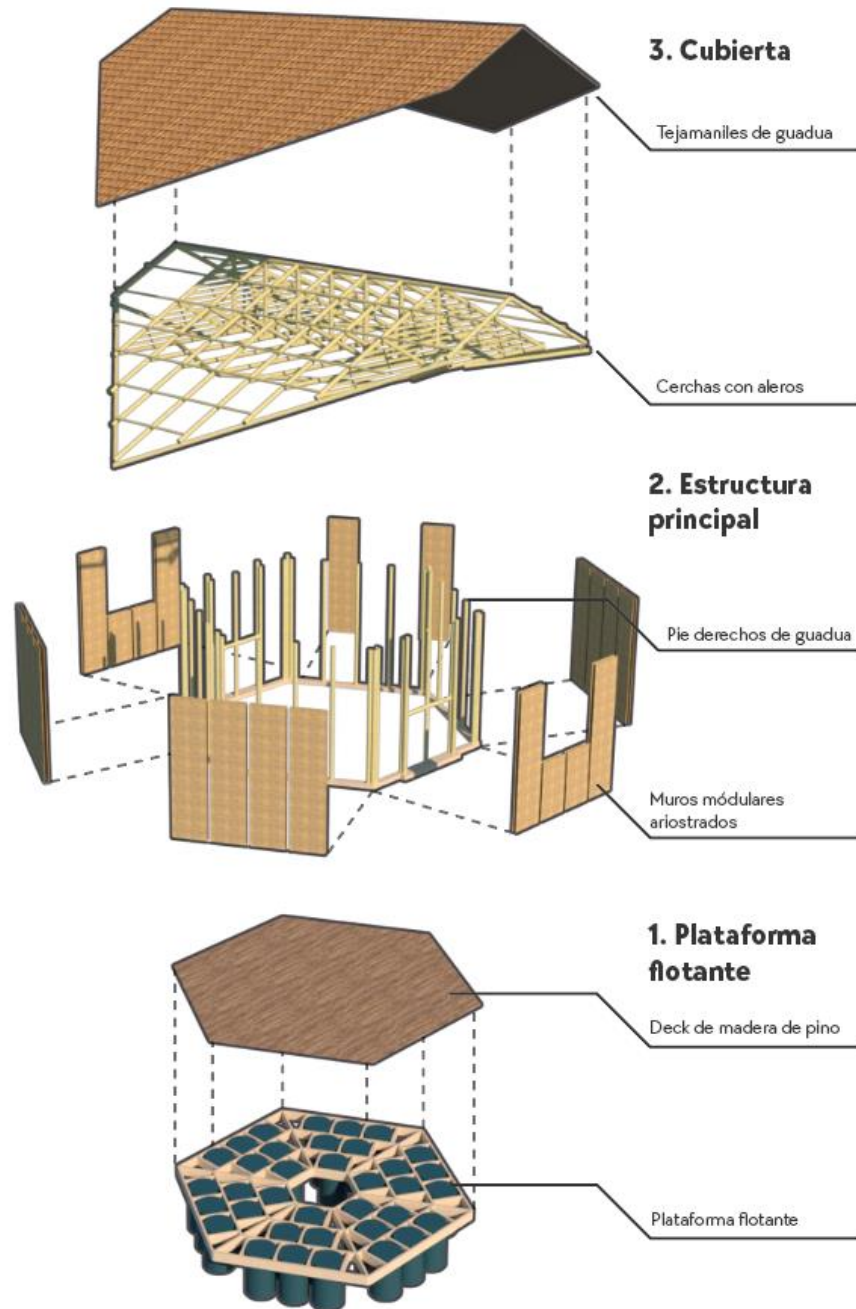
Los materiales principales de la vivienda son guadua y madera de pino, ambos sometidos a un proceso de inmunización con sales de cobre, que evitan daños por hongos y humedad.

La estructura base de la vivienda se conforma de una serie de piedrechos de guadua con elementos arriostrados, que conforman los muros de las fachadas y evitan movimientos laterales, todo esto conectado al anillo de madera, que conforma la

geometría hexagonal y rigidiza la composición, la cubierta se compone de una serie de cerchas y tejamalines de guadua con anclajes metálicos.

