

**Diseño de un proyecto de vivienda sostenible en el sector Ruitoque Bajo del municipio de
Floridablanca, Santander: enfoque biomimético**

Maria Patricia De León Hoyos y Nour Tajrir Mustafa Hernández

Trabajo de grado para optar el título de arquitecto

Directora

Dr. Arq. Ruth Marcela Díaz Guerrero

Doctorado en arquitectura

Codirector

Arq. Sergio Leonardo Pinzón Pineda

Máster en intervención sostenible en el medio construido

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de ingenierías y arquitectura

Facultad de arquitectura

2022

Dedicatoria

Primero a Dios, por mostrarme el camino de la sabiduría y de la fe para lograr todos mis objetivos, segundo a mis padres, especialmente a mi papá, Leoncio De león, porque cada día veía su esfuerzo y dedicación para sacarnos adelante a nosotras, las mujeres de la casa y por enseñarme a ser una persona independiente, fuerte y segura de mí misma, a mi madre Obeida Hoyos, por enseñarme la paciencia y la nobleza, por criarme con un corazón tan puro y sincero, y por mi hermana; María Paula De León por enseñarme a ser una persona berraca y con la motivación de seguir para adelante como toda una santandereana, que no se deja opacar por nada.

Dedicatoria

Dedico este proyecto primeramente a mí por mi constancia, trabajo duro y disciplina en esta carrera, a mi madre, Leidy Hernández por haber creído en mí incluso cuando yo no lo hacía y ofrecerme su apoyo incondicional, a mi padre, Samir Mustafa por su cariño, apoyo y confianza, a mi tía Elizabeth por guiarme y sacar lo mejor de mí, a mi abuela, Alix peñaranda por brindarme su amor incondicional, a Carolina Rugeles por sus consejos y ayudarme a crecer, a mis hermanos por su amor y a todas esas personas de mi familia que siempre me han apoyado y guiado para ser mejor.

Agradecimientos

Especial agradecimiento a la arquitecta Ruth Marcela Díaz y al arquitecto Sergio Pinzón por su acompañamiento, apoyo y paciencia, ya que a pesar de ser un proyecto complejo nos tuvieron fe en todo momento.

Contenido

Introducción	12
1. Diseño de vivienda sostenible en el sector de Ruitoque Bajo del municipio de Floridablanca, Santander. Enfoque biomimético.....	13
1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.2 Justificación.....	21
1.3 Objetivos	25
1.3.1 Objetivo general	25
1.3.2 Objetivos específicos.....	26
2. Marco referencial	26
2.1 Marco conceptual	26
2.1.1 Biomímesis	26
2.1.2 Vivienda sostenible	27
2.1.3 Vivienda flexible	28
2.1.4. Área periurbana	29
3. Análisis de tipologías.....	30
3.1 Tipología casa moderna – Praderas del Hato	30
3.2 Tipología casa biomimética	35
3.2.1 Proyectos que analizaron un ser vivo para encontrar la solución.....	35
3.2.1.1 Casa de los monos.....	35
3.2.1.1 Proyecto proto arquitectónico (escarabajos del desierto de Namib).....	38
3.2.1.2 Proyecto proto arquitectónico (oso polar).....	42
3.2.2 Proyecto que usa al ser vivo como solución – La casa de las algas	46

4. Metodología	48
4.1 Algoritmo	48
4.2 Maqueta.....	51
5. Usuarios.....	52
6. Programa arquitectónico.....	53
7. Organigrama funcional	54
8. Cuadro de áreas	54
8.1 Crecimiento y medidas de la Ceiba Pentandra.....	54
9. Conclusiones.....	61
10. Recomendaciones	62
Referencias.....	63
Apéndices.....	66

Lista de tablas

Tabla 1.	<i>Radiación</i>	49
Tabla 2.	<i>Vientos</i>	49
Tabla 3.	<i>Algoritmo</i>	50
Tabla 4.	<i>Actividad fundamental</i>	53
Tabla 5.	<i>Actividad complementaria interior</i>	53
Tabla 6.	<i>Actividad complementaria exterior</i>	53
Tabla 7.	<i>Cuadro de áreas</i>	61

Lista de figuras

Figura 1.	<i>Construcción tradicional en Paraguay</i>	15
Figura 2.	<i>Construcción actual</i>	15
Figura 3.	<i>Planta de vivienda actual, estrato 4 (78m2)</i>	16
Figura 4.	<i>Planta de vivienda de interés social en Colombia</i>	17
Figura 5.	<i>Planta de vivienda, estrato 6 en Colombia</i>	18
Figura 6.	<i>Casa moderna</i>	30
Figura 7.	<i>Geometría casa moderna</i>	31
Figura 8.	<i>Geometría 2 casa moderna</i>	31
Figura 9.	<i>Circulaciones y zonas casa moderna</i>	33
Figura 10.	<i>Espacios casa moderna</i>	33
Figura 11.	<i>Casa de los monos</i>	37
Figura 12.	<i>Biomímesis casa de los monos</i>	37
Figura 13.	<i>Corte casa de los monos</i>	38
Figura 14.	<i>Corte refugio escarabajo</i>	40
Figura 15.	<i>Vista refugio escarabajo</i>	41
Figura 16.	<i>Cortes refugio escarabajo</i>	42
Figura 17.	<i>Corte refugio oso polar</i>	45
Figura 18.	<i>Cortes refugio oso polar</i>	46
Figura 19.	<i>Fachada casa de las algas</i>	47
Figura 20.	<i>Biorreactores casa de las algas</i>	48
Figura 21.	<i>Maqueta del terreno y árboles</i>	51
Figura 22.	<i>Maqueta del terreno y árboles 2</i>	52

Figura 23.	<i>Organigrama funcional</i>	54
Figura 24.	<i>Crecimiento de la Ceiba</i>	55
Figura 25.	<i>Maqueta de la Ceiba</i>	56
Figura 26.	<i>Medidas de la Ceiba</i>	57
Figura 27.	<i>Medidas de la Ceiba y proporción aurea</i>	58
Figura 28.	<i>Áreas y zonas</i>	59
Figura 29.	<i>Áreas</i>	60

Resumen

En los últimos 50 años la construcción y el modo de diseñar han tenido cambios generando un gran impacto en la forma de vida del hombre y de su entorno. No es rentable seguir manteniendo los tipos de construcción actual ya que son insostenibles tanto para el medio ambiente como para la economía, por la huella de carbono emitida y la contaminación que generan los materiales. Al mismo tiempo, las personas no están viviendo dignamente con los espacios ofrecidos en el mercado actual, por lo que es necesario generar un cambio para lograr el confort de las personas y mantener el equilibrio con el entorno. Es por esto que se plantea el diseño sostenible, como una forma de empezar a armonizar estructuras hechas por el hombre con el entorno natural, y además se propone aplicar el diseño biomimético, esto puede ayudarnos a cambiar nuestra percepción mirando a la naturaleza como una fuente de soluciones funcionales y estéticas más que como un obstáculo a superar; nuestro conocimiento de la naturaleza debería utilizarse fundamentalmente como un recurso para el diseño sostenible y para la realización de edificios más eficientes. Este proyecto busca mejorar la calidad de vida de los habitantes y el entorno natural, minimizar el impacto ambiental promoviendo la estrategia biomimética a través del uso de softwares y manejando la arquitectura algorítmica para poder encontrar las diferentes soluciones.

Palabras clave: arquitectura sostenible, vivienda bioclimática, biomimésis.

Abstract

In the last 50 years, construction and the way of designing have undergone changes, generating a great impact on the way of life of man and his environment. It is not profitable to continue maintaining the current types of construction since they are unsustainable for both the environment and the economy, due to the carbon footprint emitted and the pollution generated by the materials. At the same time, people are not living with dignity, with the spaces offered in the current market, so it is necessary to generate a change to achieve people's comfort and maintain balance with the environment. This is why sustainable design is proposed, as a way to begin to harmonize man-made structures with the natural environment, and it is also proposed to apply the biomimetic design, this can help us change our perception by looking at nature as a source of functional and aesthetic solutions rather than as an obstacle to overcome; our knowledge of nature should primarily be used as a resource for sustainable design and for making buildings more efficient. This project seeks to improve the quality of life of the inhabitants and the natural environment, minimize the environmental impact of promoting the biomimetic strategy using software and managing the algorithmic architecture in order to find different solutions.

Keywords: sustainable architecture, bioclimatic housing, biomimicry.

Introducción

Actualmente las construcciones pese a que son más complejas y se realizan en un menor tiempo, estas con sus grandes maquinarias emiten grandes cantidades de CO2 aumentando así la huella de carbono, esto produce poca conciencia ecológica en las grandes industrias de la construcción ya que solo les interesa lucrarse sin pensar en el daño que se le está haciendo al medio ambiente.

Una vivienda sostenible no solo ayuda a reducir la huella de carbono generada por construcciones tradicionales, también ayuda a generar conciencia y vivir en un ambiente más sano, uno en el cual los materiales sean amigables para el medio y no sean tóxicos para las personas, la verdadera pregunta es ¿vale la pena seguir invirtiendo en construcciones y materiales tradicionales sabiendo que hay alternativas mucho más sanas tanto para el medio como para nuestra salud?

El riesgo vale completamente la pena ya que los beneficios a largo plazo se verán reflejados en la naturaleza, una construcción consciente y pensando en la fauna y flora puede generar edificaciones con un mayor sustento e incluso más sanas para los seres que la habitan.

1. Diseño de vivienda sostenible en el sector de Ruitoque Bajo del municipio de Floridablanca, Santander. Enfoque biomimético

1.1 Planteamiento del problema

Las viviendas construidas con sistemas industrializados abarcan gran parte del desarrollo urbanístico de la ciudad, estas se han ejecutado con los mismos medios de construcción usados desde hace más de 50 años; estos métodos constructivos dejan de lado el entorno natural ya que este no se considera un factor tan relevante. Lamentablemente las construcciones que han tenido en cuenta este factor ambiental no le han sacado el mayor provecho posible al momento de desarrollar las propuestas de diseño.

Dentro de las características y problemáticas que abarcan las construcciones actuales se pueden identificar las siguientes:

- Según el DANE el 70% de las edificaciones usan el sistema constructivo de pórticos estructurales, el cual genera 6.9% de la contaminación total en Colombia.
- De acuerdo con el DANE el cemento y el concreto son el primer material requerido para la construcción en Colombia con el 34,5%, seguido de la manufactura de hierro y acero con 25,3%, 11% de pinturas y químicos, un 8% de PVC y plásticos, 6.4% de cerámica y un 4% de vidrios; además el 100% de las viviendas VIP y VIS se construyen con materiales como ladrillo, bloque y cemento; a su vez, estos materiales producen un gran impacto ambiental por las emisiones de CO₂ asociadas a su fabricación; la cerámica tiene un porcentaje de contaminación de 20,03%, el acero de 18.7%, la cal 7.9%, el mortero 6.9%, la grava 2.9%, aditivos 1.5% y el PVC 1% para una construcción de 1m². Todo esto afecta

a largo plazo el medio ambiente, y en el corto plazo la salud de las personas y además no garantiza la sostenibilidad del proyecto.

- Según el Plan de Manejo Ambiental de la Construcción, la maquinaria pesada no es cuidadosa con el manejo de los residuos, pues genera gran cantidad de partículas que se esparcen con el viento, y desgastan la fauna y flora del lugar; también afectan indirectamente el agua subterránea y el suelo, ya que se generan alteraciones por filtraciones, produciendo pérdidas y cambios de la calidad de los suelos y de las aguas subterráneas.
- Según el WorldGBC, McGraw Hill 2008 internacionalmente, para la construcción de edificios se consume el 17% de agua potable del planeta y entre 30% y 40% del total de energía, así mismo se emite aproximadamente la tercera parte de las emisiones de CO₂ de todo el globo terráqueo y dos quintas partes de desechos sólidos totales.
- La industria de la construcción y la operación de edificios le aportan al ambiente cerca del 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, la extracción de materias primas y los procesos industriales para la fabricación de materiales de construcción causan daños como contaminación del aire con gases y partículas, contaminación de agua y deforestación. La operación de edificios consume cerca del 70% de la energía eléctrica.

Al mismo tiempo, existe una construcción tradicional y otros métodos más avanzados. La construcción tradicional se realiza con materiales como adobe, piedra, barro cocido, entre otros, y no necesita utilizar maquinarias pesadas, cuando se trata de procedimientos artesanales; por otra parte, los métodos avanzados de construcción que existen en la actualidad no son del manejo común de los arquitectos, los ven como lejanos o muy sofisticados, ajenos a la realidad local.

Figura 1. *Construcción tradicional en Paraguay*



Nota: este tipo de construcción busca regular y fomentar la construcción con materiales autóctonos y tener un equilibrio con su entorno.

Tomado de la galería de vivienda Luce y Pablo/Mínimo Común Arquitectura (ArchDaily, 2022).

Figura 2. *Construcción actual*



Nota: la imagen muestra el tipo de construcción que se usa actualmente, se observa un sistema constructivo el cual limita los espacios y no permite la flexibilidad.

Tomado de construcción de Cimentaciones, edificaciones y obras de urbanismo (codisaltda, 2022).

Figura 3. Planta de vivienda actual, estrato 4 (78m²)



Nota: en la planta se observan espacios con dimensiones mínimas.
Tomado de vivienda en Teo (AD+Arquitectura, 2020).

