

**PROPUESTA DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS COMO CRITERIO DE
DISEÑO EN UNA VIVIENDA SOCIAL EN EL CLIMA CÁLIDO – HÚMEDO.**

SEBASTIÁN URIBE ALZATE

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

ARQUITECTURA

MEDELLIN

2020

**PROPUESTA DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS COMO CRITERIO DE
DISEÑO EN UNA VIVIENDA SOCIAL EN EL CLIMA CÁLIDO – HÚMEDO.**

SEBASTIÁN URIBE ALZATE

Trabajo de grado para optar al título de Arquitecto

Asesor

Luis Felipe Lalinde Castrillón

Ingeniero civil

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

ARQUITECTURA

MEDELLIN

2020

15 de mayo de 2020

Sebastián Uribe Alzate

“Declaro que este trabajo de grado no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o en cualquiera otra universidad”. Art. 92, parágrafo, Régimen Estudiantil de formación avanzada.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'SUA', with a stylized, cursive script.

CC: 1037669949

AGRADECIMIENTOS

A mis padres primero, a quienes les agradezco apoyarme siempre en mis decisiones y elecciones, ya que, por su esfuerzo, he podido desarrollar este pregrado de arquitectura con convicción y empeño. Hoy, gracias a esto, se cosechan experiencias y aprendizajes para el camino de la vida.

No menos importante, expreso mucha gratitud para todos y cada uno de los tutores de la UPB, y Eafit, que han acompañado este proceso durante más de un año, los cuales me han compartido todos sus conocimientos, y experiencia profesional para culminar este proceso investigativo.



TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| 1. MARCO INTRODUCTORIO..... | 10 |
| 1.1. Descripción del problema..... | 10 |
| 1.2. Antecedentes | 10 |
| 1.3. Elementos o Variables | 12 |
| 1.4. Delimitación | 13 |
| 1.5. Formulación del problema..... | 13 |
| 1.6. Objetivo General | 13 |
| 1.7. Objetivos específicos | 14 |
| 1.8. Justificación | 14 |
| 1.9. Metodología | 15 |
| 2. MARCO CONTEXTUAL..... | 16 |
| 3. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL..... | 19 |
| 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 22 |
| 5. CONCLUSIONES | 37 |
| 6. RECOMENDACIONES..... | 38 |
| 7. BIBLIOGRAFIA..... | 39 |

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Diagrama circular sobre cantidad de territorio ocupado por un piso térmico. Autoría propia.

Gráfico 2. Mapa colombiano sobre zonas del territorio definidas por un piso térmico. Autoría propia.

Gráfico 3. Diagrama de las variables esenciales dentro de los objetivos de la investigación. Autoría propia.

Gráfico 4. Diagramas de barras comparativos de nubosidad y cantidades de precipitación en milímetros entre pisos térmicos a evaluar. (Meteoblue, 2019).

Gráfico 5. Diagramas de barras comparativos de velocidad de vientos y radiación solar entre pisos térmicos a evaluar. (Meteoblue, 2019)

Gráficos 6,7,8,9. Diagramas de barras comparativos de datos climáticos entre pisos térmicos a evaluar. Autoría propia.

Gráfico 10. Diagramas de barras comparativos de los resultados climáticos obtenidos anteriormente en porcentaje de días al año. Autoría propia.

Gráfico 11. Propuesta formal del módulo a partir de un total de seis planos agrupados. Autoría propia.

Gráfico 12. Distribución interior del módulo, habitabilidad dentro de este. Autoría propia.

Gráfico 13. Orientación en posibles agrupaciones del módulo. Autoría propia.

Gráfico 14. Agrupación del módulo sobre topografía inclinada y plana. Autoría propia.

Gráfico 15. Circulaciones entre módulos dependiendo su agrupación. Autoría propia.

Gráfico 16. Esquema de ventilación cruzada dentro del proyecto. Autoría propia.

Gráfico 17. Esquema de sistema de evacuación de aire caliente. Autoría propia.

Gráfico 18. Isométrico explotado con lupas de materialidades. Autoría propia.

Gráfico 19. Imaginario del interior del módulo (zona social). Autoría propia.

Gráfico 20. Imaginario exterior en topografía plana. Autoría propia.

Gráfico 21. Imaginario exterior en topografía inclinada. Autoría propia.

Gráficos 22 y 23. “[izquierda] Hábitat Smart Living Lab UPB (Amaya 2015). [derecha] Casa solar Eafit (Torres 2017).

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla descriptiva sobre la metodología de esta investigación. Autoría propia.

Tabla 2. Tabla de descarte sobre variables del marco contextual. Autoría propia.

Tabla 3. Tabla de descarte sobre variables del marco teórico y conceptual. Autoría propia.

Tabla 4. Tabla comparativa entre pisos térmicos a evaluar. Autoría propia.

Tabla 5. Tabla comparativa de temperaturas máximas, mínimas y medias entre pisos térmicos a evaluar. (Meteoblue, 2019).

Tabla 6. Cuadro de áreas del módulo. Autoría propia.

Tabla 7. Evaluación del desempeño en diferentes climas de los módulos propuestos por los coinvestigadores. Autoría propia (proyecto de investigación Energética 2030).

Tabla 8. Tabla evaluativa Casa solar Eafit. Autoría propia.

Tabla 9. Tabla evaluativa Hábitat, UPB. Autoría propia.

RESUMEN

Esta investigación logra analizar desde varios puntos de vista ciertas cualidades que una vivienda de interés social en el clima cálido – húmedo colombiano debería tener en cuenta, para brindarle una grata habitabilidad al usuario, buscando no solo que este obtenga un lugar de estancia y permanencia, sino también una edificación que le brinde confort y comodidades según su entorno. Para esto, se han tenido en cuenta diferentes variables que son indispensables para el diseño bioclimático de una vivienda, como lo es el entorno con sus condicionantes climáticos y el emplazamiento, también, la materialidad de la que esté compuesta el proyecto, y la búsqueda de soluciones pasivas desde la arquitectura que tengan como prioridad el confort del usuario.

La investigación está compuesta de la fase de evaluación de datos, posteriormente el desarrollo de un diseño arquitectónico que ha sido planteado tomando en cuenta los análisis del entorno, para obtener como resultado un posible diseño de vivienda de interés social que cumple las características bioclimáticas y de confort propuestas. Por último, la evaluación del prototipo planteado por coinvestigadores de la facultad de arquitectura. Todo esto con el fin de ilustrar de una manera desglosada la propuesta de estrategias bioclimáticas como criterio de diseño en una vivienda social en el clima cálido – húmedo en Colombia.

ABSTRACT

This research succeeds in analyzing from various points of view certain qualities that a social housing of interest in the warm - humid Colombian climate should be consider, in order to provide a pleasant habitability to the user, seeking not only a place to stay, but also a building that provides comfort. For this, different variables have been consider that are indispensable for the bioclimatic design of a dwelling, such as the environment with its climatic conditions and the location, also, the materiality of which the project is composed, and the search for passive solutions from the architecture that have as priority the comfort of the user.

The research is composed of the phase of evaluation of data, later the development of an architectural design that has been proposed considering the analysis of the environment, to obtain as a result a possible social housing design that meets the proposed bioclimatic and comfort characteristics. Finally, the evaluation of the prototype proposed by co-researchers of the faculty of architecture. All this in order to illustrate in a disintegrated way the proposal of bioclimatic strategies as design criteria in a social housing in the warm - humid climate in Colombia.