**Figura 11**

*Explotado constructivo*



**Nota.** Explotado 3d de los principales elementos constructivos que conforman el modulo de vivienda.

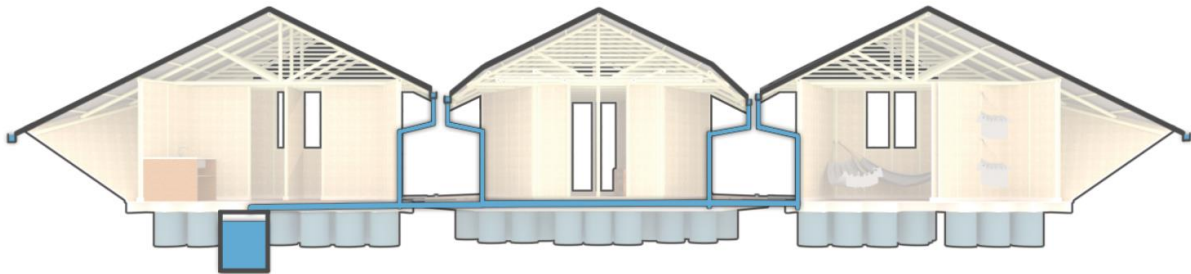
## Diseño bioclimático

Este prototipo cuenta con 3 sistemas principales de eficiencia energética

Sistema de recolección de aguas lluvia: La vivienda va a recolectar, almacenar y aprovechar las aguas lluvia. Esto es posible gracias a sus grandes cubiertas y a que el Choco es una de las zonas más lluviosas del país. La cubierta tiene 148 metros cuadrados y cuenta con unas canaletas perimetrales y unas bajantes que dirigen el agua por unas tuberías por debajo de las plataformas con una pendiente del 2% que se conectan entre sí para almacenar el agua en un tanque que se ubica debajo de la plataforma y provee agua con una motobomba al módulo de servicios y se purifica con un filtro de carbón activado.

### **Figura 12**

*Sistema de recolección de aguas lluvia*



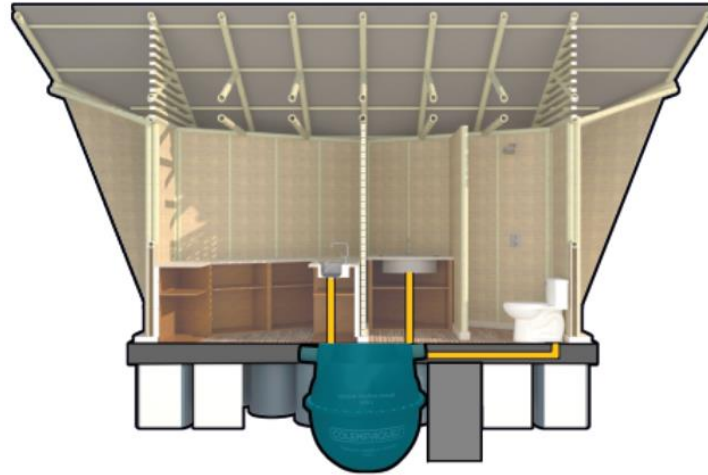
**Nota.** Sistema de recolección de aguas lluvia, bajantes y tanques de recolección.

Sistema de tratamiento de aguas residuales: Se ubica debajo del módulo de servicios y se compone de un tanque séptico que cumple con un proceso de sedimentación, digestión anaeróbica y clarificación del agua y de un filtro biológico de biobolitas que cumple con un proceso de dos etapas de adsorción y degradación de las bacterias para la disposición final del agua ya descontaminada.