En la actualidad la mayoría de las viviendas estrato 4-5 se diseñan teniendo en cuenta los siguientes espacios y lineamientos:

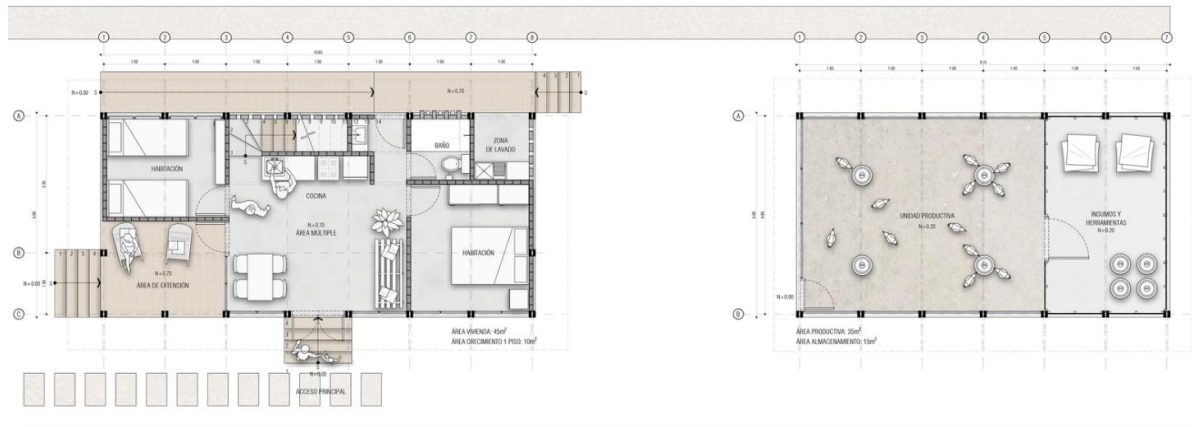
- Área aproximada de 70 a 80m².
- Cocina con área compartida para área de ropas.
- Sala-comedor.
- Un pequeño estudio o sala de televisión (una de ellas únicamente).
- 2 baños.
- Entre 2 y 3 habitaciones.
- Algunas cuentan con área de balcón, en dado caso de no contar con uno, este es reemplazado por grandes ventanales.

Si hablamos de casas de interés social, estas áreas no son dignas para un núcleo familiar como se estipula por el gobierno nacional, estas viviendas cumplen las siguientes características:

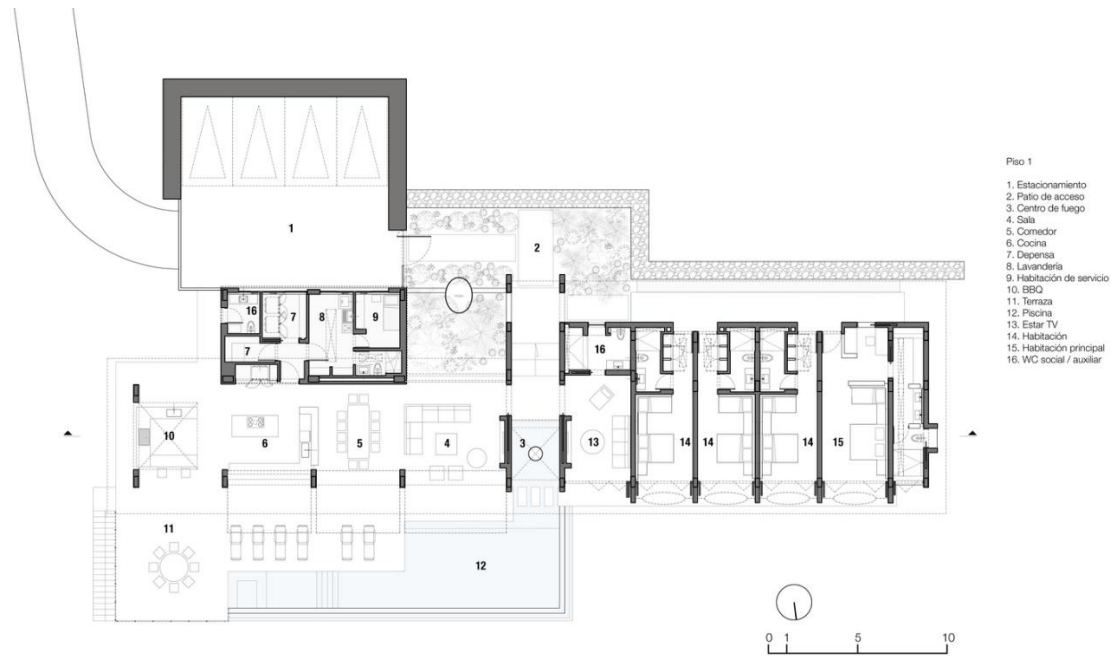
- Área no mayor a 50m² del lote.
- Espacio destinado para la sala o el comedor.
- Dos habitaciones.
- Un baño.
- Pequeño espacio de ropas.

Estas viviendas no están correctamente diseñadas para la población a la que se presentan, ya que estas cuentan con aproximadamente de 5 a 6 integrantes por núcleo familiar.

Figura 4. *Planta de vivienda de interés social en Colombia*



Nota: se observa un prototipo de vivienda social rural para las familias de vocación productiva, presenta un espacio conector en el cual se realizan diferentes actividades y áreas mínimas. Tomado de la galería de Aldea Navarro (ArchDaily, 2022).

Figura 5. *Planta de vivienda, estrato 6 en Colombia*

Nota: se observan espacios amplios, diversidad de actividades y diferencia del área (580m²) respecto a los otros estratos.

Tomado de la galería de Casa Vo / Baquerizo Arquitectos (ArchDaily, 2018).

Luego de presentar los ejemplos de vivienda actual en Colombia, analizaremos las presentadas en la zona. Las casas de este sector se caracterizan por tener los siguientes espacios:

- Zona verde distribuida por todo el lote restante.
- Entre 5 y 6 habitaciones.
- La mayoría de las habitaciones cuentan con baño propio, además de estos se añade el baño social.
- Cocinas tipo americana o con gran área de esparcimiento.
- Espacio para sala.
- Espacio para comedor, incluso hay algunas viviendas que cuentan con un espacio complementario para anexar como espacio de sala o comedor.

- Sala de juegos o de televisión.
- Estudio y biblioteca.
- Otros espacios adicionales de esparcimiento.

“Una vivienda sostenible es aquella que tiene en cuenta elementos ambientales y sociales durante todo el proceso de diseño y construcción. Unos elementos enfocados a reducir los impactos negativos en la salud de sus habitantes y en sus entornos sociales”. Así lo define Viviana Valdivieso (2020), directora ejecutiva del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, CCCS.

La mayoría de las viviendas en Ruitoque bajo cuentan con gran área verde y algunas con árboles frutales, sin embargo, la mayoría están construidas aún con concreto y teja de barro, lo cual hace que la emisión de CO₂ siga existiendo, aunque en un porcentaje más bajo. Por otra parte, según las EPM el consumo de agua promedio mensual de una familia de 4 integrantes es de 15.4m³, de los cuales actualmente no se reutiliza para otras actividades dentro del hogar y generan más contaminación.

En definitiva, una vivienda debe ser un lugar de reposo, debe estar dotada para la comodidad del usuario; uno de los principales problemas de la vivienda actual es que no cuenta con espacios suficientemente óptimos para generar un estilo de vida agradable en las personas que la habitan, para Julio A. Romero (2020) los espacios que debe tener una vivienda actual que sea óptima para 4 personas son los siguientes:

1. Un salón-comedor con dos zonas, zona de televisión y zona de comedor.
2. Una cocina con espacio para poder comer en ella y con despensa.
3. Un espacio de lavadero-tendedero independiente de la cocina.

4. Un dormitorio principal con zona de vestidor y baño en suite.
5. Dos dormitorios individuales con armarios empotrados.
6. Una habitación multiuso con almacenaje (para invitados, despacho, sala de juegos, etc.).
7. Un baño completo para uso general y un aseo.
8. Una pequeña reserva de espacio para las instalaciones (agua caliente, calefacción, ventilación, etc.).
9. Un espacio de terraza que permite la conexión con el exterior.
10. El espacio necesario para pasillos, distribuidores, vestíbulo de entrada, etc

Según el decreto 1468 de 2019, para que una vivienda sea confortable debe tener un espacio mínimo de 1.5x1.5m² el cual se puede asignar como balcón o como espacio verde, así pues, una de las ventajas de una zona verde es que ayuda al usuario a conectarse con la naturaleza y esta le pueda transmitir una sensación de paz.

Así mismo, durante el tiempo de la pandemia se evidenció que las personas que tenían un espacio verde, por mínimo que fuera, así como las que tenían en sus casas áreas disponibles o espacios flexibles para otras actividades, sufrieron menos estrés y se adaptaron mejor a las nuevas condiciones de trabajo. Por otro lado, al momento de tener una vivienda tan rígida se generan problemas de convivencia, la mayoría se dieron entre los miembros de la familia, según una encuesta de percepción y actitudes realizada por el UNICEF llamado “El impacto de la pandemia covid-19 en las familias con niñas, niños y adolescentes”, cuenta las principales problemáticas de convivencia entre las familias, gran parte de los encuestados vivían en condiciones poco óptimas para manejar la pandemia, se presentaron altos índices de inconformidad en las diferentes viviendas por falta de espacios privados para cada miembro.

En conclusión, es imposible seguir manteniendo los tipos de construcción actual ya que son insostenibles tanto para el medio ambiente como para la economía, por la huella de carbono emitida y la contaminación que generan los materiales. Al mismo tiempo, las personas no están viviendo dignamente con los espacios ofrecidos en el mercado actual, por lo que es necesario generar un cambio para lograr el confort de las personas y mantener el equilibrio con el entorno.

1.2 Justificación

Una vivienda no presenta criterios o principios de sostenibilidad cuando esta no opta por utilizar materiales que disminuyan la huella de carbono, además de esto la construcción actual sigue presentando falencias ya que no presenta estrategias para reducir la contaminación producida por la maquinaria y materiales implementados en estas, las construcciones son una de las mayores contaminantes por la liberación de partículas nocivas para la capa de ozono, estas son producidas por las moléculas expulsadas de algunos materiales y los desechos generados en estas.

Según lo expone R.D Escobar (2019), Estas son las características que tienen las viviendas sostenibles que alcanzan la máxima eficiencia energética y reducen su impacto en el entorno:

1. Zonas verdes: conviene que la edificación esté ubicada cerca de zonas verdes y arboladas, y que integre la vegetación al diseño.
2. Materiales de construcción: la elección de los materiales de una vivienda sostenible es fundamental, ya que permite alcanzar los máximos niveles de aislamiento térmico. Además, es preciso considerar su ciclo de vida desde la producción hasta el reciclaje. Los materiales más indicados son aquellos que no demandan un gran consumo de energía para su producción o los que tienen un origen renovable. Por último, se deben favorecer procesos constructivos industrializados y ligeros.

3. Aislamiento: una vivienda bien aislada es una vivienda más sostenible, ya que la mayor parte de la energía se gasta en los espacios que tienen aire acondicionado o calefacción, y un buen aislamiento reduce los consumos de estos sistemas. Para facilitar la conservación de la temperatura la vivienda debe contar con materiales aislantes en muros y divisiones, así como ventanería más eficiente.
4. Energías renovables: En climas extremos, la energía para la producción de frío o calor proviene de fuentes limpias, como calderas de alto rendimiento y bombas de calor. La energía eléctrica se obtiene mediante sistemas de cogeneración, paneles fotovoltaicos o generadores eólicos. Además de aprovechar la luz natural, las edificaciones sostenibles deben utilizar iluminación de bajo consumo, como la que proporciona la tecnología LED.
5. Criterios bioclimáticos: es imprescindible que el diseño arquitectónico integre las condiciones climáticas del lugar. Para satisfacer las necesidades energéticas de la vivienda se aprovechan los recursos naturales disponibles del entorno: radiación solar, viento, vegetación, ventilación cruzada y sombra natural, entre otros.
6. Aprovechamiento de aguas residuales o pluviales: conviene que la edificación disponga de sistemas de recolección de agua lluvia o de lavado para utilizarla en otras actividades como el riego de jardines o aguas grises.
7. Espacios abiertos: es preferible que las construcciones cuenten con espacios abiertos que permitan el paso del aire para lograr una ventilación natural.
8. Reducción del impacto ambiental en el entorno: la edificación sostenible minimiza su impacto en la naturaleza. Cuanto menor es la intervención, menor es el desequilibrio en el ecosistema. (2019).

Además de estos aspectos, son muy importantes los hábitos de consumo que adopte el usuario de la vivienda, ya que serán fundamentales para lograr una transformación que ayude al medio ambiente, a partir de acciones encaminadas a reducir el consumo de energía, el consumo de agua y los residuos sólidos.

Como lo nombra Ilaria Mazzoleni (2013) en el libro “Architecture follows nature”

Aprendiendo de la naturaleza eficiente la interconexión permite a los diseñadores considerar oportunidades para usos multifuncionales y soluciones de diseño optimizadas. Esto puede en última instancia, reducir y equilibrar nuestra huella en la Tierra al tiempo que producimos un ecosistema construido y natural integrado, eliminando la separación entre artificial y natural (pp.20).

Siguiendo con la idea del autor, el biomimetismo es una rica herramienta para que los diseñadores integren de forma innovadora el entorno local en sus proyectos, apoyando una forma más sostenible de construir y vivir; citando al autor, el diseño biomimético es una nueva dirección en la que descubrir y transformar la forma en que nosotros, y nuestro mundo construido, nos relacionamos con el mundo natural.

Por estas razones se ha elegido la arquitectura sostenible con enfoque biomimético para la realización del proyecto, ya que se quiso conectar con elementos naturales, de esta manera darle importancia a un factor que en las construcciones actuales se está perdiendo o no se emplea correctamente, queremos rescatar toda la vegetación posible del terreno y conectarla de manera óptima con los materiales y criterios biomiméticos establecidos en el proyecto.