PALABRAS CLAVE: Vivienda social, diseño bioclimático, suelo cálido_húmedo, confort, arquitectura.

1. MARCO INTRODUCTORIO

El principal objetivo de esta investigación es dar soluciones desde la arquitectura que aumenten el confort de los habitantes de una vivienda de interés social de nuestro país. Esto con el fin de que la vivienda sea realmente un espacio cómodo, habitable y ameno, buscando más allá de dotar a una familia de un techo y un resguardo del exterior.

La idea es examinar los elementos claves desde la bioclimática, que se le pueden incorporar a los diseños comunes de vivienda de interés social, específicamente en el suelo térmico cálido – húmedo donde se concentra el 80% del territorio nacional.

1.1. Descripción del problema

La investigación se lleva a cabo, gracias a la reflexión del ¿cómo habitan las personas a quienes el estado les provee una vivienda de interés social?, y el poco interés de este al evaluar qué pasa luego de ser entregadas las viviendas.

Desde la arquitectura, la vivienda y las variables básicas orientadas al diseño, se distinguen varios factores clave como el habitar, y el confort; de estos algunos no son tenidos en cuenta luego de ver como se ejecutan las viviendas y sus diseños. Debido a esto, se puede concluir que estas variables no tienen tanta prevalencia comparadas con el área por construir y el presupuesto destinado.

1.2. Antecedentes

Las viviendas de interés social en nuestro país se desarrollan usualmente con un diseño base que cumple con los requisitos normativos de nuestro país como lo son la NSR -10, RAS 2000, ntc 1500, RETIE, entre otras (*Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial 2011*) dejando a un lado los aspectos como entorno en el que estará emplazada esta vivienda y como esta se adapta a él. Es por esto que, para darle pie al inicio de esta investigación, debemos tener claras las características del suelo térmico donde estará emplazada la vivienda; así que nos basamos en la cantidad de territorio que cubre cada suelo térmico en nuestro país, (gráficos 1 y 2) y así elegir cual es el más conveniente para desarrollar el proyecto y a su vez disponga más beneficios para las personas de nuestro país.

Luego de analizar los datos obtenidos (*Catorce6 2019*), podemos notar que la investigación puede tener un mayor campo de acción si se desarrolla basándose en los aspectos climáticos del clima cálido – húmedo que equivale al 80% del territorio nacional.

PISOS TERMICOS COLOMBIA

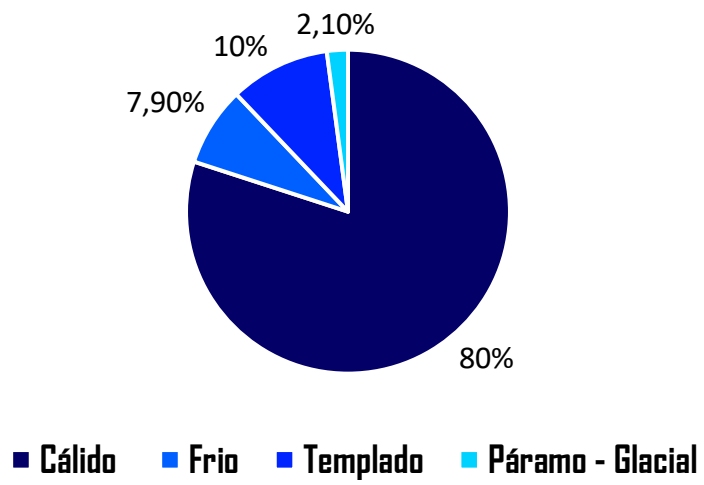


Gráfico 1. Diagrama circular sobre cantidad de territorio ocupado por un piso térmico. Autoría propia.

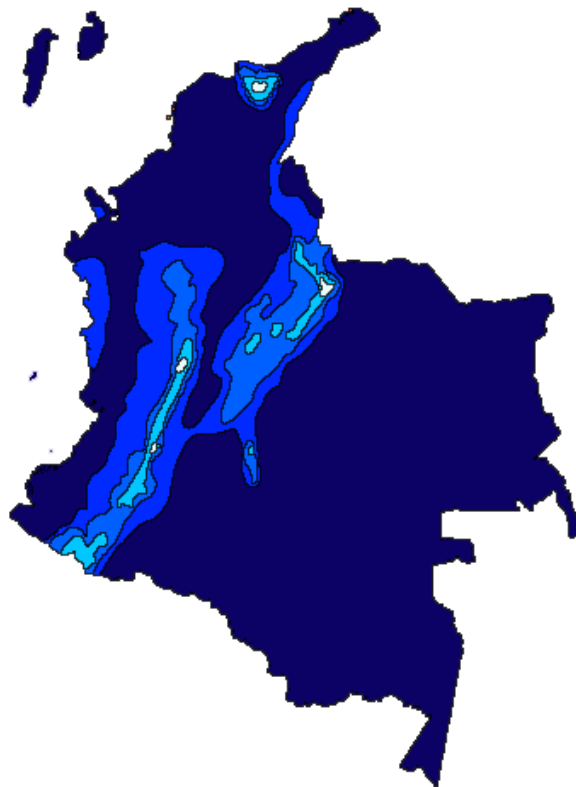


Gráfico 2. Mapa colombiano sobre zonas del territorio definidas por un piso térmico. Autoría propia.

Entre otros antecedentes, encontramos las investigaciones ya realizadas por la universidad Eafit, en donde han desarrollado investigaciones con el objetivo de desarrollar y comercializar un ladrillo solar; este consiste en un bloque cerámico de mampostería tradicional al que se le adicionan paneles fotovoltaicos para adquirir energía eléctrica por medio de la energía solar (Torres, L. 2017) Para esto han construido una casa en Llano grande, Antioquia, en donde actualmente se testea la utilidad de estos artefactos. (gráfico 23)

Así mismo, la Universidad Pontificia Bolivariana, en apoyo de grupos de investigación, ha logrado construir una casa modular, conocida inicialmente como “Casa Yarumo” (Amaya. A. 2015). Esta fue el resultado obtenido por estudiantes y profesores de la universidad en trabajo interdisciplinar participando en el Solar Decathlon (un evento estadounidense que incentiva la construcción y el diseño de la vivienda sostenible). Actualmente la casa yarumo es un lugar utilizado por personal de la universidad para desenvolver en él grupos de investigación como lo es la Micro red. La casa cada vez evoluciona más en temas de sostenibilidad ya que las diferentes disciplinas de la universidad aportan al desarrollo tecnológico de esta.(gráfico 22)

1.3. Elementos o Variables

Las variables de esta investigación son determinantes para el resultado final, ya que nos proporcionan la información y características del lugar sobre el cual estamos trabajando. Así mismo las cualidades y defectos del objeto que en este caso es una vivienda.

- **Radiación solar**

La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. La radiación solar a su vez influye en la temperatura interior y exterior de la vivienda, así mismo, la sensación térmica de sus habitantes.

- **Ventilación:**

La renovación del aire del interior de una edificación mediante extracción o inyección de aire. La finalidad de la ventilación es asegurar la calidad del aire al interior, asegurar la salubridad del aire, tanto el control de la humedad, concentraciones de gases o partículas en suspensión, colaborar en el acondicionamiento térmico del edificio.

