

**Diseño de una vivienda rural productiva, localizada en el municipio de Lebrija, Santander,
empleando tecnologías constructivas aplicadas a la madera**

Christian Camilo Mayorga Camacho

Trabajo de grado para optar el título de Arquitecto

Director

Claudio Fabian Mantilla Correa

Magister en Tecnologías de la Edificación

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Facultad de Arquitectura

2023

Agradecimientos

Quiero agradecer a las personas que estuvieron apoyándome en la elaboración de este proyecto, en especial a mis padres y familia que estuvieron en todos los momentos, dándome fuerzas, ánimo y confianza en mí mismo para culminar mi carrera. A mi director de proyecto Claudio Mantilla por la guía y confianza que me brindo para realizar este proyecto. Porque tengo la dicha de estar aportas de convertirme en arquitecto.

Contenido

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introducción | 14 |
| 1. Diseño de una vivienda rural productiva, localizada en el municipio de Lebrija, Santander, empleando tecnologías constructivas aplicadas a la madera | 15 |
| 1.1 Formulación del problema | 15 |
| 1.2 Justificación..... | 16 |
| 1.3 Objetivos | 18 |
| 1.3.1 Objetivo general | 18 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 18 |
| 2. Marco referencial | 19 |
| 2.1 Marco teórico | 19 |
| 2.1.1 La prefabricación | 19 |
| 2.1.2 Construcción modular..... | 23 |
| 2.2 Marco conceptual | 28 |
| 2.2.1 La vivienda rural colombiana | 28 |
| 2.2.2 La madera como elemento constructivo..... | 31 |
| 2.3 Marco normativo | 33 |
| 2.4 Marco técnico - constructivo..... | 37 |
| 2.4.1 Tipos de edificación y entramados de madera..... | 38 |
| 2.5 Análisis de proyectos referentes..... | 41 |
| 2.5.1 Sistema desarrollado por WikiHouse | 41 |
| 2.5.2 Tipología viviendas en madera..... | 48 |
| 2.5.3 Tipología vivienda rural | 54 |
| 3. Metodología del proyecto | 58 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 4. Proyecto | 60 |
| 4.1 Análisis global municipio de Lebrija, Santander | 60 |
| 4.1.1 Geografía | 61 |
| 4.1.2 factores climáticos | 62 |
| 4.1.3 Desarrollo productivos y economía..... | 66 |
| 4.1.4 Demografía y población | 70 |
| 4.2 Análisis especial del lugar..... | 71 |
| 4.2.1 Usuario..... | 71 |
| 4.2.2 Características del lugar de implantación..... | 72 |
| 4.2.2.1 Normativa del predio EOT..... | 73 |
| 4.2.2.2 Factores ambientales del predio..... | 76 |
| 4.3 Concepto de diseño | 83 |
| 4.4 Organización espacial funcional | 87 |
| 4.4.1 Vivienda..... | 87 |
| 4.4.2 Unidad productiva | 89 |
| 4.5 Diseño bioclimático..... | 94 |
| 4.5.1 Climograma de Givoni | 94 |
| 4.5.2 Análisis de radiación solar..... | 95 |
| 4.5.3 Estrategias bioclimáticas | 99 |
| 4.5.4 Análisis consumo energético con la herramienta insight | 100 |
| 4.6 Sistema constructivo | 102 |
| 5. Conclusiones..... | 109 |
| Referencias..... | 111 |

Lista de tablas

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. <i>Marco legal</i> | 34 |
| Tabla 2. <i>Información básica tipología, WikiHouse 4.0</i> | 44 |
| Tabla 3. <i>Información básica tipología, De Stripmaker</i> | 45 |
| Tabla 4. <i>Información básica tipología, Microhouse</i> | 46 |
| Tabla 5. <i>Información básica tipología, Casa 205</i> | 48 |
| Tabla 6. <i>Información básica tipología, Casa Tacna</i> | 51 |
| Tabla 7. <i>Información básica tipología, Concurso vivienda rural sostenible y productiva en Colombia</i> | 54 |
| Tabla 8. <i>Clasificación de Pendientes del suelo del municipio de Lebrija</i> | 61 |
| Tabla 9. <i>Distribución geográfica, municipio de Lebrija CNPV, 2018</i> | 71 |
| Tabla 10. <i>Datos demográficos vereda Puyana</i> | 72 |
| Tabla 11. <i>Información catastral predio vereda Puyana</i> | 73 |
| Tabla 12. <i>Usos del suelo de producción agropecuaria vereda Puyana</i> | 74 |
| Tabla 13. <i>Perfil vial vía primaria vereda Puyana</i> | 76 |
| Tabla 14. <i>Datos de rosa de vientos aeropuerto Palonegro</i> | 81 |
| Tabla 15. <i>Cuadro de áreas vivienda</i> | 88 |
| Tabla 16. <i>Cuadro de áreas unidad productiva</i> | 90 |
| Tabla 17. <i>Temperatura y humedad del aire municipio de Lebrija</i> | 94 |
| Tabla 18. <i>Valores de radiación incidente VRI</i> | 96 |

Lista de figuras

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. <i>Métodos de prefabricación según sus características</i> | 22 |
| Figura 2. <i>Modulo básico M</i> | 24 |
| Figura 3. <i>Módulos de diseño y Multimodulos</i> | 25 |
| Figura 4. <i>Diagrama de venn sistema modular y prefabricación</i> | 27 |
| Figura 5. <i>Vivienda rural impulsada por el Ministerio de agricultura y desarrollo rural</i> | 31 |
| Figura 6. <i>Sistema de entramado ligero</i> | 39 |
| Figura 7. <i>Sistema de entramado pesado</i> | 40 |
| Figura 8. <i>Sistema de tableros contralaminados</i> | 41 |
| Figura 9. <i>Proceso de creación de los proyectos WikiHouse</i> | 42 |
| Figura 10. <i>Red distribuida de fabricantes y ensambladores locales</i> | 42 |
| Figura 11. <i>Tipos de edificios sistema WikiHouse</i> | 43 |
| Figura 12. <i>Adaptabilidad sistema WikiHouse</i> | 44 |
| Figura 13. <i>Fotografía del proyecto referente, WikiHouse 4.0</i> | 45 |
| Figura 14. <i>Fotografía del proyecto referente, WikiHouse 4.0</i> | 45 |
| Figura 15. <i>Fotografía del proyecto referente, De Stripmaker</i> | 46 |
| Figura 16. <i>Fotografía del proyecto referente, De Stripmaker</i> | 46 |
| Figura 17. <i>Imagen isométrica del proyecto referente, Microhouse</i> | 47 |
| Figura 18. <i>Fotografía del proyecto referente, Microhouse</i> | 47 |
| Figura 19. <i>Fotografía del proyecto referente, Casa 205</i> | 48 |
| Figura 20. <i>Fotografía del proyecto referente, Casa 205</i> | 49 |
| Figura 21. <i>Imagen isométrica del proyecto referente, Casa 205</i> | 49 |
| Figura 22. <i>Planta de zonificación del proyecto referente, Casa 205</i> | 50 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 23. <i>Cuadro de áreas del proyecto referente, Casa 205</i> | 51 |
| Figura 24. <i>Fotografía del proyecto referente, Casa Tacna</i> | 52 |
| Figura 25. <i>Fotografía del proyecto referente, Casa Tacna</i> | 52 |
| Figura 26. <i>Planta de zonificación del proyecto referente, Casa Tacna</i> | 53 |
| Figura 27. <i>Cuadro de áreas del proyecto referente, Casa Tacna</i> | 54 |
| Figura 28. <i>Render del proyecto referente, Concurso vivienda rural sostenible y productiva en Colombia</i> | 55 |
| Figura 29. <i>Render del proyecto referente, Concurso vivienda rural sostenible y productiva en Colombia</i> | 55 |
| Figura 30. <i>Ilustración sección del proyecto referente, Concurso vivienda rural sostenible y productiva en Colombia</i> | 56 |
| Figura 31. <i>Ilustración del proyecto referente, Concurso vivienda rural sostenible y productiva en Colombia</i> | 57 |
| Figura 32. <i>Planta de zonificación y cuadro de áreas del proyecto referente, Concurso vivienda rural sostenible y productiva en Colombia</i> | 58 |
| Figura 33. <i>Temperatura del bulbo seco, de archivo EPW de municipio de Lebrija</i> | 63 |
| Figura 34. <i>Humedad relativa, de archivo EPW de municipio de Lebrija</i> | 64 |
| Figura 35. <i>Precipitaciones, de archivo EPW de municipio de Lebrija</i> | 65 |
| Figura 36. <i>Radiación solar horizontal global, de archivo EPW de municipio de Lebrija</i> | 66 |
| Figura 37. <i>Áreas de cultivos meseta del municipio de Lebrija</i> | 68 |
| Figura 38. <i>Estructura de población municipio de Lebrija CNPV 2018</i> | 70 |
| Figura 39. <i>Localización de predio vereda Puyana</i> | 72 |
| Figura 40. <i>Predio vereda Puyana</i> | 73 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 41. <i>Perfil vial vía primaria vereda Puyana.....</i> | 76 |
| Figura 42. <i>Geomorfología del terreno.....</i> | 77 |
| Figura 43. <i>Cortes por terreno para apreciar las pendientes del predio.....</i> | 77 |
| Figura 44. <i>Flora establecida en el predio.....</i> | 78 |
| Figura 45. <i>Nacimiento quebrada El Sincho.....</i> | 79 |
| Figura 46. <i>Registro fotográfico de las vistas del predio.....</i> | 80 |
| Figura 47. <i>Rosa de vientos aeropuerto Palonegro</i> | 81 |
| Figura 48. <i>Carta solar correspondiente al solsticio de invierno, el día 21 de diciembre</i> | 82 |
| Figura 49. <i>Carta solar correspondiente al solsticio de verano, el día 21 de junio</i> | 83 |
| Figura 50. <i>Render del Proyecto</i> | 83 |
| Figura 51. <i>Maqueta de conceptualización inicial.....</i> | 84 |
| Figura 52. <i>Aplicación de la proporción áurea en la conceptualización de la idea.....</i> | 85 |
| Figura 53. <i>Maqueta de conceptualización volumétrica.....</i> | 85 |
| Figura 54. <i>Maqueta final del proyecto.....</i> | 86 |
| Figura 55. <i>Render del proyecto.....</i> | 87 |
| Figura 56. <i>Esquema de zonificación de la vivienda.....</i> | 88 |
| Figura 57. <i>Zonificación de la unidad productiva</i> | 89 |
| Figura 58. <i>Actividades anuales durante el ciclo de producción del aguacate</i> | 91 |
| Figura 59. <i>Zonas de cultivo dentro del predio.....</i> | 93 |
| Figura 60. <i>Climograma de Givoni municipio de Lebrija</i> | 95 |
| Figura 61. <i>Incidencia de VRI sobre la vivienda en el equinoccio de primavera</i> | 97 |
| Figura 62. <i>Incidencia de VRI sobre la vivienda en el solsticio de verano.....</i> | 97 |
| Figura 63. <i>Incidencia de VRI sobre la vivienda en el equinoccio de otoño</i> | 98 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 64. <i>Incidencia de VRI sobre la vivienda en el solsticio de invierno</i> | 98 |
| Figura 65. <i>Síntesis gráfica de las estrategias bioclimáticas</i> | 100 |
| Figura 66. <i>Consumo energético de la vivienda</i> | 101 |
| Figura 67. <i>Producción de planos de piezas para corte</i> | 103 |
| Figura 68. <i>Ensamble de piezas para crear un pórtico estructural</i> | 104 |
| Figura 69. <i>Levantamiento de dos pórticos a fin de establecer el módulo de diseño</i> | 104 |
| Figura 70. <i>Completar el levantamiento de la totalidad de los pórticos del proyecto</i> | 105 |
| Figura 71. <i>Arriostrar los módulos de diseño con láminas que rigidizan la estructura</i> | 105 |
| Figura 72. <i>Terminar el arriostre de todos los pórticos para instalar de los acabados finales</i> . | 106 |
| Figura 73. <i>Ensamble del módulo de diseño en maqueta</i> | 107 |
| Figura 74. <i>Ensamble del módulo de diseño en maqueta</i> | 108 |

Lista de apéndices

- Apéndice A.** *Memoria descriptiva del proyecto*
- Apéndice B.** *Memoria del sistema constructivo*
- Apéndice C.** *Memoria de localización*
- Apéndice D.** *Planta general de implantación*
- Apéndice E.** *Planta arquitectónica vivienda*
- Apéndice F.** *Planta arquitectónica unidad productiva*
- Apéndice G.** *Planta de cubiertas vivienda*
- Apéndice H.** *Planta de cubiertas unidad productiva*
- Apéndice I.** *Corte Transversal A-001 y Corte longitudinal B-001*
- Apéndice J.** *Corte Transversal A-002 y Corte longitudinal B-002*
- Apéndice K.** *Fachada este y fachada sur*
- Apéndice L.** *Fachada oeste y fachada norte*
- Apéndice M.** *Planta de acabados vivienda*
- Apéndice N.** *Planta de acabados unidad productiva*
- Apéndice O.** *Carpintería de puertas y ventanas*
- Apéndice P.** *Planta de instalaciones hidráulicas y sanitarias*
- Apéndice Q.** *Planta de puntos de instalaciones eléctricas*
- Apéndice R.** *Sistema constructivo del proyecto*
- Apéndice S.** *Plano de piezas de corte*
- Apéndice T.** *Planta estructura de plataforma de cimentación*
- Apéndice U.** *Detalles constructivos 1*
- Apéndice V.** *Detalles constructivos 2*

Apéndice W. *Detalles constructivos 3*

Apéndice X. *Galería del proyecto renders*

Apéndice Y. *Galería del proyecto maquetas*

Nota: ver apéndices en archivos externos.

Resumen

Este proyecto tiene el objetivo de diseñar una vivienda productiva en la zona rural del municipio de Lebrija, Santander. Con la particularidad de explorar una nueva alternativa constructiva para la región. Utilizando la madera como material de construcción, aplicando los conceptos de prefabricación y construcción modular; y emplear un sistema de construcción que se analizó durante la investigación, que consiste en el corte mediante control numérico por computador (CNC). Para alcanzar lo propuesto, primero se desarrolló un análisis de los conceptos de la madera como un elemento constructivo, la prefabricación y la construcción modular, junto con el análisis de tipologías edificatorias de viviendas rurales y en madera. Seguido, se estudian las condicionantes climáticas, ambientales y productivas del municipio de Lebrija y del predio de implantación. Posterior a esto, se hace la propuesta formal y funcional, además un análisis bioclimático de la vivienda y la unidad productiva. Por último, se plantea la alternativa constructiva en un modelo digital que cumpla con las características establecidas. Con todo lo anterior, se presenta una propuesta arquitectónica de una vivienda rural productiva.

Palabras clave: vivienda rural, prefabricación, construcción modular, madera, control numérico computarizado (CNC), Lebrija

Abstract

This project has the objective of designing a productive housing in the rural zone of the municipality of Lebrija, Santander. With the particularity of exploring a new constructive alternative for the region. Using the wood as construction material, to apply the concepts of prefabrication and modular construction, and to use an interesting tool that was found during the research, which is CNC cutting. To achieve what was proposed, first an analysis of the concepts of wood as a construction element, prefabrication and modular building was developed, along with the analysis of building typologies of rural and wooden houses. Then, the climatic, environmental and productive conditions of the municipality of Lebrija and of the implantation site are studied. After this, the formal and functional proposal is made, as well as a bioclimatic analysis of the house and the productive unit. Finally, the constructive alternative is proposed in a digital model that complies with the established characteristics. With all the above, an architectural design of a rural productive housing is presented.

Keywords: rural housing, prefabrication, modular building, wood, numerical control programming (CNC), Lebrija

Introducción

Cuando se habla sobre hogar, es muy común pensar en una vivienda o casa; cosa esencial para el ser humano como ser habitante del mundo, de sociedades, de espacios públicos y privados, tal es el caso de las primeras relaciones familiares. Tener la posibilidad de acceder a un hogar digno y de calidad, es una de las necesidades de la sociedad en desarrollo; no obstante, dicho aspecto ha sido descuidado y, ante un país tan desigualitario, específicamente los sectores de bajos recursos y áreas rurales, las viviendas se han manifestado como “carentes”, es decir, no logran satisfacer las necesidades básicas de los usuarios.

Una de las causas que ha ocasionado este declive de las viviendas rurales corresponde al deterioro de las condiciones de esta: la falta de variedad de diferentes materiales de construcción con la dificultad del acceso a estos en las zonas rurales y la falta de diversidad metodológica a la hora de construir. Por eso, el propósito del presente proyecto es lograr introducir una nueva alternativa constructiva, cuya finalidad es pluralizar el panorama de la construcción local, regional e incluso nacional.

Así, la base material fundamental sobre la que se acompaña el presente documento es: la madera. Su importancia radica en dos aspectos: primero, su facultad de ejercer un bajo impacto medioambiental en cuanto a su proceso de fabricación y construcción; segundo, es extremadamente, en cuanto a su propia constitución física y mecánica, estéticamente bella y ligera sin carencia de resistencia a cargas. Además, incluso en su metodología de construcción en seco, logra facilitar la creación de piezas prefabricadas, como en la construcción de módulos que produce montajes sencillos, rápidos y eficaces.

En suma, su aporte busca beneficiar a productores, distribuidores y cultivadores de la madera certificada.

1. Diseño de una vivienda rural productiva, localizada en el municipio de Lebrija, Santander, empleando tecnologías constructivas aplicadas a la madera

1.1 Formulación del problema

En el panorama nacional de la construcción, por lo general el material más usado es el concreto armado, además este necesita otros elementos para su elaboración como lo es el acero de refuerzo, el cemento, el triturado y el agua. y otro es el ladrillo, que es utilizado en los cerramientos para aligerar la carga de la edificación. No obstante, existe un material que tiene algunas ventajas frente a estos, la madera. Se genera el siguiente cuestionamiento *¿Por qué usar la madera como elemento constructivo de la vivienda? Y ¿Cuáles ventajas y desventajas ofrecen ante otros materiales?*

Pero esta materialidad tiene ciertos prejuicios, tales como, “es un material con poca capacidad de resistencia a cargas”, “en caso de incendio arde más rápido”, “su uso es solo para acabados y muebles”, del mismo modo al ser un material utilizado en la antigüedad, las personas piensan que es un material que no ofrece calidad tecnológica. Por tanto, se plantea el diseño de una vivienda para romper estos mitos, donde surge la pregunta *¿Si proponiendo una serie de proyectos en los que se utilice la madera como material principal de construcción contribuiría a promocionar el uso de este material?*

Ahora bien, compete centrarse aún más en la parte técnica y constructiva del material, de esta manera es necesario preguntarse *¿Cuáles serían los procesos constructivos para una vivienda que utiliza la madera como su principal material de construcción?* Del mismo modo hay que reconocer las virtudes de todos los materiales empleados en la construcción, así mismo hay que

cuestionarse *¿Con que otros tipos de materialidad se puede conjugar la madera?* Logrando un balance entre los distintos materiales para aumentar el valor estético del proyecto.

Una de las problemáticas de esta época es el deterioro del ambiente a causa de la contaminación de la industria, y empiezan a plantearse políticas de sostenibilidad, entonces es válido preguntar *¿Puede la madera como elemento de construcción contribuir a la sostenibilidad del ambiente?* Y al analizar sus características plantearse *¿Cómo contribuye la madera al confort del usuario?*

Pero también es importante saber *¿Cuál es la situación normativa del país en el tema de la madera forestal y legal?* lo que lleva a tener en cuenta factores medioambientales, factores de sostenibilidad, y los procesos constructivos.

1.2 Justificación

Tras el surgimiento y uso del hormigo armado como del acero en el siglo pasado tuvo como consecuencia el abandono de la madera como material de construcción en Colombia, pero ahora teniendo en cuenta las circunstancias climáticas “dado su origen natural, la intervención de la energía solar, su carácter renovable y reciclable, es un material de baja huella y reducida mochila ecológica”. (Wadel, 2018, p.24), una de las tantas preocupaciones de este siglo es el cambio climático y las consecuencias del efecto invernadero, siendo la industria de la construcción una de las más contaminantes puesto que la utilización de materiales como el concreto y el acero o las arcillas generan grandes cantidades de emisiones de CO₂, este es un punto a favor del uso de la madera.

El uso de la madera en la edificación presenta dos ventajas evidentes: que su fabricación en gran parte es natural, empleándose en ello energía solar, y que una vez instalada en el

edificio su capacidad aislante térmica evita pérdidas y ganancias de calor indeseadas. Y una menos evidente, que es la absorción de gas CO₂ durante el crecimiento del árbol. La madera, durante el proceso de fotosíntesis que tiene lugar a lo largo de su generación, funciona como sumidero de CO₂. Y, una vez se transforma en un material de construcción y pasa a formar parte de un edificio, se comporta como almacén de carbono al margen de los procesos que causan el efecto invernadero (Wadel, 2018, p.22).

Por otra parte, es un material excelente a la hora de utilizarlo en la construcción pues es ligero y se comporta muy bien ante las cargas estructurales, responde de buena manera ante casos de incendio debido a que “Tras la combustión de la superficie se origina una capa exterior carbonizada, que protege la capa interior contigua en la que se produce la pirólisis. la alta capacidad aislante de la capa carbonizada permite que el interior de la pieza se mantenga a una temperatura mucho menor y que sus propiedades físico-mecánicas permanezcan constantes” (Galván et al., 2018, p.83).

Además, con un diseño adecuado, al uso eficiente e implementar estrategias para conservar la durabilidad del elemento se puede garantizar un gran tiempo de vida útil del material. y como lo dicho anteriormente responde bien ante las necesidades estructurales por su flexibilidad, ligereza, resistencia a cargas y ante la capacidad disipadora de sus elementos de unión.

El comportamiento sísmico de las estructuras de madera tiene buena reputación y la experiencia en terremotos en Japón, Nueva Zelanda o Estados Unidos muestra que pueden resistir terremotos con niveles de daños y costes de reparación razonables. En gran parte, el éxito de los edificios de madera está en su ligereza, resistencia, la geometría regular de sus estructuras y la capacidad dúctil de sus uniones (Morillas, 2018, p.90).

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Diseñar una vivienda rural productiva que explore una nueva alternativa edificatoria, como la construcción mediante el control numérico computarizado (CNC) y el ensamble de piezas de madera contrachapada, que responda a las condiciones del municipio de Lebrija, Santander.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Analizar los procesos constructivos referentes a la madera, incluyendo el corte por CNC de láminas de madera contrachapada, para conocer las posibilidades constructivas del material y aplicarlas al diseño.
- Analizar tipologías edificatorias que incluyan construcción en madera y el tema de la vivienda rural, observando su organización espacial y relación con el entorno.
- Analizar los conceptos de construcción modular y prefabricación, para relacionarlos entre sí, e integrarlos a la elaboración de un modelo constructivo.
- Analizar desarrollos productivos característicos del área rural del municipio de Lebrija, para determinar el funcionamiento del cultivo al interior de la parcela y como esto incidirá en el programa arquitectónico.
- Diseñar un modelo constructivo que cumpla con las características de materialidad del proyecto, a partir del diseño modular y la prefabricación, apoyado en el corte CNC.

2. Marco referencial

En el panorama colombiano y regional existe una hegemonía de la construcción in situ, es decir, que todos los procesos se realizan en la obra y además de ello, en su mayoría, con procesos empíricos. Sumado a lo anterior solo pareciese que existiese el concreto como material. Sin embargo, se está experimentando un cambio de los sistemas constructivos tradicionales a sistemas industrializados. Estos cambios conllevan procesos poco racionalizados donde se presentan problemas de control, tanto en calidad, como en costos y tiempo.

Con la finalidad de aportar a la diversificación de las modalidades constructivas de la región santandereana, el presente proyecto aborda cuatro variables fundamentales para el desarrollo del proyecto de diseño: la prefabricación, la construcción modular, la vivienda rural y la madera como elemento constructivo. Para lograrlo, a continuación, en el marco teórico y el marco conceptual, se definen y se analiza como estas variables influyen sobre el planteamiento de un proceso constructivo.

2.1 Marco teórico

2.1.1 La prefabricación

Definición

El arquitecto Francisco Basso (1968) entiende la prefabricación como la elaboración de elementos constructivos por medios mecanizados y centralizados en fábricas, previamente a su ejecución en obra. Así, define a la prefabricación como “un procedimiento industrializado de construcción que utiliza en gran medida elementos fabricados en serie previamente a su colocación en obra”. (p.5).

Las características de la prefabricación permiten una mejor planificación del proceso de construcción y, de esta manera, ayuda a optimizar los recursos necesarios en la ejecución de un proyecto constructivo. De acuerdo con esto, para lograr una rentabilidad en los costos se debe trabajar con un sistema abierto de prefabricación, que disponga de un alto grado de estandarización y que, a su vez, permita un alto volumen de producción.

Siendo así, dicha estandarización requiere utilizar un patrón de dimensiones base, necesario para limitar las variantes de elementos del proceso en serie. Sobre ese aspecto Henrik Nissen explica:

El uso de componentes constructivos prefabricados requiere que la obra y la fábrica operen sobre la base de un sistema común de dimensiones que sea a la vez claro e inequívoco, y en el que las dimensiones sean respetadas con un grado de precisión adecuado. (Nissen, 1976, p.12).

Prefabricación abierta y cerrada

El arquitecto Basso distingue dos maneras de catalogar un sistema de prefabricación: la abierta, y la cerrada. A su vez, en estas dos categorías también existe una clasificación de acuerdo con la materialidad que da peso a cada sistema.

Al respecto del sistema de prefabricación abierta, Basso (1968) afirma que esta “utiliza elementos fabricados en serie, de distinta procedencia, que se presentan al montaje según combinaciones muy variables y, por consiguiente, son intercambiables en cierto grado”. (p. 5-6). En quiere decir que, en los sistemas abiertos, los elementos prefabricados se pueden combinar con otros tipos de estructuras prefabricadas o con otros sistemas constructivos, como la construcción convencional. Siguiendo las definiciones del mismo autor, un sistema de prefabricación cerrada se

basa en la producción de elementos especiales que, por el contrario, no permiten el intercambio con otros elementos fuera del propio sistema constructivo.

Además, estas dos categorías se clasifican en ligeras, medias y pesadas de acuerdo con su peso. En ellas, Basso apunta que, cuando las piezas tienen un peso inferior a los 500 kilogramos, el sistema se denomina de prefabricación ligera. Por otro lado, cuando el peso de los elementos oscila entre los 500 y los 1000 kilogramos, se trata de una prefabricación media. Por último, cuando los elementos de la prefabricación superan la tonelada, entonces se habla de un sistema pesado.

Métodos de prefabricación

El arquitecto Walter Meyer-Bohe (1964) describe los cuatro métodos de trabajo más comunes en construcciones prefabricadas, los cuales presentan diferencias según sus características materiales y/o constructivas. Así, por ejemplo, la *Construcción con base de esqueleto o armazón* es un entramado con esfuerzos estáticos de columnas y vigas, o sea un sistema porticado, similar a la construcción convencional. Este esqueleto puede estar formado de acero, madera, aluminio y hormigón, con la particularidad de que los componentes que no soporten cargas sean placas de materiales ligeros producidas en fábrica.

Por otra parte, las *Construcciones ligeras con tableros* son denominadas construcciones sándwich al estar formadas por distintas capas de materiales, dispuestas en bastidores ligeros. Estos tableros también son elementos autoportantes que guardan relación con una cuadrícula modular. A la vez este sistema exige uniones precisas y sencillas que posibiliten un fácil montaje.

Así mismo, es común construir con *elementos como placas macizas*, que pueden ser de hormigón, o incluso de madera, por ejemplo, el CLT (Cross Laminated Timber). En estos sistemas

constructivos se producen elementos macizos como pisos, forjados y paredes, que luego son transportados al lugar de montaje.

Otro método, es la *Construcción basada en piezas completas*. Este sistema se enfoca en producir unidades habitables, totalmente acabadas en fábrica, que permiten disponer la edificación en el sitio. La construcción basada en piezas completas tiene la restricción en las dimensiones, las cuales se deben ajustar a la capacidad de carga de los medios de transporte.

Figura 1. *Métodos de prefabricación según sus características*



Adaptado de Prefabricación I (Meyer-Bohe, 1964).

Reflexión

Indudablemente una de las consignas base de un sistema mecanizado y racionalizado (industrial) es el aumento de la productividad, pues mayores volúmenes de producción son necesarios para economizar costos, y lograr una competencia con la construcción tradicional. Considero que la prefabricación es un camino para alcázar el objetivo de una construcción racionalizada.

De las ventajas que puede ofrecer los proyectos pensados bajo sistemas prefabricados son la reducción de tiempos de ejecución, con mayor control sobre la toma de decisiones que evitan dudas u errores en obra, la producción en taller en entornos libres de las inclemencias del clima,

la facilidad de montaje de sus elementos constructivos. Con las lógicas de la repetición en serie de componentes que se ajustan con el diseño modular.