Para Ilaria Mazzoleni (2013) en el libro “architecture follows nature” los recursos naturales de la Tierra son finitos y el planeta es cada vez más vulnerable a las actividades humanas, lo que evidencia la responsabilidad que tenemos de disminuir nuestro impacto en ella. El proceso

de evolución y las adaptaciones resultantes han permitido que la vida se sostenga a sí misma durante milenios, pero el ritmo acelerado y la escala de las actividades humanas tiene consecuencias desconocidas para el equilibrio de los sistemas que permiten a todas las especies, incluida la nuestra, prosperar.

El diseño sostenible es una forma de empezar a armonizar estructuras hechas por el hombre con el entorno natural, y el biomimetismo puede ayudarnos a cambiar nuestra percepción mirando a la naturaleza como una fuente de soluciones funcionales y estéticas más que como fuente de obstáculos a superar; nuestro conocimiento de la naturaleza debería utilizarse fundamentalmente como un recurso para el diseño sostenible y para la realización de edificios más eficientes.

Se plantea una vivienda con criterios biomiméticos, la cual pueda satisfacer al usuario de manera que sea óptima para todo tipo de habitante sin importar la edad y al mismo tiempo sea amigable con el medio ambiente, por el uso de materiales y procesos biomiméticos; actualmente es necesario comenzar a implementar este tipo de viviendas ya que la construcción tradicional sigue siendo la más común y se están dejando atrás las diferentes ideas innovadoras por miedo a salir de la zona de confort o simplemente porque en algunos casos no suelen ser muy económicas.

El sector de Ruitoque bajo se caracteriza por ser un sector dotado con naturaleza ya que en su mayoría son parcelas y estas tienen en cuenta la zona verde como algo fundamental en las diferentes viviendas.

Actualmente, en la ciudad de Bucaramanga se evidencia un crecimiento urbano hacia las diferentes zonas periurbanas, donde se han desarrollado diversos proyectos de vivienda, los cuales, en su mayoría son de tipo tradicional. Muy pocos proyectos de vivienda podrían considerarse sostenibles, en los existentes se cuenta únicamente con la herramienta de paneles solares, pero no se evidencia otro uso o elemento alusivo a la sostenibilidad.

Con la implementación de este diseño se busca satisfacer a las dos partes, la número uno, el usuario, con un espacio óptimo, relacionado con su entorno, y flexible para generar comodidad en este sin importar la edad o condición, y la segunda parte, el medio ambiente, por ello se generará el diseño de una vivienda que se integre y funcione correctamente con él y además pueda funcionar como posible icono el cual no puede ser repetido pero si inspirar a otros a tomar este tipo de referencias para generar vivienda más sostenibles, para esto se pensó en la solución sostenible de un diseño de vivienda biomimético, el cual va ligado con la naturaleza y los elementos verdes que se quieren rescatar e implementar en este proyecto.

Ahora bien, el presente proyecto se plantea en un área periurbana ya que en este espacio se podría aprovechar al máximo el uso de las zonas verdes, ya que en la ciudad vemos cómo este factor se ha ido deteriorando porque no se ve como algo necesario en la mayoría de las obras, la ciudad actualmente cuenta con un índice muy elevado tanto de construcciones como de población, en su mayoría de viviendas en altura, por esta razón no es recomendable realizar el proyecto en la ciudad porque no cumpliría con el propósito por el cual se está planeando.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un proyecto de vivienda sostenible en el sector Ruitoque Bajo del municipio de Floridablanca, Santander aplicando el diseño biomimético, enfocado en la eficiencia energética y la flexibilidad, con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes y el entorno natural, lograr minimizar el impacto ambiental y por último promover este tipo de estrategia.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar las características de un diseño biomimético, con el fin de aplicarlas dentro del diseño de la vivienda.
- Disminuir el consumo de agua del proyecto e implementar métodos de recolección de aguas lluvias y aprovechamiento de estas.
- Disminuir la producción de desechos y que los generados sean aprovechables.
- Implementar la noción de ciclo de vida para el edificio.
- Generar espacios flexibles que sirvan para el uso de cualquier persona, sin importar su edad o condición física, con el fin de garantizar la accesibilidad universal.
- Con el fin de garantizar la eficiencia energética del edificio se propone utilizar estrategias bioclimáticas pasivas y formas alternativas de suministro de energía para la vivienda.

2. Marco referencial

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Biomímesis

Según Janine Benyus, la biomimética es una disciplina emergente que busca soluciones sostenibles emulando el diseño y los procesos de la naturaleza, en el libro el retorno de la naturaleza se ejemplifican diferentes tipos de enfoques biomiméticos, los cuales abarcan no solo naturaleza sino ejemplos animales y de diferentes hábitats adaptados a la necesidad y condiciones climáticas donde se va a realizar la biomímesis.

2.1.2 Vivienda sostenible

“El término de la vivienda sostenible encierra algunas dificultades al momento de su definición, estas son escasas porque se considera dentro de otras más abiertas y generales como “edificación sostenible”, “construcción sostenible” o “arquitectura sostenible” (Ballén, 2017).

Por ejemplo, para Pablo Iglesias (2010), la vivienda sostenible es un “lugar cerrado y cubierto construido para ser habitado por personas, y capaz de mantenerse por sí mismo a nivel económico, social y ecológico”

Por otro lado, Luis Delgado (2005) señala criterios a implementarse en la construcción de viviendas sostenibles, como la adaptación específica al entorno, métodos de calefacción pasivos, selección de los sistemas activos menos consumidores o basados en energías renovables.

Teniendo en cuenta lo anterior, es por ellos que este concepto puede definirse de manera muy general en la mayoría de los casos, pero el enfoque en el que se quiere aplicar va ligado en cómo mejorar la calidad de vida en una vivienda flexible y todos sus componentes, sin embargo, se quiere lograr una huella ecológica y social, implementando estrategias para reducir el costo directo.

Es así como podemos relacionar el concepto de vivienda sostenible con el de desarrollo sostenible, donde este “implica satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin hipotecar las necesidades de las generaciones futuras. Desde que se proclamó esta definición, esta área ha experimentado un crecimiento y popularidad sin precedentes” (Huesemann, 2003).

Dicho concepto se compone de múltiples factores, los cuales se ven ligados a tres puntos principales, que son el ambiental, el social y el económico.

En caso del elemento medioambiental este se ve representado en la conservación de los recursos naturales, el social está ligado a las instituciones sociales y como estas pueden generar un

cambio, tiene que ver más con un enfoque de vivir en comunidad, y por último está el económico, ya que estos son directamente proporcionales, si el desarrollo sostenible aumenta, el factor económico en esta rama debe ir en aumento también y así generar indicadores prósperos respecto a esta temática.

Es por ello por lo que en el diseño de estos proyectos se plantea la reducción tanto del impacto ambiental de los materiales tradicionales, y facilitar el uso de recursos naturales necesarios dentro de la vivienda. De igual forma, este principio va ligado con el problema de la accesibilidad, ya que los seres humanos, al igual que todos los seres vivos del planeta, cumplen cierto ciclo, en la mayoría de los casos esta edad puede ser un impedimento para la realización de ciertas actividades en una vivienda con los espacios tradicionales, por esto se plantea una vivienda flexible con su entorno y sus componentes.

2.1.3 Vivienda flexible

Cuando se propone una vivienda flexible se quiere generar un cambio, salir de lo tradicional, y entrar en un estado de adaptación tanto con el ser mismo, como con el entorno, un lugar de reposo en el cual se entre en contacto directo con el ser, las emociones y todo lo que despierta satisfacción en la vida de los seres humanos, de esta manera se busca generar un lugar sano y armonioso en el que el ser y el pensamiento vayan de la mano y se llegue a un espacio apto para cualquier ser humano.

Una vivienda flexible se concibe en este caso como aquella que se transforma en el tiempo según las necesidades de quien la habita, “...como un objeto dinámico, que contiene y combina una pluralidad de usos, personas y actividades” (Galabert y González, 2013).

Así mismo, Till y Schneider (2005) incluyen en este concepto de flexibilidad la posibilidad de elegir diferentes diseños de vivienda, al tiempo que se incorporan nuevas tecnologías e incluso la capacidad de cambiar completamente el uso del edificio de vivienda a otra cosa.

Ahora bien, otro aspecto importante a tratar al momento de diseñar una vivienda y más allá del ámbito físico, es el de comprender la función del hombre en ella, en este caso el habitar.

En cuanto a la realización del hombre, se comienza por señalar el habitar como una condición que le permite a este encontrarse y desplegarse a sí mismo (Illich, 1988), es decir, realizarse por el hecho de pertenecer a un lugar (Benjamín, 1996). O entendido “habitar permite al sujeto construirse una memoria y un deseo. Una memoria en cuanto tiene una historia como individuo, Y un deseo porque, en medio de su condición social y cultural, se proyecta, se apasiona y construye perspectivas de vida” (Bastons, 1994; Lindón, 2005).

2.1.4. Área periurbana

Finalmente, al plantearse el proyecto en las áreas periurbanas de la ciudad de Bucaramanga, para esto es importante conocer el concepto de área periurbana, entendida como “son aquellos ámbitos donde los efectos de aglomeración urbana se reducen o son menos evidentes, particularidad que no implica necesariamente la disminución gradual en la intensidad de ocupación residencial” (Bozzano 2000).

Para Antonio Zárate Martín (1996):

La franja periurbana tiene límites imprecisos, es el lugar donde se mezclan los usos del suelo y las formas de vida del campo y la ciudad y en ella se producen los cambios morfológicos, funcionales y de población más rápidos profundos de todo el espacio urbano (p. 142).

3. Análisis de tipologías

3.1 Tipología casa moderna – Praderas del Hato

Ubicación: Piedecuesta, Colombia

Área construida: 136,06m²

Constructora: MARVAL

Se hizo un análisis en lo referente a forma, función y la técnica constructiva, para entender como es una casa moderna en Bucaramanga, encontrando sus deficiencias y oportunidades que se puedan aplicar en el proyecto.

1. Forma

Figura 6. Casa moderna



Nota: posee una forma ortogonal asimétrica, y una fachada con bases en la arquitectura moderna. La casa se abre hacia el exterior con dos grandes ventanales. Tomado de la galería de fotos de marval (Marval, 2021).

Figura 7. *Geometría casa moderna*



Nota: adaptado de la galería de fotos de Marval (Marval, 2021).

Figura 8. *Geometría 2 casa moderna*



Nota: adaptado de la galería de fotos de Marval (Marval, 2021)

En el proyecto priman las líneas verticales y horizontales, siendo la horizontalidad las que más relevancia tienen. Además, se puede observar que la casa esta dividida en tres volúmenes, los cuales juegan un poco entre sí, el primer y el tercer volumen salen dándole profundidad a la fachada.

2. Función

Circulaciones y zonas

En la primera planta se observa una circulación principal de la cual se ramifican las circulaciones secundarias que conectan con los espacios de la casa, sin embargo, esta circulación no es continua, ya que se interrumpe por el mobiliario. En el segundo piso las circulaciones se dividen para el acceso a las habitaciones.

Espacios

Primer piso

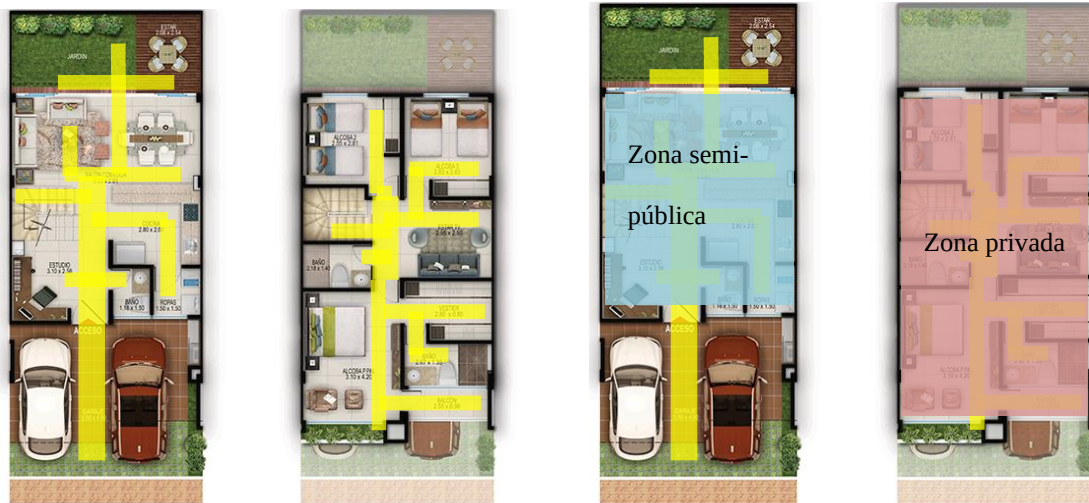
- Estudio
- Baño social
- Cocina abierta
- Comedor
- Jardín
- Sala
- Zona de ropa

Segundo piso

- Alcobas principal + baño + vestier
- 2 alcobas auxiliares
- Baño auxiliar

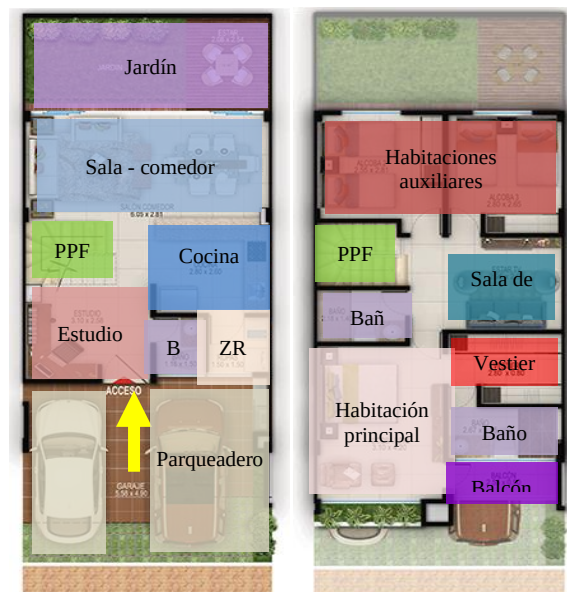
- Estar de TV.