- **Materialidad:**
Elementos propios de los que está compuesta la envolvente del espacio. La materialidad le da a la arquitectura una herramienta para favorecer o contrarrestar los elementos climáticos del entorno y el confort de los usuarios.
- **Emplazamiento:**
Ubicación o implantación establecida geográficamente de algo; en este caso, el proyecto. Interpretando también su disposición sobre la tierra. Este también delimita las características técnicas que debe tener en cuenta el proyecto para su desarrollo, así mismo, aspectos como las visuales, ventilación, orientación, entre otros.

1.4. Delimitación

La búsqueda de información para el comprender contextualmente la investigación se basa en comprender los antecedentes regionales relacionados con investigaciones sobre el sector constructivo, la sostenibilidad y no menos importante los condicionantes climáticos. Para ello; se revisó, por ejemplo, el comportamiento climático de tres ciudades referentes (Sincelejo, Medellín y Rionegro) en un año completo, así podemos establecer temporalmente un promedio de las características físicas que tienen estos lugares.

En general, la investigación busca comparaciones con otros suelos térmicos, pero está delimitada a comprender cuales son las características bioclimáticas favorables a usar en el suelo térmico Cálido – Húmedo y brindar una solución a estas.

1.5. Formulación del problema

¿Cómo mejorar la calidad de vida pensando en el confort de las personas que habitarán las futuras viviendas de interés social de Colombia en el suelo térmico cálido – húmedo desde la arquitectura bioclimática?

1.6. Objetivo General

Proponer estrategias desde la arquitectura bioclimática, evaluando la radiación solar, ventilación, materialidad y emplazamiento; como herramientas que podrían usarse en el diseño de una vivienda de interés social en Colombia; en el clima cálido – húmedo para brindar confort a sus habitantes.

1.7. Objetivos específicos

Los objetivos específicos que cumplir en el desarrollo de esta investigación son:

- Comprender las características del entorno en el que se plantearán las soluciones bioclimáticas para la vivienda.
- Establecer las posibles características técnicas de la vivienda.
- Proponer unas estrategias objetivas y flexibles desde la bioclimática, que sean adaptables a las futuras viviendas de interés social colombianas en el clima cálido húmedo orientadas al confort.



Gráfico 3. Diagrama de las variables esenciales dentro de los objetivos de la investigación. Autoría propia.

1.8. Justificación

Lograr un ahorro energético considerable a escala nacional a partir de la utilización de los recursos naturales, desde el diseño arquitectónico para contrarrestar el malgasto del recurso, también, economizar los gastos de los usuarios y, a su vez; generar una mejor calidad de vida para quien use estas opciones de diseño para su vivienda. Estas estrategias pueden servir en otros países del mundo con cualidades similares de entorno, siendo igualmente responsables con la naturaleza. Teniendo como un prospecto de referente la Casa Yarumo (*Amaya. A. 2015*), que, sin ser habitada como vivienda, pero utilizada espacialmente, disminuye el impacto ambiental en sus consumos utilizando energías renovables.

Todo esto, con conclusiones basadas en las investigaciones anteriormente realizadas por las universidades nacionales, como UPB, Eafit; que demuestran la falta de sostenibilidad que poseen las viviendas colombianas. Una de ellas, la casa Yarumo ubicada en la UPB Medellín, la cual anteriormente fue mencionada, y es fruto de un concurso internacional que busca principalmente la eficiencia energética.

1.9. Metodología

A continuación, en la tabla 1 se relaciona cada uno de los objetivos específicos con las actividades, su planeación y los productos a entregar. Cada color refleja las variables dentro del marco contextual y el marco teórico – conceptual (tabla 2 y 3).

Tabla 1. Relación Metodología, actividades y productos en relación con objetivos. Confort, condicionantes climáticos, normativa aplicable en Colombia, materialidad, conceptos académicos sobre bioclimática, bibliografía sobre arquitectura y bioclimática. Autoría propia.

| OBJETIVOS ESPECIFICOS | ACTIVIDADES | PLANEACION DE ACTIVIDADES | PRODUCTOS |
|---|---|--|---|
| Comprender el contexto en el que se planteará un diseño de vivienda. | Recolectar datos técnicos ya obtenidos por entidades dedicadas a los estudios del comportamiento del clima, y de esta manera sacar conclusiones estadísticas propias. | Estos datos podrán ser consultados en fuentes confiables como el IDEAM, Meteoblue; siendo este online, así como Climate Data. | Un análisis estadístico que denota unas características climáticas del lugar en promedio. |
| | Visitar el lugar donde se planteará el diseño. | Al estar en el piso térmico cálido - húmedo, conocer personalmente cuales son las ventajas y desventajas de vivir en esta localización. | Obtener una lista de necesidades que debe cubrir la vivienda en este lugar para ser confortable. |
| | Entrevistar a los habitantes del lugar, y a su vez a quienes lo visitan . | Al escuchar a las personas; descubrir cuales son las problemáticas más comunes de vivir en ese clima. | Crear un imaginario del como debería ser morfológicamente una vivienda allí. |
| Relacionar los conocimientos adquiridos para establecer las características de la vivienda. | Utilizar conocimientos teóricos y prácticos sobre bioclimática en el diseño arquitectónico. | Basándose en conocimientos de: factores y elementos del clima, materiales, valor U, ventilación, asoleamiento, entre otros; para darle solución al posible diseño de la vivienda. | Esquemas, dibujos, para el planteamiento de las soluciones bioclimáticas mas básicas. |
| | Estudiar las normas para el desarrollo de la vivienda de interés social en Colombia | Dialogar con profesionales acerca de la normativa, cuales de ellas son flexibles y cuales de ellas son vitales para la ejecución del diseño. | Listado de características a tener en cuenta para el cumplimiento de la norma en el diseño planteado. |
| | Analizar los materiales a utilizar en el proyecto para optimizar la intención ecológica y al mismo tiempo convertir el proyecto en uno innovador. | Investigar de la mano de Materfad cuáles son los mejores materiales para ejecutar el proyecto; respondiendo al confort térmico, la durabilidad en el tiempo, los costos y la vida útil de estos. | Una tabla o listado donde existan varias opciones de materialidades, con los beneficios y desventajas de cada material. |
| Proponer unas estrategias bioclimáticas flexibles, que sean adaptables a las futuras viviendas de interés social colombianas. | Plantear desde el ámbito arquitectónico los ítems más adecuados para cumplir con las características bioclimáticas necesarias para brindarle confort al usuario. | Elegir de todas las cualidades bioclimáticas existentes, cuales son las mas convenientes para darles uso en el suelo térmico cálido húmedo. | Un listado que argumente el por qué esas estrategias optimizan la manera de habitar los espacios q las utilicen. |
| | Agrupar todas las estrategias mencionadas en la investigación en un diseño de vivienda que sirva de ejemplo sobre como materializar estas características. | De la mano del taller de vivienda sostenible, realizar un modelo de vivienda que contenga todos los aspectos mencionados en la investigación; con la intención de ejemplificar la investigación. | Ejemplo de la vivienda (VIS) del clima cálido – húmedo en sus planos técnicos, modelos, e imaginarios, como aplicación de la investigación. |

2. MARCO CONTEXTUAL

A partir de la metodología se pretende responder a las actividades planteadas para cada objetivo y las variables relacionadas. Luego de hacer este análisis determinamos ¿cuáles de estos factores son los más indispensables a tener en cuenta a la hora de diseñar correctamente el proyecto?