## Figura 13

### *Sistema de tratamiento de aguas residuales*

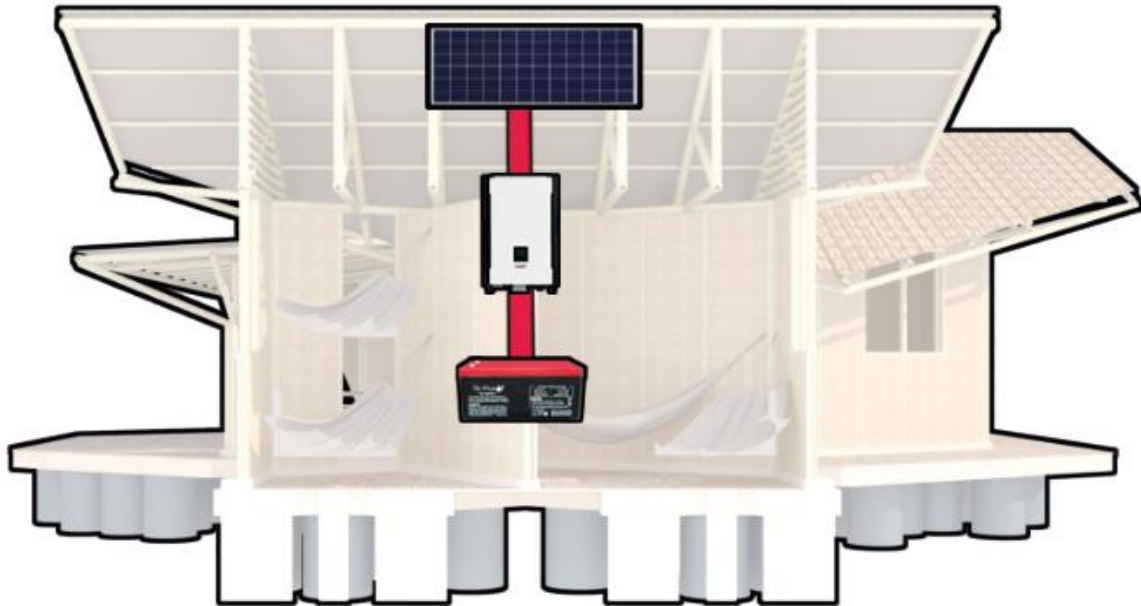


**Nota.** Sistema de tratamiento de aguas residuales, tanque séptico y filtros de agua.

Sistema de paneles fotovoltaicos: Se ubica en cada módulo y se compone de un panel solar de 500w con una eficiencia energética de 15%, un inversor de energía y unas baterías de iones de litio, este sistema provee de la energía eléctrica suficiente para la vivienda.

**Figura 14**

*Sistema de paneles fotovoltaicos*

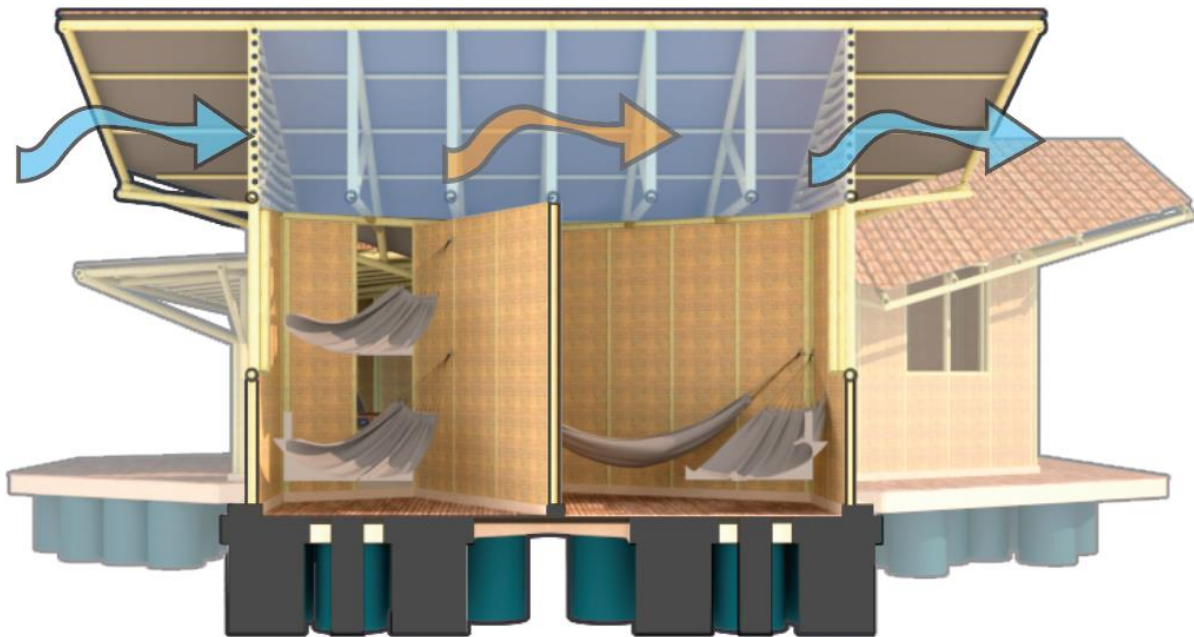


**Nota.** Sistema de paneles fotovoltaicos que alimentan de energía a cada uno de los módulos esenciales.

Además, cuenta con estrategias bioclimáticas pasivas como la ventilación cruzada por medio de las cerchas para ventilar el espacio y disipar la humedad al interior, el diseño de cubiertas con grandes aleros que protegen las fachadas evitando el impacto directo del sol y doble fachadas con cámara de aire en las fachadas oriente occidente para evitar la concentración de temperatura al interior de los espacios.