Figura 9. Circulaciones y zonas casa moderna



Nota: adaptado de la galería de fotos de Marval (Marval, 2021).

Figura 10. Espacios casa moderna



Nota: adaptado de la galería de fotos de Marval (Marval, 2021).

Cuenta con dos espacios de parqueadero en el primer piso, inmediatamente cuando se entra se encuentra un estudio abierto y un baño, lo cual es un problema de función ya que con esta organización se pierde la privacidad de estos espacios y puede resultar incomodo estudiar o trabajar con todo el flujo de personas a un lado. La cocina abierta en forma de L está conectada a la sala comedor y a una pequeña zona de ropas, esta última conexión también puede resultar en un problema ya que los olores de la cocina se impregnan en la ropa lavada, además el espacio no es el óptimo para la cantidad de usuarios de la casa. La sala-comedor tienen conexión con el jardín, esto funciona muy bien gracias a sus visuales.

Para llegar al segundo piso se toma una escalera la cual se ubica en medio de la casa. En este piso se cuenta con dos habitaciones auxiliares, una principal con baño privado y Vestier, un baño y una sala de tv. Las dos habitaciones auxiliares son de aproximadamente 2,80x2,65, haciéndolas muy incómoda para el usuario, además, se proponen dos camas en cada una de ellas, haciendo la circulación muy difícil, también se observa que no tiene espacio para un tv, aunque tenga sala de TV

3. Técnica: estructura compuesta con hormigón armado, usualmente usado para las viviendas modernas.

4. Conclusión: en definitiva, la casa no propone ningún cambio de forma de vida, tanto los elementos formales, funcionales y técnicos son convencionales, además, aunque la casa está implantada en un terreno de 104,83m² la distribución de los espacios no es la adecuada; como se explicó anteriormente, su diseño no permite habitar la casa de la mejor manera, igualmente la dimensión de los espacios no es congruente con el número de habitantes de la vivienda. Este es un claro ejemplo que el modo de diseñar y construir en Bucaramanga actualmente no está supliendo las necesidades del usuario.

3.2 Tipología casa biomimética

3.2.1 Proyectos que analizaron un ser vivo para encontrar la solución

3.2.1.1 Casa de los monos. Arquitectos: Atelier Marko Brajovic. Área: 86m².

- *Hábitat y clima:* se localiza en el bosque de Paraty, Brasil, una pequeña localidad rodeado de montañas. Durante el transcurso del año, su temperatura varía entre 8°C – 31°C, su precipitación es variable durante el año, posee temporadas secas y mojadas. Por otra parte, se compone de una gran diversidad de flora y fauna. El mayor problema que presenta la zona es su topografía irregular.
- *Análisis del ser vivo:* para el diseño de la estructura del proyecto, se analizaron diferentes plantas que se adaptaban a la topografía del sector, al igual que las estrategias que usaban para permitir el crecimiento en altura y mantenerse estable.

La juçara o icara, (*Euterpe edulis*) en Tupi, es una palmera endémica de la Mata Atlántica que se estructura a través de raíces puntuales, adaptándose al terreno de descenso y distribuyendo el peso dinámico en múltiples vectores asegurando la estabilidad del tallo delgado y muy alto (Brajovic, M., 2021).

- *Proyecto:* es una cabaña de 3 pisos, que se inspira en la verticalidad del bosque, la visual tiene gran importancia en su diseño, al igual que proteger la vegetación del lugar, por lo que se decidió hacer la cabaña en altura y a través del análisis realizado se implementó la estrategia usada por la palmera, para esto se crearon una serie de pilares delgados y densos inspirados en la morfología de las raíces de la palma, de esta forma aseguraron la construcción de tipología vertical.

Por otra parte, trabaja con componentes de madera del mismo perfil, cubiertos por piel de gavalume y aislamiento termoacústico. Se propuso la reforestación con plantas endémicas para el diseño del paisaje.

La planta de primer piso es una zona pública, se compone de una sala y una cocina, en el segundo piso se encuentra la habitación, siendo este espacio privado. El tercer piso es un observatorio, se convierte en un espacio que conecta el exterior con el interior.

- *Conclusión:* la vivienda propone un modo de vida diferente dentro del bosque y en sintonía con la naturaleza, abriendo la casa hacia ella y evitando perjudicar el medio, por lo que se eleva. Por otra parte, el concepto de esta casa es abierto tanto en su forma como en la función, ya que sus espacios se integran todos entre sí, creando una atmosfera de relación entre el interior y el exterior, además se analiza muy bien su entorno para la solución estructural y la propuesta de espacios que se conectan con el exterior, como el observatorio. A diferencia de la casa moderna de Praderas del Hato, la distribución de la vivienda se diseña pensando en las necesidades del lugar y del usuario.

Figura 11. *Casa de los monos*

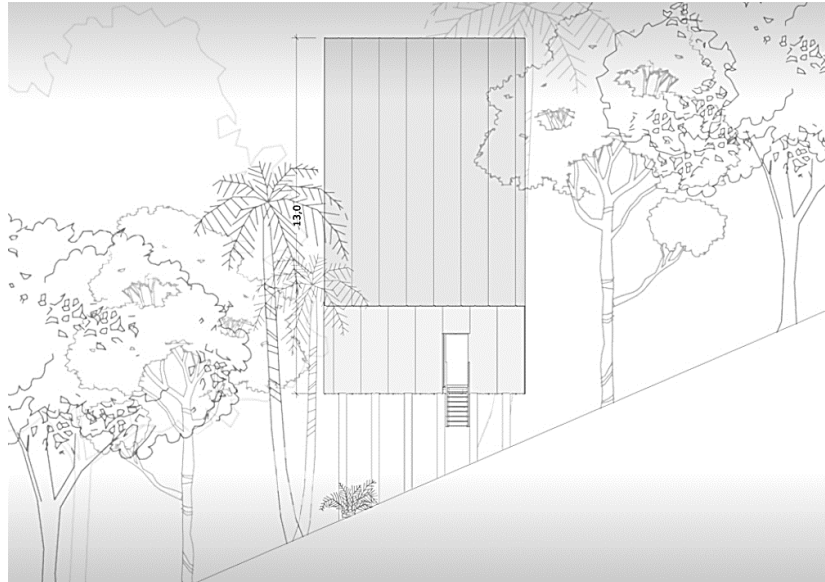


Nota: la forma de la vivienda se relaciona con su entorno, aplico el concepto de la verticalidad. Tomado de la galería de casa de los monos (ArchDaily, 2021).

Figura 12. *Biomímesis casa de los monos*



Nota: Se observa la implementación del análisis a la planta a nivel estructural. Tomado de la galería de casa de los monos (ArchDaily, 2021).

Figura 13. Corte casa de los monos

Nota: se identifica la concordancia que tiene la vivienda respecto a la naturaleza a través de la implementación de los pilares.

Tomado de la galería de casa de los monos (ArchDaily, 2021).

3.2.1.1 Proyecto proto arquitectónico (escarabajos del desierto de Namib).

- *Hábitat y clima:* se ubica en la región costera del desierto de Namib del país de Namibia, su temperatura varía entre 9 a 20°C, la precipitación se presenta en forma de una niebla densa. Por otra parte, la única forma de conseguir agua es a través de la lluvia y la niebla. Además, se caracteriza por sus vastas y ondulantes dunas de arena, vegetación escasa, y diversidad de artrópodos, especialmente los escarabajos oscuros, que se adaptan a las condiciones del desierto.
- *Análisis del ser vivo:* para el proyecto se analizaron dos especies de escarabajos que son conocidos por tomar el sol en la niebla: P. Cribripes y el O. Unguicularis, se descubrió que desarrollaron una estrategia para recolectar agua del medio ambiente.

Succionan agua de arena cubierta de niebla, bebiendo del agua que se ha acumulado en la vegetación, creando trincheras en la arena para recoger la niebla, y finalmente, la niebla

que toma el sol [...]. Miran al viento y asumen una posición inclinada con la cabeza cerca del suelo, lo que permite que las gotas en la niebla se acumulen en la espalda y se escurren por el cuerpo a sus bocas. (Mazzoleni, L., 2013, p. 173).

Así mismo, también se analizó la forma en que los escarabajos evitaban la pérdida de agua, dado que durante la respiración se gana oxígeno, pero se pierde agua. Ellos lo solucionaron perdieron la capacidad de volar y fusionaron sus alas exteriores, para formar una superficie endurecida con una cavidad debajo que es por donde respiran, ayudando a reducir la pérdida de agua, además durante el día se entierran en la arena para evitar la pérdida de agua.

- *Proyecto*: funciona como residencia temporal para los investigadores. A partir del análisis del escarabajo, el edificio orientó su envolvente hacia el sureste, donde se encuentra la niebla matutina, además cuenta con un ángulo diseñado para que el agua pueda viajar desde arriba hacia el almacenamiento del agua.

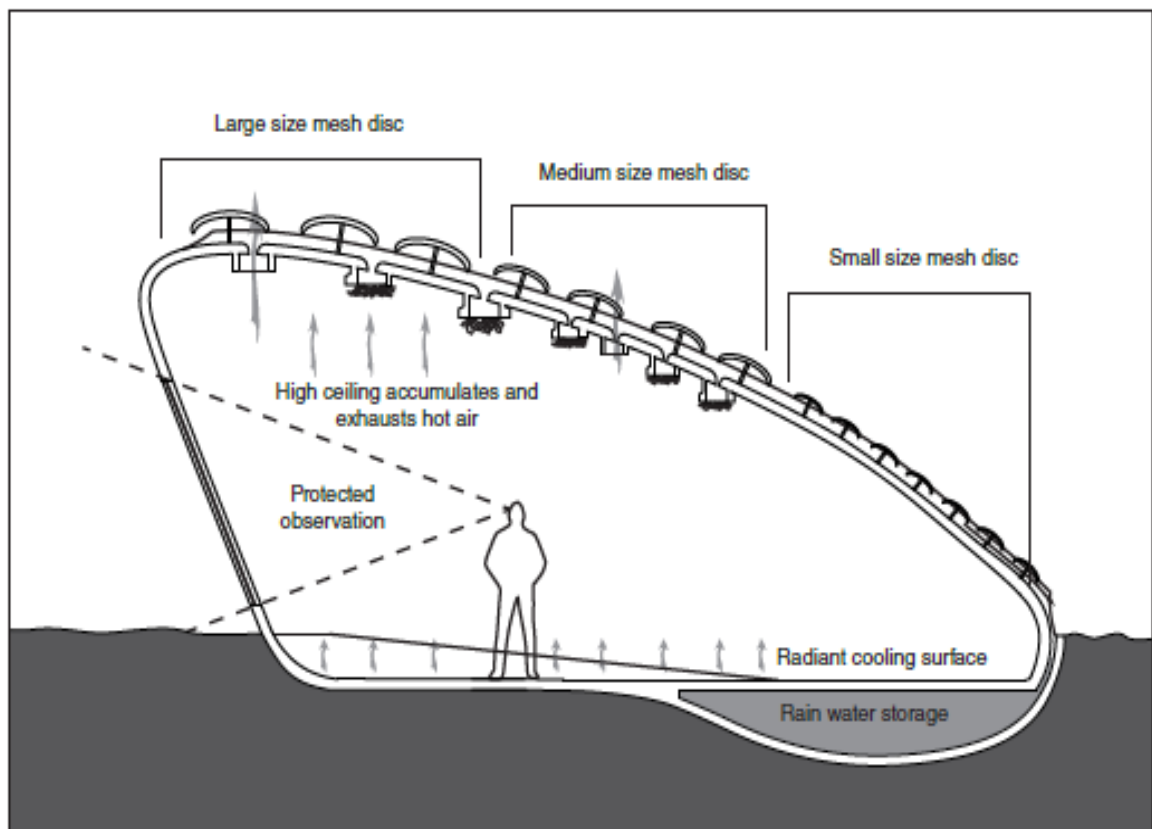
Es importante destacar que

La estructura del exoesqueleto para optimizar la retención de la capacidad del agua se inspiró en *P. Cribripes* como forma de capturar la humedad en el aire, mientras que la geometría general fue extraída de *O. Unguicularis* con las crestas y valles para canalizar el agua hacia el almacenamiento. (Mazzoleni, L., 2013, p. 176)

Para capturar la humedad de la niebla matutina, se utiliza una serie de discos de malla en su envolvente, “cada disco se coloca sobre un pivote y se inclina cuando se ha acumulado suficiente agua. El agua rueda por la membrana acanalada del techo hacia la cisterna de agua en la base de la estructura” (Mazzoleni, L., 2013, p. 177), esto además de proporcionar agua potable, funciona como una masa de enfriamiento que regula la temperatura del espacio, optimizando la estratificación del aire y ofreciendo comodidad climática en general.

Una porción de los discos del techo está perforada para permitir la recolección de agua para sostener las plantas de interior. Las plantas permiten el almacenamiento de agua, alimentos, aromaterapia, y ayudar a humedecer el espacio a través de la evapotranspiración” (Mazzoleni, L., 2013, p. 177).