2.1.2 Construcción modular

De forma simple, la construcción modular es por definición, según José Blanco Álvarez (2003), un “...procedimiento constructivo en el cual la unidad estructural fundamental (modulo) del mismo se repite de una manera regular a lo largo de todo el proyecto. Los módulos pueden ser elementos de distinta naturaleza y geometría”. (p.17). La generación de un módulo independiente de su formalidad es el punto de inicio en el diseño modular, utilizando el ritmo y los patrones repetidos para la concepción de un objeto más grande.

Este sentido la repetición de una pieza idéntica conlleva a la realización de un proceso de mecanización. La idea de incorporar maquinas en la arquitectura propia del movimiento moderno no es una visión muy aceptada por la sociedad actual. Incluso la crítica hacia los edificios diseñados por la repetición de una planta modelo es que no son conscientes de las necesidades propias de cada usuario. Justamente la tarea del arquitecto es solucionar las necesidades propias del usuario, la utilización del diseño modular debe ser una herramienta para lograr los objetivos del diseño.

Por otro lado, quien define con puntualidad la noción de la arquitectura industrial es el profesor Henrik Nissen (1976). Él ve al sistema modular como un apoyo para lograr una industrialización en el sector de la construcción, con la *coordinación dimensional* se consigue simplificación, lo que implica una *limitación de variantes* así se controlan el número de variaciones. Puesto que promueve la *normalización* mediante la creación de un estándar de componentes, que, después en la *prefabricación*, se logra la repetición de un número mayor de

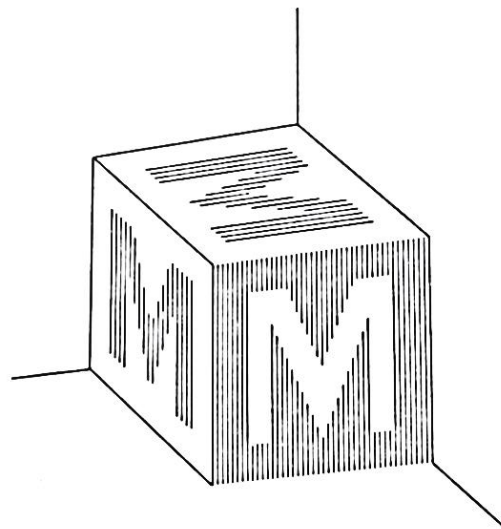
elementos, cuyo objetivo es *la industrialización* como una influencia amplia sobre el diseño de las edificaciones. Sin embargo, existen otros aspectos que han de resaltarse debido a su importancia y función; entre ellos están:

Modulo básico

Siendo la característica fundamental del sistema modular, (dado que es la unidad delimitada y común que tiende a repetirse regularmente y de manera consciente) se establecen patrones que posteriormente son usados para realizar los dimensionamientos de edificaciones. Por eso, el profesor Nissen señala la necesidad de un módulo básico que permita establecer las acciones de coordinación entre los factores.

Respecto a la normalización del módulo básico, un ejemplo directo sería los valores de M, que representa la medida 100mm, siendo los valores decimales del sistema métrico internacional. De realizarse una simplificación o un di mencionar los componentes constructivos de mayor tamaño, puede resultar demasiado pequeña; ante aquello, es más oportuno recurrir al empleo de módulos de diseño.

Figura 2. *Modulo básico M*



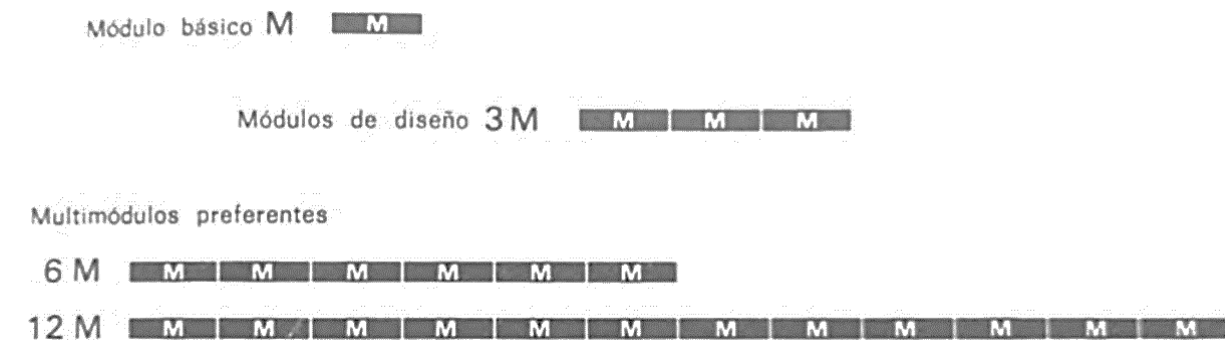
Adaptado de Construcción industrializada y diseño modular (Nissen, 1976).

Módulos de diseño y multimódulos

Los múltiplos del módulo básico, como lo es M y su secuencia: 2M, 3M, 4M...; constituyen lo que se denomina “la serie de multimódulos”. Estos se encargan de obtener de las *dimensiones modulares de coordinación*; las cuales se encargan de indicar las dimensiones que determinan la unión entre los componentes constructivos, la junta y la dimensión básica del elemento que conforman dicha dimensión modular.

Igualmente, los multimódulos son utilizados para la creación de los *módulos de diseño*, siendo la agrupación de varios módulos para lograr la simplificación de unidades, como lo es caso de $M M M = 3M$; de igual forma, a su vez, conforman los multimódulos preferentes utilizados para el control sobre el número de componentes distintos y de economizar costos.

Figura 3. *Módulos de diseño y Multimodulos*



Adaptado de Construcción industrializada y diseño modular (Nissen, 1976).

Realizado el relacionamiento y la delimitación del módulo básico, módulo de diseño y los multimódulos preferentes, nacen dos alternativas sobre la manera de trabajar un sistema modular, cuya decisión recae principalmente en el diseñador; el diseño *sobre una malla modular* y el diseño *con elementos modulares*. Sin embargo, no es obligación usar “sólo” alguno de ellos, puede usarse los dos a la vez.

Las bases de la construcción modular parten del auge de la industrialización en los principios del siglo XX y el movimiento moderno. Con el cambio de paradigma entre los arquitectos posmodernistas en la que se busca resaltar la identidad del objeto arquitectónico. La pregunta es ¿cómo plantear un proceso industrial en la construcción de edificios sin afectar lo especial y característico del diseño arquitectónico?

los desafíos actuales del diseño modular

Gracias al arquitecto Ramón Araujo (2013) quien describe situaciones a las que los arquitectos debemos afrontar, el sentido de la producción en serie, las cadenas de montaje y la automatización de las funciones, son rasgos propios de la industrialización, ligada a la visión de la arquitectura moderna; permite una visión más panorámica.

La urgente necesidad de implementar nuevas tecnologías se ha debido a la herencia de la técnica de la modernidad; presente actualmente en “el desarrollo de estructuras de madera, en la tecnología de la pared de vidrio, en las estructuras metálicas atornilladas, en muchos sistemas de cerramientos” (Araujo, 2013, p.10). Donde se han encontrado nuevas formas de innovar en nuevos elementos y en la concepción global del edificio.

Muchas han sido las críticas a los intentos del movimiento moderno por conseguir una industrialización mundial; concretamente en los que respecta a la producción de viviendas prefabricadas en las periferias de las capitales, los problemas en la planificación urbana de la arquitectura de su época; lo que ha llevado a la noción de que los “errores fueron mucho antes de urbanísticos que tecnológicos” (Araujo, 2013, p.14).

Sin embargo, los procesos de la fabricación industrial siguen siendo necesarios y muy positivos para la arquitectura actual. El cambio se ha enfocado a los problemas ambientales y a la gestión de recursos energéticos, conceptos como el reciclaje, la utilización y reducción del

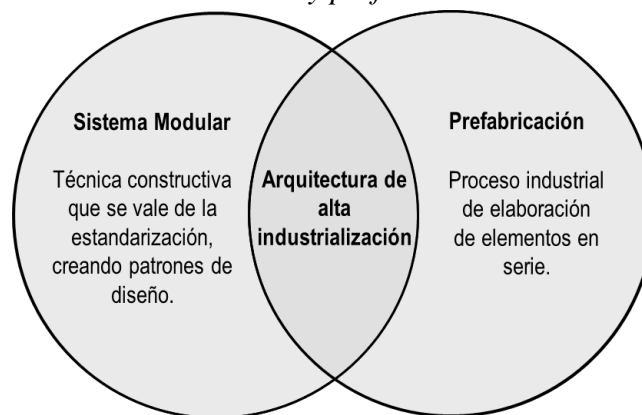
consumo, han tenido lugar, que, a su vez, también permite el desarrollo de los procesos industriales.

El cambio de perspectiva ha jugado un cambio en el papel de los arquitectos; ahora, su principal auge debe ser la experimentación con la tecnología al momento de elaborar soluciones en edificaciones, como también de su propio contexto, la ciudad contemporánea. El experimentar está fuertemente relacionado con la construcción: “un continuo proceso experimental que solo puede ser conducido por arquitectos” (Araujo, 2013, p.16).; una actitud que implica la comprensión del edificio como un “todo”.

Reflexión

La utilización del módulo como herramienta de diseño en la arquitectura, es un aporte planteado en el movimiento moderno como ejemplo el Modulor, de Le Corbusier; recordando que gracias a su repetición es posible crear patrones o ritmos, pero que también permite ser usado como herramienta técnica para la generación de sistemas constructivos modulares.

Figura 4. Diagrama de venn sistema modular y prefabricación



Lo ideal es que según avance la tecnología avance los procesos. El enfoque de los textos es la construcción fabricada en concreto, ligado panorámicamente a la época (los años 70) y el avance que significaba fundir hormigón armado. Actualmente, los cambios tecnológicos han llevado a la utilización de otros tipos de materiales más estéticos, como la madera.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 La vivienda rural colombiana

Fonseca y Saldarriaga (1984) explican que los habitantes de los centros urbanos tienden a asociar a la vivienda rural como una unidad de habitación, como si fuese una vivienda urbana. Sin embargo, la situación en las zonas rurales es diferente a la de las ciudades, la vivienda rural es más un conjunto complejo de espacios y edificaciones utilizados por una o varias actividades de producción, para el sustento de su núcleo de habitantes.

Las actividades de explotación que se realizan en el mismo predio donde se ubica la unidad habitacional, hacen de la vivienda rural un caso especial, porque además de ser una unidad de habitación, también es una unidad productiva y una unidad cultural. La participación colectiva en el trabajo productivo del grupo familiar es la estructura que contribuye a la formación de la vivienda rural.

Jesús Helí Giraldo (1988) dice que después de la supresión de las necesidades de alimento, agua y ropa lo siguiente es la prioridad de satisfacer un lugar de resguardo, pero no se puede aceptar como una vivienda cualquier cosa que nos proteja de las inclemencias de clima. La vivienda es el primer lugar donde se desarrollan las dinámicas sociales humanas, por eso la vivienda debe estar

relacionada con las actividades realizada por sus ocupantes, desde la acción de albergar hasta las actividades de ocio.

Por esto en la vivienda rural las actividades de habitar y trabajar están altamente relacionadas entre sí. Es así como “La Unidad residencial y la unidad de producción se encuentran tan entremezcladas en la vivienda rural que es imposible separar la red de servicios apropiados para cada una de estas funciones” (Giraldo, 1988, p.10). Además de cumplir con los parámetros de temperatura, iluminación, ventilación, radiación solar y limpieza adecuados, la espacialidad física de la vivienda debe responder a las necesidades y dimensiones acordes a la exigidas por sus habitantes.

Una aclaración simplificada sobre lo que es la vivienda en la ruralidad es la siguiente “En la vivienda rural se desarrollan casi todas las labores diarias domésticas: el descanso, el ocio y el trabajo. Por ese motivo, la vivienda termina siendo el pilar que enaltece a la familia y garantiza las condiciones adecuadas para vivir y permanecer en el campo”. (Guardiola y Velandia, 2020, p.61).

El sector rural ha presentado un abandono en las últimas décadas, como resultado más de la mitad de la población habitante del campo está en condición de pobreza, algo paradójico pues este cubre el 94.4% de la superficie del país (Programa de las naciones Unidas para el desarrollo Colombia, 2011) y el común denominador de la vivienda rural es en mal estado, en deterioro, sin planificación, y sin que se garantice la dignidad de sus ocupantes.

En palabras de Jesús Helí Giraldo (1988) los problemas más comunes que se evidencian en las viviendas rurales son, el no acceso a agua potable y redes de alcantarillado, lo que genera problemas de sanidad en todos los espacios de la unidad familiar, además el estado general de las viviendas es precario. Sumada la tendencia migratoria del campo a la ciudades por falta de oportunidades de proyección personal o porque huyen de la violencia de los grupos armados.

Por lo general estas viviendas son construidas por el propio núcleo familiar y hechas con pocos recursos. La poca disponibilidad de materiales y la falta de diversidad de métodos constructivos hacen que las viviendas de las zonas rurales no cubran las necesidades básicas de sus habitantes, y no garantizan una vivienda digna. Por ello prioritario innovar en métodos constructivos con un alto grado de tecnología y que sean económicamente accesibles.

En las investigaciones realizada por Fonseca y Saldarriaga (1984) identificaron que en el territorio nacional las formas de territorialidad más frecuentes en las áreas rurales son los minifundios, fincas y latifundios. Siendo el minifundio donde se encuentra la población más vulnerable, pues la tenencia de pequeñas porciones de tierra no son suficientes proveer al mantenimiento de una familia. Y en estos minifundios es donde se presentan los problemas asociados a la vivienda rural.

La vivienda productiva es indispensable para el desarrollo económico del país, por ello es indispensable que proporcione bienestar a sus habitantes, donde se brinden la posibilidad del mejoramiento de sus condiciones de vida. La iniciativa por parte del gobierno nacional fue la creación de la unidad agrícola familiar (UAF) que es “la empresa básica de producción agrícola, pecuaria, acuícola o forestal, cuya extensión, se conforma por las condiciones agroecológicas de la zona, y permita a la familia remunerar su trabajo y disponer de un excedente capitalizable”. (Ley 160 de 1993, artículo 38).

Figura 5. *Vivienda rural impulsada por el Ministerio de agricultura y desarrollo rural*



Adaptado de Ministerio de agricultura y desarrollo rural (s.f.).

2.2.2 La madera como elemento constructivo

Primeramente, aclaro el motivo por el cual decido abordar la madera como elemento constructivo, es porque, a mi parecer es un material sumamente hermoso e interesante, me resulta atractivo aplicarlo a mi profesión de arquitecto. Galván. (2018) dice “Se puede hablar de la madera como un material noble, natural e incluso conectado al hombre, a veces incluso mágico; de hecho, en diferentes culturas se le considera como el material de los dioses debido a su naturaleza y a su proceso de creación” (p.8). desde un punto de vista romántico.

Por otra parte. Fernández-Golfín. (2018) afirma “La madera es un material anisótropo, higroscópico, heterogéneo, ligero, biodegradable y sostenible, cuyo comportamiento mecánico resulta muy eficaz ante sollicitaciones en dirección a las fibras” (p.54). ahora queda la duda de que son esas propiedades mencionadas, así pues, estos términos se definen como:

Anisótropo (las propiedades varían con la dirección considerada), heterogéneo (las propiedades varían con la especie de madera y dentro de la misma especie con la procedencia geográfica del árbol e, incluso, con la procedencia dentro del propio árbol), higroscópico (las propiedades de la madera varían, en gran medida, con su contenido de

humedad) y orgánico (su estructura está formada por moléculas de tipo orgánico, que necesita del empleo de ciertas estrategias de selección, diseño y/o tratamiento para asegurar una adecuada vida útil). (Fernández-Golfín, 2018, p.59).

Teniendo esta definición del material, ahora lo siguiente es el proceso de transformación de la materia prima, Sánchez y Ramírez (2009) dicen “la madera aserrada es la que se obtiene al cortar longitudinalmente el tronco del árbol con sierras manuales o mecánicas” (p.27). así mismo, al ser un material orgánico y natural tiende a presentar ciertas características que afectan su capacidad mecánica.

Como consecuencia de crecimientos anómalos o de procesos incorrectos de secado o de aserrado, la madera presenta defectos que reducen las características mecánicas o afectan el aspecto estético, disminuyendo así sus valores comerciales. Las irregularidades del ciclo de crecimiento vital se consideran primarias, pueden generar defectos como la fibra torcida, madera entrelazada, verrugas o lupias, curvatura del tronco, nudos, fendas y acebolladuras. (Sánchez y Ramírez, 2009, p.p. 30-31).

A razón de estas características, se opta por la madera artificial, que es, “la fabricada por el hombre con trozos que sobran luego del troceado de los troncos. Estos residuos utilizables se unen mediante pegamentos espaciales y hacen posible la obtención de tableros y otros elementos” (Sánchez y Ramírez, 2009, p.37).

De estos nuevos productos, resalto dos, la madera laminada encolada “están constituidas por láminas de madera de espesor constante y longitudes diversas que se ensamblan longitudinalmente por entalladuras múltiples en la testa y encoladas, unas a otras, para obtener elementos macizos” (Urbán, 2012, p.183). y la madera la madera laminada cruzada CLT.

Elemento superficial estructural, formado por varias capas de madera aserrada encoladas, de forma que la orientación de las fibras de dos capas adyacentes es perpendicular entre sí. Las tablas que integran las capas son clasificadas estructuralmente, previas a la conformación del tablero. Se compone una estructura simétrica con al menos tres capas en las que las tablas de cada una de ellas pueden estar unidas longitudinalmente a tope o mediante empalme dentado. (Galván, 2018, p.136).

Así pues, la madera al ser un material renovable y sostenible tiene una ventaja sobre materiales como el concreto y el acero, posicionándolo como material para la construcción del siglo XXI. Wadel. (2018) dice:

La madera, comparada con otros materiales y sistemas constructivos, posee ventajas ambientales en todas sus fases. En la etapa de producción de materia prima, la renovabilidad y la absorción de CO₂. En la fabricación de productos y sistemas requiere un bajo gasto de energía. En el proceso de construcción, presenta una baja toxicidad para los trabajadores. En el uso de los edificios tiene una buena capacidad aislante térmica. En el mantenimiento, si se trata adecuadamente, una larga vida útil. Y en el final de la vida útil, la capacidad de ser reutilizada, reciclada o compostada (p.25).

2.3 Marco normativo

Es claro que la madera es un material renovable y sostenible al medio ambiente, pero para poder lograr esto es importante que existan políticas reguladoras sobre su uso de tal manera no sobre explotar el recurso, porque esta situación se convierte en un problema y el material deja de ser renovable “la tala y el tráfico ilegal de maderas constituyen un problema creciente que amenaza la subsistencia de varias especies” (ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2009).

También será necesario conocer las normas referentes a la construcción con madera que estipula la ley colombiana en la norma NSR-10 título G, el cual está dedicado a las estructuras hechas en madera y estructuras en guadua.

Tabla 1. *Marco legal*

| Ley o normativa | Artículo-capítulo | Contenido |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Constitución política de Colombia del 91 | Título XII. del régimen económico y la hacienda pública. Capítulo 1. De las disposiciones generales. Artículo 334. | Dirección general de la economía estará a cargo del Estado. Este intervendrá, por mandato de la ley, en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes, y en los servicios públicos y privados, para racionalizar la economía con el fin de conseguir en el plano nacional y territorial, en un marco de sostenibilidad fiscal, el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación de un ambiente sano. Dicho marco de sostenibilidad fiscal deberá fungir como instrumento para alcanzar de manera progresiva los objetivos del Estado Social de Derecho. En cualquier caso, el gasto público social será prioritario. |
| Constitución política de Colombia del 91 | Capítulo 3, de los derechos colectivos y del ambiente. Artículo 8. | El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas. |

| Ley o normativa | Artículo-capítulo | Contenido |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ley 99 de 1993 | Título IV, del concejo nacional ambiental. Artículo 31. Numeral 14. | establece entre las funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales, las de ejercer el control de la movilización, procesamiento y comercialización de los recursos naturales renovables en coordinación con las demás Corporaciones Autónomas Regionales, las entidades territoriales y otras autoridades de policía, de conformidad con la ley y los reglamentos; y expedir los permisos, licencias y salvoconductos para la movilización de recursos naturales renovables. |
| Ley 99 de 1993 | Título II, del ministerio del medio ambiente y del sistema nacional ambiental. Artículo 5. Numeral 32. | determina que corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, entre otras funciones, establecer mecanismos de concertación con el sector privado para ajustar las actividades de éste a las metas ambientales previstas por el Gobierno. |
| Ley 400 de 1997 | Título III, Diseño y construcción. Capítulo 2, Otros materiales y métodos alternos de diseño y construcción. Artículo 10 | Métodos alternos de análisis y diseño. Se permite el uso de métodos de análisis y diseño estructural diferentes a los prescritos por esta Ley y sus reglamentos siempre y cuando el diseñador estructural presente evidencia que demuestre que la alternativa propuesta cumple con sus propósitos en cuanto a seguridad, durabilidad y resistencia especialmente sísmica. |
| Ley 400 de 1997 | Título III, Diseño y construcción. Capítulo 2, Otros materiales y métodos alternos de diseño y construcción. Artículo 12 | Sistemas prefabricados. Se permite el uso de sistemas de resistencia sísmicas que estén compuestos, total o parcialmente, por elementos prefabricados que no se encuentren contemplados en esta ley, siempre y cuando cumplan con uno de los procedimientos: |
| | Título III, Diseño y construcción. Capítulo 2, Otros materiales y métodos alternos de diseño y construcción. Artículo 12 Numeral 1 y 2 | <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar los criterios de diseño sísmico presentados en el Título A de la reglamentación, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 46 de esta Ley. - Obtener autorización previa de la "Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes", de conformidad con lo dispuesto en el artículo 14, que le permita su utilización, la cual no exime del régimen de responsabilidades establecido en la presente Ley y sus reglamentos. |

| Ley o normativa | Artículo-capítulo | Contenido |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ley 400 de 1997 | Título III, Diseño y construcción. Capítulo 2, Otros materiales y métodos alternos de diseño y construcción. Artículo 14 | Conceptos de la "Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes". Con base en la evidencia presentada sobre la idoneidad del sistema de resistencia sísmica y del alcance propuesto para su utilización, la "Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes", emitirá un concepto sobre el uso de materiales, métodos y sistemas comprendidos en esta Ley y sus reglamentos. |
| NSR-10 | Título A, artículo A 3.1.7 sistemas estructurales de resistencia sísmica prefabricados | Pueden construirse edificaciones cuyo sistema de resistencia sísmica esté compuesto por elementos prefabricados. El sistema prefabricado debe diseñarse para las fuerzas sísmicas obtenidas de acuerdo con este Reglamento usando un coeficiente de capacidad de disipación de energía básico, tal como lo define el Capítulo A.13 igual a uno y medio ($R_0 = 1.5$). Cuando se demuestre con evidencia experimental y de análisis, que el sistema propuesto tiene una resistencia, capacidad de disipación de energía y capacidad de trabajo en el rango inelástico igual o mayor a las obtenidas con la estructura construida utilizando uno de los materiales prescritos por este Reglamento, deben cumplirse los requisitos de los Artículos 10 y 12 de la Ley 400 de 1997, pero en ningún caso el valor de R_0 podrá ser mayor que el fijado por el presente Reglamento para sistemas de resistencia sísmica construidos monolíticamente con el mismo material estructural. |
| NSR-10 | Título G, artículo G 1.1.1 G.1.1. alcance | El título G de este reglamento establece los requisitos de diseño estructural para edificaciones de madera. Una edificación de madera diseñada y construida de acuerdo con los requisitos del título G tendrá un nivel de seguridad comparable a los de edificaciones de otros materiales que cumplan el reglamento. |
| NSR- 10 | Título G, artículo G 1.3.6 obtención y comercialización | la obtención y comercialización de la madera estructural debe cumplir la ley forestal, así como de las disposiciones emanadas del ministerio del medio ambiente y de la corporación correspondiente al lugar de aprovechamiento de la madera. |

| Ley o normativa | Artículo-capítulo | Contenido |
|------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NSR-10 | Titulo G, artículo G 1.3.1 Requisitos generales de calidad | toda la madera aserrada utilizada en la conformación de elementos estructurales deberá cumplir los requisitos de calidad para madera estructural establecidos en G.1.3.2, y ajustarse rigurosamente a la clasificación visual por defectos según la tabla G.1.3.3 y ceñirse a la clasificación mecánica indicada en G.1.3.5 |

Adaptado de compendio de políticas culturales, Leyes de la República de Colombia, Norma Sismo Resistente (2010).

2.4 Marco técnico - constructivo

La madera es un material que ha acompañado las construcciones del ser humano casi que desde los inicios de esta misma. Con sistemas que han ido cambiando de manera diversa con el pasar del tiempo en función de los contextos locales. Por eso se pueden encontrar desde sistemas con madera altamente sofisticados a sistemas muy simples.

Como material constructivo ha tenido una importancia en los procesos edificatorios a través de la historia. Y ha vuelto a tener una relevancia en panorama de la construcción por sus características físicas, que le reconoce como un material de bajo impacto ambiental. Porque permite un crear ciclo de renovación del material, el árbol que se tale para fin industrial y si después es reforestado, se obtiene una huella de carbono neutral.

Según la Confederación Española de Empresarios de la Madera (CONFEMADERA, 2010) utilizar la madera como material de construcción puede ser una elección adecuada por sus cualidades, estas son, un bajo consumo energético en su fabricación y transporte, su ligereza con una buena relación entre resistencia y peso, la predicción de su comportamiento y resistencia al fuego. Y con un buen diseño y un mantenimiento adecuado se garantiza su durabilidad en el tiempo.

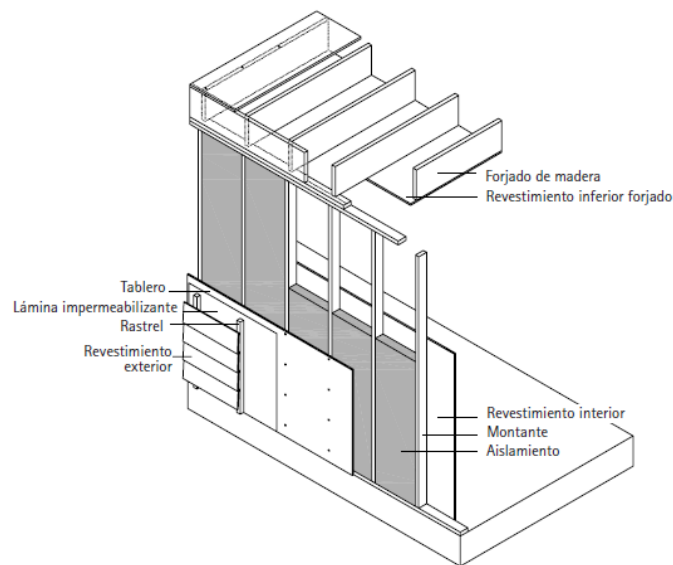
También las ventajas por un montaje en seco que admiten la adaptabilidad y facilidad de poder mecanizar sus procesos, lo que ocasiona tiempos de construcción rápidos y eficientes. Además, que proporciona una sensación de confort interior de los espacios, absorbe las ondas acústicas reduciendo su reverberación, regulariza la humedad del aire interior, y reduce el consumo energético de los edificios.

A continuación, se describen los tipos de edificaciones en madera según su estructura, por sus escuadrías, sus tipos de entramados y elementos estructurales usados, por COMFEMADERA.

2.4.1 Tipos de edificación y entramados de madera

2.4.1.1 Sistemas de entramado ligero o Pequeñas escuadrías. Las edificaciones de pequeña escuadría están formadas por elementos estructurales y verticales de reducido grosor de 36-70 mm llamados pies derechos, colocados a cortas distancias inferiores a un metro unidas por la acción de soleras ubicadas en la parte superior e inferior del elemento. Los tableros que se instalan a ambos lados del entramado cumplen la función de arriostramiento de los pies derechos.

El sistema funciona como una estructura espacial creada por la conexión de los elementos de muro, forjado y cubierta con uniones que son sencillas, empleando, generalmente elementos como grapas o clavo. Por la pequeña sección de los elementos verticales la capacidad portante y la resistencia al fuego recaen mayormente sobre las placas estructurales que suelen ser tableros de OSB o contrachapados. Se puede alcanzar luces de hasta aproximadamente 12 metros.

Figura 6. Sistema de entramado ligero

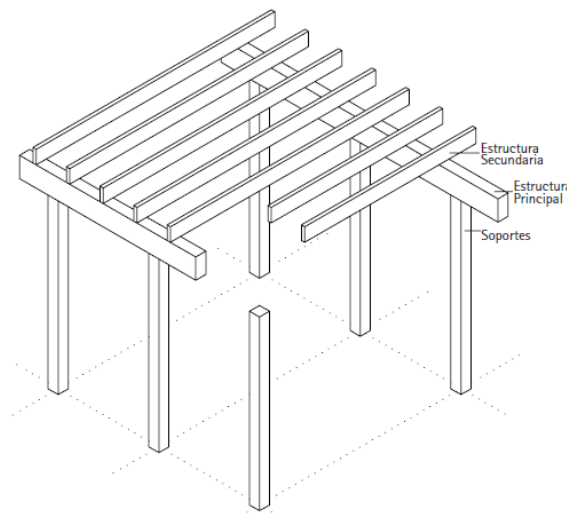
Adaptado de Guía construcción en madera (2010).