**Figura 15**

*Estrategias pasivas*



**Nota.** Estrategias pasivas para la eficiencia energética de la vivienda.

### **Diseño funcional**

Cada módulo tiene 18 m<sup>2</sup> de área en total son 54 m<sup>2</sup> + 9 m<sup>2</sup> de porche.

El porche se divide en dos plataformas una de las cuales es desmontable con el propósito de ser anclada a la lancha y ampliar el módulo de pesca, la otra mitad se convierte en la zona social y punto articulador de la vivienda.

El módulo social ofrece un espacio sin barreras físicas que permite ser adaptada funcionalmente según sea la necesidad, y con una terraza perimetral y una huerta.

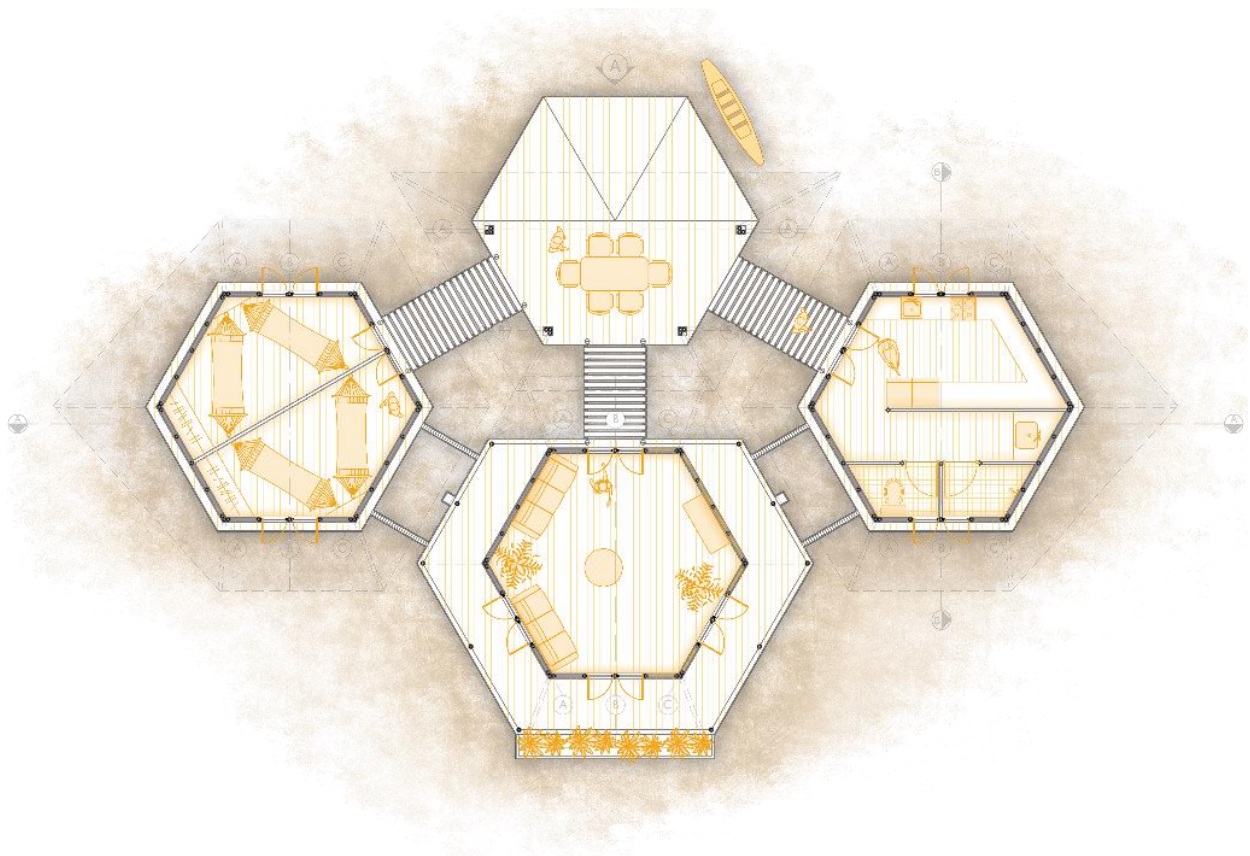
El módulo de servicios cuenta con una gran cocina con espacio para la productividad con la actividad económica de la pesca y una zona de baño con los servicios independientes.