A continuación, en la tabla 2, se evidencia la relación entre las variables y las subvariables, a su vez, a la derecha, cada una tiene una pequeña definición y por último, una marcación de cuales variables abarca directamente cada ítem.

Las subvariables señaladas con color de manera horizontal, son las que abarcan más ítems dentro de la comparación y por ende las más utilizadas en el proceso, a continuación, se desglosa la interpretación de la tabla 2:

- En la subvariable de entorno, todos los aspectos tienen la misma relevancia.
- En la subvariable de condicionantes climáticos; el elemento que más se relaciona con las variables de la investigación es la radiación solar.
- En la normativa; concluimos que la ley 549 de 2015 es a la que más atención se le debe dar para ejecutar correctamente el proyecto sostenible.
- Y por último y no menos importante; en la investigación que ha hecho la Universidad Pontificia Bolivariana a lo largo del tiempo, la casa yarumo (*Amaya. A. 2015*) es un referente que debe ser evaluado a cabalidad para esta investigación.

| | | | | Radiación | Ventilación | Materiabilidad | Emplazamiento |
|--------------|--|--------------------------------------|--|-----------|-------------|----------------|---------------|
| Localización | Entorno | Altitud | Altura de una superficie sobre el nivel del mar. | | ● | | ● |
| | | Continentalidad | Áfecta un lugar dependiendo la distancia que este tenga con grandes cuerpos de agua como el mar. | | ● | | ● |
| | | Relieve | Configuración superficial de la tierra, determina condiciones como la insolación y vegetación. | ● | | ● | |
| | | Latitud | Altura de una superficie, determina los rayos solares en la ubicación. | ● | | | ● |
| | Condicionantes climáticos | Vientos | Aire en movimiento formado por los cambios de temperatura en la atmósfera. | | ● | | ● |
| | | Humedad | La cantidad de agua que tiene el aire en algún momento. | | ● | ● | |
| | | Temperatura | La cantidad de calor que tiene el aire en algún momento. | ● | ● | | |
| | | Radiación solar | Cantidad de energía solar que alcanza una fracción de superficie terrestre en un plano. | ● | | ● | ● |
| | | Precipitaciones | La cantidad de agua que se deposita sobre la superficie de la tierra. | | | ● | ● |
| | Escala nacional | El piso térmico cálido - húmedo | Equivale al 80% del territorio colombiano | | | ● | ● |
| Normativa | Aplicable en Colombia | NSR-10. | Reglamento colombiano de construcción sísmo resistente. | | | ● | ● |
| | | RETIE. | Reglamento técnico de instalaciones eléctricas | | | ● | |
| | | RAS 2000. | Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento | | | | ● |
| | | Guía de asistencia técnica para VIS. | Agrupación de factores en cuanto a normativa y construcción para tener en cuenta en la ejecución de estos proyectos. | | | ● | |
| | | Ley 549 DE 2015. | Guía para el ahorro de agua y energía en las edificaciones. | ● | ● | ● | |
| UPB | Investigación en torno a la sostenibilidad | Casa yarumo | Experiencia universitaria en la temática de vivienda sostenible, desarrollada por medio de un equipo interdisciplinar. | ● | | ● | |
| | | Materiada | Investigaciones ya realizadas sobre nuevos materiales y la utilidad de estos en la construcción. | | | ● | |
| | | UPB sostenible | Conjunto de personas con la visión de la sostenibilidad aplicada a nuestro medio. | | ● | | |

Tabla 2. Tabla de descarte sobre variables del marco contextual. Autoría propia.

El contexto de esta investigación consiste en desarrollar las características físicas que mejoren la forma en la que se diseña la vivienda de interés social nacional, buscando el cumplimiento de la normativa y adicionalmente que sea aplicable a gran porcentaje del territorio nacional, el cual se encuentra dentro del piso térmico cálido – húmedo y equivale a un 80% (Catorce6 2019). Esto, además, amplía el campo de acción de la investigación, al ser zonas dentro del país que en su mayoría aún se conservan rurales, y pueden ser utilizados como suelos de expansión, beneficiando a las familias de bajos recursos que habiten estas zonas de Colombia.

Otro ítem por evaluar es la poca diversidad que tienen las viviendas de interés social en nuestro país, ya que, desde el diseño, usualmente solo se busca cumplir la normativa y los costos, sin tener en cuenta el usuario y su confort, es por esto que desde la arquitectura busco dar soluciones a ciertas condiciones precarias en las que la habitabilidad ha pasado a un segundo plano. Por otro lado, la investigación también crea una consciencia ecológica buscando implementar nuevas materialidades que sean utilizadas en la vivienda, esto dotaría al país de un desarrollo sostenible y un aporte al medio ambiente.

Para proponer estas soluciones debemos comprender cual es la normativa que rige la construcción de una vivienda de interés social en nuestro país, buscando proponer no solo un diseño sostenible, sino también uno que cumpla todos los objetivos dentro del marco de la legalidad. (*Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2011*).

Por último, las universidades regionales han promovido constantemente la investigación en torno a la vivienda sostenible, es por esto que anteriormente en el documento se ha mencionado a la casa yarumo de la UPB (*Amaya. A. 2015*) y la casa solar de Eafit. (*Torres, L. 2017*). Ambos proyectos universitarios han sido vinculados a un macroproyecto nacional, llamado Energética 2030, en el que el país en convenio con universidades, empresas e incluso bancos a nivel mundial, busca lograr un ahorro energético a escala nacional para el año 2030, para esto ha diseñado varios proyectos que abarquen la sostenibilidad energética desde todos los ámbitos; en nuestro caso, el proyecto dos se refiere a la construcción sostenible, y es allí donde el estado ha citado a varias universidades, entre ellas UPB y Eafit y algunas empresas del sector constructivo, a que se involucren en el proyecto gracias a su recorrido y sus antecedentes investigativos en el tema. Por el lado de la UPB encontramos un gran logro con la casa yarumo, participante en el evento Solar Decathlon, un evento que busca el diseño de construcciones relacionadas con las energías renovables. Esta casa ahora se encuentra instalada en la universidad y es un laboratorio constructivo que cada día da respuestas diferentes a las preguntas de los estudiantes y profesores en cuanto a temas de sostenibilidad, habitabilidad y arquitectura.

3. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

El concepto personal de vivienda de interés social en nuestro país se rige principalmente de dos cosas: el área y el costo de producción de esta medido en cantidad de salarios mínimos vigentes. En donde los recursos son limitados para poder brindarle el beneficio a “muchos” usuarios.

El concepto de vivienda de interés social según el estado colombiano es: *El artículo 91 de la Ley 388 de 1997 define la vivienda de interés social como aquellas que se desarrollen para garantizar el derecho a la vivienda de los hogares de menores ingresos. Así mismo, incluye el tema en el Plan de Desarrollo Nacional, como una medida frente a situaciones como: el déficit habitacional, las posibilidades de acceso al crédito de los hogares, las condiciones de la oferta, el monto de recursos de crédito disponibles por parte del sector financiero y la suma de fondos del Estado destinados a los programas de vivienda, entre otros. El Plan Nacional de Desarrollo y Plan de Inversiones 2014-2018 establece en el artículo 88 que la vivienda de interés social es toda “**unidad habitacional que cumple con los estándares de calidad en diseño urbanístico, arquitectónico y de construcción y cuyo valor no exceda ciento treinta y cinco salarios mínimos mensuales legales vigentes (135 SMLMV)**”.*

Otra definición desde el estado colombiano menciona que el concepto de la vivienda de interés social se define como: *“La Vivienda de Interés Social se encamina a garantizar el derecho a la vivienda de los hogares de menores ingresos. El concepto de vivienda de interés social debe cumplir con los postulados de una vivienda digna, tema sobre el cual se recomienda revisar, entre otros, los siguientes fallos de la Corte Constitucional: Sentencia T-585-06 y Sentencia T-079-08.”* Desde el ministerio de vivienda. (Minvivienda 2009).