Figura 14. *Corte refugio escarabajo*

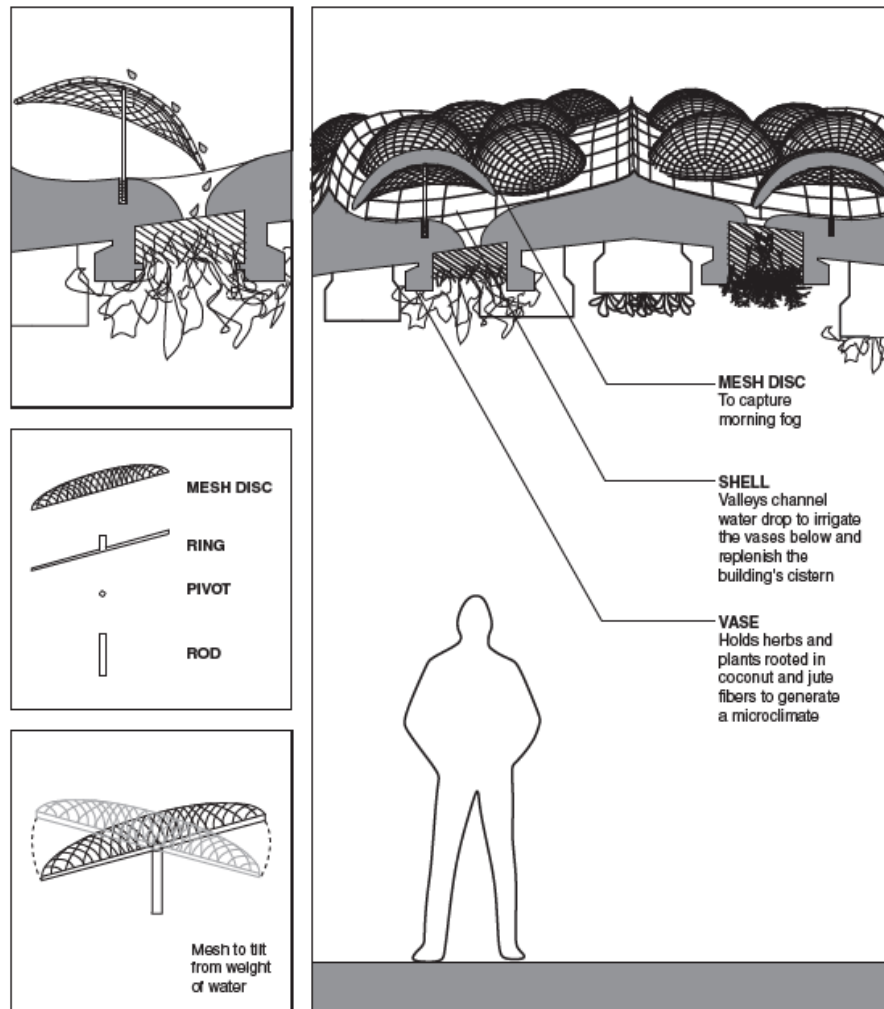


Nota: la imagen representa las estrategias aplicadas en el proyecto
Tomado del libro *Architecture follows nature* (Mazzoleni, L., 2013).

Figura 15. *Vista refugio escarabajo*



Nota: se observan los discos que recolectan agua y alimentos y crean un microclima. Tomado del libro *Architecture follows nature* (Mazzoleni, I., 2013).

Figura 16. *Cortes refugio escarabajo*

Nota: detalle de los discos usados para la solución del problema.
 Tomado del libro *Architecture follows nature* (Mazzoleni, I., 2013).

3.2.1.2 Proyecto proto arquitectónico (oso polar).

- *Hábitat y clima:* se ubica en la Bahía de Hudson en Canadá. Posee una temperatura media en verano de 10°C y una mínima en invierno de -35°C. Durante el invierno los días son más cortos y las noches largas, el ángulo máximo del sol es de 6°, al contrario, el verano tiene días largos,

con un ángulo de 56°. Algunas áreas se mantienen cubiertas de hielo todo el año, mientras que otras lo pierden permitiendo que la vegetación florezca.

- *Análisis del ser vivo:* para este proyecto se investigó sobre el oso polar. Se caracterizan por ser extremadamente grandes, poseen una gran masa corporal, extremidades y orejas cortas que previenen la pérdida de calor. Se encontró que la principal defensa contra las temperaturas árticas es su piel gruesa y una capa de grasa aislante. Se analizó que:

Externamente, los osos polares están aislados por un grueso abrigo de piel blanco que cubre casi todo su cuerpo [...] el pelaje este compuesto por dos capas, el denso pelaje blanco proporciona la principal fuente de aislamiento al atrapar aire caliente cerca de la piel y, a la inversa, evitando el contacto con el hielo y el agua. En la parte exterior, los pelos de protección son huecos y transparentes, carece de pigmentos que también actúan como camuflaje en la nieve. Los osos polares mudan durante el verano. Debajo de la piel dentro del hipodermis, los osos polares están aislados por una capa grasa. Características adicionales, como la piel negra, especialmente en zonas expuestas como la nariz y la lengua, permiten que los osos absorban el sol energía y previene la pérdida de calor pasiva adicional. (Mazzoleni, L., 2013, p. 128)

También se encontró que el sobrecalentamiento se vuelve problemático para estos animales, puesto que producen su propio calor corporal con su gran masa corporal, extremidades cortas y la grasa aislante gruesa. Para solucionarlo ellos nadan o se frotan sobre la nieve para refrescarse. Un dato interesante es que, visto sobre una cámara infrarroja, son casi invisibles, solo es posible ver el aire caliente que sale de la nariz y el flujo de la sangre superficial hacia la cabeza menos peluda. Sus células sanguíneas están adaptadas para retener más aire, esto permite periodos largos bajo el agua.

- *Proyecto:* la intención del proyecto es optimizar los recursos naturales locales y así suministrar la energía necesaria para el confort térmico humano, esto a través de la imitación de la fisiología y adaptaciones de comportamiento del oso polar.

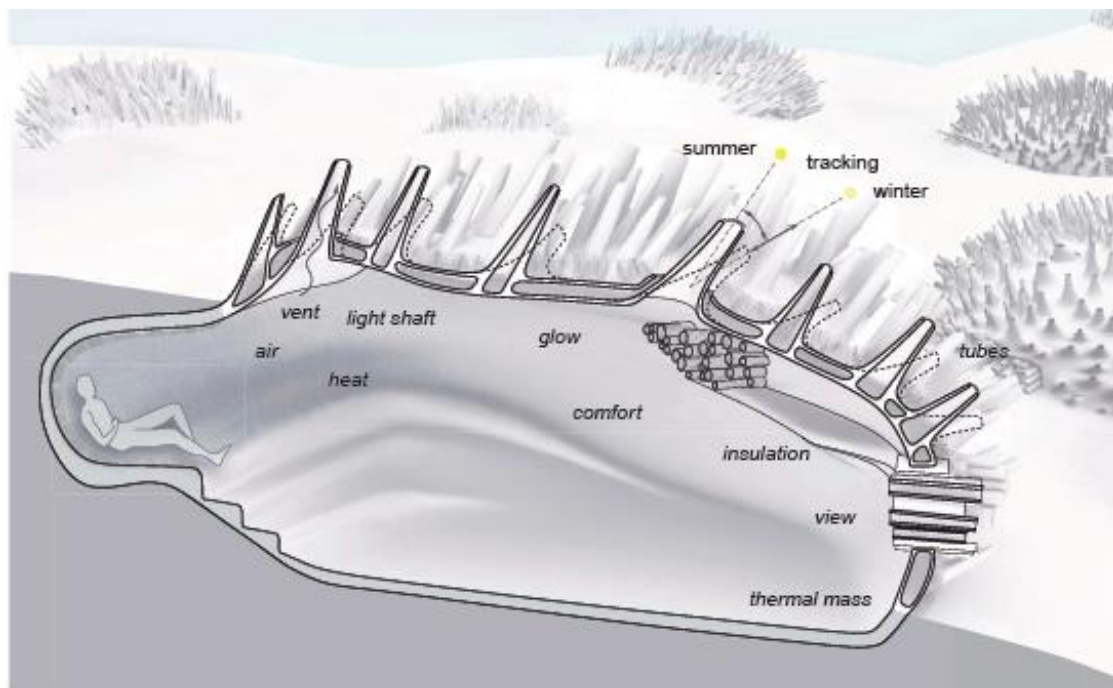
Las unidades están parcialmente incrustadas en la tierra, simulando la guarida de hibernación del oso. Se implantó orientado el proyecto hacia el suroeste para optimizar la ganancia de calor solar.

La energía, el calor y la luz de sol, es cosechado por la envolvente del edificio activa compuesta de huecos de tubos de vidrio con aspecto de piel reorientables y se desplazan a los estratos aislantes donde la energía se almacena, conserva y libera lentamente en la vaina compacta. Las células fosforescentes incrustadas en la fase con material cambiante (PCM) recoge la luz, que se libera lentamente a una noche creando un techo abovedado atmosférico parecido a un cielo.

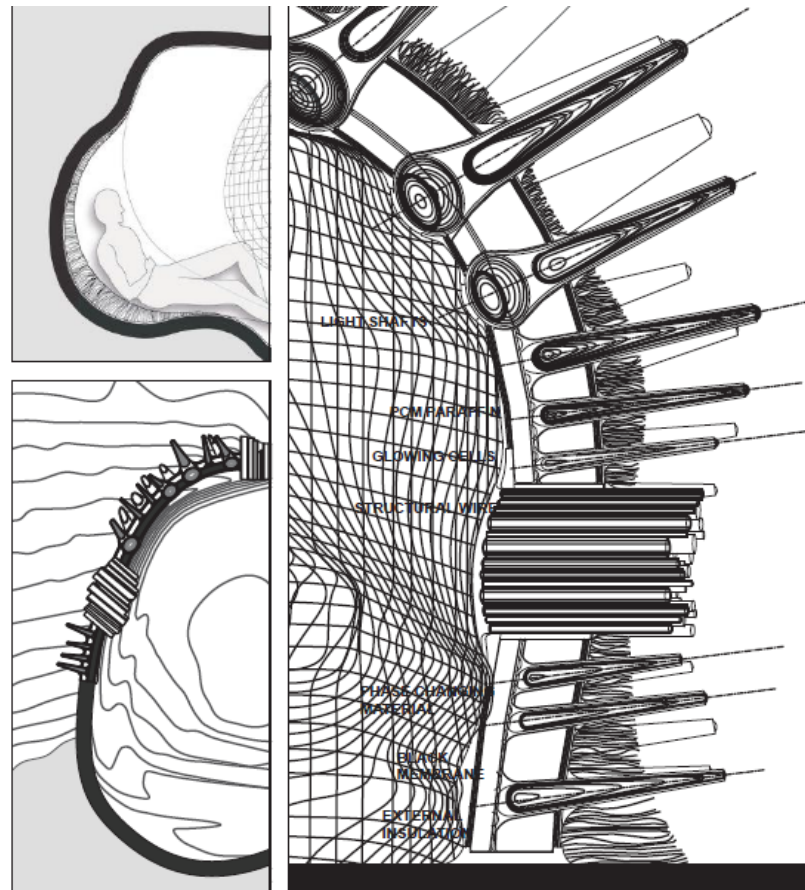
La envolvente es un almacenamiento para el calor y luz que minimiza el uso de sistemas activos y maximiza el uso de sistemas pasivos. El almacenamiento de calor y luz dentro de la envolvente activa varía según los cambios estacionales. Durante el invierno, la luz y el calor se transfieren a la unidad, donde el calor se conserva dentro del almacenamiento térmico integrado en el edificio en forma de PCM. Durante las largas y frías noches de verano, la luz se gestiona y se minimiza mientras el calor aún se está recolectando; está la variabilidad en el transporte y conservación del calor y a luz es logrado a través de sensores dentro de los tubos móviles que rastrean el ángulo del sol y optimizan la acumulación de calor. El ensamblaje de la envoltura gruesa controla una serie de factores cruciales, que incluyen propiedades termo-físicas de los materiales, el clima exterior y el horario de funcionamiento de la vivienda compacta (Mazzoleni, L., 2013, p. 131).

- *Conclusión:* los últimos dos proyectos proponen un modo diferente de habitar el espacio, por las determinantes de su entorno era importante que se cerraran, sin embargo, en su interior se puede observar que es un espacio abierto donde todo está integrado, diferente a la casa moderna, además que gracias al análisis al ser vivo, la vivienda ofrece confort al usuario y cumple con las necesidades que se requieren. Son un buen ejemplo de cómo analizar y luego interpretar las soluciones de los seres vivos en el proyecto.

Figura 17. Corte refugio oso polar



Nota: se observa las estrategias usadas después del análisis del animal.
Tomado del libro *Architecture follows nature* (Mazzoleni, I., 2013).

Figura 18. *Cortes refugio oso polar*

Nota: detalle del funcionamiento de la casa implementando lo analizado con el oso polar. Tomado del libro *Architecture follows nature* (Mazzoleni, I., 2013).

3.2.2 Proyecto que usa al ser vivo como solución – La casa de las algas

Ubicado en Hamburgo, Alemania, fue un proyecto pionero en la cultivación de microalgas sobre un edificio, con el fin de obtener energía solar térmica, aislamiento en verano y biomasa. La piel verde fue desarrollada por Strategic Science Consult (SSC), Arup Germany fueron los encargados de la ingeniería y los planos fueron hechos por el despacho de arquitectos Splitterwerk Architects.

Las fachadas tienen biorreactores y en su interior crecen las microalgas las cuales generan energía solar, que es usada para el agua caliente y calefacción de las 17 viviendas. Además, gracias

a la fotosíntesis, las microalgas capturan el dióxido de carbono y la luz solar y lo convierten en biomasa, que es usada como materia prima y para suministrar energía en forma de combustible y calor. Todos estos aspectos hacen al edificio autosuficiente en un enfoque energético.

Así mismo, las algas controlan la luz y sombra del edificio, cuando la luz es débil en invierno, las algas no se propagan dejando la fachada transparente, mientras que, en verano se multiplica suavizando la luz que entra al edificio. Ellas ayudan a reducir el consumo de energía hasta un 50%.