Por último, el módulo habitacional se divide en dos habitaciones una para adultos y una para niños.

Cada módulo está anclado entre si con un conector rotular flexible de acero inoxidable que permite el movimiento vertical y horizontal independiente, este mismo sistema se aplica en los conectores de los puentes que vinculan cada módulo.

**Figura 16**

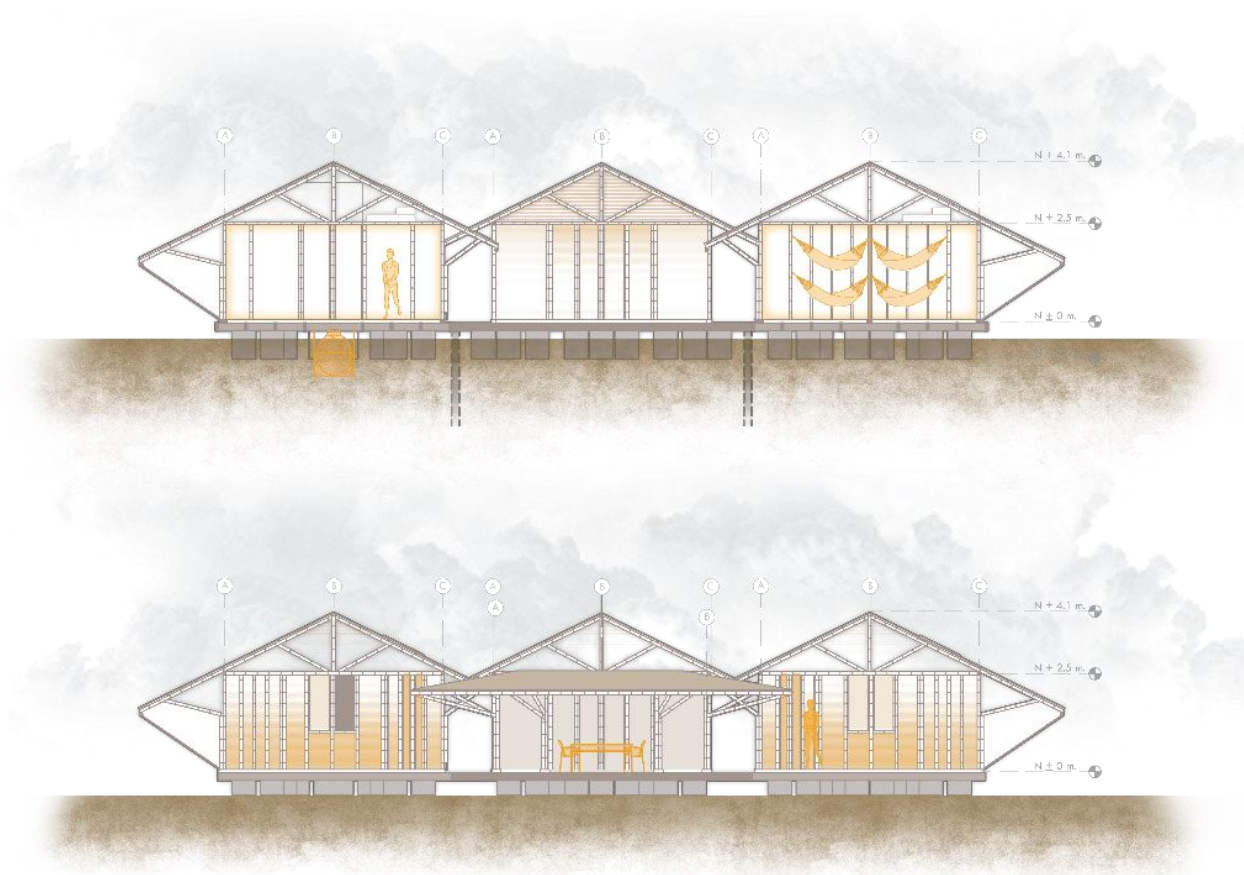
*Planta arquitectónica*



**Nota.** Planta arquitectónica del prototipo de vivienda flotante.

**Figura 17**

*Sección y fachada longitudinal*



**Nota.** Sección y fachada longitudinal del prototipo de vivienda flotante.

#### **4. CONCLUSIONES**

Este proyecto puede dar a luz una reflexión sobre la manera en la que las personas actualmente habitan en proximidad a cuerpos hídricos en Colombia, y puede abrir el panorama para que se experimente con nuevos modelos de vivienda no convencionales en Colombia, pero ya implementados en otros países con mucho éxito.