Luego de revisar estos conceptos provenientes del estado, denotamos que la evolución de la vivienda de interés social en nuestro país (Lozano, M 2015), ha sido constante, pero en muchas ramas en las cuales no está muy involucrada la arquitectura y es uno de los motivos que suscita esta investigación.

Adicionalmente, un concepto para tener claro luego de comprender en qué consiste una vivienda de interés social en nuestro país; es el de Bioclimática. Según la revista española Ecohabitar el concepto de bioclimática se simplifica en *“La **arquitectura bioclimática** consiste en el diseño de edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía.”* (Ecohabitar 2018).

Es así como estos dos conceptos desenvuelven el marco de esta investigación, ya que la intención de la misma es relacionarlos para obtener un producto, que, en este caso, busca favorecer a la población colombiana y al medio ambiente por medio de una de las necesidades más elementales del ser humano la cual es habitar un lugar y con ella la búsqueda de un refugio.

Para desarrollar el marco teórico de una manera más sintética y pertinente, se emplea la misma metodología que con el marco contextual, poniendo sobre la mesa un derrotero de fuentes bibliográficas sobre la normativa y el tema principal de la investigación, haciendo un análisis de que tanto se relaciona cada fuente con las variables a tratar.

A continuación, en la tabla 3, se evidencia la relación entre las variables y las subvariables, a su vez, a la derecha, cada una tiene una pequeña definición y, por último, una marcación de cuales variables abarca directamente cada ítem.

Las subvariables señaladas con color de manera horizontal, son las que abarcan más ítems dentro de la comparación.

Como resultado tenemos cuatro elementos, y los no seleccionados no son menos importantes, pero para centrar más la metodología de estudio; se enfocará el estudio en los resultados, a continuación, se desglosa la interpretación de la tabla 3:

- De los conceptos adquiridos en las clases de bioclimática encontramos todas las variables vitales para el desarrollo de la investigación, pero los más relacionados a esta serían entonces el soleamiento y los elementos del clima, teniendo este último total coherencia con las variables.
- Encuanto a la bibliografía, encontramos dos textos que abarcan con exactitud todos los temas, estos son; Helene, F., (2012), *Pequeño manual del proyecto sostenible*, Barcelona, España, Gustavo Gili. Y, el reconocido libro, Olgyay, V., (1998), *Arquitectura y clima*, Barcelona, España, Gustavo Gili; los cuales no solo nos da una gran cantidad de definiciones, sino también métodos y recursos técnicos para el correcto desarrollo de la arquitectura bioclimática en un proyecto.

| | | | | Radiación | Ventilación | Materialidad | Emplazamiento |
|----------------------|--|--|--|-----------|-------------|--------------|---------------|
| Académico | Conceptos de clases de Bioclimática | Soleamiento | Regiones de la edificación que reciben la radiación directa del sol dependiendo de su orientación. | ● | | ● | ● |
| | | Elementos del clima | Son características como: temperatura, humedad, viento, precipitaciones, presión atmosférica. | ● | ● | ● | ● |
| | | Transferencia del calor | Dependiente de los factores térmicos externos como la radiación solar, y los internos como las personas y máquinas. | ● | | ● | |
| | | Transmitancia térmica | Más conocida como el valor U, es la capacidad aislante de calor que tiene un material. | | | ● | |
| | | Transmisión térmica | Intercambio de energía térmica por medio de la conducción, la radiación y la convección. | ● | | ● | |
| | | Inercia térmica | Capacidad que tiene la masa de un material de almacenar el calor e irlo liberando poco a poco. | ● | | ● | |
| | | Ventilación natural | Tiene como objetivo limpiar y renovar el aire, y modificar la sensación térmica en los seres vivos. | | ● | | ● |
| Bibliográfico | Libros de arquitectura bioclimática y V.I.S | Pequeño manual del proyecto sostenible. Francoise Helene | Guía de 69 preguntas a considerar a la hora pensar un proyecto sostenible de manera sintética. | ● | ● | ● | ● |
| | | Arquitectura y climas. Rafael Serra | La búsqueda del confort en la arquitectura desde la historia de la adaptación de esta al clima, dividida en factores naturales. | ● | ● | | ● |
| | | Vivienda social en Colombia, diagnostico y evolución. Universidad Sto. Tomás | Recopila el desarrollo de esta edificación a través de la historia en Colombia y da su punto de vista en los aspectos positivos y negativos. | | | ● | |
| | | Arquitectura Bioclimática y energía solar. Jose Garcia Chavez | Este es un manual que explica las consideraciones que se deben tener en cuenta para hacer un diseño bioclimático factible, pero está muy enfocado a los aspectos de ventilación y el manejo del viento en las edificaciones. | ● | ● | ● | |
| | | Arquitectura y clima. Victor Olgyay | Es un texto instructivo compuesto por tablas, formulas y recomendaciones desde muchas variables para desarrollar la bioclimática, expresada desde la importancia para el ser humano y el confort de este. | ● | ● | ● | ● |

Tabla 3. Tabla de descarte sobre variables del marco teórico y conceptual. Autoría propia.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de esta investigación se darán en el mismo orden del cuadro metodológico, respondiendo a cada objetivo específico con unos productos correspondientes al mismo.

Como primer objetivo específico debemos comprender el contexto en el que se planteará un diseño de vivienda. Para esto debemos analizar las características del lugar, visitarlo (*Olgay, V.1998*) y entrevistar a quienes viven allí.

Es por esto que desde el marco del proyecto Energética 2030, proyecto 02, se realizó con la supervisión de Alejandro Velázquez, y José Ignacio Marulanda (docentes de la universidad Eafit) un análisis profundo de los condicionantes climáticos que poseen los tres pisos térmicos que se están evaluando el proyecto, los cuales son cálido – húmedo (Sincelejo) templado (Medellín) y, frío (Rionegro). Esto con la intención de hacer una comparación grafica de las diferencias climáticas que tienen los pisos térmicos en Colombia.

El análisis comienza con la tabla comparativa 4, que nos hace referencia en primer lugar a la cantidad de territorio nacional que ocupa ese suelo térmico, luego cuales son sus temperaturas, una ciudad de referencia y la altura de estas en metros sobre el nivel del mar (MSNM).

El dato más importante que arroja el grafico 4, es que podemos observar como el piso térmico cálido ocupa el 80% del territorio nacional.

| PISO TÉRMICO | TERRITORIO NACIONAL | TEMPERATURA | CIUDAD | ALTURA |
|--------------|---------------------|-------------|-----------|------------|
| 1. Cálido | 80% | 24 °C | Sincelejo | 213 msnm |
| 2. Templado | 10% | 18 - 24 °C | Medellín | 1.495 msnm |
| 3. Frío | 7.9% | 12 - 18 °C | Rionegro | 2.120 msnm |

Tabla 4. Tabla comparativa entre pisos térmicos a evaluar. Autoría propia.