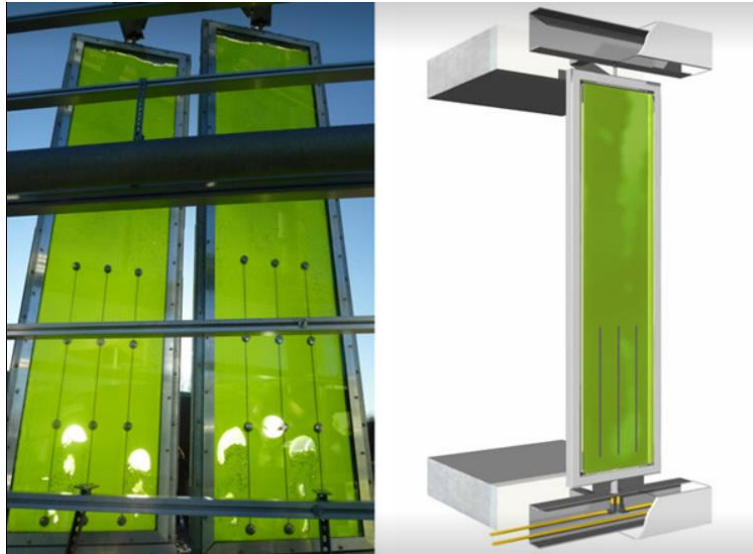
- *Conclusión:* a diferencia de los proyectos anteriores, este no solo estudia al ser vivo si no que lo usa dentro de él y diseña un nuevo elemento (los biorreactores) que hacen parte de la fachada, convirtiéndola en una fachada viva y en una parte elemental para el funcionamiento del edificio. Este proyecto es un experimento que presenta una alternativa diferente en los procesos y en la construcción a la usada actualmente, demuestra que, si se puede construir con materiales respetuosos con el medio ambiente y es un gran ejemplo de lo que se puede lograr a futuro.

Figura 19. *Fachada casa de las algas*



Nota: se muestra la implementación de los biorreactores en la fachada. Tomado de la galería de la casa de las algas (ArchDaily, 2013).

Figura 20. *Biorreactores casa de las algas*



Nota: detalle del biorreactor.

Tomado de la galería de la casa de las algas (ArchDaily, 2013).

4. Metodología

4.1 Algoritmo

Para encontrar las soluciones a los diferentes problemas del proyecto se usa la arquitectura paramétrica a través del algoritmo, “se denomina algoritmo a un grupo finito de operaciones organizadas de manera lógica y ordenada que permite solucionar un determinado problema. Se trata de una serie de instrucciones o reglas establecidas que, por medio de una sucesión de pasos, permiten arribar a un resultado o solución.” (Perez, J., 2010). Contiene una serie de variables con instrucciones las cuales arrojaron diferentes condicionantes dando como resultado estrategias de diseño a seguir en el proyecto.

Para la realización del algoritmo se utilizó la herramienta de modelado rhinoceros 3D en el cual se creó la geometría del proyecto y este responde a los parámetros digitados en el plug-in Grasshopper 3D, el cual es un lenguaje de programación.

A continuación, se hace muestra del algoritmo realizado:

Tabla 1. Radiación

INPUTS	DATA BASE	OPERADORES	RESULTADOS
C L I M A	Horas. Incidencia mayor a las 9:20 am y a las 4:05pm.	Uso de energía solar: utilizar máxima incidencia. Iluminación indirecta. Aberturas de acuerdo a la carta solar. Longitud de las caras expuestas inversamente proporcional. Implantar en la zona de menor radiación.	
	Posición del sol.		
	Solsticio de verano: Azimut1: 75% Azimut2: 52%.		
	Solsticio de invierno: Azimut3: 25% Azimut4: 75%		
	Incidencia solar. En los solsticios la cara menos afectada es la sur y la más afectada este y oeste.		

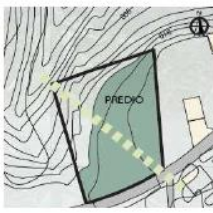
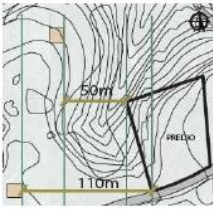
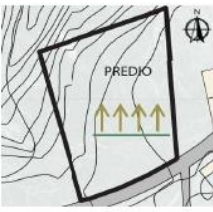
Nota: elaboración propia, 2022.

Tabla 2. Vientos

INPUTS	DATA BASE	OPERADORES	RESULTADOS
C L I M A	Puntos cardinales. Los mayores vienen del norte y una pequeña parte del sur.	Ventilación natular directa. Ubicación de ventanas directamente proporcional. Protección de vientos calidos	
	Horas.		
	Promedios de velocidad. Mayores entre las 2 y 3 de la tarde en septiembre, menores en la noche y madrugada en noviembre.		
	Promedios de dirección. De 1 a 7 vienen del oeste, 7 a 12 del norte y a las 10 del noreste.		

Nota: elaboración propia, 2022.

Tabla 3. Algoritmo

	INPUTS	DATA BASE	OPERADORES	RESULTADOS
L E V A N T A M I E N T O	Localización	Coordenadas. 7°03'08"N73°05'49"W.	Implantar al sur del lote. Estrategias bioclimáticas para esa zona.	
	Topografía	Cotas de nivel. 914-900.	Implantar en la cota más alta. Implantar siguiendo las cotas de nivel.	
	Acceso	Conjunto de líneas. Vía Ruitoque-Acapulco.	Acceso por vía principal	
	Riesgos y amenazas	Áreas de no construcción. de alta tensión al oeste, amenaza baja por el sur y alta por el norte.	Torres de alta tensión. Implantar en la zona sur. Usar el árbol la Ceiba en la zona norte para prevenir remociones en masas.	
	Ambiental	Rango espacial. a naturaleza, sonidos de pajaros y bocinas de autos.	olor Retroceso de 5m desde la vía Ruitoque-Acapulco. Implantar al rededor de los olores y sonidos naturales.	
	Socio-económico	Áreas fijas. suelo para actividad agropecuaria y mercados.	Ciclornutas. Área para el compost y huerta en la zona norte. Espacio de comercio en la zona sur.	
	Tipos de suelo	Textura del suelo. rojas constituidas por arenitas, conglomerados y limolitas.	Capas Altura de la edificación de 9m.	
	Normativa	Áreas y porcentajes. Área: 250m2 Índice de construcción: 2.50 Retroceso: 5m Antejardín: 3m Andén: 3.5m	Aplicar retrocesos	
	Visuales	Puntos cardinales. Al norte paisaje de la ciudad y al sur vista de la vía.	Ventanas y zonas de ocio ubicadas al norte	
	Clasificación climática	Zonificación. Templado semiárido Caldas Lang.	Aplicar estrategias bioclimáticas para este clima.	
C L I M A	Radiación	Ver tabla 2. Radiación.		
	Temperatura	Grados centígrados. Mayor temperatura en marzo (23.42°C). Menor temperatura en octubre (20.59°C).	Mantener la zona de confort. 18-21°C. Prevenir y eliminar el sobrecalentamiento. Aislamiento térmico.	
	Humedad	Porcentaje del vapor de agua. Mes más seco noviembre con 85.02%.	Deshumidificación	
	Presión atmosférica	Fuerza del aire sobre la atmosfera. Oscila entre los 88 hpa. Caída del agua.		
	Precipitación	Mayor en mayo con 139.7mm y menor en diciembre con 66.6mm.	Recoger aguas lluvias	
D E S P Á E R C B I O E L	Diagrama de Givonni	Estrategia bioclimática. 2% de zona de confort.	Ventilación natural, ventilación forzada, deshumidificación	
	Vientos	Ver tabla 3. Vientos.		
	Morfología.	Altura: 40m máximo Diámetro: 2m, la rama se extiende en sentido horizontal.	Estructura. Prioridad a la longitud horizontal.	
	CEIBA	Hojas: Compuesta y digitada, unica. Fruto: Kapok Animales: hormigas, ardillas y pajaros.	Implantar ceiba al nor-oeste	
		Raíz: grueso y redonda, 10m, pocas ramas gruesas, se ramifica en dos.		

4.2 Maqueta

Además, se realizó una maqueta del terreno para entender las condicionantes, en esta se hizo diferentes pruebas de los resultados del algoritmo. A continuación, se muestra las fotos de la maqueta.

Figura 21. *Maqueta del terreno y árboles*



Figura 22. *Maqueta del terreno y árboles 2*

5. Usuarios

De acuerdo con el análisis y resultados obtenidos del sector realizado en la página del DANE, se determinó que el número de usuarios son 4, cada uno con necesidades diferentes, dos adultos que corresponden a los padres de familia, y sus dos hijos, una niña de 13 años y un niño de 15 años. Es importante aclarar que el proyecto responde a las necesidades naturales de desarrollo y crecimiento de una familia tradicional, inicia con una pareja y se va desarrollando con la llegada de nuevos usuarios “los hijos” y probablemente los padres adultos mayores.

6. Programa arquitectónico

Tabla 4. *Actividad fundamental*

ACTIVIDAD FUNDAMENTAL	ESPACIO	ACTIVIDAD FUNDAMENTAL	ESPACIO	ACTIVIDAD FUNDAMENTAL	ESPACIO
Ir al baño	Baño	Comer	Comedor	Dormir	Habitación
Lavarse	Baño	Preparar comida	Cocina	Intimidad	Habitación
Lavar	Zona de ropas	Cocinar	Cocina	Desinfectarse	Zaguan

Tabla 5. *Actividad complementaria interior*

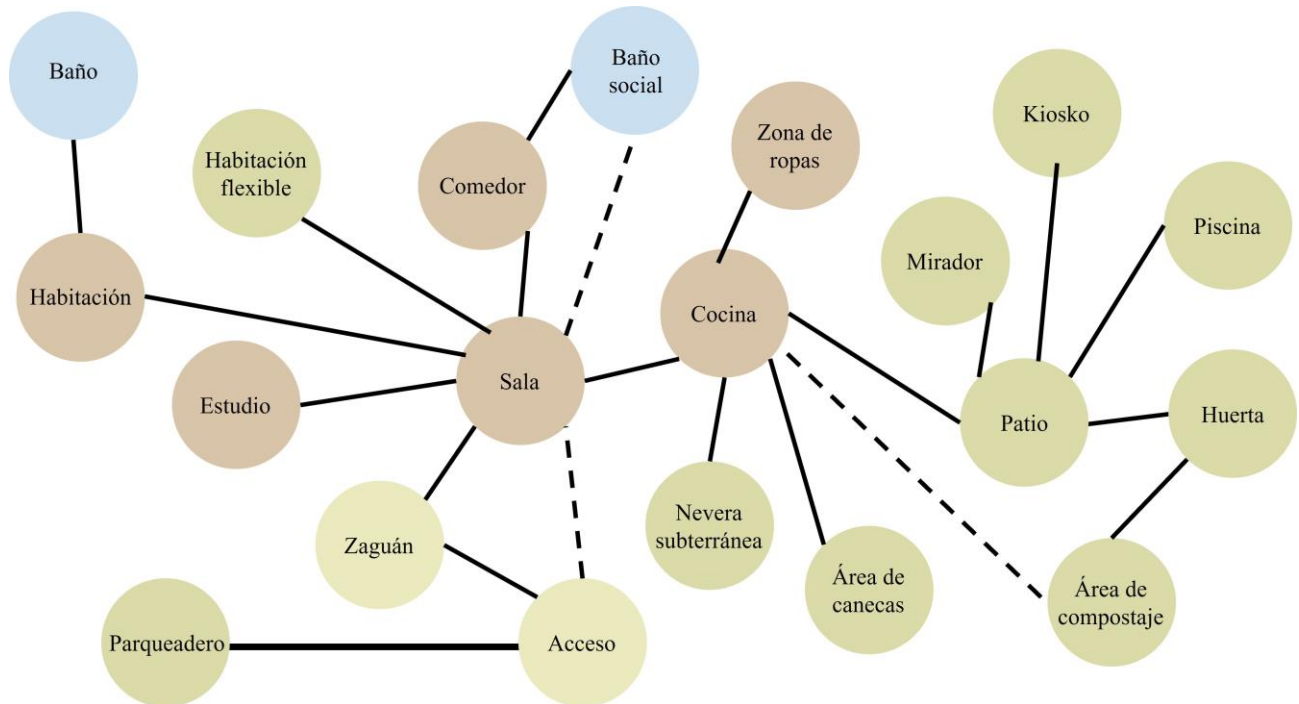
ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA	ESPACIO	ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA	ESPACIO
Relajarse	Habitación, mirador, sala de televisión	Observar	Mirador
Recrearse	Sala de juegos, sala de lectura, Habitación flexible	Conversar	Mirador
Ejercitar	Habitación flexible	Trabajar/estudiar	Estudio

Tabla 6. *Actividad complementaria exterior*

ACTIVIDAD EXTERIOR	ESPACIO	ACTIVIDAD EXTERIOR	ESPACIO
Cultivar	Huerta, área de compostaje	Almacenar alimentos	Nevera
Descansar	Huerta, kiosko, piscina	Manejo residuos	Area de canecas y compostaje
Recrearse	Huerta, área de esparcimiento	Parquear	Parqueadero