La iniciativa de experimentar con modelos de vivienda en el agua representa un paso audaz hacia la diversificación de opciones habitacionales en Colombia. Siguiendo el ejemplo de países que ya han implementado con éxito tales modelos como lo es países bajos, Bélgica, Dinamarca y algunos de Latinoamérica como Uruguay, Perú y Brasil. Gracias a esto se abre la puerta a la adaptación de enfoques probados y adaptados a las necesidades y contextos locales.

La vivienda flotante es una buena opción para habitar en cuerpos de agua por varias razones. En primer lugar, es una solución sostenible, ya que utiliza los recursos naturales del agua de manera eficiente. En segundo lugar, es una opción flexible, ya que puede adaptarse a diferentes entornos y necesidades.

En cuanto a la respuesta del aumento del nivel del mar, la vivienda flotante es una opción muy efectiva. Al estar suspendida sobre el agua, las viviendas flotantes no se ven afectadas por el aumento del nivel del mar. Además, pueden ser diseñadas para adaptarse a diferentes niveles de aumento del nivel del mar.

Las viviendas flotantes pueden ser construidas en cualquier cuerpo de agua, lo que abre la posibilidad de utilizar espacios que actualmente no se están utilizando. Esto puede ayudar a aliviar la escasez de vivienda en las zonas costeras.

La perspectiva a largo plazo de este enfoque destaca su potencial para abordar problemas de vivienda de manera efectiva y sostenible. La capacidad de estas viviendas para ajustarse a los cambios en el nivel del mar y adaptarse a diversas condiciones ambientales proporciona una solución robusta y duradera a los desafíos habitacionales en zonas costeras.

La integración de técnicas vernáculas en el diseño y construcción de estas viviendas crea un compromiso con la sostenibilidad ambiental. Al aprovechar materiales y

métodos locales, se reduce el impacto ambiental al tiempo que se fomenta la preservación de la identidad cultural y la promoción de la autoconstrucción

La vivienda flotante surge como una alternativa habitacional viable y sostenible en Colombia. Al utilizar eficientemente los recursos naturales del agua, ser resistente a eventos climáticos extremos y adaptable a diferentes entornos, se presenta como una opción que aborda desafíos actuales y futuros.

## BIBLIOGRAFIA

- Aba Cárdenas, L. (2023). Particularidades estructurales de las viviendas flotantes.
- Arenas González, C. (2004). Actividad de pesca artesanal y desarrollo local sostenible del municipio de Bahía Solano, Chocó.
- Baraya, S. (2020) Arquitectura palafítica en la Ciénaga Grande del Magdalena, ArchDaily Colombia. Disponible en: [https://www.archdaily.co/co/940787/arquitectura-palafitica-en-la-cienaga-grande-del-magdalena?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.co/co/940787/arquitectura-palafitica-en-la-cienaga-grande-del-magdalena?ad_medium=gallery) (Acceso: 19 Enero 2024).
- Cely, O. C. (2015). Propiedades que definen los materiales resilientes en arquitectura. *Revista de tecnología*, 14(1), 117-126.
- Datos Climáticos y Meteorológicos Históricos simulados Para Riosucio (no date) meteoblue. Disponible en: [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/riosucio\\_colombia\\_3670718](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/riosucio_colombia_3670718) (Acceso: 19 Enero 2024).
- Florian, M.-C. (2022) Mast diseña UN sistema modular Sostenible Para Construir Arquitectura Flotante, ArchDaily Colombia. ArchDaily Colombia. Available at: [https://www.archdaily.co/co/991304/mast-disena-un-sistema-modular-sostenible-para-construir-arquitectura-flotante?ad\\_medium=widget&ad\\_name=related-article&ad\\_content=999888](https://www.archdaily.co/co/991304/mast-disena-un-sistema-modular-sostenible-para-construir-arquitectura-flotante?ad_medium=widget&ad_name=related-article&ad_content=999888).
- Franco, R., Becerra, P., & Porras, C. (2011). La adaptabilidad arquitectónica, una manera diferente de habitar y una constante a través de la historia.
- Garay, C. (2022) *El Aumento del Nivel del Mar se acelera: El Cambio climático llega antes y más fuerte de lo previsto*, *National Geographic*. Available at: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2019/09/el-aumento-del-nivel-del-mar-se-acelera-por-un-cambio-climatico-imparable> (Accessed: March 5, 2023).
- García, A., & Varón, D. (2018). La sentencia del río Atrato: un paso más allá de la Constitución Verde. *La Corte Ambiental*, 297-319.
- García Dueñas, R. Y., Soler Marchán, S. D., Mirabal Pérez, Y., & Agüero Contreras, F. C. (2022). Estudio de resiliencia socioecológica frente al cambio climático en