En la tabla 5, tenemos una comparación de temperatura, en la cual es evidente la alta temperatura que tiene Sincelejo durante todo el año en comparación con las otras dos ciudades. Siendo esta ciudad más caliente en los primeros meses del año.

SINCELEJO Mínima promedio anual: 21.5 Máxima promedio anual: 31.8

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Temperatura media (°C) | 26.4 | 26.8 | 27.5 | 27.5 | 27 | 26.6 | 26.7 | 26.5 | 26.2 | 25.9 | 26 | 26.1 |
| Temperatura min. (°C) | 20.1 | 20.9 | 21.6 | 22.2 | 22.4 | 22.1 | 21.6 | 21.6 | 21.6 | 21.4 | 21.4 | 20.7 |
| Temperatura máx. (°C) | 32.7 | 32.8 | 33.4 | 32.9 | 31.6 | 31.1 | 31.9 | 31.5 | 30.8 | 30.5 | 30.6 | 31.5 |

MEDELLIN Mínima promedio anual: 15.6 Máxima promedio anual: 27.5

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Temperatura media (°C) | 21.2 | 21.7 | 22.1 | 21.9 | 21.8 | 21.6 | 21.6 | 21.6 | 21.5 | 21.3 | 21.4 | 20.9 |
| Temperatura min. (°C) | 14.9 | 15.4 | 15.8 | 16.3 | 16.3 | 15.8 | 15.2 | 15.4 | 15.4 | 15.7 | 16 | 15.2 |
| Temperatura máx. (°C) | 27.6 | 28.1 | 28.4 | 27.6 | 27.3 | 27.5 | 28.1 | 27.9 | 27.6 | 26.9 | 26.9 | 26.7 |

RIONEGRO Mínima promedio anual: 12.7 Máxima promedio anual: 22

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Temperatura media (°C) | 17.1 | 17.6 | 17.8 | 17.7 | 17.8 | 17.6 | 17.2 | 17.2 | 17.3 | 17.1 | 17 | 16.9 |
| Temperatura min. (°C) | 12.4 | 12.9 | 13.2 | 13.3 | 13.4 | 13.1 | 12.3 | 12.2 | 12.4 | 12.7 | 12.7 | 12.6 |
| Temperatura máx. (°C) | 21.9 | 22.3 | 22.5 | 22.1 | 22.2 | 22.2 | 22.2 | 22.3 | 22.2 | 21.5 | 21.4 | 21.3 |

Tabla 5. Tabla comparativa de temperaturas máximas, mínimas y medias entre pisos térmicos a evaluar. (Meteoblue, 2019)

En el gráfico 4, se compara la cantidad de precipitaciones y nubosidad de cada ciudad, de la cual concluimos que Sincelejo es la ciudad más despejada y más seca, especialmente desde el mes de diciembre hasta el mes de marzo.



Gráfico 4. Diagramas de barras comparativos de nubosidad y cantidades de precipitación en milímetros entre pisos térmicos a evaluar. (Meteoblue, 2019)

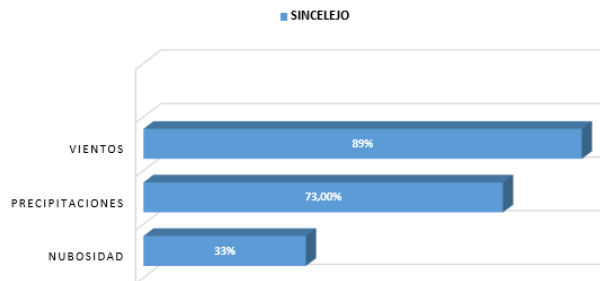
En el gráfico 5 comparamos la radiación solar y los vientos que llegan a cada ciudad, donde se evidencia que la radiación solar entre las ciudades es muy similar, teniendo Sincelejo una leve ventaja, pero en cuanto a vientos, notamos una gran brecha ya que Sincelejo en los primeros meses del año alcanza vientos de 19 km/h.



Gráfico 5. Diagramas de barras comparativos de velocidad de vientos y radiación solar entre pisos térmicos a evaluar. (Meteoblue, 2019)

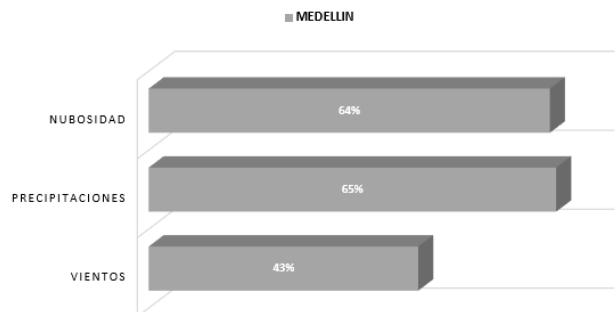
Luego, analizamos por medio de los gráficos 6, 7, 8, y 9; cada uno de los componentes climáticos en cada ciudad referente, comenzando por las temperaturas máximas, mínimas y medias, luego la nubosidad, precipitaciones anuales, velocidad de los vientos y cantidad de radiación solar. Todos estos ítems con datos mes a mes para luego obtener un promedio anual plasmado en los siguientes diagramas de barras.

DATOS CLIMATICOS PISO TERMICO 1

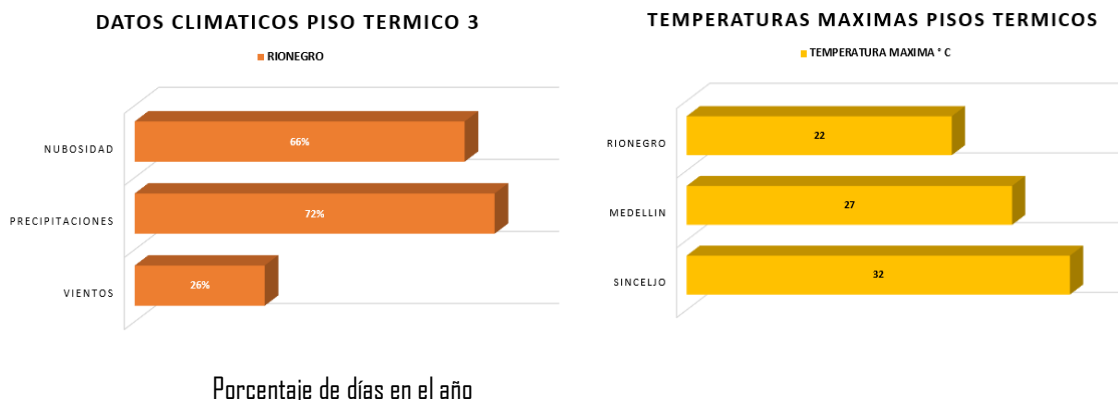


Porcentaje de días en el año

DATOS CLIMATICOS PISO TERMICO 2



Porcentaje de días en el año



Gráficos 6,7,8,9. Diagramas de barras comparativos de datos climáticos entre pisos térmicos a evaluar. Autoría propia.