2.4.1.2 Grandes escuadrías y sistemas de entramado pesado. El sistema está formado por elementos estructurales de grandes secciones, normalmente colocados a distancias mayores de un metro entre ellos. Por lo general, en este sistema estructural cuenta con soportes verticales a modo postes y que se unen mediante elementos horizontales, vigas maestras, que recogen los esfuerzos del entrepiso o de la cubierta. Con el sistema de grandes escuadrías, se pueden alcanzar grandes distancias entre luces.

Las piezas del Sistema de entramado pesado son elementos lineales de madera aserrada o madera laminada, esta última ofrece una mayor resistencia estructural y permite luces de gran tamaño. La unión de las partes de madera se realiza mediante fijaciones metálicas, para formar un conjunto sólido, “La estabilidad de la estructura se basa en dos principios: los ensambles en las uniones y/o la triangulación para arriostramiento de sus miembros” (COMFEMADERA, 2010, p.12).

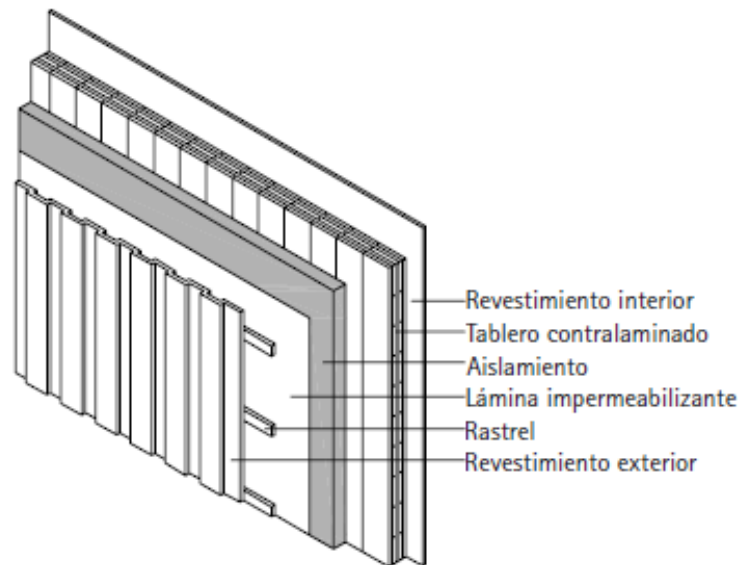
A diferencia del sistema de entramado ligero, este solo está formando por la estructura de esqueleto, por lo que los cerramientos deben completarse con otros materiales como la mampostería en ladrillo, paneles o tableros, vidrio. Una característica común de este sistema es que sus elementos estructurales suelen ir vistos.

Figura 7. Sistema de entramado pesado



Adaptado de Guía construcción en madera (2010).

2.4.1.3 Sistema de tableros o paneles contralaminados. Este sistema está formado por tableros contralaminados de madera que actúan como elementos estructurales que trabajan en soportando las cargas horizontales y verticales. Estos tableros son macizos y son compuestos por varias capas de láminas encoladas puestas en forma perpendicular una sobre la otra. Se emplean tanto para cerramientos como para particiones interiores, forjados y cubiertas. como dimensiones de fabricación se pueden tener de entre 15 a 25 metros de longitud; anchura hasta 5 m y espesores que puede llegar a los 600 mm. Comerciante se encuentran con el nombre de panel CLT (Cross Laminated Timber).

Figura 8. Sistema de tableros contralaminados

Adaptado de Guía construcción en madera (2010).

La norma nacional colombiana que regula el diseño de estructuras la NSR-10. En el título G, estructuras de madera y estructuras de guadua. Se encuentran estos los sistemas estructurales nombrados. En la norma se encuentran clasificados con el nombre de, sistemas de entramados livianos, sistema de poste viga y sistemas espaciales. Para consultar sobre el cálculo estructural de los sistemas de construcción de madera revisar la norma nacional, NSR-10.

2.5 Análisis de proyectos referentes

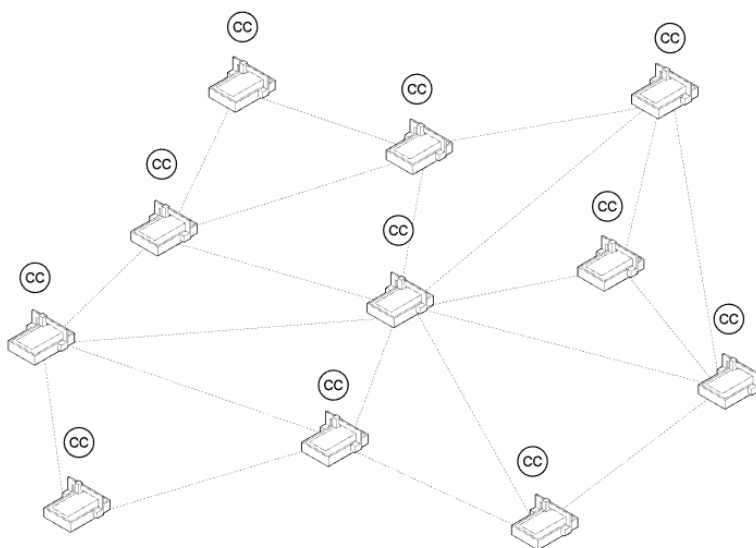
2.5.1 Sistema desarrollado por WikiHouse

Según la página oficial de WikiHouse (2022), este es un sistema de construcción diseñado para edificios pequeños. Utiliza láminas contrachapadas de madera estructurales que se cortan utilizando un enrutador CNC y luego se ensamblan en unidades básicas que se envían al sitio y son ensambladas de forma rápida y precisa por prácticamente cualquier persona.

Figura 9. *Proceso de creación de los proyectos WikiHouse*

Adaptado de WikiHouse (2022).

Las piezas pueden ser fabricadas por PYMES en micro fábricas locales, que pueden instalarse por una fracción del costo, diferenciándose de otros sistemas de construcción industrializada que se realizan en una gran fábrica, en WikiHouse Se crea un modelo digital, que luego serán cortado en una máquina CNC con una cama de 4 x 8 pulgadas.

Figura 10. *Red distribuida de fabricantes y ensambladores locales*









Adaptado de WikiHouse (2022).

El material ideal para este sistema es la madera contrachapada, que es más fuerte que la madera aserrada, menos sensible a los cambios de humedad y más liviana que el ladrillo, el concreto y el acero. Esto significa una producción más rápida, un montaje más eficiente en el sitio, sin necesidad de equipos de elevación pesados.

Una vez que su diseño esté terminado digitalmente, puede enviarse al fabricante para comenzar a cortar las láminas y luego ensamblarlos fácilmente en el sitio. una característica especial del sistema WikiHouse es que funciona bajo una licencia de código abierto, cualquier persona puede diseñar, construir, contribuir o incluso comercializar el sistema, de forma gratuita.

Solo se debe seguir actuando bajo las condiciones de la licencia *Creative Commons-Sharealike*, se debe de dar crédito al licenciante, indicar si se realizaron cambios y proporcionar un enlace a la licencia, además se debe distribuir las contribuciones que realice bajo los mismos términos de la licencia original.













Figura 11. Tipos de edificios sistema WikiHouse

| Tipos de edificios |  |  |  |  |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| | Aislado | Fila | Pisos | Insertos |
| | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ |
| |  |  |  |  |
| | 1 planta | 2 plantas | 3 plantas | Más de 4 plantas |
| Hogar | ✓ | ~ | ~ | ✗ |
| Oficina | ✓ | ~ | ~ | ✗ |
| Escuela | ✓ | ~ | ~ | ✗ |
| Cafetería | ✓ | ~ | ~ | ✗ |
| Industrial / almacenamiento | ~ | ✗ | ✗ | ✗ |
| Garaje | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ |

Adaptado de WikiHouse (2022).

Es un sistema de construcción adaptable, usado para una variedad de tipos de edificios como, Casas unifamiliares, agrupación de viviendas (con estructuras independientes espaciadas entre sí), oficinas o estudios (con requisitos de carga en vivo ligeros), Inserciones en estructuras existentes, Desarrollo en terrazas (ancladas de manera segura).

Figura 12. Adaptabilidad sistema WikiHouse

| | | | | |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sitios |  Plano ✓ |  Sesgo ✓ |  Azotea ✓ |  Bajo tierra ✗ |
| Formularios de planificación |  Recto ✓ |  Irregular ✓ |  Angular ✗ |  Curvo ✗ |
| Formas del techo |  Plano ✓ |  Sesgo ✓ |  Cadera ✗ |  Curvo ✗ |

Adaptado de WikiHouse (2022).

2.5.1.1 Algunos proyectos hechos por WikiHouse

Tabla 2. Información básica tipología, WikiHouse 4.0

| WikiHouse 4.0 | |
|---------------------------|------------------------------------|
| Nombre | WikiHouse 4.0 |
| Ubicación | Inglaterra |
| Año | 2014 |
| Tipo de estructura | Sistema desarrollado por WikiHuose |

Adaptado de WikiHouse (2022).

Figura 13. *Fotografía del proyecto referente, WikiHouse 4.0*

Adaptado de WikiHouse (2022).

Figura 14. *Fotografía del proyecto referente, WikiHouse 4.0*

Adaptado de WikiHouse (2022).

Tabla 3. *Información básica tipología, De Stripmaker*

| De Stripmaker | |
|---------------------------|------------------------------------|
| Nombre | De Stripmaker |
| Ubicación | Almere, Países bajos |
| Año | 2021 |
| Tipo de estructura | Sistema desarrollado por WikiHuose |

Adaptado de WikiHouseNL (2022).

Figura 15. *Fotografía del proyecto referente, De Stripmaker*

Adaptado de WikiHouseNL (2022).

Figura 16. *Fotografía del proyecto referente, De Stripmaker*

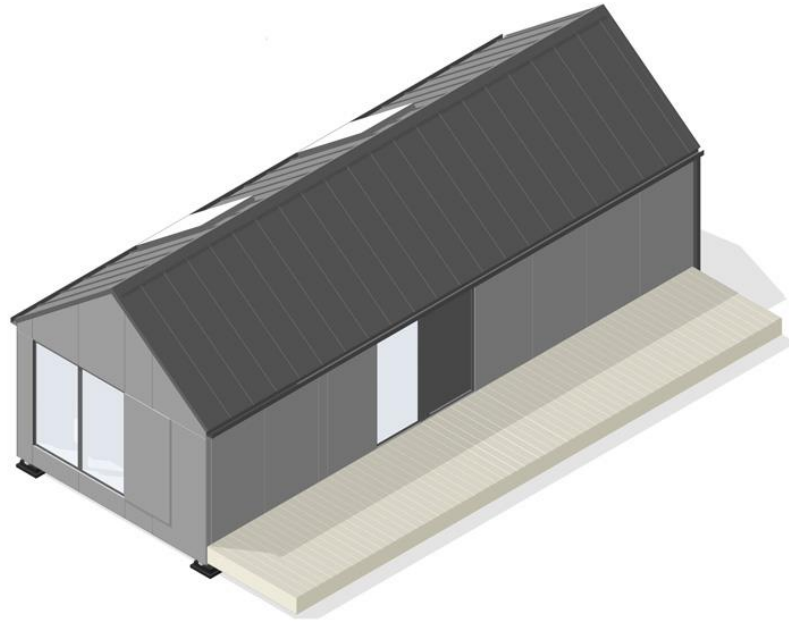
Adaptado de WikiHouseNL (2022).

Tabla 4. *Información básica tipología, Microhouse*

| | |
|---------------------------|------------------------------------|
| Microhouse | |
| Nombre | Microhouse |
| Ubicación | Zwijndrecht, Países bajos |
| Año | 2018 |
| Tipo de estructura | Sistema desarrollado por WikiHuose |

Adaptado de WikiHouseNL (2022).

Figura 17. *Imagen isométrica del proyecto referente, Microhouse*



Adaptado de WikiHouseNL (2022).

Figura 18. *Fotografía del proyecto referente, Microhouse*



Adaptado de WikiHouseNL (2022).

2.5.2 Tipología viviendas en madera

2.5.2.1 Casa 205 / H Arquitectes

Tabla 5. Información básica tipología, Casa 205

| Casa 205 / H Arquitectes | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| Ubicación | Vacarisses, España |
| Área | 128 m ² |
| Año | 2008 |
| Tipo de estructura | Sistema de tableros contralaminados |

Adaptado de Archdaily - Casa 205 / H Arquitectes (2008).

Información tomada de Archdaily (2008), este es un sitio con fuertes pendientes y densa vegetación y árboles. El proyecto tiene como objetivo construir una casa sin estropear los contornos del lugar. La casa se asentará sobre un gran lecho de roca existente, y el único trabajo de excavación será un camino empinado que cruza el sitio en diagonal de un extremo al otro.

Figura 19. Fotografía del proyecto referente, Casa 205

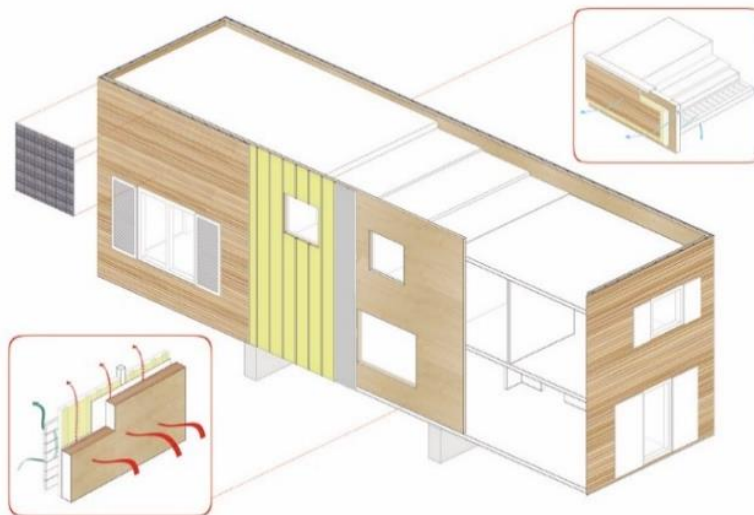


Adaptado de Archdaily - Casa 205 / H Arquitectes (2008).

Figura 20. *Fotografía del proyecto referente, Casa 205*

Adaptado de Archdaily - Casa 205 / H Arquitectes (2008).

La vivienda está construida como estructura de madera con grandes paneles de CLT para solucionar las paredes y forjados. Este sistema funciona como una estructura distribuida sin estructura jerárquica o estructura de descenso de cargas cartesiana, sino que el todo estructural trabaja en conjunto, cómo una gran viga.

Figura 21. *Imagen isométrica del proyecto referente, Casa 205*

Adaptado de Archdaily - Casa 205 / H Arquitectes (2008).

Este sistema constructivo permite reducir significativamente el peso, la materia, la energía y, por tanto, las emisiones de CO2 relacionadas con la cimentación y la estructura del edificio. La sencillez, la velocidad y el ahorro de agua en el trabajo en seco, hizo posible montar todo el edificio desde la calle, reduciendo significativamente los costos de la obra y el tiempo.

Figura 22. Planta de zonificación del proyecto referente, Casa 205



Adaptado de Archdaily - Casa 205 / H Arquitectes (2008).

La división interior de la casa se basa en una serie de estancias, de proporciones variables respecto a la estructura, y los grandes huecos de las puertas correderas y los pasos abiertos entre ellas permiten una gran libertad de comunicación y uso. La casa puede funcionar como un gran espacio común o como una serie de habitaciones independientes bien conectadas.

Figura 23. Cuadro de áreas del proyecto referente, Casa 205

| | Espacio | Área m ² |
|--|----------------------|---------------------|
| | Sala-comedor | 29,8 |
| | Habitación principal | 12,61 |
| | Habitación 1 | 7,54 |
| | Habitación 2 | 7,54 |
| | Cocina | 21,33 |
| | Estudio | 17,83 |
| | Baño 1 | 5,78 |
| | Baño2 | 2,5 |
| | Baño 3 | 2,5 |
| | Cuarto de ropas | 3,45 |
| | Circulación | 17,1 |
| | | 127,98 |

Adaptado de Archdaily - Casa 205 / H Arquitectes (2008).

2.5.2.2 Casa Tacna / PAR Arquitectos

Tabla 6. Información básica tipología, Casa Tacna

| Casa Tacna / PAR Arquitectos | |
|------------------------------|-------------------------|
| Ubicación | Maitencillo, Chile |
| Área | 185 m ² |
| Año | 2018 |
| Tipo de estructura | Sistema de poste y viga |

Adaptado de Archdaily - Casa Tacna / PAR Arquitectos (2019).

Información tomada de Archdaily (2019), una necesidad del proyecto era el ubicar los espacios principales del programa arquitectónico en la altura máxima permitida, para que se obtuviera el mayor campo de visión posible, en función de esto y en respuesta a la pendiente del terreno que desciende en dirección de la vista; el concepto del columpio aparece como imagen proyectual.

Figura 24. *Fotografía del proyecto referente, Casa Tacna*



Adaptado de Archdaily - Casa Tacna / PAR Arquitectos (2019).

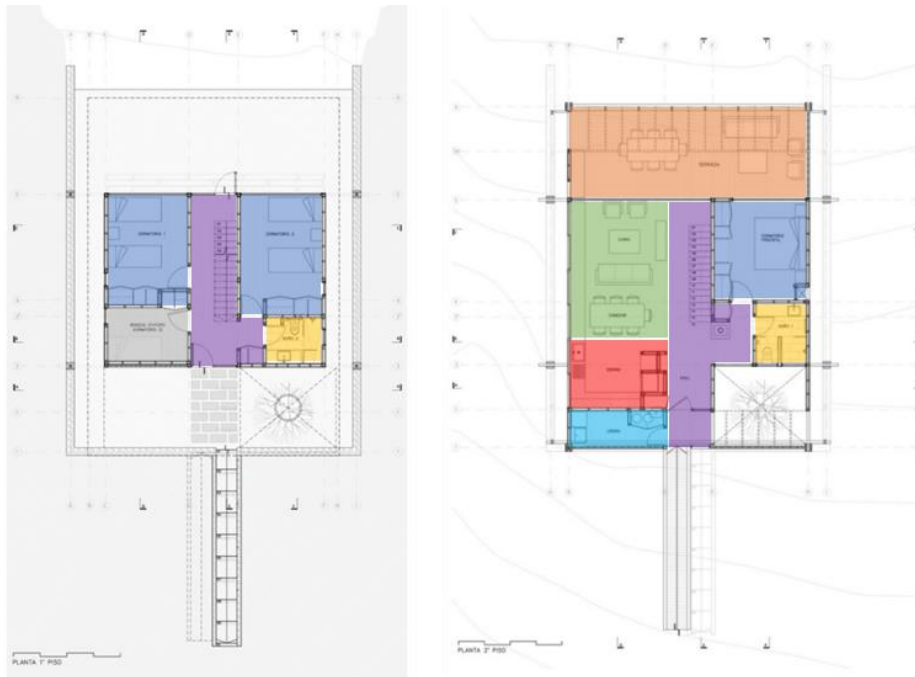
Figura 25. *Fotografía del proyecto referente, Casa Tacna*



Adaptado de Archdaily - Casa Tacna / PAR Arquitectos (2019).

Plantearon un esqueleto estructural que permitió tener el volumen suspendido, flotando sobre el suelo. Así, la estructura se diseñó como un sistema de andamiaje, el cual se separa de la unidad volumétrica, formado por el cruce de cuatro vigas y cuatro columnas dobles, se usa la madera por economía, y por su resistencia en el tiempo dentro de ambientes salinos.

Figura 26. Planta de zonificación del proyecto referente, Casa Tacna



Adaptado de Archdaily - Casa Tacna / PAR Arquitectos (2019).

Además, la circulación vertical sirve como elemento jerárquico, a modo de rampa central, que ayuda a ordenar, distribuir y disponer la espacialidad para la solución del programa de la vivienda, los espacios sociales y la habitación principal en la segunda planta, mientras que las habitaciones auxiliares están en la planta de nivel de piso.

Figura 27. Cuadro de áreas del proyecto referente, Casa Tacna

| | Espacio | Área m ² |
|--|----------------------|---------------------|
| | Sala-comedor | 22,4 |
| | Habitación principal | 16,0 |
| | Habitación 1 | 15,98 |
| | Habitación 2 | 14,28 |
| | Cocina | 10,4 |
| | Terraza | 35,52 |
| | Baño 1 | 5,46 |
| | Baño2 | 3,78 |
| | Cuarto de ropas | 6,0 |
| | Bodega | 7,82 |
| | Circulación | 45,98 |
| | | 184,32 |

Adaptado de Archdaily - Casa Tacna / PAR Arquitectos (2019).

2.5.3 Tipología vivienda rural

2.5.3.1 Concurso vivienda rural sostenible y productiva en Colombia, por Espacio

Colectivo Arquitectos + Estación Espacial

Tabla 7. Información básica tipología, Concurso vivienda rural sostenible y productiva en Colombia

| Concurso vivienda rural sostenible y productiva en Colombia | |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Ubicación | Bogotá, Colombia. |
| Área | 59 m ² |
| Año | 2019 |
| Tipo de estructura | Marcos triangulares de acero |
| Segundo lugar del concurso | |

Adaptado de Archdaily - Vivienda rural sostenible y productiva en Colombia / Espacio Colectivo Arquitectos + Estación Espacial (2019).

Información tomada de Archdaily (2019), este es un proyecto que salió de un concurso que realizo, La sociedad colombiana de arquitectos, el objetivo era diseñar unidades habitacionales para las zonas rurales del sur de Bogotá, donde se plantearan soluciones que permitieran del desarrollo de formas de productividad y crecimiento, que aplicaron criterios de sostenibilidad y confort.

Figura 28. *Render del proyecto referente, Concurso vivienda rural sostenible y productiva en Colombia*



Adaptado de Archdaily - Vivienda rural sostenible y productiva en Colombia / Espacio Colectivo Arquitectos + Estación Espacial (2019).

Figura 29. *Render del proyecto referente, Concurso vivienda rural sostenible y productiva en Colombia*

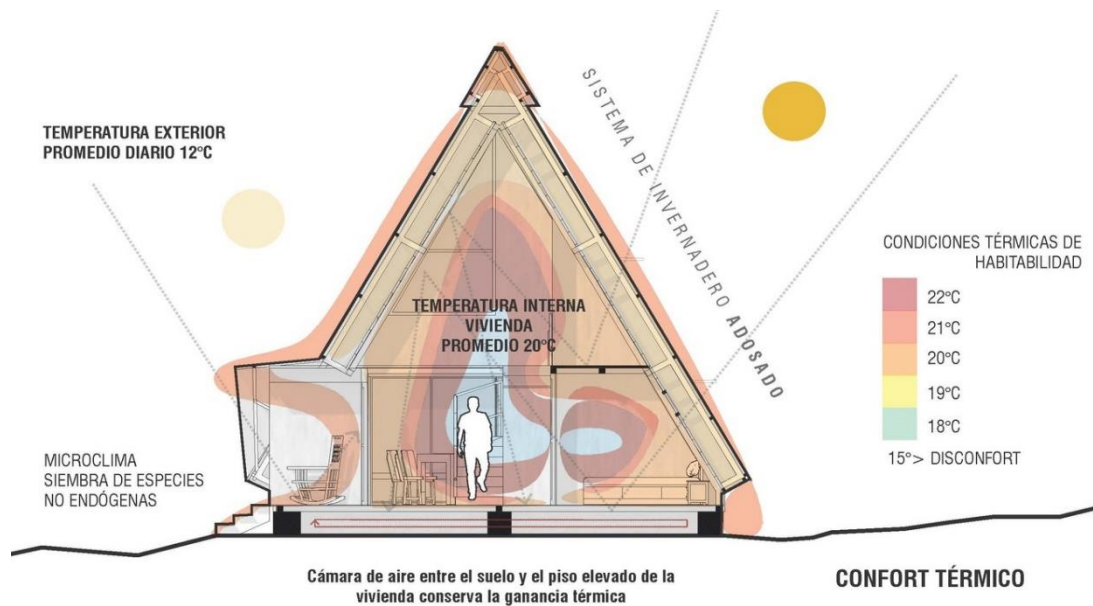


Adaptado de Archdaily - Vivienda rural sostenible y productiva en Colombia / Espacio Colectivo Arquitectos + Estación Espacial (2019).

Considerando la vivienda como un hábitat resiliente, significa una vivienda que se adapte y se sobrepone a las adversidades, capaz de producir su propio alimento, calentando su interior, respetando sus tradiciones arquitectónicas y espaciales, que crece junto a sus habitantes y forman parte de una comunidad.

El quipo diseñador propuso como estrategia conceptual la relación entre, la generación de calor, energía y el espacio habitable, un Termo Techo. Una estructura cerrada cubierta por materiales transparentes también funciona como un patio cubierto para la temporada de lluvias o heladas, un lugar para producir y cuidar los alimentos, un espacio de encuentro familiar y comunitario.

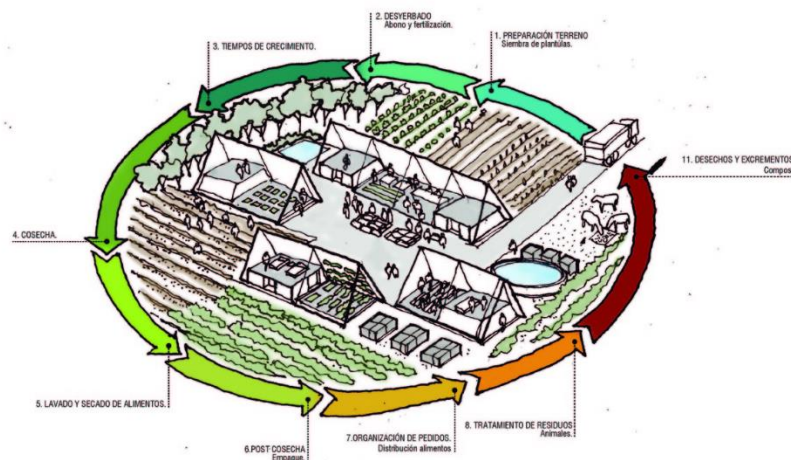
Figura 30. Ilustración sección del proyecto referente, Concurso vivienda rural sostenible y productiva en Colombia



Adaptado de Archdaily - Vivienda rural sostenible y productiva en Colombia / Espacio Colectivo Arquitectos + Estación Espacial (2019).

Un dispositivo térmico que calefacciona una vivienda de forma segura y eficiente, el cual se basa en un principio primordial de diseño se construye el espacio habitable cubierto mediante dos planos inclinados apoyados entre sí formando un triángulo equilátero. Conformando así el volumen de la propuesta, la Vivienda-Invernadero.

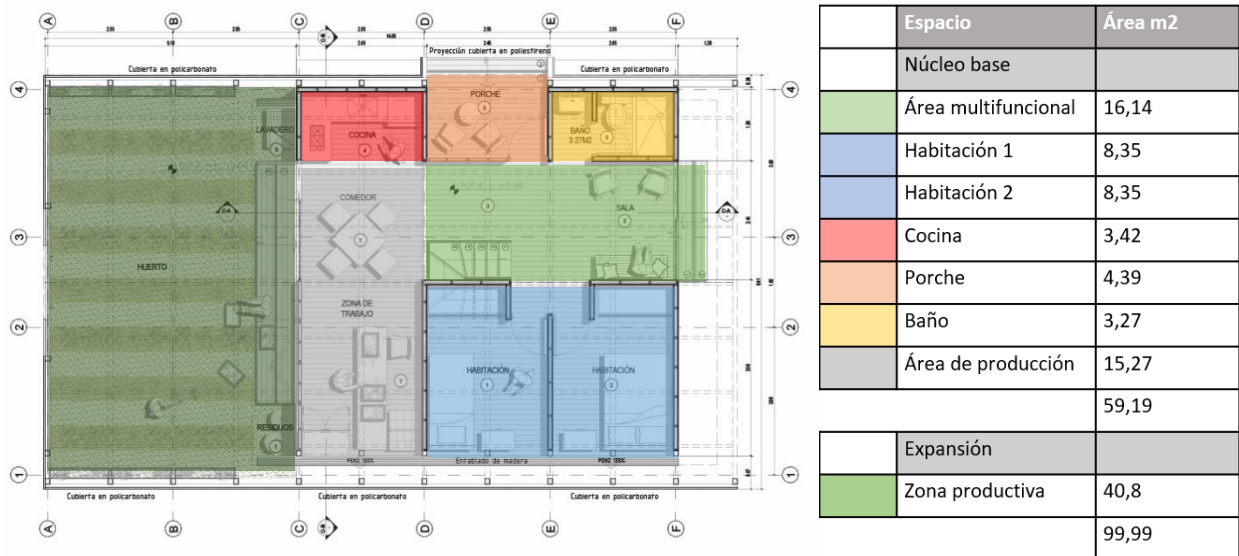
Figura 31. Ilustración del proyecto referente, Concurso vivienda rural sostenible y productiva en Colombia



Adaptado de Archdaily - Vivienda rural sostenible y productiva en Colombia / Espacio Colectivo Arquitectos + Estación Espacial (2019).