7. Organigrama funcional

Figura 23. *Organigrama funcional*

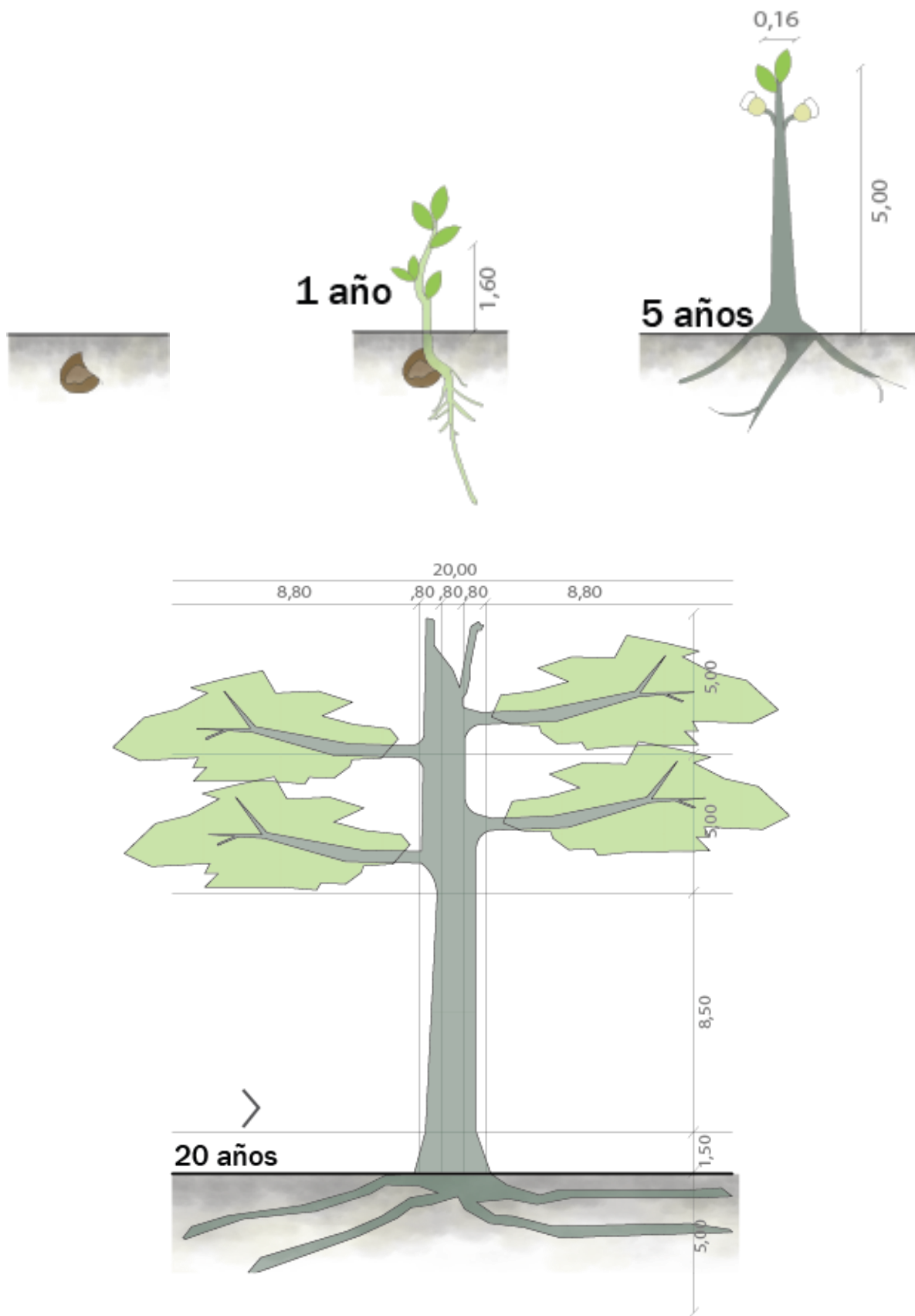


8. Cuadro de áreas

El cuadro de áreas se realizó a partir del estudio de crecimiento de la Ceiba Pentandra para establecer las proporciones naturales que deben existir entre los espacios. Las medidas vienen condicionadas por el cumplimiento de los requerimientos ergonómicos del ser humano.

8.1 Crecimiento y medidas de la Ceiba Pentandra

Se realizó una investigación sobre el crecimiento del árbol, para esto se planteó que germinó en una zona optima, donde pudo crecer libremente.

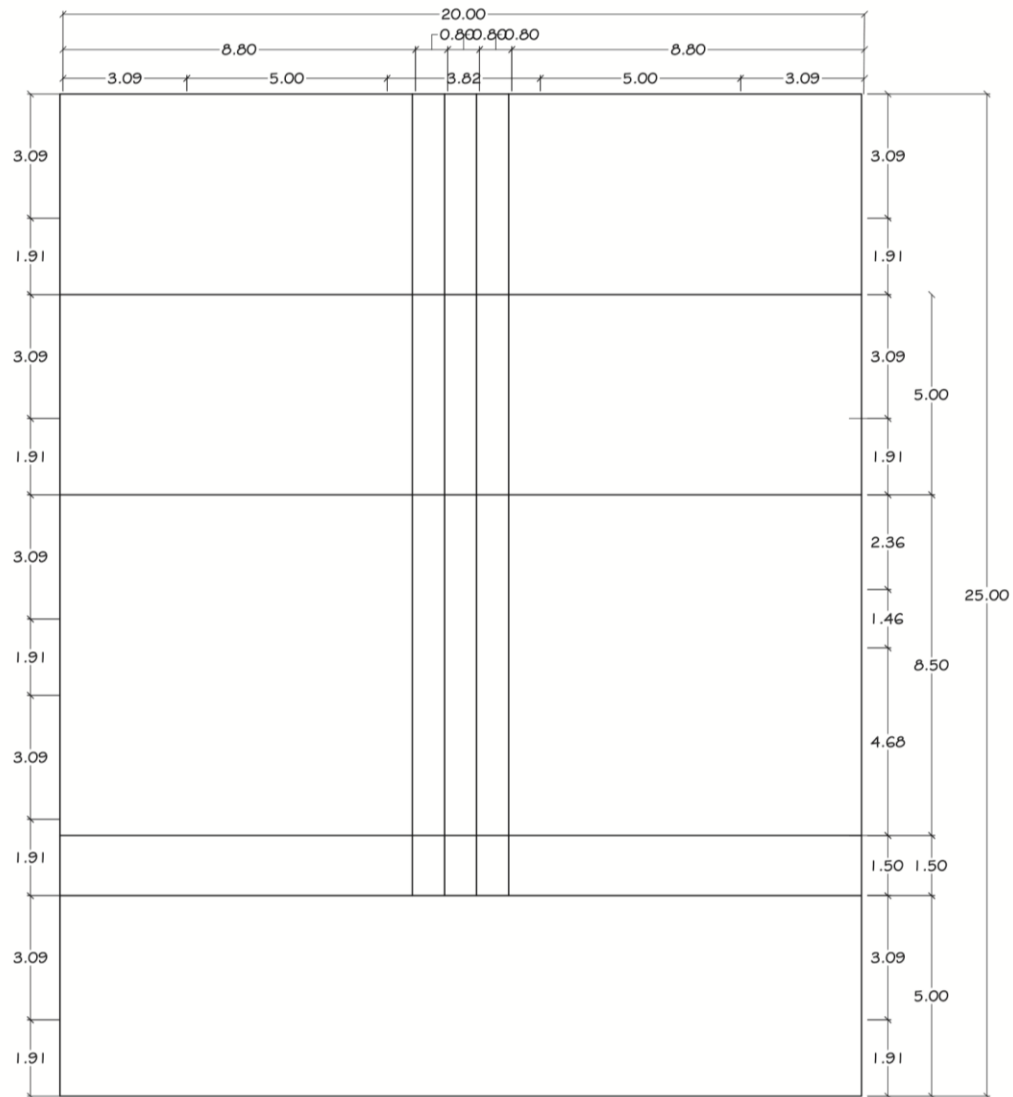
Figura 24. *Crecimiento de la Ceiba*

Además, se realizó un estudio y análisis que se materializó en unas maquetas conceptuales. A continuación, se muestra la foto.

Figura 25. *Maqueta de la Ceiba*

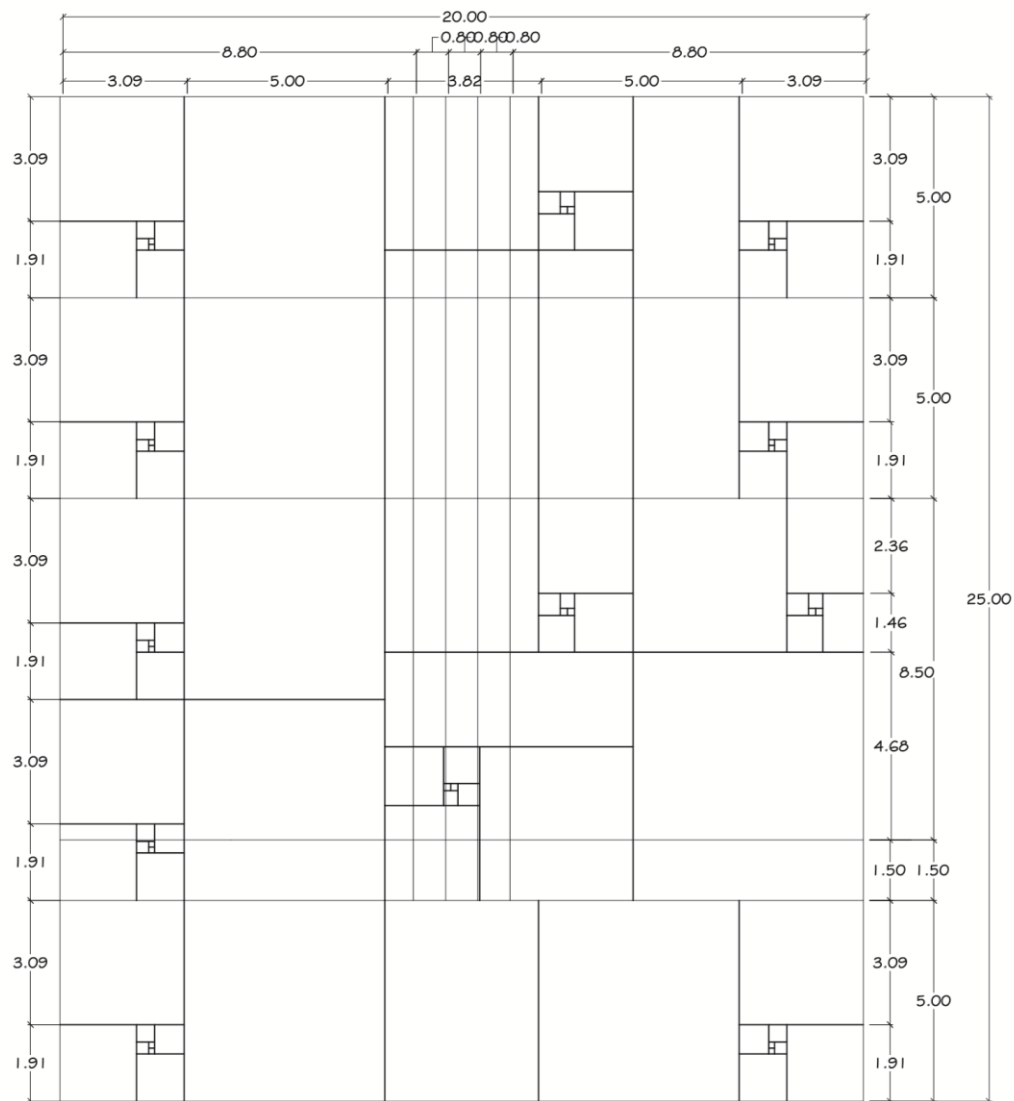


Nota: Para la elaboración de esta maqueta se tomo la edad de 20 años del árbol. Se puede observar las características del árbol.

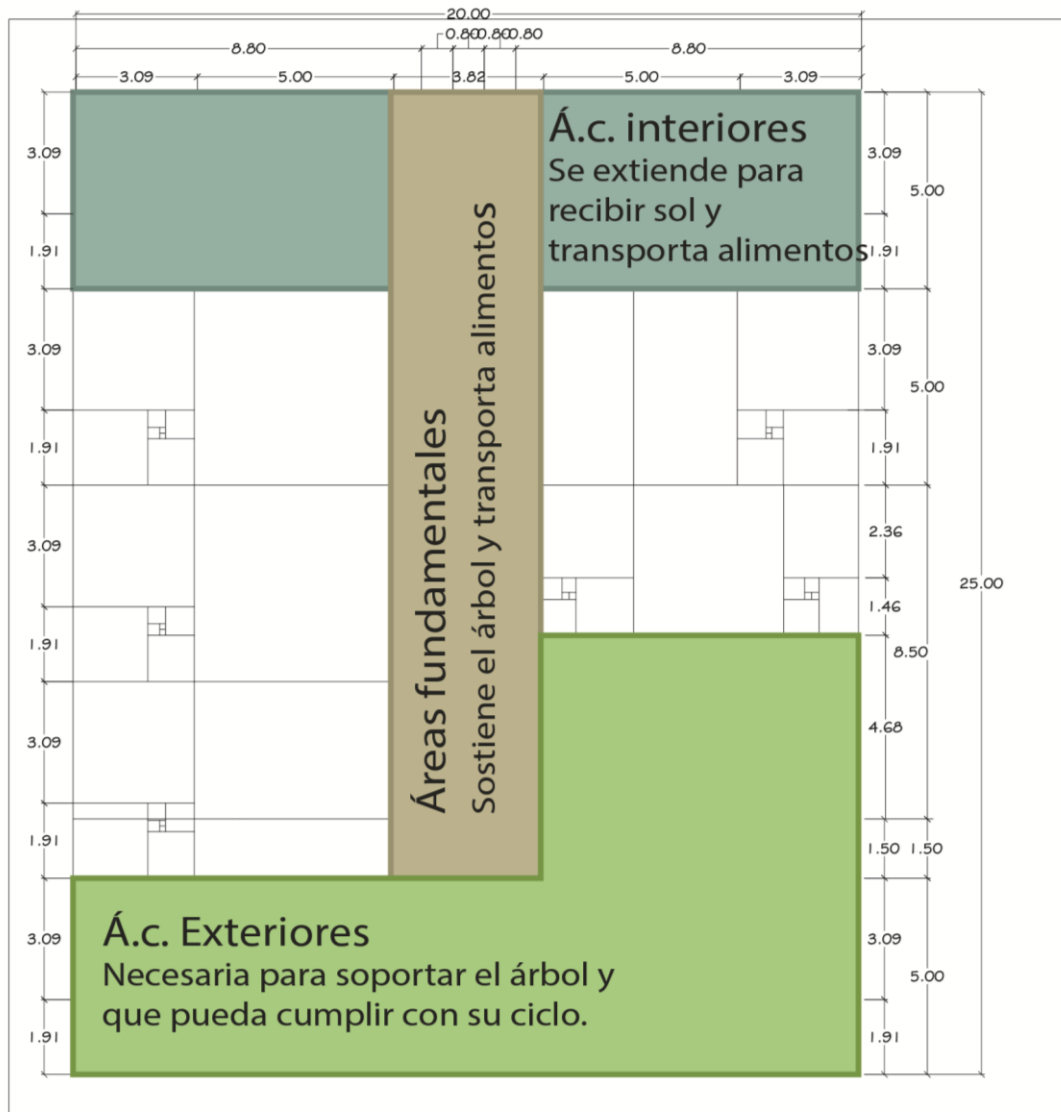
Figura 26. *Medidas de la Ceiba*

Nota: Proporciones tomadas a partir del crecimiento del árbol.