Con estos resultados estadísticos de los promedios anuales, se hace un diagrama de barras que concluye la comparación de los aspectos climáticos de las tres ciudades a evaluar; donde vemos todos los factores agrupados diferenciados por cada uno de los pisos térmicos, es por esto, que luego del analizar el gráfico 10, y considerando los resultados obtenidos en los gráficos anteriormente evaluados; la investigación desarrollará los próximos objetivos en función del suelo térmico cálido – húmedo, representado por la ciudad de Sincelejo.

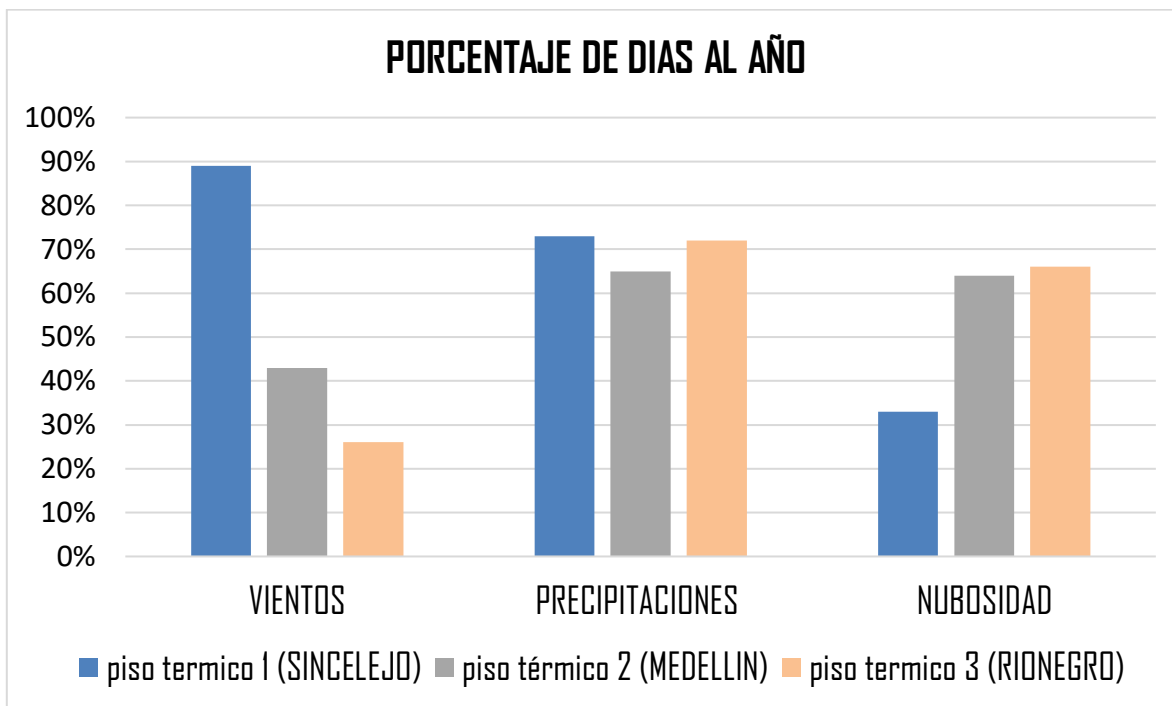


Gráfico 10. Diagramas de barras comparativos de los resultados climáticos obtenidos anteriormente en porcentaje de días al año. Autoría propia.

Luego de analizar los factores del clima desde nuestra perspectiva, escuchamos a un habitante del suelo térmico cálido - húmedo, el cual justamente reside en la ciudad referente que es Sincelejo.

El docente John Jairo Feria, de la universidad de Sucre, y vinculado a su vez en el proyecto de Energética 2030, comentó sus vivencias en este clima y además cuáles son las características más importantes que se deben acatar cuando se construye en su ciudad, Sincelejo.

La conversación con el John Jairo nos brinda unos ítems importantes a tener en cuenta la hora de diseñar para este clima:

- La vivienda debería diseñarse para una temperatura de 35°C.
- En lugares como este la calefacción del agua no es necesaria, ya que el agua se encuentra naturalmente a una buena temperatura (20°C)
- El 82% de Sincelejo es estrato 1 y 2.
- Es una ciudad donde llegan muchos desplazados que se asientan en las periferias de la ciudad.
- En Sincelejo habitan aproximadamente 400.000 personas.
- Sincelejo no posee fuentes hídricas cercanas, no ríos, no embalses, no pozos.
- La altura libre mínima recomendable para una vivienda es de 2.8 metros.
- Los vientos en Sincelejo provienen del noroccidente de la ciudad.

Estos ítems dados por el docente son unas premisas de diseño básicas que nos brinda él como habitante del lugar, las cuales vienen desde un punto de vista arquitectónico y buscan solucionar de una manera optimizada los aspectos de habitabilidad.

Como resultado del segundo objetivo específico, en la materia de taller de proyectos, vivienda sostenible de la UPB, se ha venido desarrollando un prototipo de vivienda sostenible que reúne ciertas características que optimizan el diseño de la vivienda VIS en Colombia, para realizar este diseño comenzamos evaluando, principalmente el clima en el que se va a emplazar la edificación; específicamente en el suelo térmico cálido – húmedo, como resultado del análisis del objetivo 1.

Estos son los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto:

A partir de una composición de planos (gráfico 11), se hace la propuesta formal de un posible módulo de vivienda, la característica principal es que cumpla con 6 planos (o caras) en su totalidad formal. En este caso, las caras o cerramientos del módulo forman una figura geométrica hexagonal.

MÓDULO

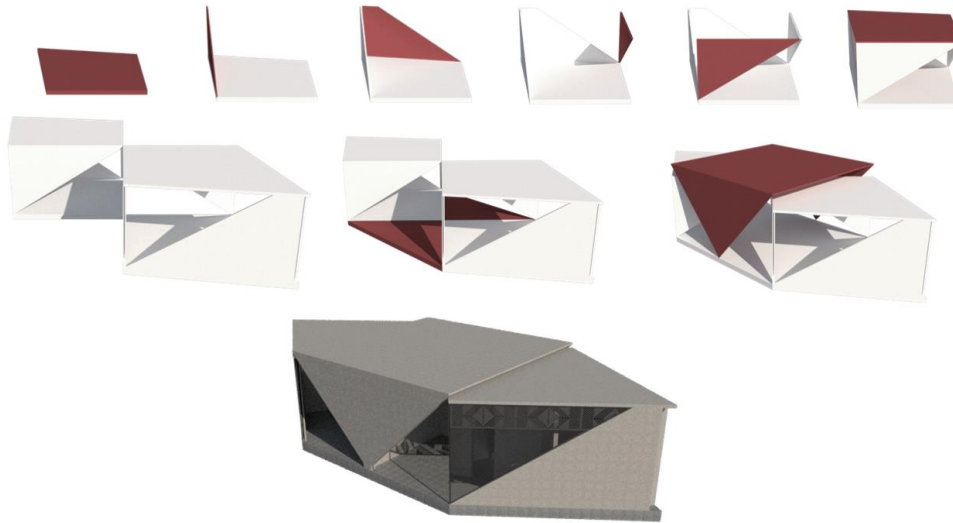


Gráfico 11. Propuesta formal del módulo a partir de un total de seis planos agrupados. Autoría propia.

Luego de concluir la propuesta formal del proyecto en su exterior que da como resultado una silueta hexagonal, se desarrolla la distribución a su interior (gráfico 12), logrando equipar un módulo con dos viviendas simétricas.