- comunidades costeras: una apuesta desde la provincia de Cienfuegos. Conrado, 18(87), 44-54.
- Gobierno de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993. Por medio de la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se establece el Sistema Nacional Ambiental. Recuperado de [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/leyes/1993/ley\\_0099\\_1993.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/leyes/1993/ley_0099_1993.pdf)
- Gobierno de Colombia. (2012). Decreto 1640 de 2012. Por el cual se reglamenta la gestión integrada de la zona marina costera y los cuerpos de agua interiores. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=48059>
- Gobierno de Colombia. (2015). Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=62838>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Resolución 631 de 2015. Por la cual se establecen las condiciones para la autorización de ocupación de cauces y cuerpos de agua. Recuperado de [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/resoluciones/2015/res\\_631\\_2015.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/resoluciones/2015/res_631_2015.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Resolución 1207 de 2014. Por la cual se establecen los criterios y los requisitos para la autorización de vertimientos de aguas residuales a cuerpos de agua. Recuperado de [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/resoluciones/2014/res\\_1207\\_2014.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/resoluciones/2014/res_1207_2014.pdf)
- Gutiérrez Moñux, D. (2020). ARQUITECTURA RESIDENCIAL FLOTANTE: Nuevas formas de vida sobre el agua.
- Lockard, J. (2017). Yona Friedman: architecture mobile= architecture vivante.
- Málikov, I. (2010) ANÁLISIS DE LAS TENDENCIAS DEL NIVEL DEL MAR A NIVEL LOCAL Y SU RELACIÓN CON LAS TENDENCIAS MOSTRADAS POR LOS

- MODELOS INTERNACIONALES. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Bogotá.
- Montoya, E. y Rojas, R. (2019). Normatividad del agua en Colombia ¿democratización o privatización? *Revista Luna Azul*, 49, 126-145
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2021). Woonbootregeling [Regulación de viviendas flotantes]. Recuperado de <https://wetten.overheid.nl/BWBR0003417/2021-07-01>
- Miljøstyrelsen. (2015). Lov om boliger på vand og i havne [Ley de viviendas en el agua y en los puertos]. Recuperado de <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=130357>
- Miszewska-Urbańska, E. (2016). Modern management challenges of floating housing development. *Real Estate Management and Valuation*, 24(1), 31–40. <https://doi.org/10.1515/remav-2016-0003>
- Moon, C. (2014). Three dimensions of sustainability and floating architecture. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 5(2), 123–127.
- Nunez, C. (2022, November 17). *¿Qué es el aumento del nivel del mar?* National Geographic. Retrieved March 5, 2023, from <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-el-aumento-del-nivel-del-mar>
- Pinto Campos, B. C. (2019). Arquitectura y diseño flexible: una revisión para una construcción más sostenible.
- Putro, J. D., & Zain, Z. (2021). Active and Passive Adaptation of Floating Houses (Rumah Lanting) to the Tides of the Melawi River in West Kalimantan, Indonesia. *Geographica Pannonica*, 25(2), 72–84.
- Ricardo, S. E. L., Sandoval, J. A. P., Fernández, B. J. E., Rivera, R. P. E., & Sanz, R. L. (2018). Resiliencia, arquitectura y urbanismo en el desarrollo sostenible de la ciudad latinoamericana: caso La Concordia. *Arquitectura y Urbanismo*, 39(1), 27-38.
- Ricaurte Villota, C., González Arteaga, M. E., Coca Dominguez, O., Bejarano Espinosa, H. M., Morales Giraldo, D. F., Correa Rojas, C. X., ... & Arteaga, M. E. (2018).

Amenaza y vulnerabilidad por erosión costera en Colombia: enfoque regional para la gestión del riesgo.