Además, la creación de este prototipo de vivienda busca generar pequeñas agrupaciones vecinales juntando tres o más de estos prototipos, complementando enfoques productivos como viveros de alimentos, procesamiento de alimentos, capacitación, distribución de alimento, que giran en torno a la cosecha.

Figura 32. Planta de zonificación y cuadro de áreas del proyecto referente, Concurso vivienda rural sostenible y productiva en Colombia



Adaptado de Archdaily - Vivienda rural sostenible y productiva en Colombia / Espacio Colectivo Arquitectos + Estación Espacial (2019).

3. Metodología del proyecto

Para realizar el proyecto de diseño de una vivienda rural productiva es pertinente realizar cinco fases de estudio. La primera es una fase de identificación de los conceptos de la vivienda rural, la madera como elemento constructivo, la prefabricación y la construcción modular. En la segunda fase, se analizan tipologías edificatorias que abarquen la vivienda rural y la vivienda en madera. En la tercera fase, se estudian las condiciones del municipio de Lebrija y del predio de implantación. En la cuarta fase, se propone el diseño formal, funcional y bioclimático. Y, en la última fase se genera un modelo digital del sistema constructivo implementado.

Así pues, para iniciar, en la fase A, a partir de una revisión bibliográfica en bases de datos, libros, revistas y sitios web de construcción en madera. Este apartado del texto permite identificar los conceptos de prefabricación y construcción modular planteados en el marco teórico, también la elaboración del marco conceptual donde se abarca la vivienda rural colombiana junto a la

madera como elemento constructivo de alta calidad y ambientalmente sostenible. Posterior a esto la descripción de los tipos de edificaciones en madera en un marco técnico-constructivo y con el análisis de esta información mostrar las distintas opciones de trabajo que conlleva su uso en este material. Esto con el fin de sentar las bases teóricas, conceptuales y técnicas que ayudaran a la elección del sistema constructivo a implementar en la vivienda.

Una vez terminada ésta, se iniciará la fase *B*, en la cual se llevará a cabo un análisis de proyectos referentes que involucren sistemas constructivos en madera y respondan a las características y necesidades de una vivienda rural. Se seleccionarán tipologías edificatorias que cumplan con las condiciones del proyecto analizando como proponen soluciones de habitabilidad y funcionalidad, la relación con el entorno y la solución constructiva; esta información se obtiene mediante la exploración de los sitios web y revistas de arquitectura. Los resultados arrojados en esta fase junto con la anterior consentirán a seleccionar el sistema constructivo a implementar en el proyecto, cumpliendo con lo estipulado en los objetivos.

Seguido a esto, en la fase *C*, se desarrollará un análisis global de las características del municipio de Lebrija, Santander junto con el análisis de las características especiales del predio donde se llevará a cabo el proyecto. En esta fase se describirán datos básicos de dominio público sobre la economía del municipio, datos poblacionales, datos climáticos y geográficos. Se toma la información consultando en los documentos legales del municipio, como el plan de desarrollo y el esquema de ordenamiento territorial adoptado por el municipio. La visita al predio seleccionado será la principal herramienta para la obtención de información sobre los factores ambientales, los aspectos normativos y la descripción del usuario. Se contará con instrumentos de medición y registro fotográfico que evidencian la visita al predio.

Con los datos obtenidos, la fase *D*, se da inicio al diseño arquitectónico de la vivienda rural productiva, este diseño incluye una propuesta formal, una propuesta funcional y la propuesta bioclimática. El proceso se llevará a cabo con el apoyo de maquetas y bocetos donde se establecerá la propuesta formal, la realización de cuadros de áreas junto con los planos arquitectónicos detallará la propuesta funcional de la vivienda. Para finalmente obtener el diseño de una vivienda que responda a las condiciones del municipio de Lebrija, Santander.

La metodología de este proyecto concluye con la fase *E*, que consiste en definir el sistema constructivo del objeto arquitectónico, con base en el análisis de lo hecho en la fase A y la fase B. el modelo digital de este sistema constructivo se hará en la herramienta de modelado 3D llamada SketchUp, se modelará a nivel de cada pieza que conforme el sistema. La finalidad de esta fase la de mostrar una alternativa edificatoria que incentive el uso de la madera en la construcción de viviendas a nivel regional o incluso nacional.

4. Proyecto

4.1 Análisis global municipio de Lebrija, Santander

La información que se muestra a continuación en los ítems 4.1 y 4.2 referente al municipio de Lebrija es consultada del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del 2003 y su revisión en el 2011, junto con el Plan de Desarrollo del municipio de Lebrija 2020-2023 (aprobados por el consejo municipal). Estos son datos básicos de dominio público sobre la economía del municipio, datos poblacionales, datos climáticos y geográficos. También datos normativos del predio rural en donde se propuso la implantación del proyecto.

4.1.1 Geografía

4.1.1.1 Ubicación, límites y extensión geográfica. El municipio se encuentra ubicado en la región noroccidental del departamento de Santander a 17 Km de la ciudad de Bucaramanga, sobre la vía que comunica la capital del departamento con Barrancabermeja; Limitando por el suroriente con el municipio de Girón; por el occidente, con el municipio de Sabana de Torres; por el norte, con el municipio de Rionegro. La extensión geográfica del municipio es de 549,85 km².

4.1.1.2 Topografía. Su topografía quebrada se debe la posición fisiográfica que ocupa entre el Valle del Magdalena Medio Santandereano y el Macizo de Santander, y por su altitud, que oscila entre los 150 y 1.350 metros sobre el nivel del mar (msnm). el relieve del municipio, se clasifican de manera general en un sistema montañoso - colinado y denudacional, con superficies de aplanamiento.

Tabla 8. *Clasificación de Pendientes del suelo del municipio de Lebrija*

| Forma | Pendiente (%) | Hectáreas |
|----------------------------------------|----------------------|------------------|
| Ligeramente ondulado | < 3 | 1979,45 |
| Ondulado o ligeramente quebrado | 3-7 | 14845,95 |
| Fuertemente ondulado o quebrado | 7-15 | 15945,65 |
| Fuertemente quebrado | 15-25 | 6048,35 |
| Escarpado | 25 - 50 | 8467,69 |
| Muy escarpado | 50 - 75 | 5223,58 |
| TOTAL | | 54985,00 |

Adatado de Esquema Ordenamiento Territorial de Lebrija (EOT, 2003).

4.1.1.3 Hidrografía. El sistema hídrico se constituye en elemento de primer orden como elemento estructurante del territorio, en la zona rural como elemento estructurante a través de la cuencas y microcuencas; además sus ríos, quebradas y cañadas representan un alto potencial ambiental por ser reducto de la flora y albergue de fauna silvestre.

La subcuenca Lebrija alto (desemboca en el Río Magdalena) hidrológicamente está conformada por cuatro microcuencas o unidades de rendimiento hídrico, cuyas redes principales son: la Quebrada El Aburrido, la Quebrada La Angula, la Quebrada Las Lajas y la Quebrada La Honda, como afluentes principales del Río Lebrija.

4.1.2 factores climáticos

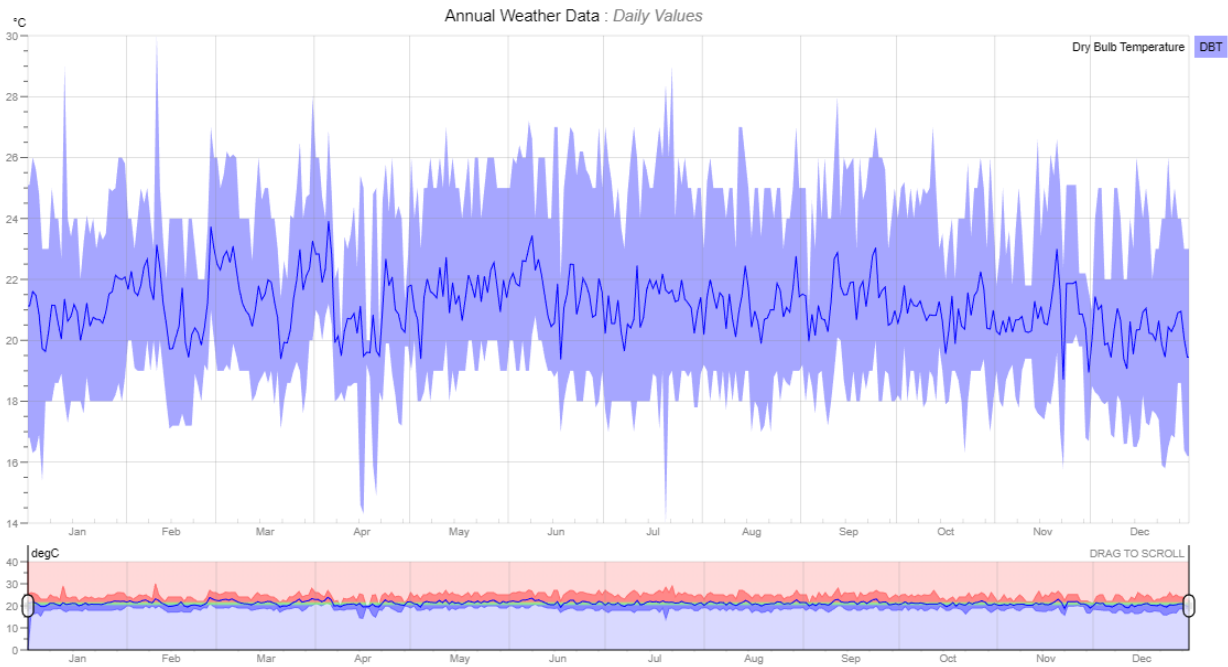
Los factores como el tipo de suelo, la vegetación, la proximidad de los cuerpos de agua afectan también la temperatura. De acuerdo con estos aspectos el Municipio presenta dos pisos térmicos, cálido y templado, con predominio de temperaturas altas, correspondientes a su latitud y altitud bajas. Al estar ubicado en la zona ecuatorial, las temperaturas varían poco durante el año.

4.1.2.1 Zonas climáticas. Se distinguen dos clasificaciones climáticas, El tropical cálido se ubica entre los 150 y >1.000 msnm y corresponde a las zonas de los valles del río Lebrija, Río Sucio, Doradas y el valle del Sogamoso. Su temperatura varía entre los 22 y 26°C. El premontano templado contiene el piso térmico medio (18 °C a 22 °C.), se localiza en la meseta de Lebrija entre los 1.000 y los 1.350 msnm.

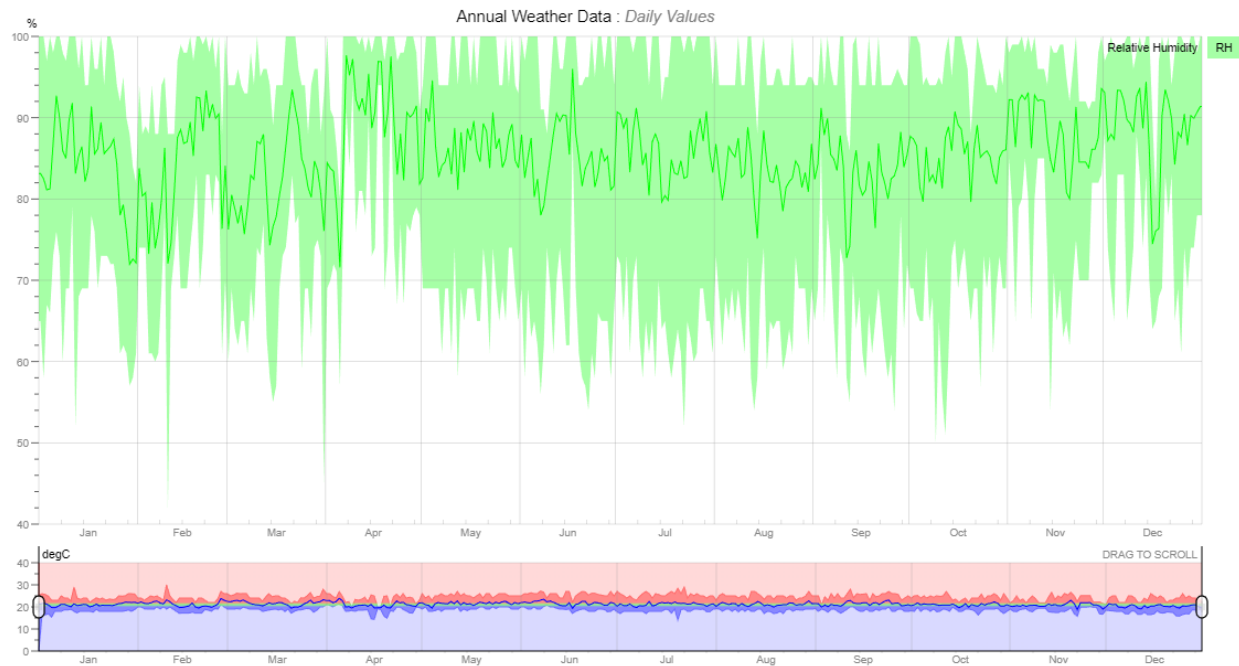
4.1.2.2 Temperatura y humedad relativa. La temperatura del municipio es característica del clima tropical húmedo, con valores de humedad relativa que oscilan entre 60% a 100%,

dependiendo de la altitud, en alturas entre 150 - 1.000 msnm la temperatura varia de 22 °C a 25 °C mientras en alturas superiores a 1.000 msnm las variaciones de temperatura van de 18 °C a 22 °C.

Figura 33. *Temperatura del bulbo seco, de archivo EPW de municipio de Lebrija*



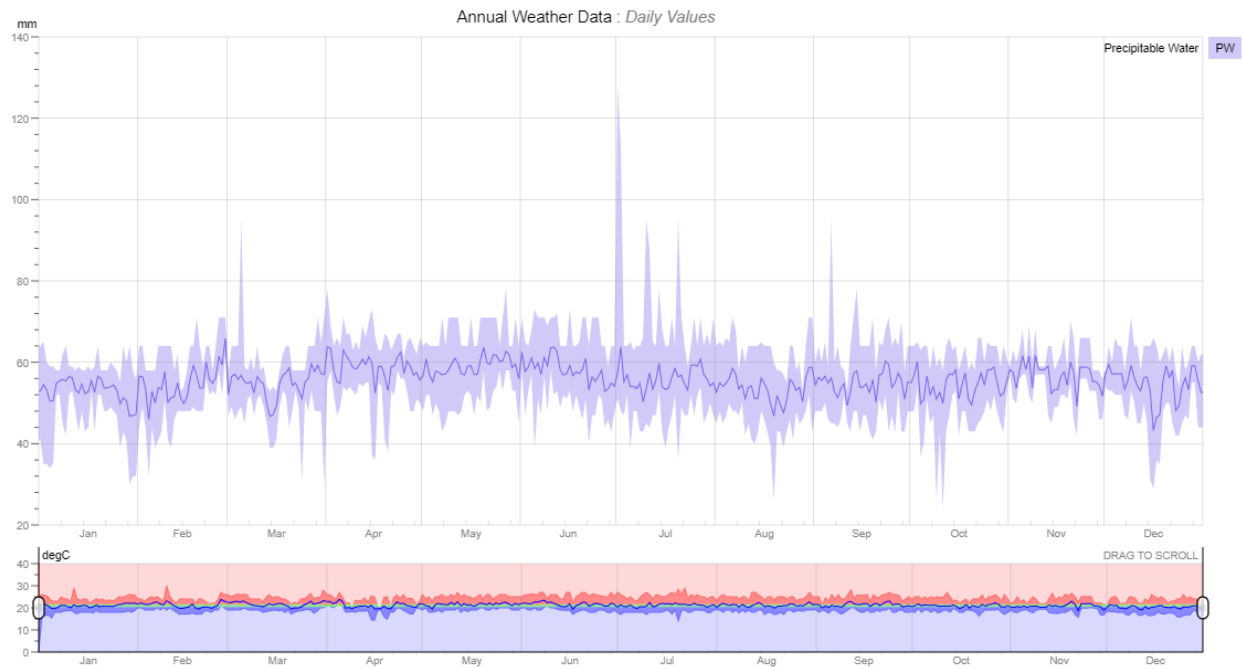
Adaptado del Software Data View 2D (2021).

Figura 34. *Humedad relativa, de archivo EPW de municipio de Lebrija*

Adaptado del Software Data view 2D (2021).

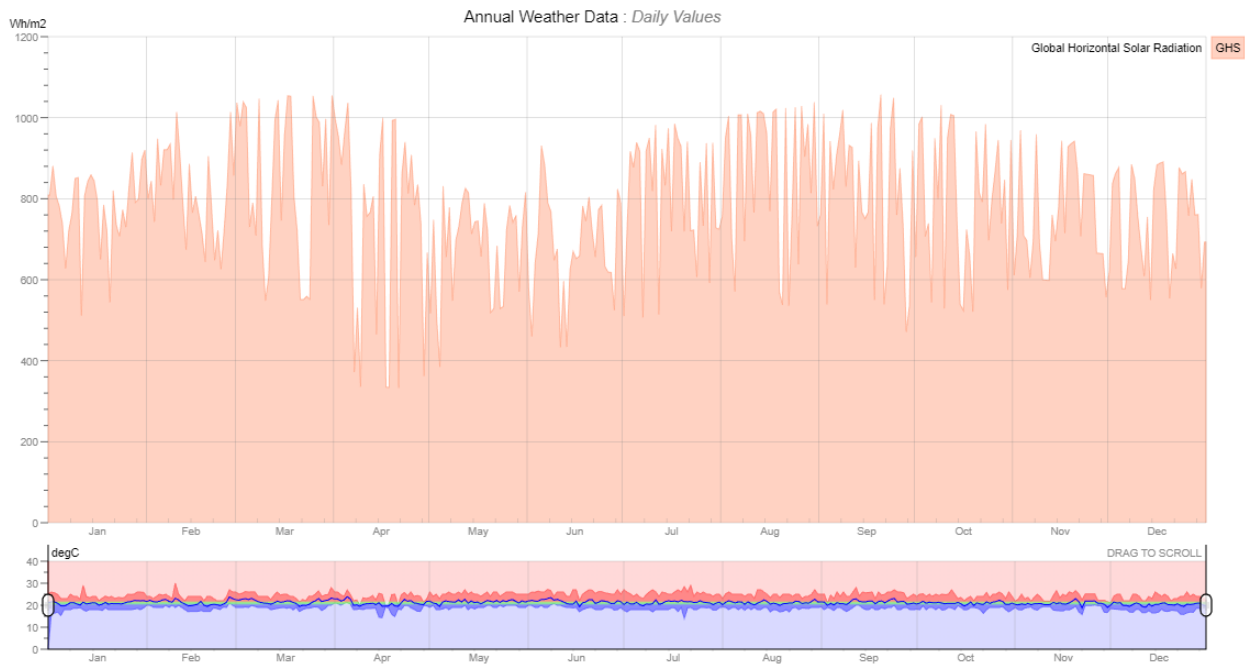
4.1.2.3 Pluviosidad. Las precipitaciones no se distribuyen uniformemente en el Municipio debido a las barreras naturales. El área de mayor precipitación está ubicada sobre el valle del Río Sucio con valores entre 2.400 y 2.600 y los de menor precipitación hacia El Oso, La Aguada y Piedras Negras, con valores inferiores a los 1.200 mm.

Los vientos Alisios provenientes de los océanos Atlántico y Pacífico; su paso hacia el norte por la serranía de la Paz determina la primera temporada de lluvias en el año, que tiene lugar entre los meses de marzo y junio, mientras que el regreso de éstos al sur, en los meses de septiembre a noviembre, determina la segunda estación lluviosa del año (EOT 2003).

Figura 35. Precipitaciones, de archivo EPW de municipio de Lebrija

Adaptado del Software Data view 2D (2021).

4.1.2.4 Radiación solar. Durante un día común en el municipio de Lebrija los valores de radiación solar son de 1000 Kh/m² al mediodía siendo el máximo valor mientras en el amanecer y en el crepúsculo el valor mínimo de radiación solar es de 600 Kh/m². Los meses donde ocurre la mayor incidencia solar corresponden a marzo, julio, agosto y septiembre. Donde se registran los valores de radiación solar bajo son los meses de diciembre, enero, abril, mayo y junio los valores de radiación disminuyen a los 400 Kh/m² el inicio del día y a 800 Kh/m² al mediodía.

Figura 36. Radiación solar horizontal global, de archivo EPW de municipio de Lebrija

Adaptado del Software Data view 2D (2021).

4.1.3 Desarrollo productivos y economía

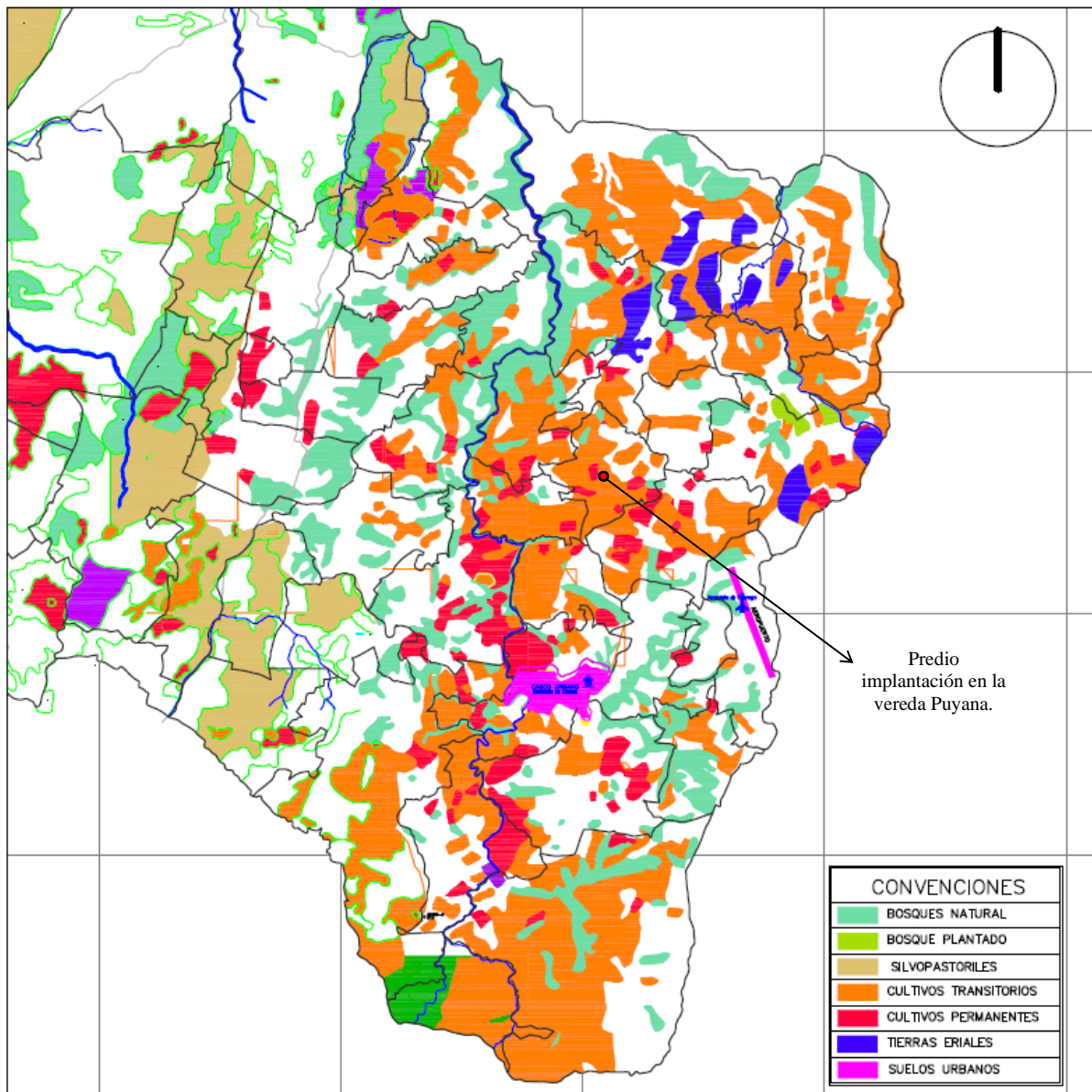
La actividad económica en el municipio de Lebrija, esta soportada básicamente en el sector primario de la economía, principalmente en los subsectores agrícola y pecuario, La actividad en el sector agrícola es muy dinámica y variada, pero con muy serios problemas de rentabilidad y productividad de la cadena productiva.

4.1.3.1 Sector agrícola. El sistema productivo corresponde a actividades en cultivos de clima medio y con un régimen de lluvias que fluctúa entre los 800 mm y los 2400 mm año, El 47.5% de las tierras del municipio (24.735 hectáreas) están dedicadas al sector agrícola donde se destacan predios con tamaño promedio menores a 6 hectáreas, en suelos con pendientes desde 2% hasta el 60% o superiores.

Son suelos generalmente bien drenados, muy superficiales, susceptibles a procesos erosivos tanto hídricos como eólicos donde es fácil encontrar cárcavas, surcos y derrumbes. Los suelos son agrónomicamente muy pobres en materia orgánica y en nutrientes minerales, generalmente de PH fuertemente ácido a moderadamente ácido.

4.1.3.2 Tipos de cultivos. La actividad agrícola es muy variada, pero puede afirmarse que su principal vocación está orientada por las frutas, principalmente: Piña, Mandarina, Limón Tahití, Naranja, Maracuyá, Guanábana y Aguacate, en el campo de las hortalizas legumbres y verduras se cultivan en pequeña y mediana escala: Tomate, Pepino, Pimentón, habichuela, Ahuyama, Yuca, Plátano, Fríjol y Maíz entre otros.

En la parte alta del municipio lo que se conoce como la meseta de Lebrija es donde principalmente se concentran las zonas de cultivo, donde predominan los cultivos transitorios y específicamente el cultivo de piña. Por esta vocación al cultivo de la piña se le conoce al municipio como la capital piñera de Colombia. Como se puede ver en el mapa de las áreas de cultivo meseta del municipio de Lebrija los cultivos transitorios ocupan una parte considerable de las tierras destinadas a cultivos agrícolas.

Figura 37. Áreas de cultivos meseta del municipio de Lebrija

Adatado de Esquema Ordenamiento Territorial de Lebrija (EOT, 2003).

4.1.3.2.1 Cultivo de piña. Hace parte de los cultivos transitorios son aquellos de ciclo vegetativo corto, el cultivo de la piña tiene un periodo de cosecha de 18 meses. Se estima que su área cultivada es de aproximadamente 5.074 hectáreas, con un volumen de producción de 140.800 Ton/año. Esto la establece como la principal actividad agrícola del municipio, representa el 35.04% del área cultivada.

Para su siembra se debe adecuar el terreno, se preparan surcos triples en triangulo espaciados a 90 centímetros entre los surcos y de 30 centímetros entre plantas. Se efectúa la rastra o destrucción de las capas presentes en el suelo con el fin de dar las condiciones adecuadas a la planta, dejando vías de acceso y áreas de drenaje. Se selecciona el colino de mejor calidad para obtener buen desarrollo en la planta y alta productividad y se le aplican nutrientes al suelo.

La cosecha de la piña presenta las etapas de crecimiento vegetativo, inducción de floración y maduración del fruto. La cosecha de la piña es muy irregular y para lograr uniformidad en el fruto se debe hacer una clasificación de los colinos por edad y tamaño, estos pueden almacenarse en un cobertizo ventilado de 4 a 5 meses, además aplicar fitorreguladores para inducir el estado de floración de la planta (Cristancho et al.,1991). La recolección se inicia a $\frac{1}{4}$ de maduración se empaca guacales de 6 frutos o en canastillas de 12 frutos, obteniendo una producción promedio de 40,6 Toneladas por hectárea (Ministerio de Agricultura, 2019) y por lo general se transportan en vehículos de 7 a 10 toneladas de capacidad de carga.

4.1.3.2.2 Cultivo de cítricos. Son desarrollos de cultivo permanente, aunque para una mayor utilización del suelo en su crecimiento se suelen combinar con cultivos transitorias como la piña, maíz o frijol, La variedad más sembrada es la mandarina china con 2802 hectáreas aproximadamente, le sigue el limón Tahití con 372 hectáreas, y la naranja valencia con 214 hectáreas, para un total de 3388 hectáreas.