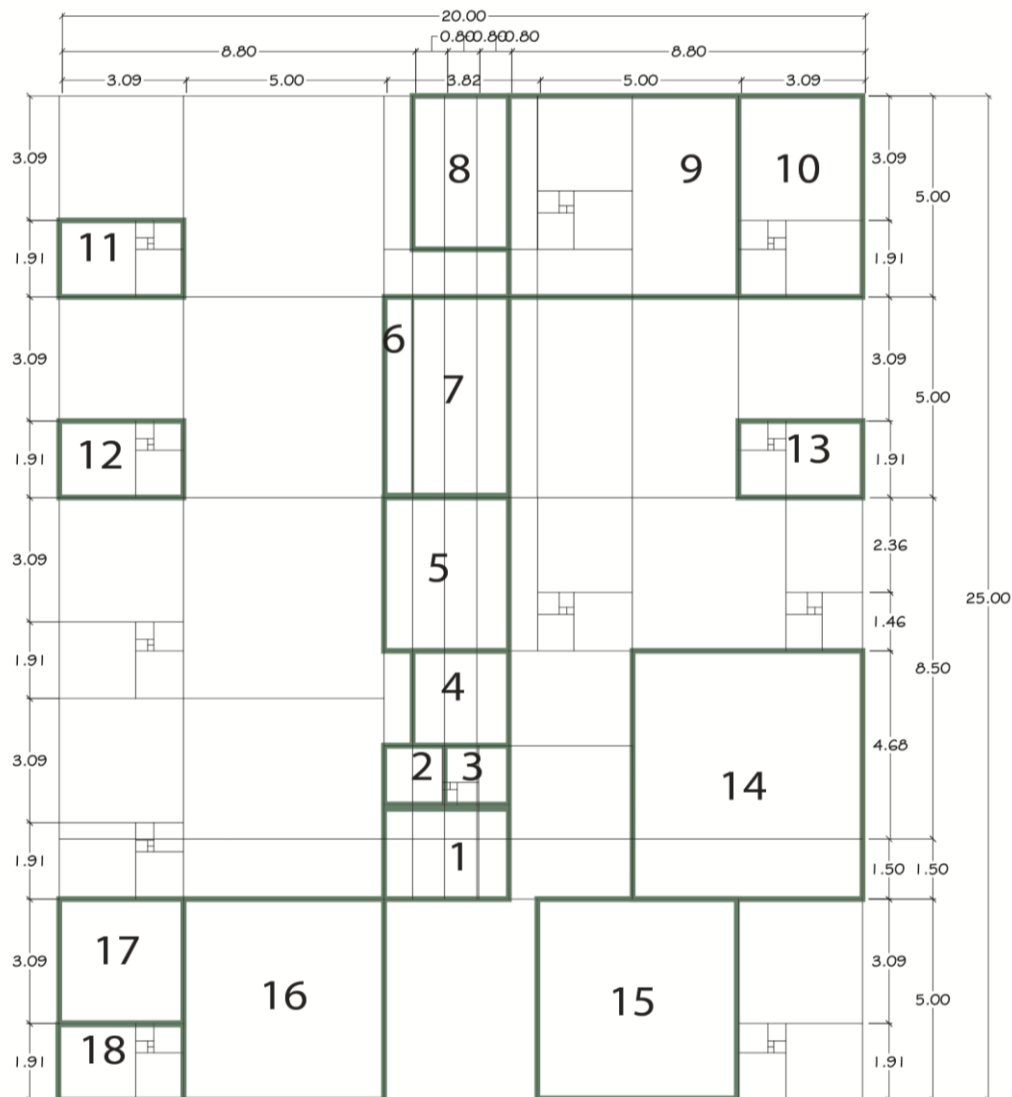
Figura 27. *Medidas de la Ceiba y proporción aurea*



Nota: Secuencia Fibonacci orientada hacia los lados de crecimiento y división de los árboles.

Figura 28. Áreas y zonas

Nota: Las áreas fundamentales corresponden al tronco, áreas complementarias interiores a las ramas y las áreas complementarias exteriores a las raíces

Figura 29. Áreas

Nota: Los números corresponden a: 1 sala, 2 baño auxiliar, 3 z. de ropa, 4 zaguán, 5 cocina, 6 habitación principal, 7 habitación auxiliar, 8 comedor, 9 mirador, 10 habitación flexible, 11 sala de tv, 12 estudio, 13 baño, 14 piscina, 15 jardín, 16 huerta, 17 área de compostaje, 18 área de canecas.

Tabla 7. Cuadro de áreas

ZONAS	NOMBRE DEL ESPACIO	ACTIVIDAD Y/O MOBILIARIO	SUBTOTAL(M2)	TOTAL X PISO (M2)
ZONA SOCIAL	ZAGUAN	Zona de desinfección, estantería, silla para cambio de zapatos.	7,50	PRIMER NIVEL
	SALA	Juego de sala, sofás, estantería, mesa de centro.	10,00	
	COMEDOR	Juego de comedor, estantería	10,00	
	COCINA	Utencilios de cocina, área de preparación y cocción, estantería, área nevera	12,50	
	BAÑO SOCIAL	Lavamanos, Inodoro	4,00	
ZONA DE LAVADO	ZONA DE ROPAS	Área de lavadora, estantería, zona para extender la ropa.	7,00	
ZONA DE DESCANSO	HABITACIÓN PRINCIPAL	Cama, mesas de noche, armario, tocador, baño privado	35	
	HABITACIÓN 2	Cama, mesas de noche, armario, tocador.	15,5	
	HABITACIÓN 3	Cama, mesas de noche, armario, tocador.	15	
	BAÑO HABITACIONES	Ducha, lavamanos, inodoro	7	
ZONA DE ENTRETENIMIENTO	HABITACIÓN FLEXIBLE	Estantería, colchonetas, Área para juguetes, biblioteca.	14,50	
	ESTUDIO	Estantería, mesa, silla	8,00	146,00
ZONA EXTERIOR	KIOSCO	Juego de sillas con mesa.	7,5	EXTERIOR CUBIERTO
	BBQ	Parrilla	7	
	PARQUEADERO	Parqueadero para dos vehiculos	30	
	PATIO	Estantería.	29	EXTERIOR SIN CUBIERTA
	ÁREA DE COMPOSTAJE	Área para clasificación de residuos.	19,5	
	HUERTA	Zona de siembra, deposito de herramientas	120	
	ÁREA DE PISCINA	Piscina con enfoque ecológico	45	
	MIRADOR	sillas	44	
CIRCULACIÓN			20% de circulación	257,5
ÁREA TOTAL A CONSTRUIR: (201,90 m2)				

Nota: elaboración propia, 2022.

9. Conclusiones

Entendemos que no se trata de un proyecto de fácil justificación, pero queremos resaltar el esfuerzo que se hizo para iniciarse en el manejo de las nuevas TICS, por ejemplo, en los 8 meses que duro el proceso de trabajo de grado se aprendió a utilizar y manejar programas como rhinoceros a su vez pluggins como grasshopper y el entendimiento de la arquitectura paramétrica

y algorítmica, las que implican una manera diferente de entender los procesos de diseño, de manejar las herramientas de trabajo cotidiano para un arquitecto al tiempo que buscamos la máxima eficiencia para ayudar al planeta a ser más sostenible.

Además, se realizó un importante aprendizaje sobre la arquitectura biomimética, que existe desde que existe la humanidad y la arquitectura, incluso con autores tan importantes como Gaudí, que apenas empezamos a comprenderla. No se trato de copiar las formas de los árboles, si no de entender la naturaleza y especialmente el lugar donde germina este nuevo proyecto arquitectónico.

10. Recomendaciones

Sería importante que los nuevos estudiantes que llegan a la etapa de proyecto de grafo entiendan la necesidad de buscar respuestas alternativas y sostenibles a las necesidades humanas de habitar. basadas en la comprensión de los ciclos de vida, de manera que la arquitectura haga parte de las soluciones y no de los problemas.

Referencias

Barsky, A. (2007). El periurbano productivo, un espacio en constante transformación.

Introducción al estado del debate, con referencias al caso de Buenos Aires. Scripta Nova.

Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, 9. Recuperado de
<https://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/article/view/952/929>

Benyus, J. (2002). *Biomimetismo: innovación inspirada en la naturaleza*. Nueva York: Harper Perennial.

Biomimética: la naturaleza como arma en la arquitectura. (2019). Grupo Arca.

<https://gpoarca.com/blogs/container-mag/biomimetica-la-naturaleza-como-arma-en-la-arquitectura>

Byrne, J., Fenton, M., Hemberg, E., McDermott, J., O'Neil, M., Shotton, E. y Nally, C. (2011)

Combining structural analysis and multi-objective criteria for evolutionary architectural design.

"Casa de los monos / Atelier Marko Brajovic" [Casa Macaco / Atelier Marko Brajovic] 12 may

2021. ArchDaily Colombia. Accedido el 7 Sep 2021.
<https://www.archdaily.co/co/961450/casa-de-los-monos-atelier-marko-brajovic> ISSN
 0719-8914

Cuervo, J. (2015). Habitar y diseñar. El diseño como base hacia una teoría del habitar. Kepes,

(5), 179 - 190. Recuperado a partir de
<https://revistasoj.s.ualdas.edu.co/index.php/kepes/article/view/427>

El tiempo. (2014). *Biomi-mesis: la ciencia de imitar a la naturaleza llega a Colombia*. Colnodo.

<https://www.rds.org.co/es/resultado-busqueda/biomimesis-la-ciencia-de-imitar-a-la-naturaleza-llega-a-colombia>

Escobar, R. D. (2020, 27 octubre). *Cómo identificar una vivienda sostenible y sus ventajas*.

BBVA NOTICIAS. <https://www.bbva.com/es/co/como-identificar-una-vivienda-sostenible-y-sus-ventajas/>

Galiano, L. (2012). *Arquitectura: lo común*. Arquitectura Viva S.L.

Hernández, Beverly. (2017). Viviendas multifamiliares de desarrollo progresivo. Un ejemplo de vivienda flexible. Memorias de la Trienal FAU 2017. Recuperado de: <https://trienal.fau.ucv.ve>

Jimenez, C. (2018). *Diseño biomimético. Modelación arquitectónica basada en la naturaleza*.

[Trabajo de grado, arquitectura]. Universidad Politécnica de Madrid.

http://oa.upm.es/52147/1/TFG_Jimenez_Arevalo_Carlos.pdf

José Tomás Franco. (2013). *Se completa en Hamburgo el primer edificio del mundo alimentado energéticamente por algas*. ArchDaily Colombia. <<https://www.archdaily.co/co/02-251068/se-completa-en-hamburgo-el-primer-edificio-del-mundo-alimentado-energeticamente-por-algas>> ISSN 0719-8914

Martí, P. (2019, 8 julio). *La casa de las algas*. Ecoavant.

https://www.ecoavant.com/sostenibilidad/la-casa-de-las-algas_1620_102.html

Mazzoleni, I. (2013). *Architecture Follows Nature-Biomimetic Principles for Innovative Design* (1.^a ed.). CRC Press.

Muñoz Márquez, C. (2016). Modelo de vivienda urbana sostenible: buscando alternativas para cambiar de rumbo. *Entorno*, (61), 25-39. Recuperado de: <https://doi.org/10.5377/entorno.v0i61.6127>

Petraglia, L. (2018). *Innovaciones en la biomimética. Envoltentes dinámicas*. Revista arquitecto,

No 11. DOI: <http://dx.doi.org/10.30972/arq.0114201>

Rocha, E., Rodríguez, J., Martínez, E., López, J. (2012). *Biomimética: innovación sustentable inspirada por la naturaleza*. Investigación y ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Rodríguez Potes, L. M., Osorio Chavez, H., Villadiego Bernal, K. D. C., & Padilla-Llano, S. (2018). Arquitectura y urbanismo sostenible en Colombia. Una mirada al marco reglamentario. *Bitácora Urbano Territorial*, 28(3), 19-26. Recuperado de: <https://doi.org/10.15446/bitacora.v28n3.5205>

Sánchez, A. (2017). *Estrategias bioclimáticas para mejorar la eficiencia energética en edificios*. Ángel Sánchez Inocencio. <https://angelsinocencio.com/estrategias-bioclimaticas-mejorar-eficiencia/>

Vincent, JFV Aplicaciones: influencia de la biología en la ingeniería. *J Bionic Eng* 3, 161-177 (2006). [https://doi.org/10.1016/S1672-6529\(06\)60020-6](https://doi.org/10.1016/S1672-6529(06)60020-6)

Apéndices

Los apéndices se detallarán en un archivo externo a este documento.