Stouhi, D. (2022, March 1). El Nuevo Informe del IPCC sobre la crisis Climática Revela Los Impactos, adaptaciones y vulnerabilidades en las ciudades y Asentamientos. ArchDaily Colombia. Retrieved March 5, 2023, from [https://www.archdaily.co/co/977735/el-nuevo-informe-del-ipcc-sobre-la-cri-sis-climatica-revela-los-impactos-las-adaptaciones-y-las-vulnerabilidades-en-las-ciudades-asentamientos?ad\\_medium=search\\_result\\_all&ad\\_source=search&utm\\_medium=website&utm\\_source=archdaily.co](https://www.archdaily.co/co/977735/el-nuevo-informe-del-ipcc-sobre-la-cri-sis-climatica-revela-los-impactos-las-adaptaciones-y-las-vulnerabilidades-en-las-ciudades-asentamientos?ad_medium=search_result_all&ad_source=search&utm_medium=website&utm_source=archdaily.co)

Van der Linden Martínez, M. (2022). Tierra sobre el mar: la arquitectura de los Países Bajos.

## ANEXOS

**Figura 18**

*Vista aérea viviendas flotantes*



**Nota.** Conjunto de viviendas flotantes Linkin

**Figura 19**

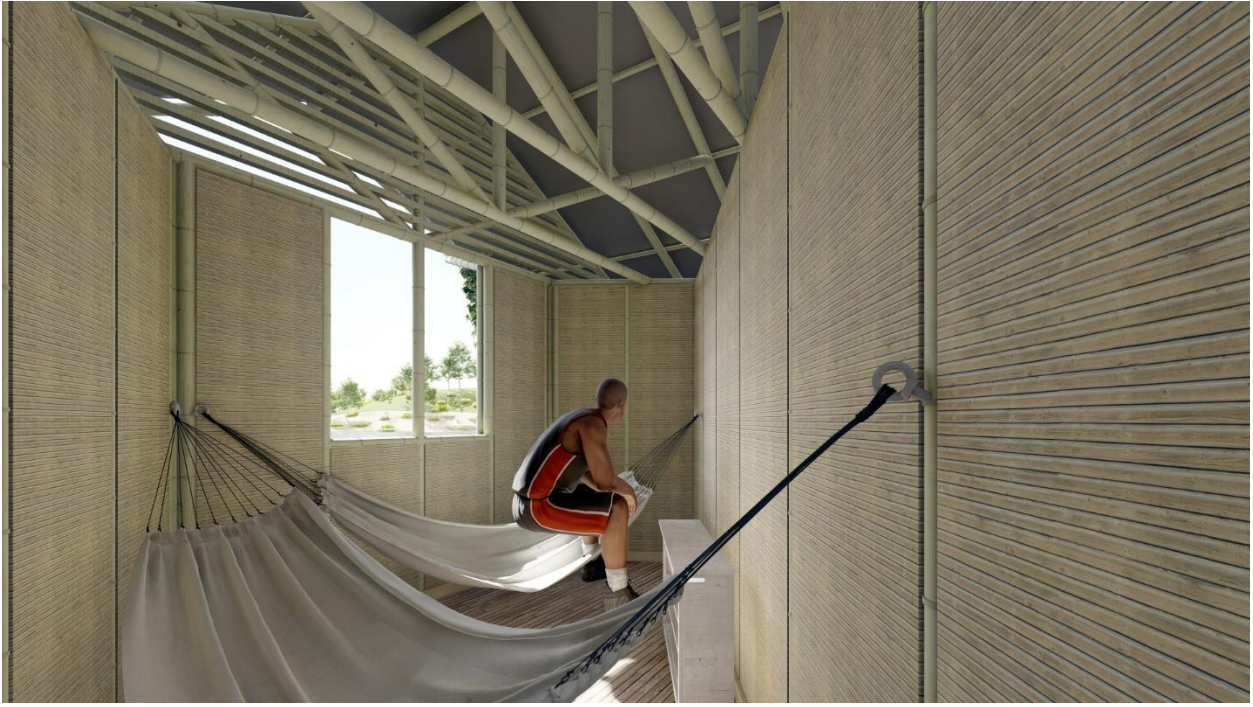
*Modulo social multifuncional*



**Nota.** Conjunto de viviendas flotantes Linkin

## Figura 20

### *Modulo habitacional*



**Nota.** Render interior habitaciones

**Figura 21**

*Módulo de servicios*



**Nota.** Render interior cocina

**Figura 22**

*Terraza módulo social*



**Nota.** Render exterior



## Figura 23

*Prototipo de vivienda flotante*



**Nota.** Render exterior