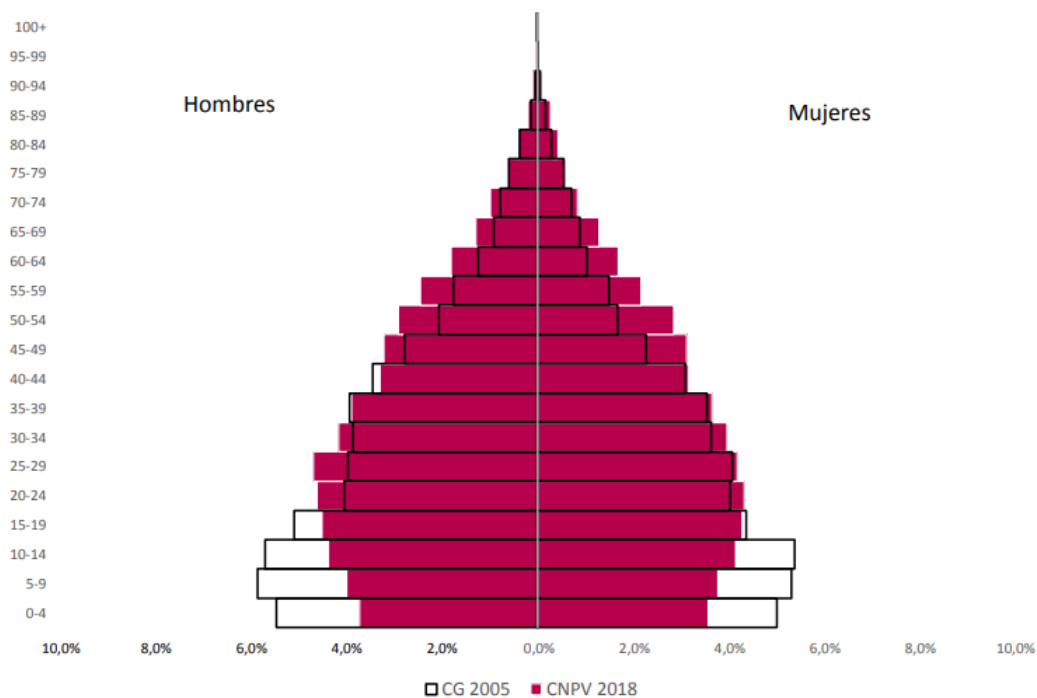
4.1.3.2.3 Cultivo de hortícolas. su producción se practica en todas las zonas agrícolas municipales en mayor o menor intensidad, dependiendo de la proximidad al casco urbano y al Área Metropolitana proporciona más facilidad a la hora de su transporte; se requiere uso intensivo de

mano de obra familiar y /o contratada. entre las hortalizas mayormente cultivadas se encuentran el fríjol, maíz, tomate, pimentón, habichuela.

4.1.4 Demografía y población

De acuerdo con las cifras del Censo Nacional de Población y Vivienda, (CNPV, 2018), del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, en el 2019 el Municipio de Lebrija cuenta con una población de 41.835 habitantes; 21.432 son de género masculino lo que representa el 51,2% y 20.403 son de género femenino que representa el 48,8%.

Figura 38. Estructura de población municipio de Lebrija CNPV 2018



Adaptado de Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV, 2018).

El municipio de Lebrija es de vocación rural y de producción de alimentos, esto se evidencia en sus datos poblacionales en donde el 47.6% de la población se ubica en áreas rurales

lo que equivale a 19.103 habitantes. El aumento de la población en la cabecera municipal se debe a la cercanía con el Área metropolitana de Bucaramanga y representa al 52.4% de la población con un aproximado de 22.732 habitantes.

Tabla 9. *Distribución geográfica, municipio de Lebrija CNPV, 2018*

| Clase geográfica / Lebrija | Población censada | Población total ajustada por omisión | Porcentaje % |
|------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|---------------------|
| Cabecera municipal | 19.502 | 22.732 | 52.4 |
| Centros poblados y rural disperso | 17.712 | 19.103 | 47.6 |
| Total | 37.214 | 41.835 | 100 |

Adaptado de Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV, 2018).

4.2 Análisis especial del lugar

4.2.1 Usuario

Los usuarios del proyecto de diseño de una vivienda productiva son una familia de pequeños productores de la zona rural del municipio de Lebrija, con la particularidad de diseñar la vivienda para que se adapte a las necesidades de producción y manejo de recursos agrícolas. La familia es residente de la vereda llamada Puyana, se seleccionó esta vereda por estar en una zona de alta producción de los cultivos agrícolas.

Según los datos demográficos encontrados en el esquema de ordenamiento el núcleo familiar de la vereda Puyana es de un promedio de 4 o 5 habitantes por hogar. Los cultivos transitorios, principalmente la piña, son los más comunes en la vereda, pero también se encuentran cultivos permanentes de aguacate, plátano, o cítricos. Como aclaración el diseño de esta vivienda rural productiva no está en el rango de vivienda de interés social.

Tabla 10. *Datos demográficos vereda Puyana*

| Vereda Puyana | |
|---------------------------------------|-----|
| Número de habitantes | 452 |
| Número de familias | 97 |
| Número de viviendas | 86 |
| Integrantes promedio por hogar | 4.6 |

Adatado de Esquema Ordenamiento Territorial de Lebrija (EOT, 2003).

4.2.2 Características del lugar de implantación

En este apartado se describen las condiciones del sitio implantación con aspectos relacionados con la normativa del predio seleccionado como su ubicación y extensión, su información catastral, su uso permitido, índices de construcción y ocupación, alturas, aislamiento y perfiles viales. Y también factores ambientales que influyen en el proceso de diseño tales como las pendientes del terreno, las direcciones del viento, el asoleamiento, la vegetación y la hidrografía.

Figura 39. *Localización de predio vereda Puyana*

Adatado de Esquema Ordenamiento Territorial de Lebrija (EOT, 2003).

4.2.2.1 Normativa del predio EOT. El predio se encuentra localizado en el municipio de Lebrija en la vereda comunal Puyana en lo que se conoce como la meseta de Lebrija. Este predio se encuentra en cercanía a un pequeño núcleo de agrupación de viviendas y de servicios contando con equipamientos como una capilla, una tienda de insumos agrícolas y una escuela. También existe una ruta de transporte veredal a la cabecera municipal que pasa por el frente del predio. El predio cuenta con una extensión de 6 hectáreas y dentro de este actualmente se desarrollan cultivos de aguacate y de guayaba.

Figura 40. Predio vereda Puyana



Adaptado de Geoportal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC, 2022)

Tabla 11. Información catastral predio vereda Puyana

| Información catastral | |
|----------------------------------|----------------------------------------|
| Numero catastral | Dirección |
| 68406000000000000308270000000000 | LO 4 VDA AGUIRRE - Lebrija - Santander |
| Numero predial | Dimensiones y área |
| 684060000000030827000 | 6 hectáreas (60000 m ²) |
| Propietario | Estrato socio económico |
| ----- | Zona rural - Estrato 1 |

Adaptado de Geoportal Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC, 2022).

4.2.2.1.1 Usos permitidos. La vereda Puyana perteneciente a la zona rural del municipio de Lebrija tiene un potencial de desarrollo productivo agropecuario y agroforestal. Con su uso principal agropecuario intensivo permite desarrollar una vivienda productiva con fines de explotación. Debido al uso recomendado de vivienda campestre adoptado por la revisión excepcional EOT en 2011 es probable que se desarrollen proyectos de parcelación con fines de construcción de vivienda campestre.

Tabla 12. *Usos del suelo de producción agropecuaria vereda Puyana*

| | Actividades y usos de suelos |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Usos principales | <ul style="list-style-type: none"> - Agropecuario intensivo y/o tradicional. - Loteos con fines de construcción de vivienda campestre (uso recomendado por revisión excepcional EOT 2011, veredas Cantabria y Puyana). |
| Usos compatibles | <ul style="list-style-type: none"> - Forestal productor. - Recreación. - Minería subterránea. - Infraestructura básica para el uso principal. |
| Usos condicionados | <ul style="list-style-type: none"> - Minería superficial. - Industrial. - Granjas. - Agroindustria. - Centros vacacionales. |
| Usos prohibidos | <ul style="list-style-type: none"> - Urbanos. |

Adatado de Esquema Ordenamiento Territorial de Lebrija (EOT, 2003).

4.2.2.1.2 Índices de ocupación y construcción. Para las zonas rurales del municipio, el EOT no es muy claro en este punto pues solo dice que en las zonas rurales los índices de ocupación no podrán superar el 30% del área total del predio. Lo cual es algo muy ambiguo porque los predios rurales suelen tener varias hectáreas destinadas al cultivo y la vivienda no ocupa un pequeño índice. Por ello los índices son calculados a partir de las tipologías estudiadas como referentes.

- I. O. = 0,006 = 360 m².
- I. C. = 0,012 = 720 m².

4.2.2.1.3 Aislamientos. Según el EOT el aislamiento anterior debe ser de mínimo 5 metros contados desde la vía al paramento de construcción. Los aislamientos laterales son de mínimo 8 metros a partir de colindantes con predios vecinos. En las áreas de causes de ríos o quebradas se miden rondas de protección, las cuales el código nacional de los recursos naturales renovables establece que deben ser como mínimo de 30 metros de ancho, a cada lado, a partir de la cota máxima de inundación.

- Aislamiento anterior mínimo 5 metros.
- Aislamiento lateral mínimo 8 metros.
- Ronda de protección mínimo 30 metros.

4.2.2.1.4 Alturas máximas y mínimas. En lo establecido por el EOT para las zonas rurales del municipio la altura máxima de toda edificación será de dos pisos, y altura mínima de será de un piso.

4.2.2.1.5 Empates volumétricos. Para el suelo rural se estableció que la densidad por predio debe ser máximo una Unidad Agrícola Familiar (UAF). Y solo se permite una vivienda por cada UAF. En el municipio de Lebrija la UAF está comprendida en el rango de 9 a 12 hectáreas.

4.2.2.1.6 Perfil vial. El perfil vial colindante al terreno es clasificado como una vía primaria que son aquellas vías integradoras de las veredas y la cabecera municipal, que a asimismo permiten

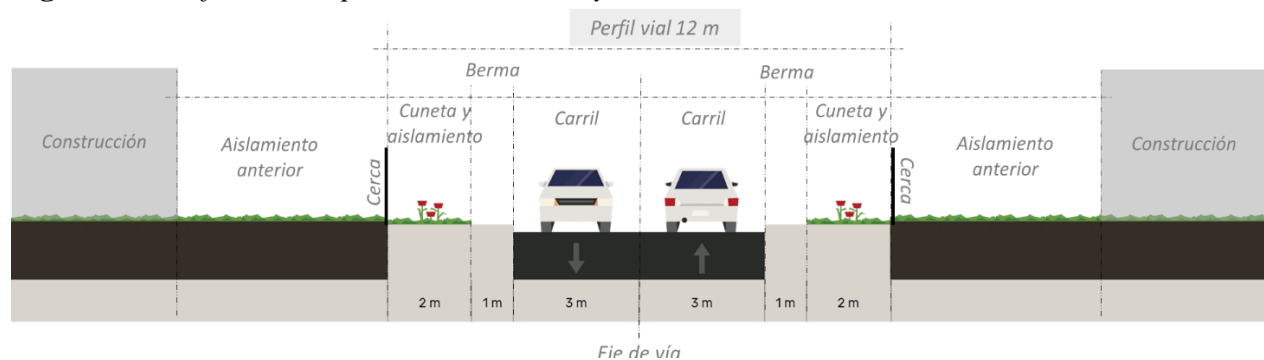
la comunicación entre varias veredas. El ancho total de la vía primaria es de 12 metros, con una calzada de doble carril de 6 metros.

Tabla 13. Perfil vial vía primaria vereda Puyana

| Vía primaria (12 m) | | | | | |
|----------------------|--------|---------------|---------------|--------|----------------------|
| Aislamiento y cuneta | Berma | Calzada | | Berma | Aislamiento y cuneta |
| | | 6,00 m | | | |
| 2,00 m | 1,00 m | Carril | Carril | 1,00 m | 2,00 m |
| | | 3,00 m | 3,00 m | | |

Adatado de Esquema Ordenamiento Territorial de Lebrija (EOT, 2003).

Figura 41. Perfil vial vía primaria vereda Puyana



Adatado de Esquema Ordenamiento Territorial de Lebrija (EOT, 2003).

4.2.2.2 Factores ambientales del predio

4.2.2.2.1 Geomorfología. La forma del terreno es fuertemente colinada propia de la zona alta del municipio de Lebrija. En la colindancia con la vía se contra una porción de terreno prácticamente plana para luego una pendiente fuerte forme un pequeño valle por donde va una fuente hídrica donde se concentra una franja de árboles nativos. La volares de inclinación del

terreno para la zona de colina alcanzan un porcentaje de inclinación 24% y en la parte plana de un valor de inclinación de 3% de pendiente.

Figura 42. *Geomorfología del terreno*

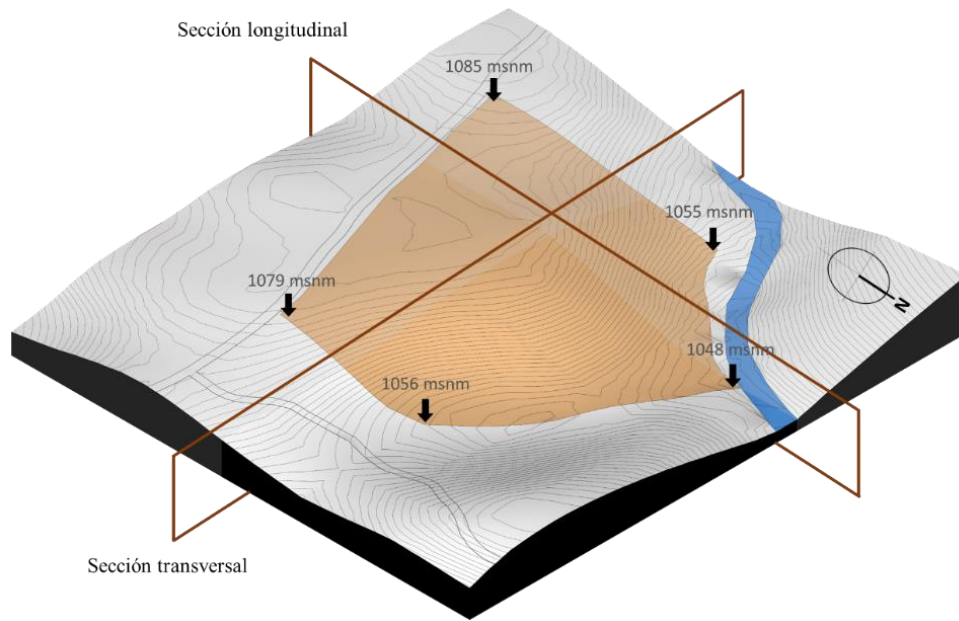
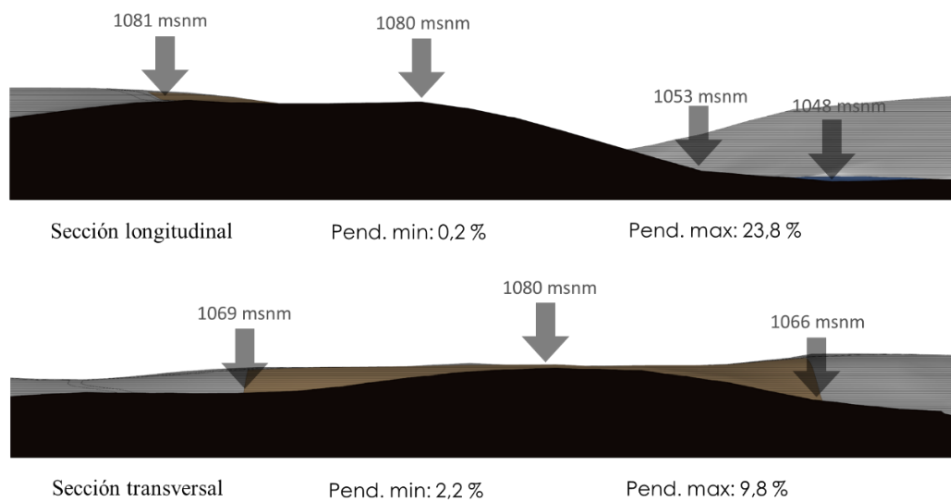


Figura 43. *Cortes por terreno para apreciar las pendientes del predio*



4.2.2.2 Flora. En el predio se encuentran establecidos cultivos de explotación agrícola los cuales son el aguacate, la guayaba y en menor cantidad plátano. En el deprimido formado por la quebrada el Sincho se aprecia una gran variedad de vegetación y flora nativa, entre las plantas que se distinguen están la Guadua, el Copillo, el Yarumo, el Tachuelo y demás fauna nativa.

Figura 44. Flora establecida en el predio



Nota: fotografías tomadas por el autor en la visita a la parcela de implantación.

4.2.2.2.3 Hidrografía. En cercanías de la zona se localiza el nacimiento de la quebrada El Sincho, que luego se vierte en la quebrada La Aguirre, y posteriormente pasa a ser parte de la microcuenca La Angula que es importante afluente del río Lebrija. El nacimiento de la quebrada El Sincho es utilizado como acueducto y riego de cultivos por los habitantes del sector y los predios vecinos.

Figura 45. Nacimiento quebrada El Sincho



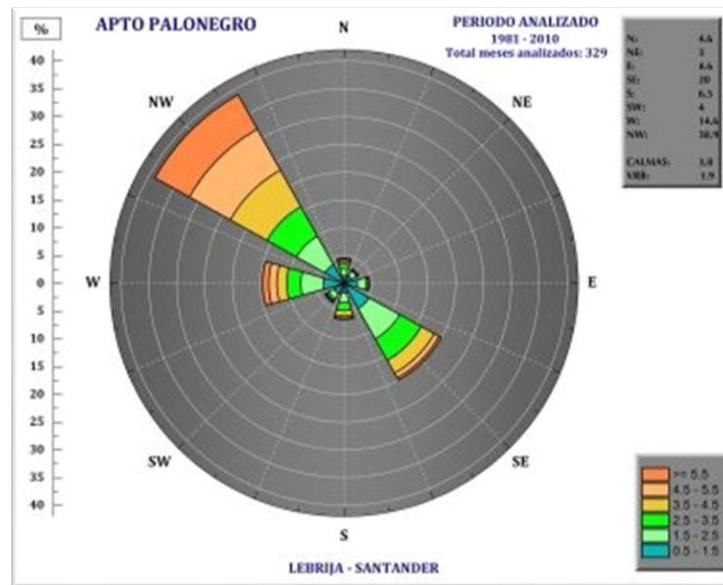
Nota: fotografías tomadas por el autor en la visita a la parcela de implantación.

4.2.2.2.4 Paisaje. Por la geomorfología del terreno se tienen vistas apreciables del paisaje sobre un ángulo de 180° de este a oeste en dirección norte. Se observa el paisaje quebrado característico de la zona, incluso se puede ver una parte de la cordillera oriental.

Figura 46. Registro fotográfico de las vistas del predio

Nota: fotografías tomadas por el autor en la visita a la parcela de implantación.

4.2.2.2.5 Vientos. Con los datos de la estación meteorológica aeropuerto Palonegro se obtiene que los vientos predominantes vienen en dirección noroeste un 38.9% de las veces, seguido del sureste con un 20% y en sentido este con un 14.4%, a lo largo del año. La velocidad promedio registrada del viento es de 5m/s una corriente de aire sin mucha fuerza que se considera un viento de calma.

Figura 47. Rosa de vientos aeropuerto Palonegro

Adaptado de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, s.f.).

Tabla 14. Datos de rosa de vientos aeropuerto Palonegro

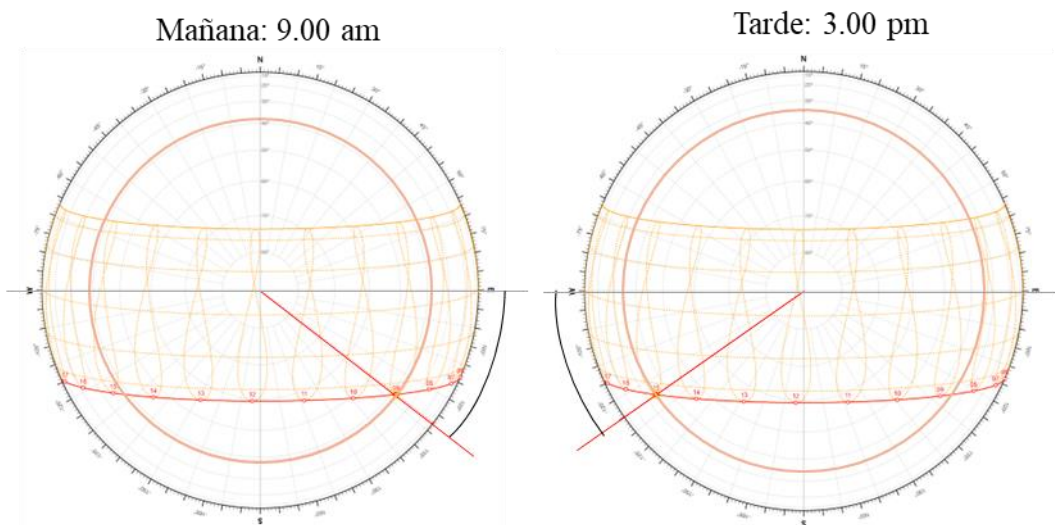
| Movimiento del aire | | | |
|------------------------------------------|-------------------------|-----------------|-------|
| Norte | 4.4 % | Noreste | 3 % |
| Este | 4.4 % | Sureste | 20 % |
| Sur | 6.5 % | Suroeste | 4 % |
| Oeste | 14.4 % | Noroeste | 38.9% |
| Dirección predominante del viento | 320° dirección noroeste | | |
| Velocidad promedio del viento | 5 m/s | | |

Adaptado de Rosa de vientos aeropuerto Palonegro (IDEAM, s.f.).

4.2.2.2.6 Carta solar y asoleamiento. Para obtener los datos solares, se registró la medición la medición de los datos en el solsticio de invierno que, corresponde al día 21 de diciembre, en las 9:00 horas y las 15:00 horas del día y el solsticio de verano que, corresponde al día 21 de junio, en las 8:30 horas y las 15:30 horas. Se escogieron estas situaciones porque son las más representativas en donde se presentan las mayores ganancias solares que pueden afectar a la vivienda.

Para el día 21 de diciembre los datos son los siguientes: a las 9:00 horas el ángulo de altitud del sol es de 38.30° y el ángulo de azimut de 28° . A las 15:00 horas el ángulo de altitud del sol es de 34.63° y el ángulo de azimut de 25° . La duración esperada del día es 11.42 horas con la declinación solar de -23.43° .

Figura 48. Carta solar correspondiente al solsticio de invierno, el día 21 de diciembre



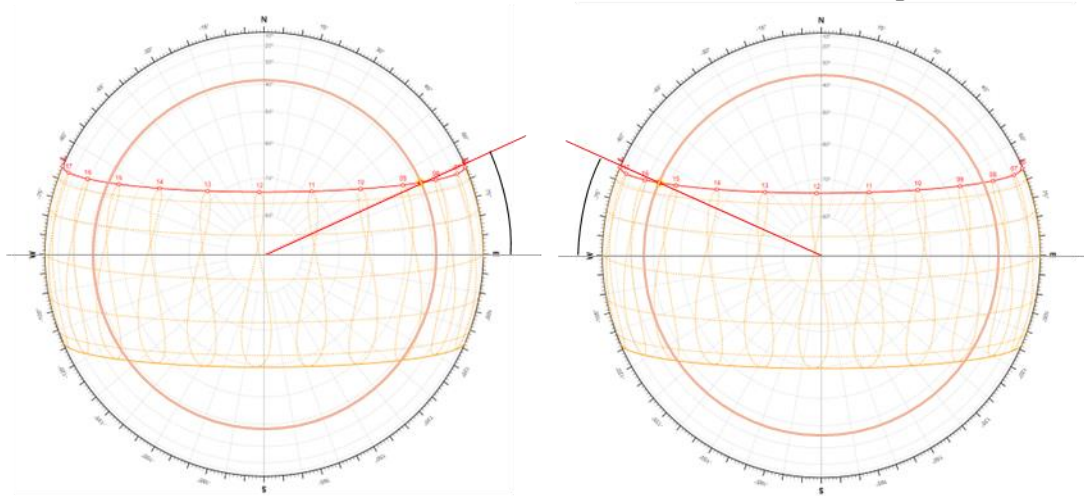
Adaptado del Software 2D sun-path (2021).

Para el día 21 de junio los datos son los siguientes: a las 8:30 horas el ángulo de azimut de 24° y el ángulo de altitud del sol es de 38.35° . A las 15:30 horas el ángulo de altitud del sol es de 35.96° y el ángulo de azimut de 24° . La duración esperada del día es 12.32 horas con la declinación solar de 23.43° .

Figura 49. Carta solar correspondiente al solsticio de verano, el día 21 de junio

Mañana: 8.30 am

Tarde: 3.30 pm



Adaptado del Software 2D sun-path (2021).

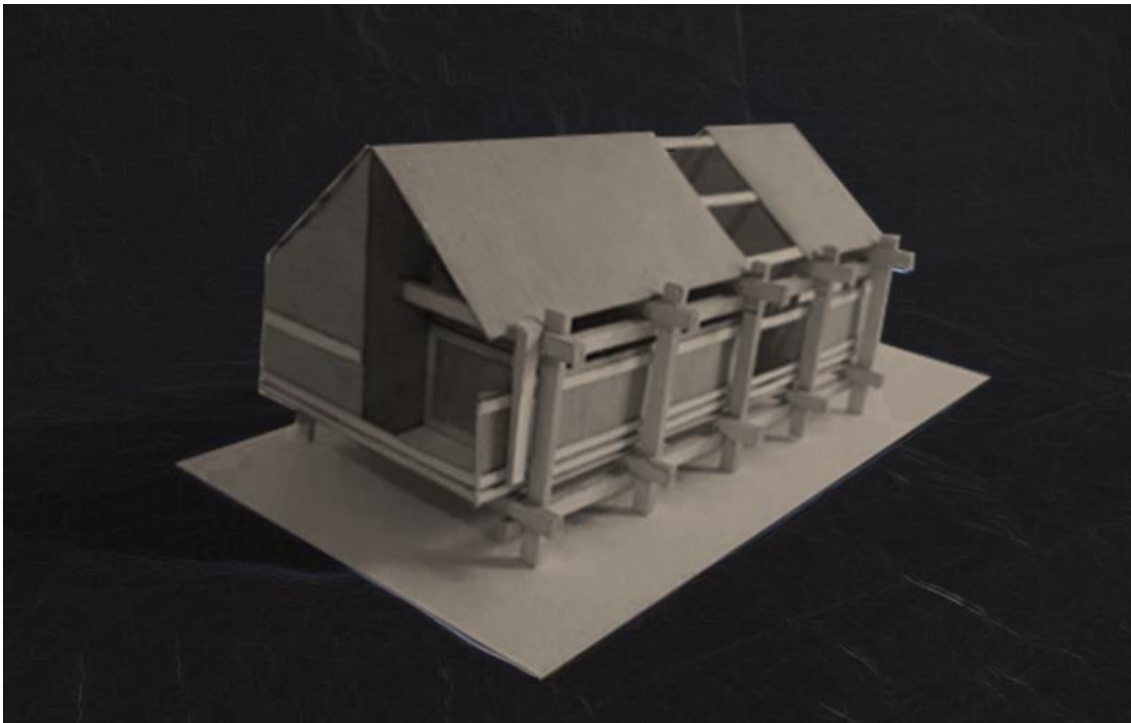
4.3 Concepto de diseño

Figura 50. Render del Proyecto



La idea del proyecto gira entorno de la búsqueda de resaltar la madera en el proyecto. Por esto se optó inicialmente por utilizar una estructura de poste-viga que estableciese una jerarquía, los pórticos de madera sobresalían al exterior mostrando las cualidades estéticas del material. En la concepción de la forma se pensó en una cubierta simétrica a dos aguas, el cual reflejaba la imagen característica de una cabaña. Se extruye la forma y con la volumetría resultante se sitúa una dilatación con la intención de separar el espacio de la vivienda y el espacio de trabajo.

Figura 51. *Maqueta de conceptualización inicial*



Se decidió explorar una alternativa más sencilla sin abandonar los planteamientos de la anterior propuesta. Utilizando cuadrícula que surgió del rectángulo áureo se trazaron dos líneas diagonales con las cuales se rompe la simetría de la cubierta, esta acción genera un espacio en doble altura en el que se pueden disponer áreas sociales. La dilatación del volumen anterior se

transforma en un patio interior dimensionado a través de la proporción aurea que conecta a los dos volúmenes resultantes, el de la vivienda y unidad productiva, que también esta dimensionados por un rectángulo áureo.

La forma alargada extiende los espacios sobre el horizonte en el sentido este-oeste, así, se genera una conexión sensorial entre el objeto y el paisaje, ampliando la percepción del espacio.

Figura 52. *Aplicación de la proporción áurea en la conceptualización de la idea*

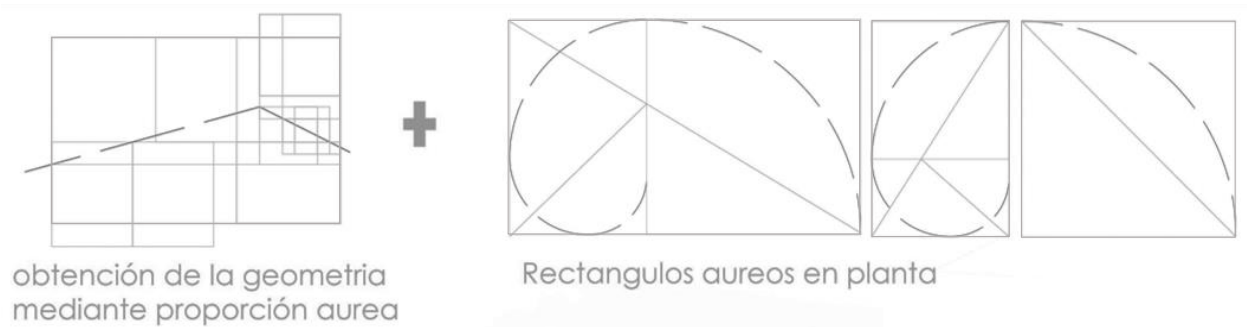
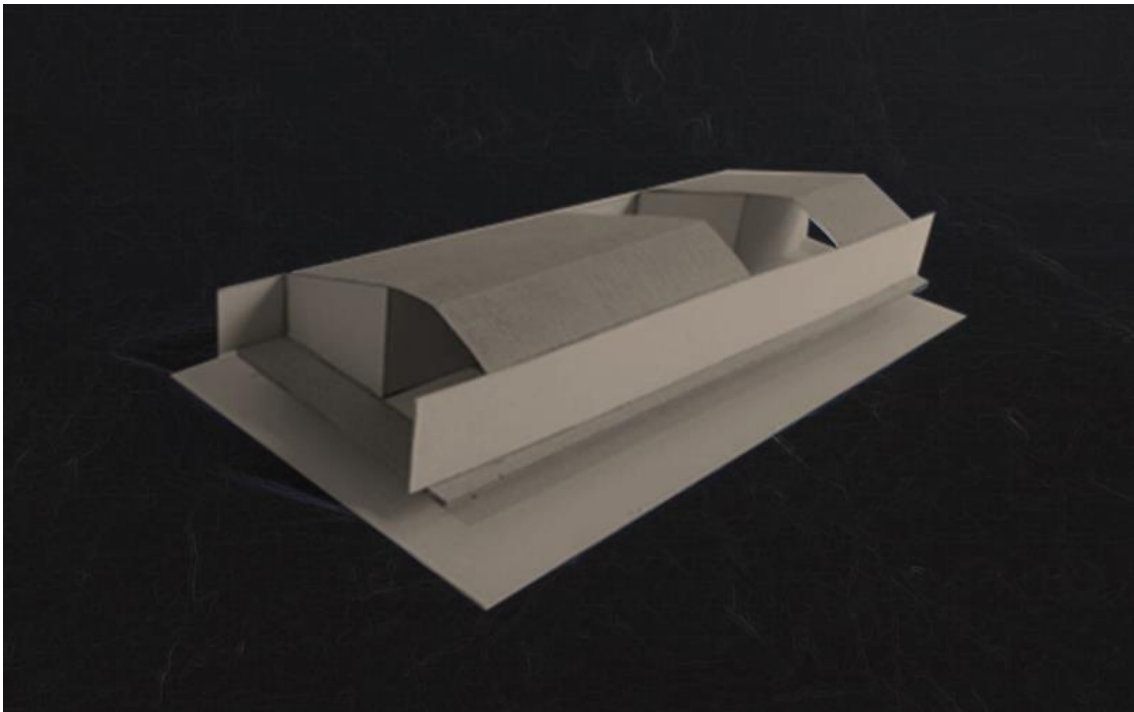


Figura 53. *Maqueta de conceptualización volumétrica*



Al tener los volúmenes de la vivienda y la unidad productiva juntos se formaba un conflicto entre los usos, pues al estar unidos por el patio interior existían cruces del acceso personas y el cargue de productos. Se eligió la opción de separar los volúmenes de la vivienda y la unidad productiva, además con esto se logra una mejor implantación en relación con el terreno. Para evitar la humedad natural del terreno las estructuras de madera se deben de aislar de este mismo, por lo mismo la volumetría se acomoda sobre una plataforma de postes que la elevan sobre la topografía inclinada del terreno.

Figura 54. *Maqueta final del proyecto*

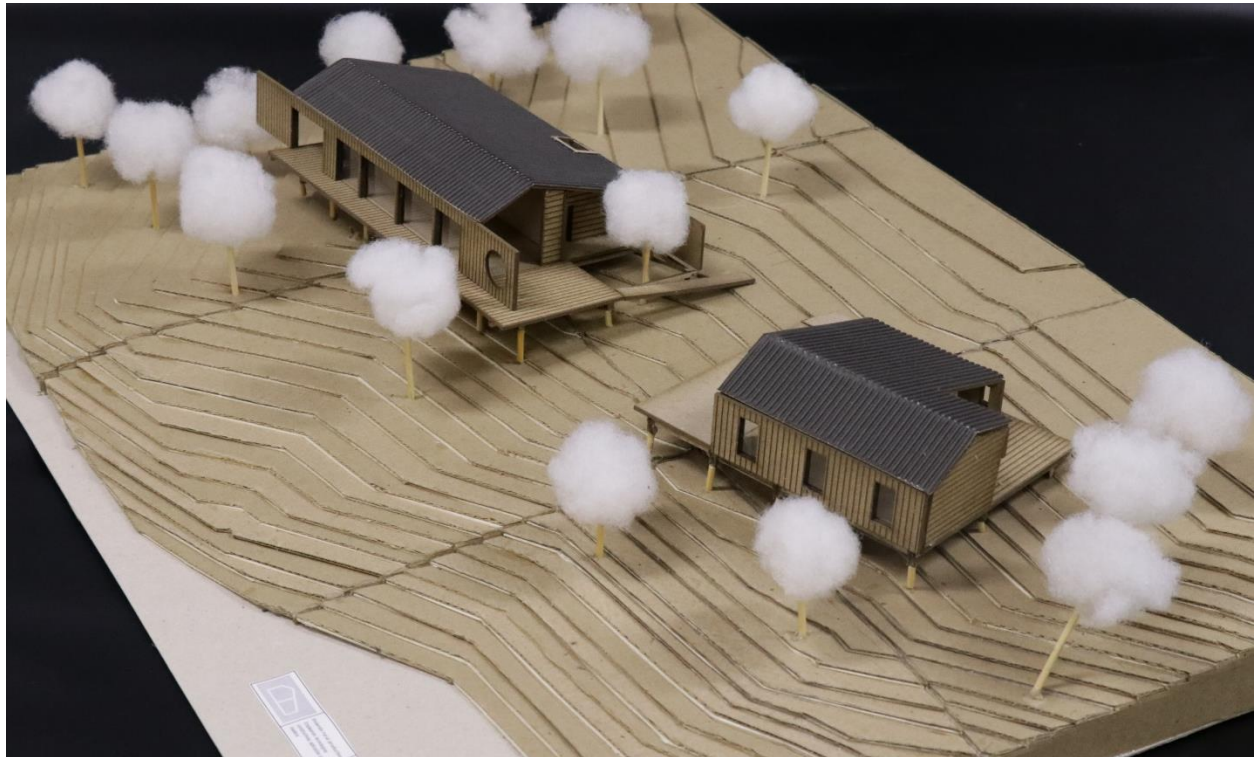


Figura 55. *Render del proyecto*

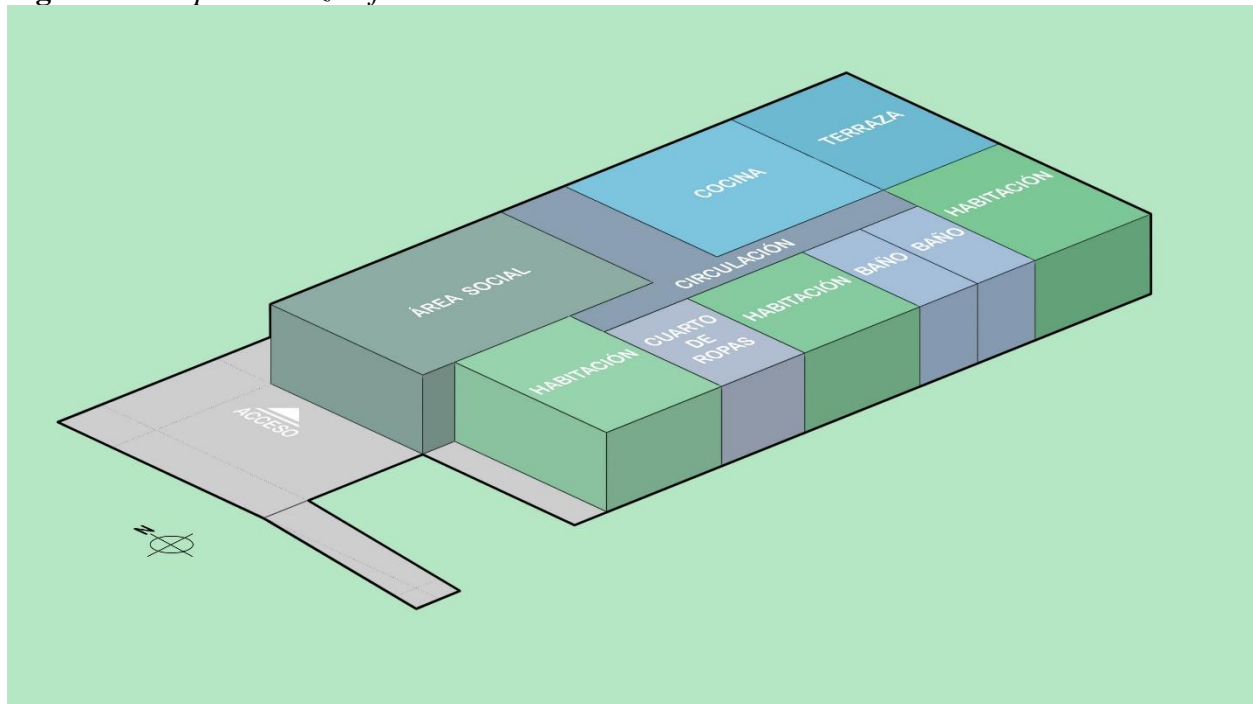
4.4 Organización espacial funcional

4.4.1 Vivienda

La zonificación de la unidad de vivienda se crea a partir de dos bloques de espacios los cuales se distinguen por contener espacios sociales y espacios privados. El bloque de espacios que miran hacia el norte se agrupan los espacios sociales, se establece una relación visual entre el acceso, la sala, la cocina-comedor y la terraza unidos por un techo a doble altura. Estableciendo una sensación de amplitud y diafanidad abriéndose a las vistas del paisaje y de los cultivos.

Por buscar mayor privacidad las habitaciones y el núcleo de servicios que la conforman el cuarto de ropas y los baños se ubican en el bloque que da hacia el sur, como esta es la parte del edificio que más se ve afectada por la radiación solar se cierran los espacios. Para aislar el ruido entre las habitaciones se ubica de por medio un área de servicios, así, habitación, cuarto de ropas, habitación, baños, habitación.

El bloque de espacios sociales y el bloque de espacios privados se conectan por medio de una pequeña circulación que está en medio de ambos bloques de espacios.

Figura 56. Esquema de zonificación de la vivienda**Tabla 15.** Cuadro de áreas vivienda

| Cuadro de áreas vivienda | | | |
|--------------------------|--------------------------------|---------------|-----------|
| Espacio | Número de usuarios por espacio | Área | |
| Sala social | 4 | 33.35 | M2 |
| Cocina – Comedor | 4 | 21.84 | M2 |
| Terraza | 4 | 17.20 | M2 |
| Habitación 1 | 2 | 18.32 | M2 |
| Baño 1 | 2 | 5.50 | M2 |
| Baño 2 | 2 | 5.50 | M2 |
| Habitación 2 | 1 | 12.00 | M2 |
| Cuarto de ropas | 1 | 8.00 | M2 |
| Habitación 3 | 1 | 16.56 | M2 |
| Circulación | 4 | 20.10 | M2 |
| Total | | 158.37 | M2 |

Nota: No se toma en cuenta el área entre muros para el cálculo del área de los espacios.

4.4.2 Unidad productiva

En el diseño de un ciclo de producción de alimentos se tiene que garantizar que su procesamiento sea lineal para evitar la contaminación del producto. La planta de la unidad productiva al igual que en la planta de la vivienda está dividida en dos bloques de espacios. El área destinada de trabajo y al almacenamiento de equipo e implementos necesario para realizar el mantenimiento de los cultivos está en el bloque que da al norte, y dispone de una plataforma de carga descubierta en donde ubicar una camioneta que es un medio de transporte común de mercancías en las zonas rurales. El bloque orientado hacia el sur se hallan los espacios de servicio para el área de producción tales como las bodegas de herramientas menores y abonos, un baño para trabajadores y una oficina con baño.

Figura 57. Zonificación de la unidad productiva

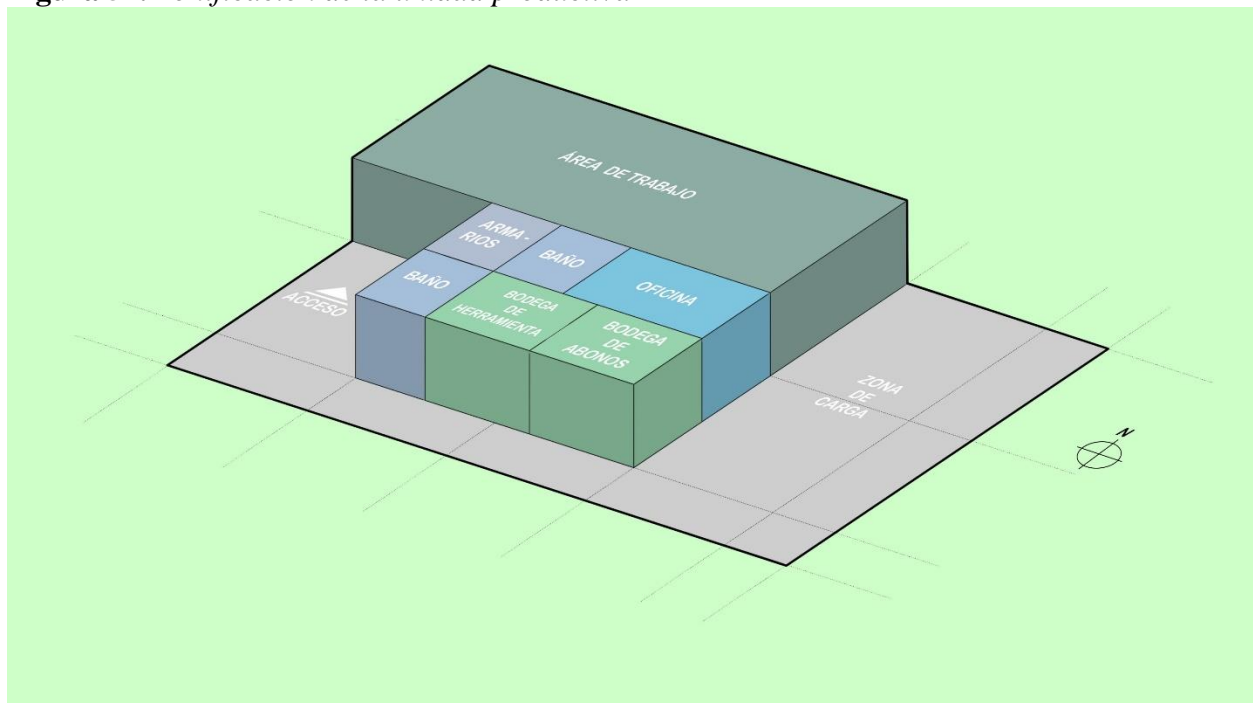


Tabla 16. Cuadro de áreas unidad productiva

| Cuadro de áreas unidad productiva | | | | |
|------------------------------------------|---------------------------------------|-------------|----|--|
| Espacio | Número de usuarios por espacio | Área | | |
| Área de trabajo | 4 | 50.10 | M2 | |
| Oficina | 1 | 8.15 | M2 | |
| Baño | 1 | 3.80 | M2 | |
| Armarios trabajadores | 4 | 4.5 | M2 | |
| Baño | 4 | 3.43 | M2 | |
| Bodega de herramienta menor | 2 | 5.6 | M2 | |
| Bodega de abonos | 2 | 5.54 | M2 | |
| Total | | 81.12 | M2 | |

Nota: No se toma en cuenta el área entre muros para el cálculo del área de los espacios.

Dentro del predio de implantación del proyecto se llevan a cabo dos desarrollos productivos: el cultivo de aguacate (papelillo) y cultivo de guayaba (pera).

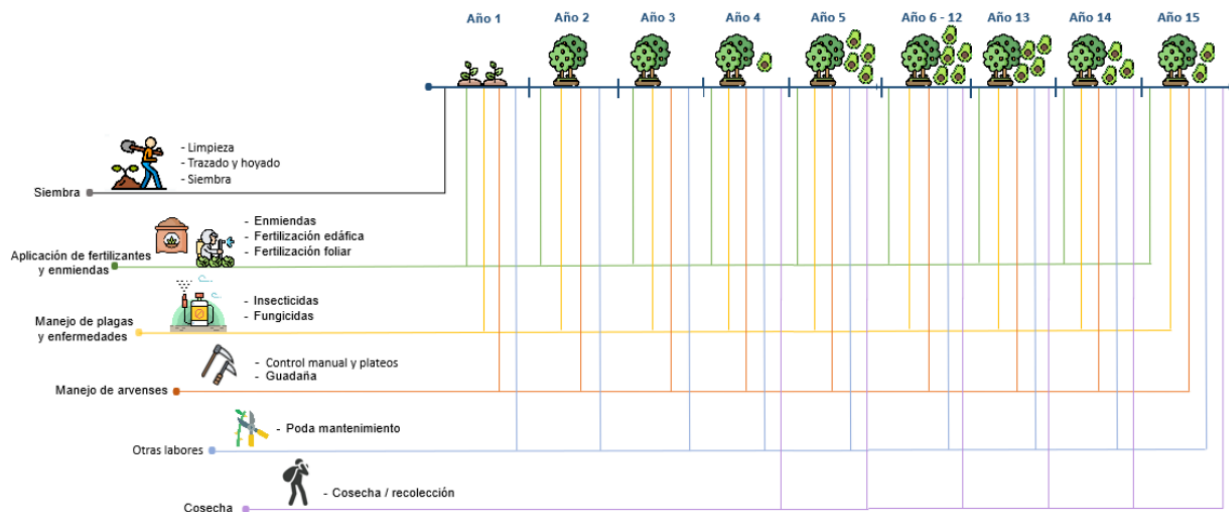
Cultivo de aguacate

El departamento de Santander es cuarto productor de aguacate a nivel nacional con 9.851 hectáreas sembradas y con una producción estimada de 10 toneladas por hectárea en una agroindustria de medianos y pequeños productores según datos de Minagricultura (2020).

Para la siembra y establecimiento del cultivo se debe trazar el terreno y elaborar hoyos de 70 centímetros de ancho por 60 centímetros de profundidad para la siembra de los patrones (plantas) adquirido en un vivero, estos patrones deben ser plantas sanas con por lo menos 15 hojas bien formadas con un color uniforme, después de la etapa de sembrado de los patrones para obtener un estado óptimo del cultivo se conviene realizar labores de mantenimiento tales como: deschuponada, tutorado, plateo, poda y fertilización (Instituto Colombiano Agropecuario y Asociación de Productores de Aguacate de El Retiro, 2009). El cultivo de aguacate es de tardío rendimiento lo que significa que inicia su producción el tercer año a partir de la siembra y se puede

prolongar por 20 años, dando una cosecha por año y los meses de mayor producción corresponden a septiembre, octubre y noviembre (Unidad de Gestión de Riesgos Agropecuarios, 2018).

Figura 58. *Actividades anuales durante el ciclo de producción del aguacate*



Adaptado de Fondo para el financiamiento del sector agropecuario (s.f.).

En las labores de la cosecha se ha de recolectar el fruto de manera manual con tijeras para cosecha evitando maltratar el fruto. Una vez recolectado el fruto se dispone en un área ventilada y a la sombra, pero evitando tenerla demasiado tiempo, máximo 24 horas entre recolección y entrega para evitar la maduración del fruto antes de la entrega al consumidor. La selección se realiza de acuerdo al peso y tamaño del fruto empacándolo en canastillas plásticas con fondo ranurado y sin relieves (ICA y APROARE SAT, 2009).

Cultivo de guayaba

El fruto de la guayaba se caracteriza por tener un alto contenido de vitaminas y es materia prima para la elaboración de dulces, jugos, mermeladas, jaleas y bocadillos (Fischer et al., 2012). Según datos de Minagricultura (2020) el departamento de Santander representa el 38% de la

producción nacional con estimado de producción de 13,1 toneladas por hectárea de guayaba común y una producción de 11,3 toneladas por hectárea para la guayaba pera.

Según Fischer et al (2012) la propagación de la de la guayaba se da sexualmente por semilla o asexualmente por medio de injerto por yemas, la diferencia entre cada forma de propagación es su tiempo de producción, la propagadas vegetativamente comienzan su producción a partir del segundo año mientras las de semilla comienzan en el cuarto año, aunque esta última tiene la ventaja de ser más longeva, ambos se pueden conseguir en viveros. Para el momento de la plantación se tienen que preparar hoyos de 80 centímetros de diámetro y de 80 centímetros de profundidad en suelos arcillosos con un mes de anticipación y al interior de los hoyos se debe revolver tierra con materia orgánica y fertilizante.

Durante el desarrollo del cultivo que puede tener una vida útil de hasta 20 años es indispensable realizar mantenimiento con “podas de formación, mantenimiento, producción, rejuvenecimiento y renovación” (Fischer et al., 2012, p.535). En la época de floración es indispensable el suministro de agua para evitar la pérdida de las flores y reducción de la cosecha. A demás el cultivo de guayaba es susceptible a problemas fitosanitarios que pueden limitar el cultivo, las plagas más comunes son la mosca de la plaga, ácaros de los cogollos, el gusano negro del guayabo y picudo de la guayaba.

La recolección de la cosecha se da dos veces al año una principal y otra secundaria llamada mitaca que coinciden con los periodos de lluvias. En Santander la cosecha principal se desarrolla en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, mientras la mitaca en los meses de junio, julio, y agosto (Toro y Salazar, 1986). El fruto de la guayaba es altamente perecedero por eso se enviar lo más rápido posible a la cadena de distribución luego de su recolección.

Tanto el fruto del aguacate y el fruto de la guayaba son productos que empiezan su proceso de maduración después de la recolección. Para la eficiencia del proceso de recolección se acomodan zonas de acopio dentro del predio en donde se coloca el fruto para el transporte directo en vehículos de carga hacia centros de acopio especializados.

Figura 59. Zonas de cultivo dentro del predio



Nota: el cultivo de aguacate tiene una extensión de 1.8 hectáreas y el cultivo de guayaba una extensión de 3.8 hectáreas aproximadamente.

4.5 Diseño bioclimático

Con apoyo de los aspectos climáticos y ambientales descritos anteriormente en el texto, en los apartados factores climáticos y factores ambientales del predio. Utilizando herramientas especiales de análisis bioclimático se proponen una serie de estrategias para alcanzar el confort al interior de la edificación y reducir el consumo energético de la esta. Además, se incluye un breve análisis del consumo energético de la vivienda hecho con la herramienta en Insight.

4.5.1 Climograma de Givoni

El climograma de Givoni es una herramienta utilizada en la arquitectura para determinar soluciones bioclimáticas en un primer momento del diseño usando las mediciones de temperatura mínima, temperatura máxima y humedad relativa el lugar. Con el objetivo de alcanzar una zona de confort térmico que contrarreste las condiciones desfavorables del entorno.

Tabla 17. *Temperatura y humedad del aire municipio de Lebrija*

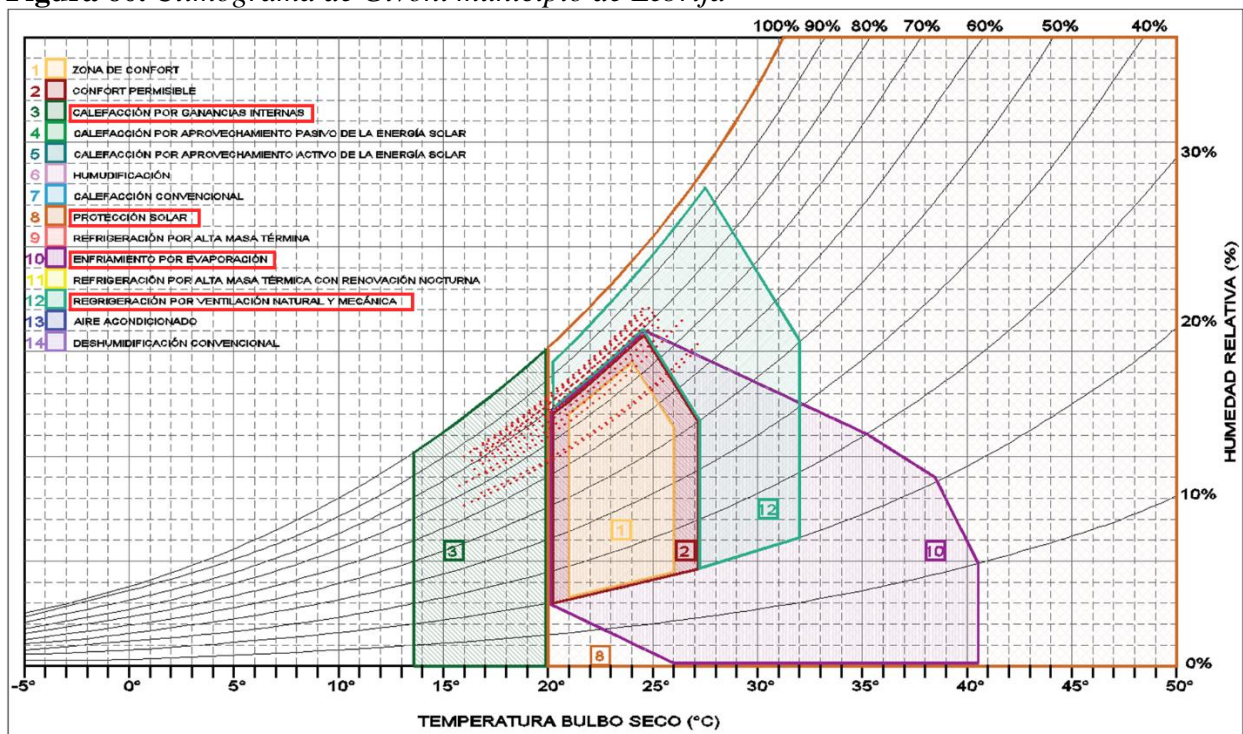
| Mes | Temperatura máxima | Temperatura mínima | Humedad relativa |
|-------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| Enero | 26.7 | 16 | 66 |
| Febrero | 27.1 | 16.8 | 66 |
| Marzo | 26.3 | 17.1 | 74 |
| Abril | 25.1 | 17.2 | 80 |
| Mayo | 24.8 | 17.1 | 82 |
| Junio | 25 | 16.8 | 80 |
| Julio | 25.2 | 16.5 | 78 |
| Agosto | 25.2 | 16.8 | 79 |
| Septiembre | 25 | 16.4 | 80 |
| Octubre | 24.5 | 16.4 | 82 |
| Noviembre | 24.4 | 16 | 82 |
| Diciembre | 25.5 | 15.8 | 74 |

Nota: los valores de la anterior tabla se encontraron en medidores del tiempo en la web y por mediciones propias hechas en aplicaciones de dispositivo móvil.

Con los valores de temperatura máxima, temperatura mínima y la humedad, para este clima templado húmedo las estrategias del climograma de Givoni son las siguientes:

- calefacción por ganancias internas
- protección solar
- enfriamiento por evaporación
- enfriamiento por evaporación natural o mecánica

Figura 60. *Climograma de Givoni municipio de Lebrija*



4.5.2 Análisis de radiación solar

La radiación solar es aquella emitida por el sol y en el diseño bioclimático cumple un rol importante pues uno de los factores que más afecta al confort térmico de un espacio. Conocer cómo incide la radiación solar un edificio es clave para proponer estrategias de control óptimas según

sea el caso. Para este cometido se usó el software de diseño Formit porque permite realizar un análisis solar el cual arroja datos de valores de radiación incidente (VRI).

Tabla 18. *Valores de radiación incidente VRI*

| Valores de radiación incidente (VRI) kwh/m2 | | | | | | |
|----------------------------------------------------|----------------|--------------|---------------|----------------|----------------|-------------------|
| Cara | 1/norte | 2/sur | 3/este | 4/oeste | 5/suelo | 6/cubierta |
| Superficie (m2) | 55.28 | 36.69 | 38.80 | 38.80 | 158.37 | 204.49 |
| VRI (equinoccio de primavera) | 70.6 | 250.1 | 613.4 | 628.4 | 299.5 | 968.3 |
| VRI (solsticio de verano) | 310.8 | 60.5 | 569.6 | 514.3 | 227.8 | 902.5 |
| VRI (equinoccio de otoño) | 101.7 | 203.8 | 590.6 | 594.1 | 306.7 | 952.7 |
| VRI (solsticio de invierno) | 56.2 | 516.2 | 516.4 | 549.1 | 245.4 | 930.4 |

Nota: los valores de la anterior tabla se calcularon utilizando el software de diseño Formit.

Las caras del edificio más afectadas por la radiación solar a lo largo del año son la fachada este con un VRI máximo de 613.4 kwh/m², la fachada oeste con un VRI máximo de 628.4 kwh/m² y la cubierta por la parte sur con un VRI máximo de 968.3 kwh/m². La fachada que mira al norte es la que menos se ve afectada por la radiación solar, solo recibe afectaciones solares durante el solsticio de verano alcanzando un VRI máximo de 310.8 kwh/m².

La evidencia gráfica de esta conclusión se ve a continuación donde los tonos azules representan bajos valores de radiación solar y los tonos rojos a amarillos representa un aumento de estos valores.

Figura 61. Incidencia de VRI sobre la vivienda en el equinoccio de primavera

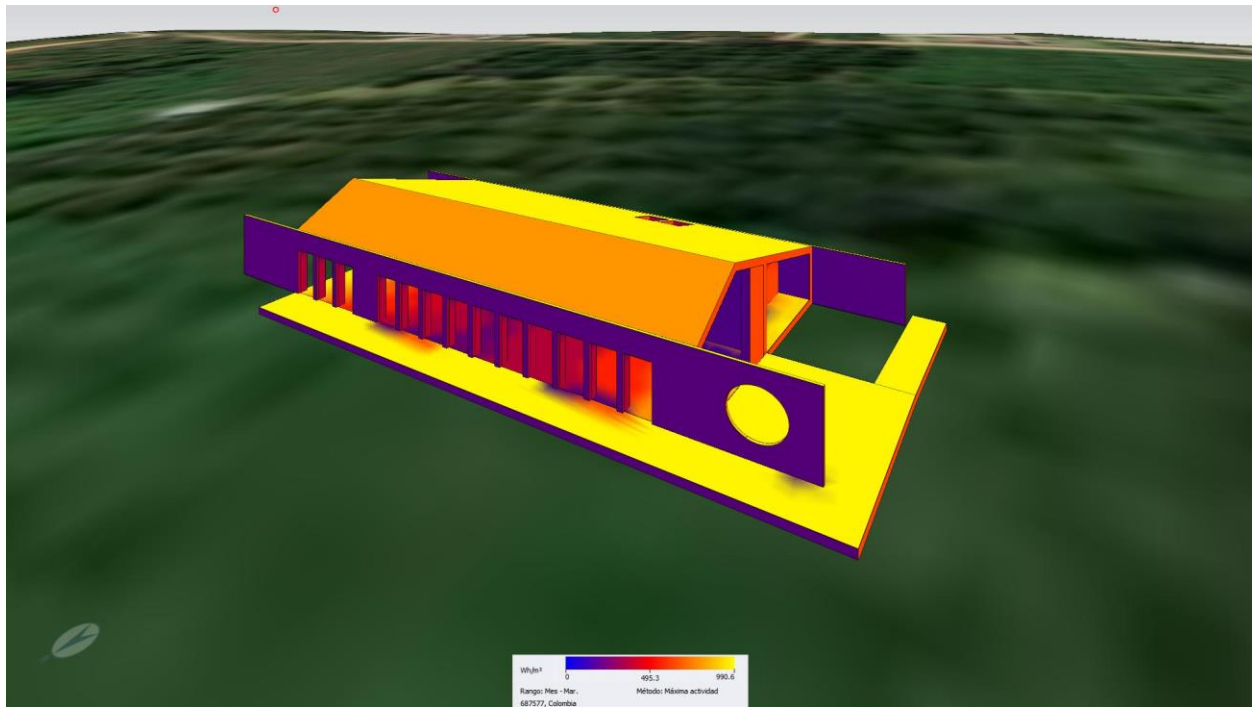


Figura 62. Incidencia de VRI sobre la vivienda en el solsticio de verano

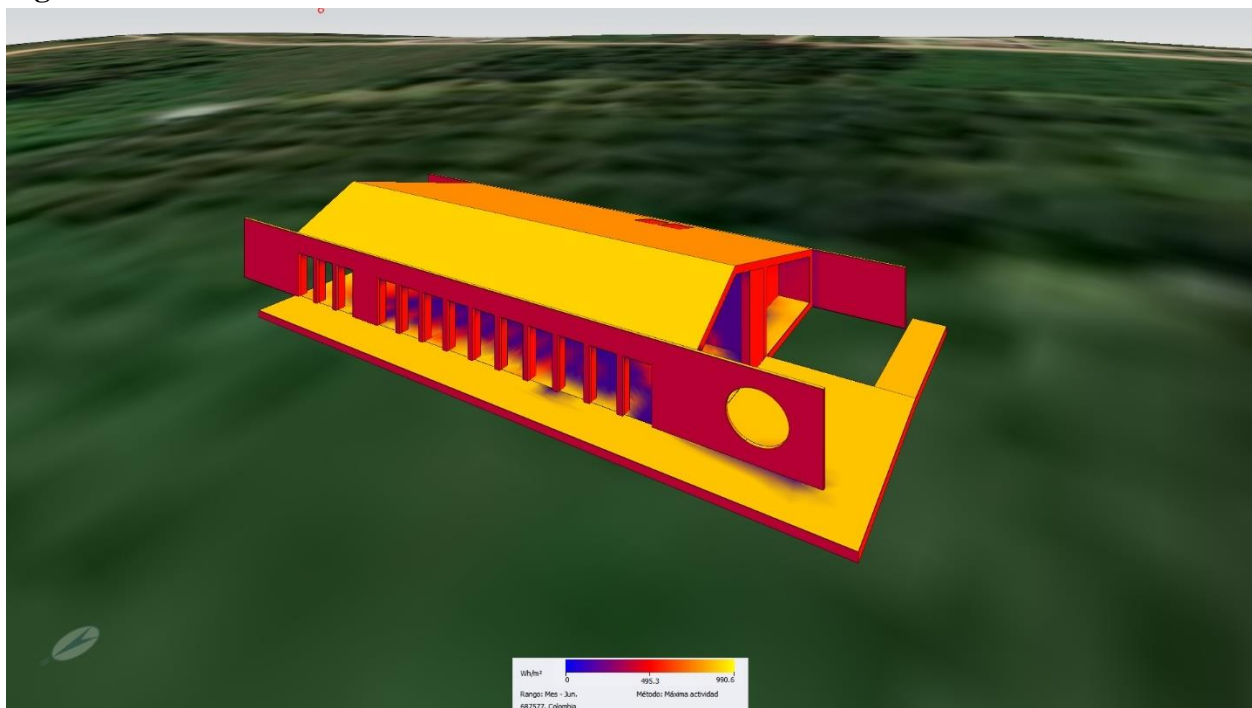
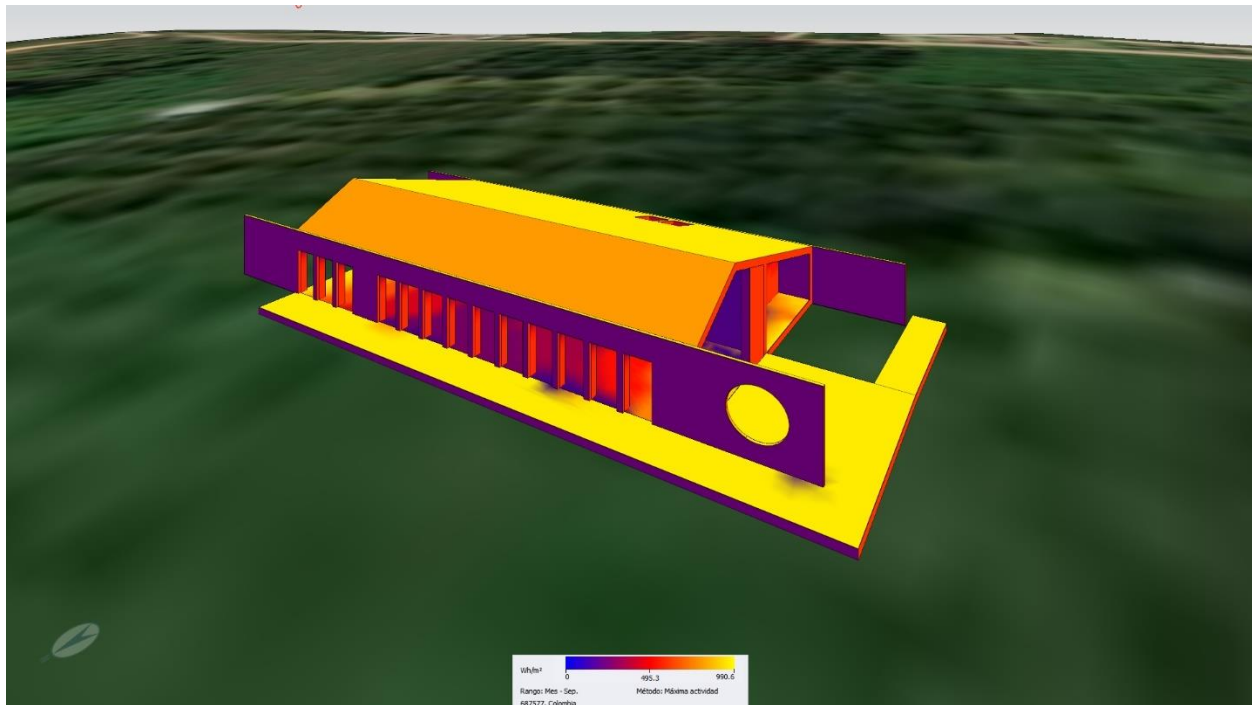
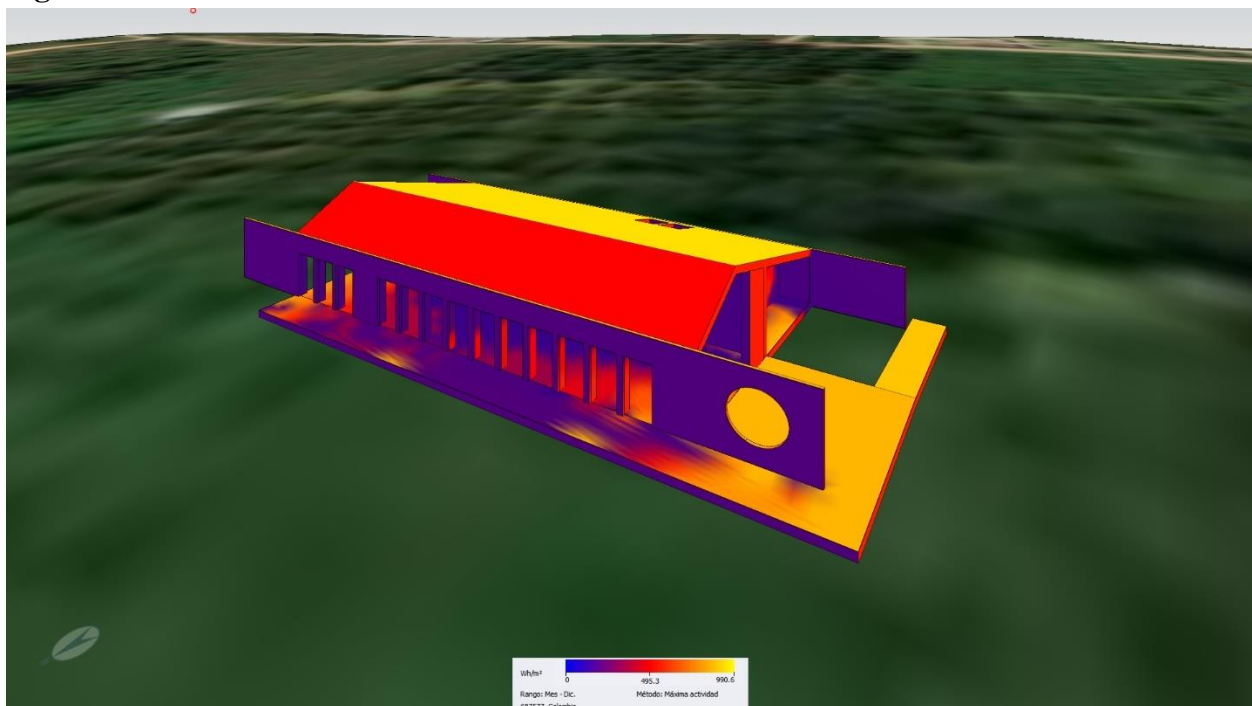
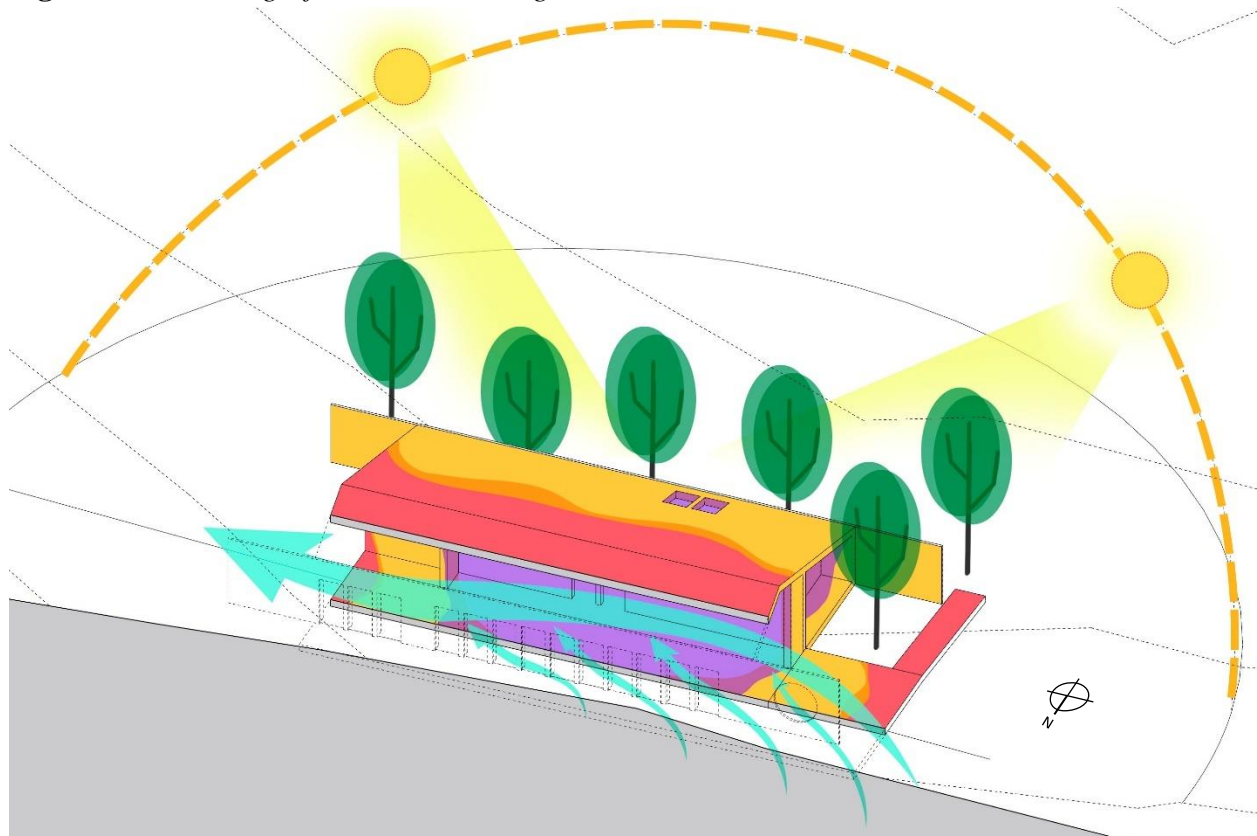


Figura 63. *Incidencia de VRI sobre la vivienda en el equinoccio de otoño***Figura 64.** *Incidencia de VRI sobre la vivienda en el solsticio de invierno*

4.5.3 Estrategias bioclimáticas

Las estrategias bioclimáticas de control ambiental planteadas en el proyecto son las siguientes:

- La orientación del edificio según la forma lineal que actúan mejor durante todo el año si se extienden en dirección este-oeste. Esta acción reduce el área de las fachadas este y oeste pues son las más afectadas por la radiación solar.
- Sistemas de Inercia térmica en muros y cubierta. El sistema constructivo permite aplicar un material aislante de espesor 30 cm con gran capacidad de inercia térmica, adsorbiendo energía durante el día y liberándola en la noche una temperatura estable en el interior. Esta estrategia es ideal para esta zona climática donde la temperatura entre el día y la noche suele variar.
- Ventilación natural cruzada permitiendo la renovación del aire en el interior se da manteniendo aperturas en la vivienda en las fachadas que permitan la circulación del arie proveniente en dirección noroeste.
- Aperturas en fachada norte para consentir el paso de la iluminación natural al interior de la vivienda. En esta fachada se proponen las mayores aberturas del edificio por ser la que menos se ve afectada por la radiación solar, a mitad de año para controlar la radiación de esta fachada se propone utilizar pantallas flexibles como toldos o cortinas.
- Aprovechamiento de las obstrucciones vegetales existentes en el predio. En este caso para atenuar la radiación solar sobre la cubierta y la fachada sur se utiliza la línea de árboles de aguacate situados detrás de la vivienda funcionando como si fuesen un parasol natural.

Figura 65. *Síntesis gráfica de las estrategias bioclimáticas*

4.5.4 Análisis consumo energético con la herramienta Insight

El análisis inicial de la herramienta Insight se registró que el consumo energético de la vivienda era de 136.2 kwh/m². Ahora aplicando las estrategias bioclimáticas y los sistemas de control ambiental planteadas en el proyecto se redujo los cálculos del consumo energético a más de la mitad, el valor de consumo paso de 136.2 kwh/m² a 52.6 kwh/m². Cumpliendo con los estándares óptimos de consumo de la agenda climática 2030.

Figura 66. Consumo energético de la vivienda



Nota: El coste de consumo energético de 4.30 USD/m² equivale a 20.751,22 COP/m² ajustada a la tasa de cambio del día 10 diciembre de 2022.

Adaptado del Software Insight (2022).

4.6 Sistema constructivo

Para la implementación del sistema constructivo hay que cumplir con los conceptos planteados en el objetivo y los marcos referentes. Utilizando la madera como material constructivo apoyándose en los principios de la prefabricación y la construcción modular. El sistema constructivo que se ajusta a los requerimientos es el desarrollado por WikiHouse, el ensamble de piezas de madera manufacturadas mediante un enrutador CNC. Recordar que WikiHouse trabaja mediante una licencia de código abierto, la CC BY-SA 4.0 International.

El sistema desarrollado por WikiHouse se clasifica dentro de la prefabricación cerrada. Las piezas son creadas por un módulo base que limita el número de variantes lo que favorece la estandarización de los componentes asegurando que el montaje en obra sea sencillo. La unión de todas las piezas crea una unidad completa la cual se forman un módulo de diseño que repite de manera aditiva a lo largo del eje horizontal. Para desarrollar el montaje se debe contar con algunas herramientas:

- Láminas de madera contrachapada de dimensión 1220x1440 mm y un espesor de 18 mm.
- Martillo de golpe muerto o mazo de goma.
- Pistola de clavos o taladro atornillador.
- Correa de amarre de carga.

Totalmente el diseño de las piezas de ensamblaje se realiza con apoyo de un programa CAD (diseño asistido por ordenador), pero el enrutador CNC funciona leyendo un código G el cual se obtiene de un programa CAM (manufactura asistida por ordenador). Cuando se tengan las piezas ya cortadas, el proceso de montaje es bastante sencillo, se parece al armado de piezas de lego. Estos fragmentos planos resultantes del corte se unen con cuñas formando un pórtico, luego se levantan y se unen estos pórticos estableciendo el módulo de diseño, por último, se arriostra la

estructura colocando las piezas horizontales, verticales y del techo al interior y al exterior del edificio. Para garantizar fuerza de las uniones están se deben reforzar con clavos o estar atornilladas.

Figura 67. Producción de planos de piezas para corte

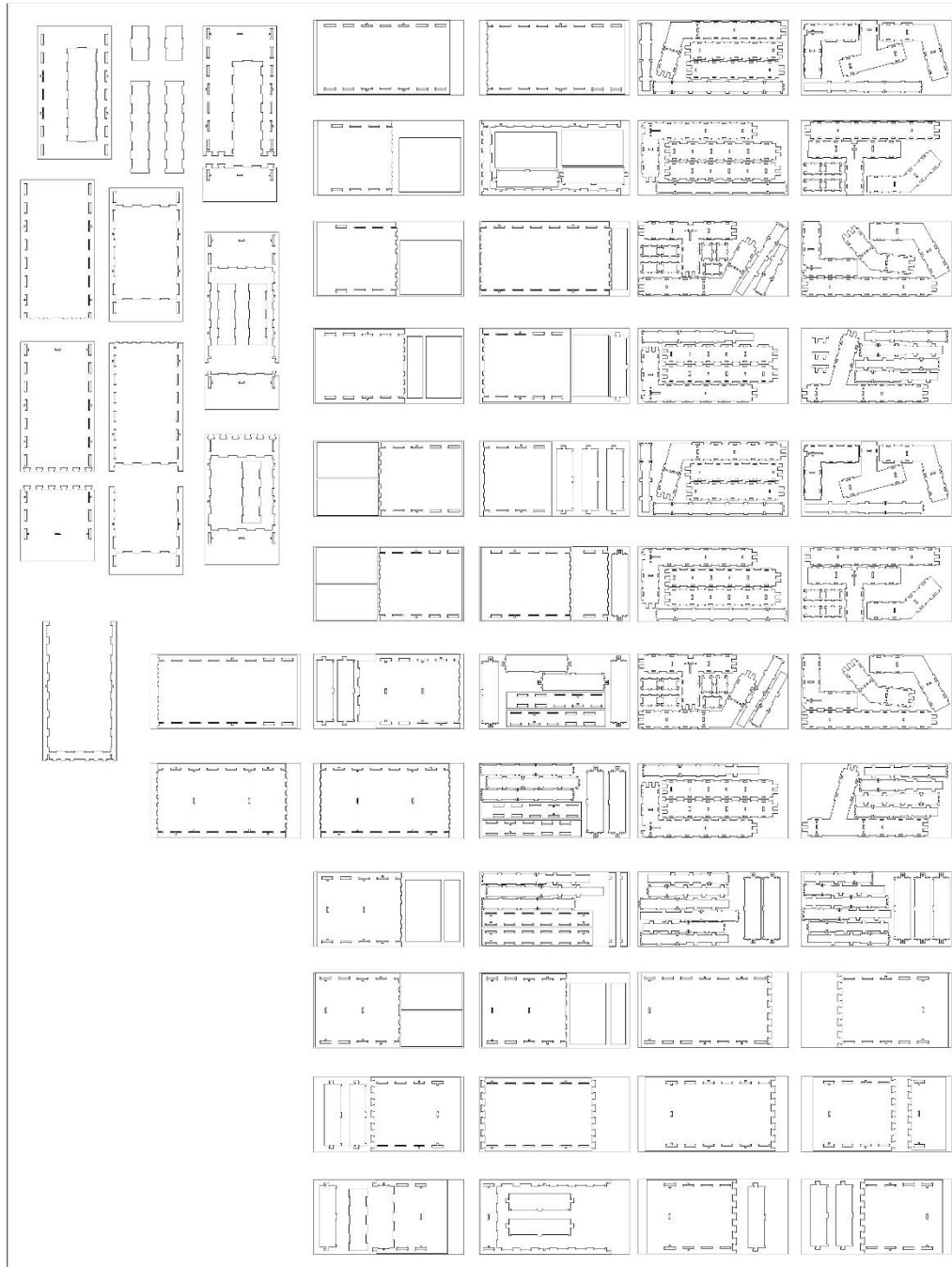


Figura 68. *Ensamble de piezas para crear un pórtico estructural*

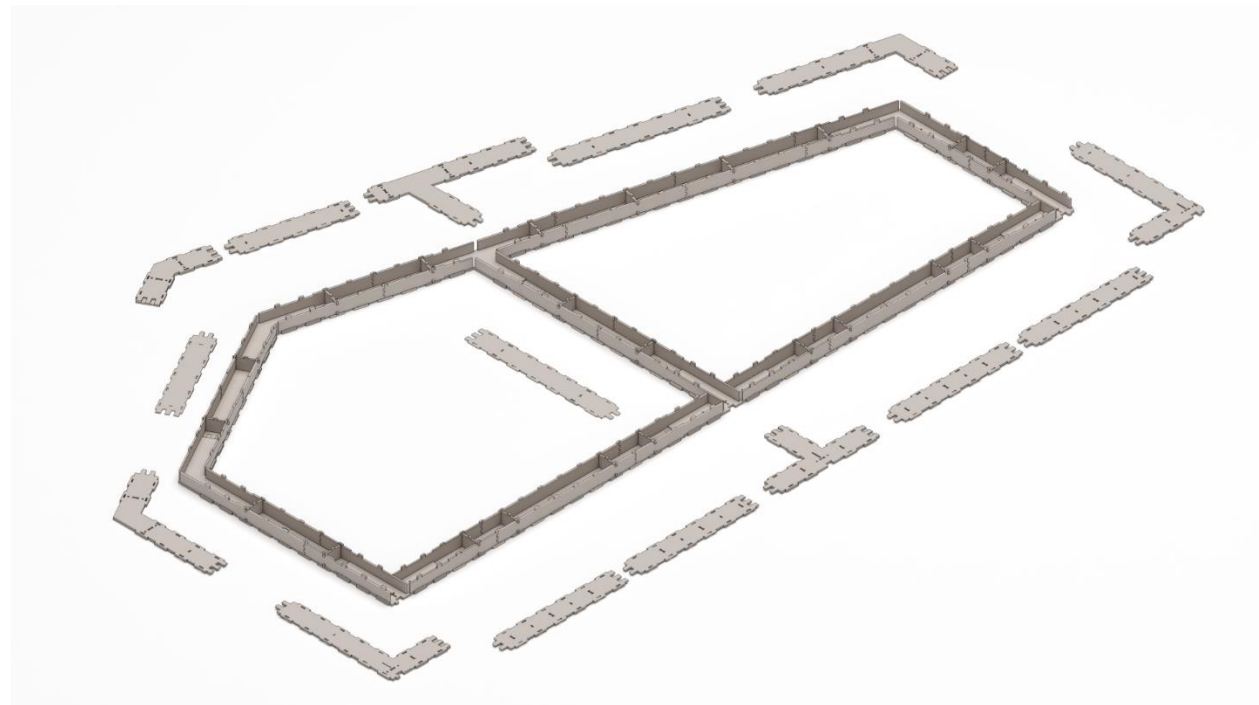


Figura 69. *Levantamiento de dos pórticos a fin de establecer el módulo de diseño*

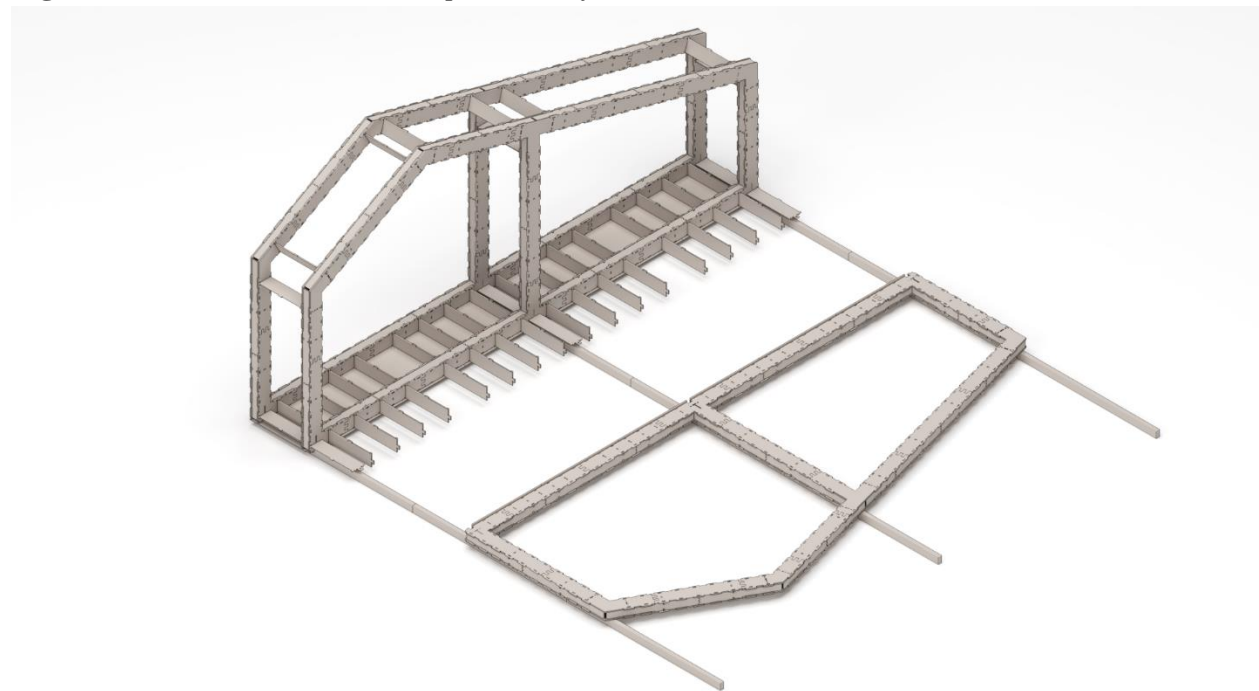


Figura 70. *Completar el levantamiento de la totalidad de los pórticos del proyecto*

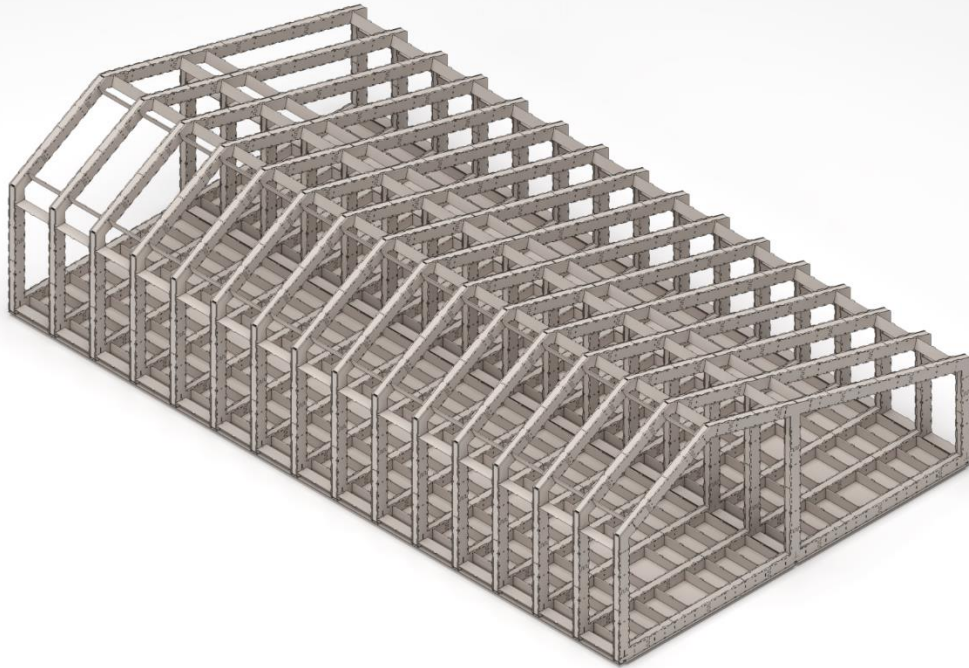


Figura 71. *Arriostrar los módulos de diseño con láminas que rigidizan la estructura*

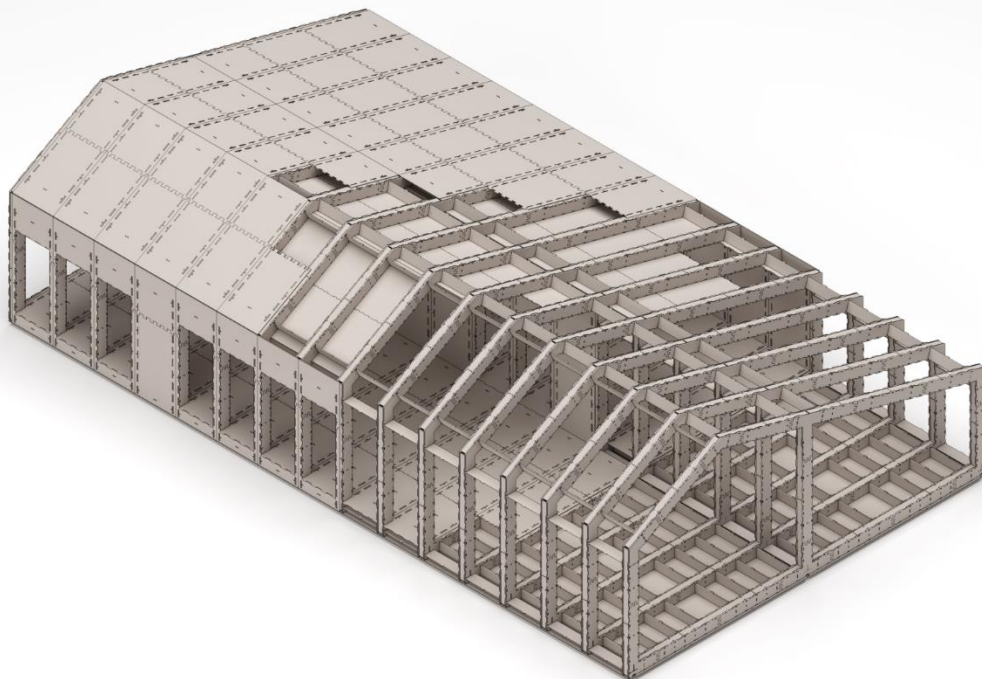


Figura 72. Terminar el arriostre de todos los pórticos para instalar de los acabados finales

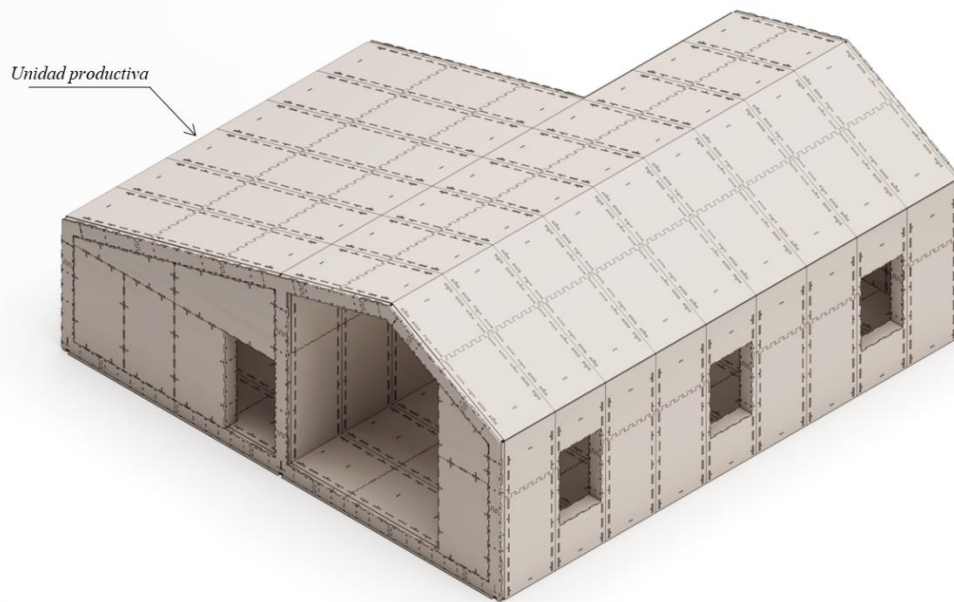
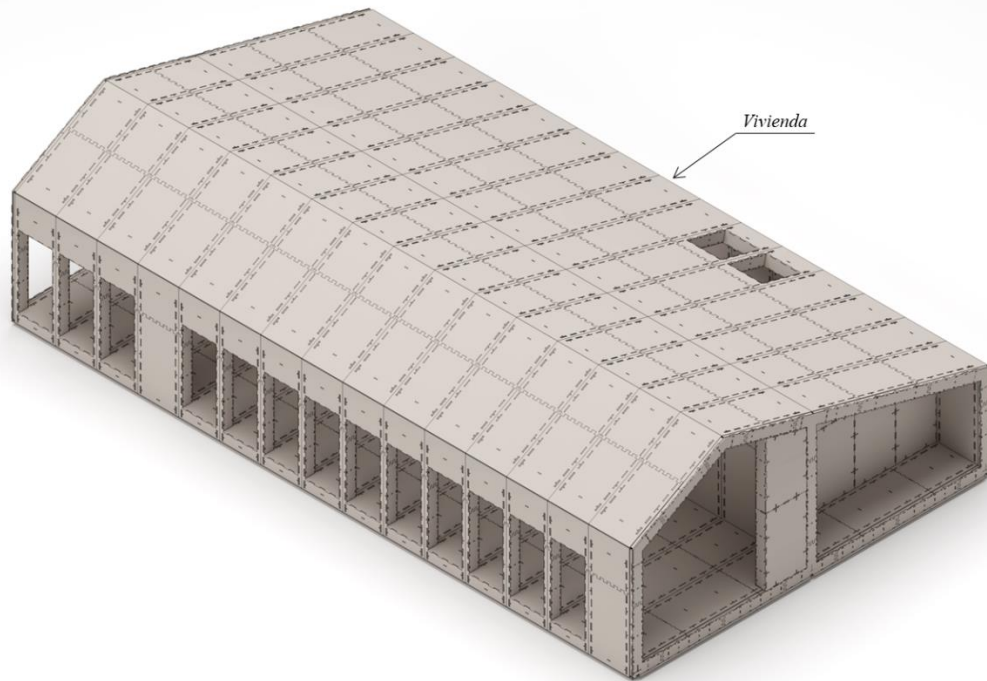


Figura 73. *Ensamble del módulo de diseño en maqueta*

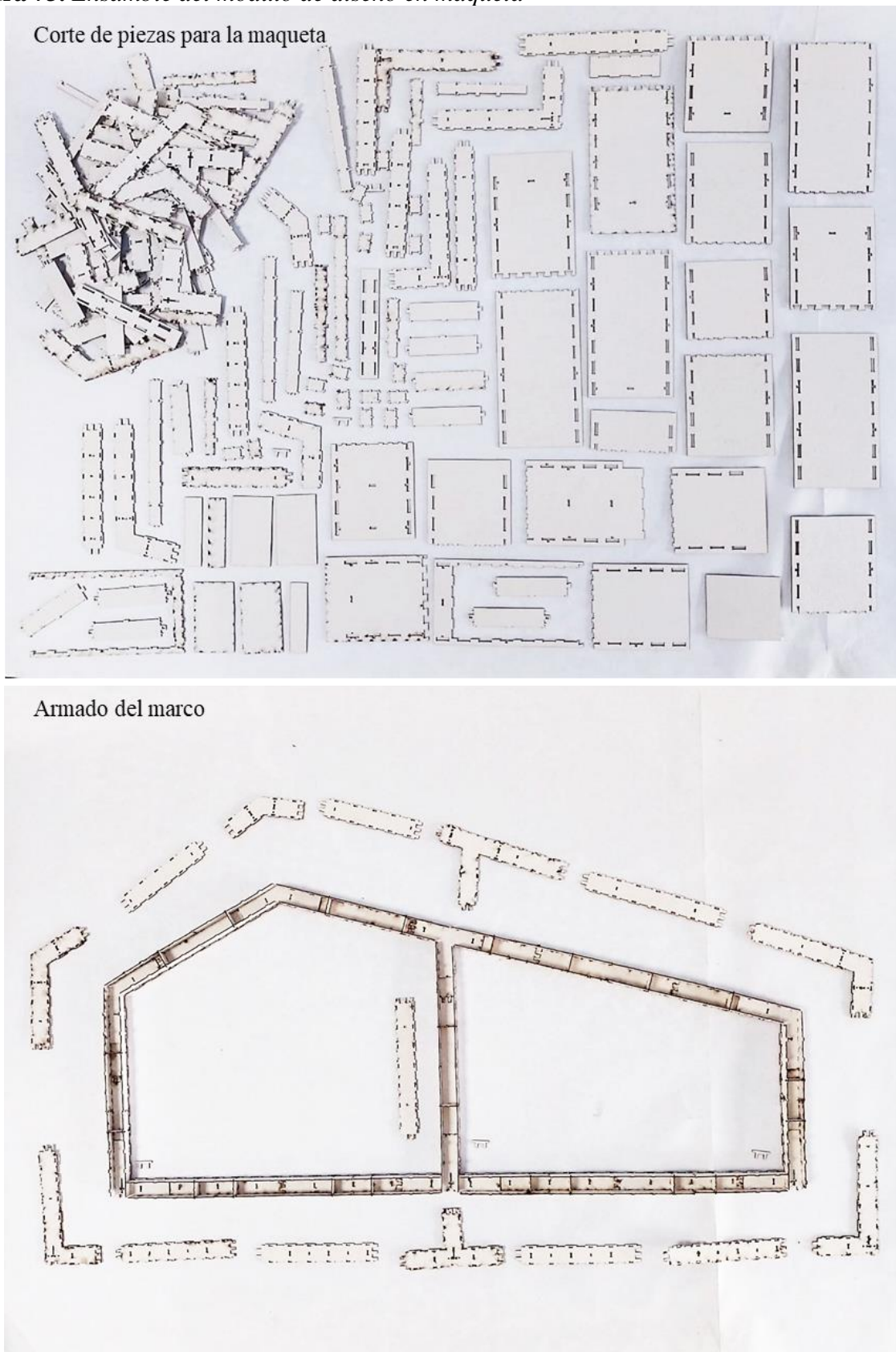
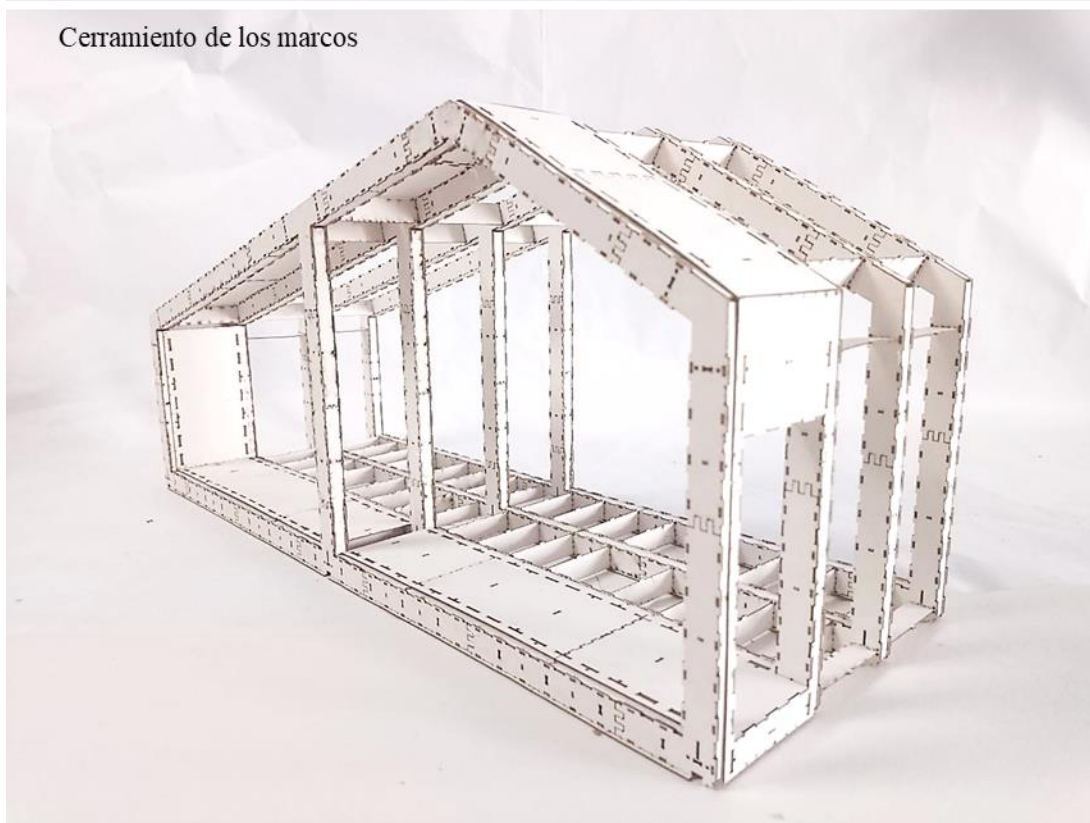
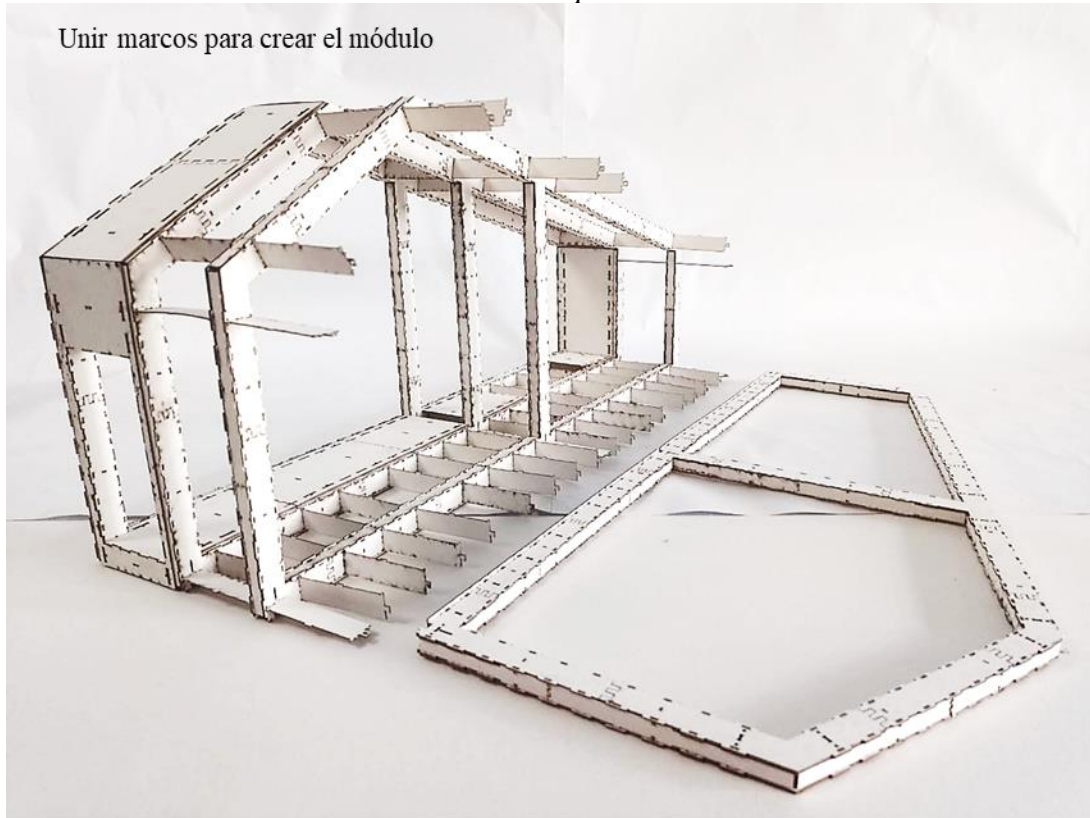


Figura 74. *Ensamble del módulo de diseño en maqueta*



5. Conclusiones

Ante un mundo que se desarrolla constantemente y de manera acelerada, el medioambiente ha llevado a ocupar un lugar central en las sociedades. ¿Cómo pueden los profesionales en construcción y arquitectura lograr superar este aspecto y brindar alternativas que satisfacen las necesidades del usuario, cuando incluso en la propia construcción se emiten grandes cantidades de dióxido de carbono? Sin embargo, una cosa es clara, entre la diversidad de material que es usado en construcción, tales como el ladrillo, el concreto, el acero, entre otros; la madera ha sobresalido por su impacto o, mejor dicho, su poco impacto medioambiental. De allí que el presente proyecto haya encontrado en la madera, la alternativa que mejor cumple con los estándares a la hora de construir la vivienda, una alternativa edificadora que promueva el uso de esta.

A medida que se desarrolla el escrito, se realiza un análisis de las características físico-ambientales del municipio de Lebrija que han permitido determinar los factores geográficos, datos climáticos, los principales desarrollos económicos (campo) y datos poblacionales. Continuando con un acercamiento directo donde se realizó un reconocimiento al predio de implantación ubicado en Puyana, estableciendo las características de esta. Una vez obtenida la información se realizó un diseño formal que responde a las condiciones del predio, las necesidades de la familia y el diseño bioclimático del consumo energético en base a un control ambiental.

El sistema constructivo propuesto cumple con las condiciones descritas en el documento, utiliza la madera como material, aplica los conceptos de la prefabricación y la construcción modular, trabaja con el apoyo del control numérico computarizado (CNC).

El resultado final del proyecto fue el desarrollo de una vivienda rural de 160 m² para una familia de productores agrícolas en la vereda Puyana junto a la unidad productiva 80m², en un predio donde actualmente se ejerce una actividad de explotación agrícola; cumpliendo con la

construcción en madera de la vivienda y la unidad productiva, ajustado a las necesidades de la familia de productores, las condiciones del lugar y del municipio.

Así, el trabajo ejercido permite introducir una nueva técnica constructiva desarrollada internacionalmente por WikiHouse, en cuanto a la construcción regional y/o nacional. El sistema constructivo de la vivienda puede ser manufacturado localmente con el apoyo de un enrutador CNC, que permite elaborar piezas planas de madera contrachapada; en cuanto al montaje sencillo, consistió en el ensamblaje de piezas de madera que fomentan su propia autoconstrucción.

La necesidad de plantear nuevas soluciones me condujo a encontrar una nueva forma de construir, una que no conocía hasta que decidí trabajar con un material tan hermoso como lo es la madera. Este proyecto trae consigo otra alternativa para construir distinta a las que estamos acostumbrados, una eficiente con el medio ambiente, y que aprovecha al máximo el uso de la tecnología. Brindando un proceso constructivo sencillo y de calidad el cual beneficia a al usuario.

Referencias

- Araujo, R. (2013). Cadenas de montaje. *Revista arquitectura viva*, (156), 7-17.
- Basso, F. (1968). *Prefabricación e industrialización en la construcción de edificios*. Editores técnicos asociados, S. A.
- Blanco Álvarez, J. L. (2003). Estudio relativo a la construcción modular [Tesina, Universidad Politécnica de Cataluña]. <http://hdl.handle.net/2099.1/6198>
- Casa 205 / H Arquitectes (17 de diciembre de 2008). ArchDaily Colombia. <https://www.archdaily.co/co/02-13295/casa-205-h-arquitectes>
- Casa Tacna / PAR Arquitectos (24 de abril de 2019). ArchDaily Colombia. <https://www.archdaily.co/co/915726/casa-tacna-par-arquitectos>
- Censo Nacional de Población y Vivienda. (2018). Ficha técnica Lebrija. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. <https://sitios.dane.gov.co/cnpv/#!/>
- Confederación Española de Empresarios de la Madera. (2010). Guía de construcción en madera [Archivo PDF]. https://egoin.com/wp-content/uploads/2021/03/Guia-Construccion_en_madera.pdf
- Consejo municipal de Lebrija. (2003). Esquema de ordenamiento territorial para el municipio de Lebrija. Alcandía municipal de Lebrija, Santander.
- Consejo municipal de Lebrija. (2020). Plan de desarrollo 2020 - 2023. Alcandía municipal de Lebrija, Santander. <https://www.lebrija-santander.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/PLAN%20DE%20DESARROLLO%202020%20-%202023.pdf>

Cristancho, V. Buitrago, A. Corredor, L. (1991). Cultivo de piña. Servicio Nacional de Aprendizaje.

https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5505/cultivo_de_pi;jsessionid=E2CC6A5E1B3B6E36271C399CE53F3160?sequence=1

Fernández-Golfín, J. (2018). Propiedades de la madera. En FSC España (Ed.), En Madera, otra forma de construir. El material constructivo sostenible del siglo XXI. (pp. 54-65). FSC España. <https://www.aeim.org/documentos/Enmaderaotraformadeconstruir.pdf>

Fischer, G. Melgarejo, L. Miranda, D. (2012). Guayaba (*Psidium guajava* L.). En G. Fischer (Ed.), Manual para el cultivo de frutales en el trópico (pp. 526-549). Editorial Produmedios. https://www.researchgate.net/profile/Gerhard-Fischer-2/publication/256680804_Guayaba_Psidium_guajava_L/links/5e7a69dc92851cdfca2f55d6/Guayaba-Psidium-guajava-L.pdf

Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario. (s.f.). Agroguía aguacate criollo. [Archivo PDF]. https://www.finagro.com.co/sites/default/files/2022-05/aguacate_criollo_santander.pdf

Fonseca, L. y Saldarriaga, A. (1984). La arquitectura de la vivienda rural en Colombia. Editorial Carrera 7a Ltda.

Galván, J. (2018). Prologo, La madera. En FSC España (Ed.), En Madera, otra forma de construir. El material constructivo sostenible del siglo XXI. (pp. 8-9). FSC España. <https://www.aeim.org/documentos/Enmaderaotraformadeconstruir.pdf>

- Galván, J. (2018). Productos técnicos de madera para construcción. En FSC España (Ed.), En Madera, otra forma de construir. El material constructivo sostenible del siglo XXI. (pp. 128-145). FSC España. <https://www.aeim.org/documentos/Enmaderaotraformadeconstruir.pdf>
- Galván, J. Llinares, M. Gallego, V. Segura, B. (2018). Eliminar barreras: los fantasmas de la madera. En FSC España (Ed.), En Madera, otra forma de construir. El material constructivo sostenible del siglo XXI. (pp.68-69). FSC España. <https://www.aeim.org/documentos/Enmaderaotraformadeconstruir.pdf>
- Giraldo, J. (1988). La vivienda rural, base del desarrollo integral. Tercer mundo editores.
- Guardiola Lince, C. y Velandia Rayo D. A. (2020). La estructura administrativa y de gestión público-privada en la promoción de vivienda rural en Colombia: Análisis de actores en el periodo 2014-2018. Dearq n° 28, 60-71. <https://doi.org/10.18389/dearq28.2020.06>
- Instituto Colombiano Agropecuario y Asociación de Productores de Aguacate de El Retiro. (2009). Manual técnico de aguacate. [Archivo PDF]. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Normatividad/Paquete%20Tecnologico%20Aguacate.pdf>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2022). Consulta catastral de predios en Colombia. <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/consulta-catastral>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (s.f.). atlas de viento de Colombia. Ministerio de Medio Ambiente. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/atlas-de-colombia>

Ley 99 de 1993. por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. 22 de diciembre de 1993. D.O. No. 41.146.

Ley 160 de 1993. Por la cual se crea el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino, se establece un subsidio para la adquisición de tierras, se reforma el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria y se dictan otras disposiciones. 5 de agosto de 1994. D. O. No. 41.479.

Ley 400 de 1997. Por la cual se adoptan normas sobre Construcciones Sismo Resistentes. 19 de agosto de 1997. D.O. No. 43.113.

Licencia Creative Commons. (2022). <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Meyer-Bohe, W. (1969). *Prefabricación I*. Editorial Blume.

Ministerio de agricultura y desarrollo rural. (s.f.). Vivienda Rural [Fotografía]. <https://www.minagricultura.gov.co/Paginas/vivienda-rural.aspx>

Ministerio de agricultura y desarrollo rural. (2019). Cadena de la piña. [Archivo PDF]. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Pasifloras/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales%20PI%C3%91A.pdf>

Ministerio de agricultura y desarrollo rural. (2020). Cadena productiva de aguacate. [Archivo PDF]. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Ministerio de agricultura y desarrollo rural. (2020). Cadena productiva de la guayaba. [Archivo PDF]. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Guayaba/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2009). Pacto intersectorial por la madera legal en Colombia. https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/pacto-interseccional-de-madera/pacto-madera/pacto_intersectorial_maderalegal.aspx
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2010). NSR-10, Título G-estructuras en madera y estructura en guadua. Asociación colombiana de ingeniería sísmica. <https://www.studocu.com/co/document/universidad-nacional-de-colombia/analisis-de-estructuras/nsr-10-titulo-g/12465685>
- Morillas, L. (2018). Proyecto sismorresistente de estructuras de madera. En FSC España (Ed.), En Madera, otra forma de construir. El material constructivo sostenible del siglo XXI. (pp. 90-105). FSC España. <https://www.aeim.org/documentos/Enmaderaotraformadeconstruir.pdf>
- Nissen, H. (1976). *Construcción industrializada y diseño modular*. Hermann Blume ediciones.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Colombia. (2011). Colombia rural: Razones para la esperanza. Informe general de desarrollo humano 2011. https://planipolis.iiep.unesco.org/sites/default/files/ressources/colombia_nhdr_2011_resumen.pdf
- Sánchez, F. y Ramírez, H. (2009). *Construcciones de madera*. Editorial Félix Varela.
- Software 2D sun-path (2021). <http://andrewmarsh.com/software/>
- Software Data View 2D (2021). <http://andrewmarsh.com/software/>
- Software insight (2022). <https://insight360.autodesk.com/oneenergy>
- Toro, J. y Salazar, R. (1986). El cultivo del guayabo en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/30454>

Unidad de Gestión de Riesgos Agropecuarios (2018). Ficha de inteligencia aguacate. Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario.

https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/ficha_aguacate_version_ii.pdf

Urbán, P. (2012). *Construcción de estructuras de madera*. Editorial Club Universitario.

Vivienda rural sostenible y productiva en Colombia, por Espacio Colectivo Arquitectos + Estación

Espacial Arquitectos (15 de marzo de 2019). ArchDaily Colombia.

<https://www.archdaily.co/co/913305/vivienda-rural-sostenible-y-productiva-en-colombia-por-espacio-colectivo-arquitectos-plus-estacion-espacial-arquitectos>

Wadel, G. (2018). La madera como estrategia de sostenibilidad en la edificación. En FSC España

(Ed.), *En Madera, otra forma de construir. El material constructivo sostenible del siglo*

XXI. (pp. 20-35). FSC España.

<https://www.aeim.org/documentos/Enmaderaotraformadeconstruir.pdf>

WikiHouse. (2022). <https://wikihouse.webflow.io/>

WikiHouseNL. (2022). <https://wikihousenl.cc/>