FUNCIÓN DEL MÓDULO

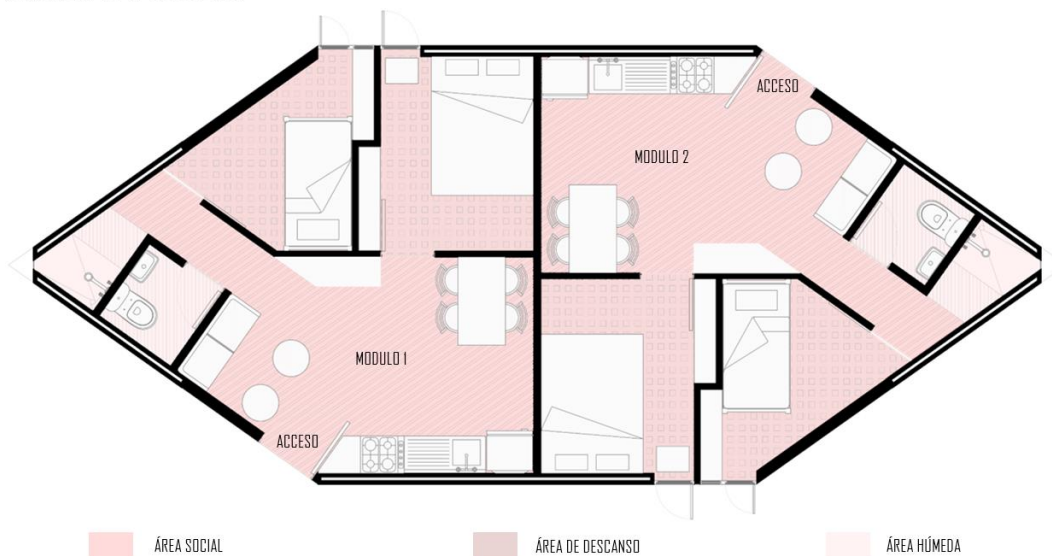


Gráfico 12. Distribución interior del módulo, habitabilidad dentro de este. Autoría propia.

Cada módulo está compuesto de manera que cuatro personas puedan habitar dentro de este, optimizando el área total se logra un resultado de 24 metros cuadrados por módulo, resultando que en menos de 62 metros cuadrados vivan dos familias

en buenas condiciones. Estos metros cuadrados (Tabla 6) buscan dar solución a las necesidades básicas que debe cumplir una vivienda, y está distribuidos de la siguiente manera:

| ESPACIO | AREA UTIL m2 |
|---|-----------------|
| Salón social y cocina | 10.36 |
| Habitación 1 | 5.65 |
| Habitación 2 | 4.40 |
| Baño y ducha | 2.62 |
| Circulación | 1.58 |
| TOTAL | 24.21 |
| AREA TOTAL | 30.4 m2 |
| AREA TOTAL MODULO PAR CONSTRUIDO | 61.44 m2 |

Tabla 6. Cuadro de áreas del módulo. Autoría propia.

Posteriormente, se evalúan temas de emplazamiento, orientación, y disposición del módulo en su localización para encontrar los beneficios bioclimáticos (Serra, R. 1999), que estamos buscando desde la arquitectura. En este caso, buscamos que las fachadas más ventiladas estén hacia el noroccidente (gráfico 13), ya que como anteriormente fue mencionado, es de esta dirección de donde provienen los vientos en la ciudad de Sincelejo.

ORIENTACIÓN DEL MÓDULO

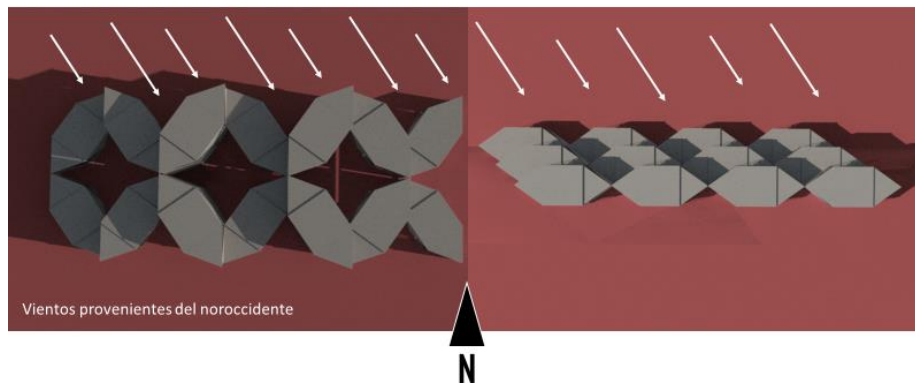


Gráfico 13. Orientación en posibles agrupaciones del módulo. Autoría propia.

Así mismo se tienen dos opciones de agrupación del módulo (gráfico 14), las cuales dependen de la topografía que posea el lugar donde se vayan emplazar los módulos, para que sea adaptable y estable en cualquier lugar.



Gráfico 14. Agrupación del módulo sobre topografía inclinada y plana. Autoría propia.

También se ha revisado su disposición en conjunto (gráfico 15), esto abarca sus circulaciones exteriores y zonas comunes, buscando que este sea funcional de manera individual o de manera grupal.

FUNCIÓN DE CONJUNTOS DE MÓDULO



Gráfico 15. Circulaciones entre módulos dependiendo su agrupación. Autoría propia.

Adicionalmente; centrándonos en el desarrollo constructivo del módulo buscamos soluciones eficaces y sostenibles, es por esto que en temas de la materialidad y la bioclimática del proyecto (*Helene, F, 2012*) se dan otras características técnicas desde el desarrollo arquitectónico.

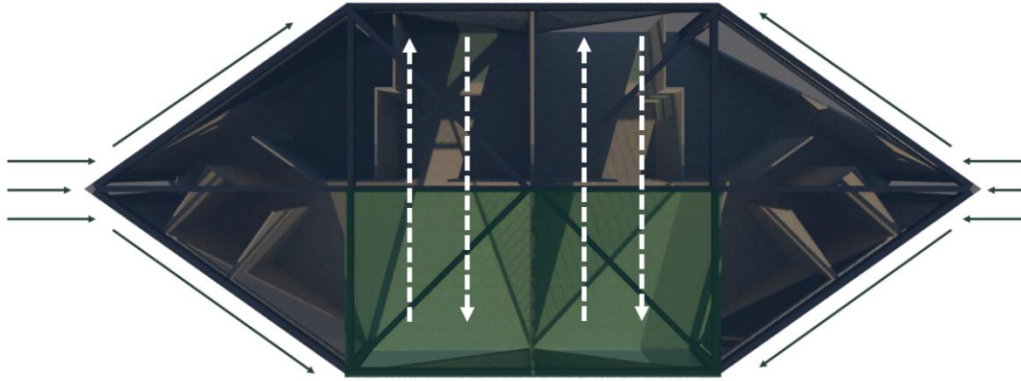


Gráfico 16. Esquema de ventilación cruzada dentro del proyecto. Autoría propia.

En los gráficos 16 y 17, se busca brindar un confort climático óptimo al interior de la vivienda aun estando en un clima cálido. Es por esto que se utilizan técnicas bioclimáticas como la ventilación cruzada (Serra, R. 1999) en todas las direcciones, claraboyas en la cubierta para la evacuación del aire caliente que dentro de esta se genera y fachadas perforadas que garanticen las renovaciones de aire al interior.

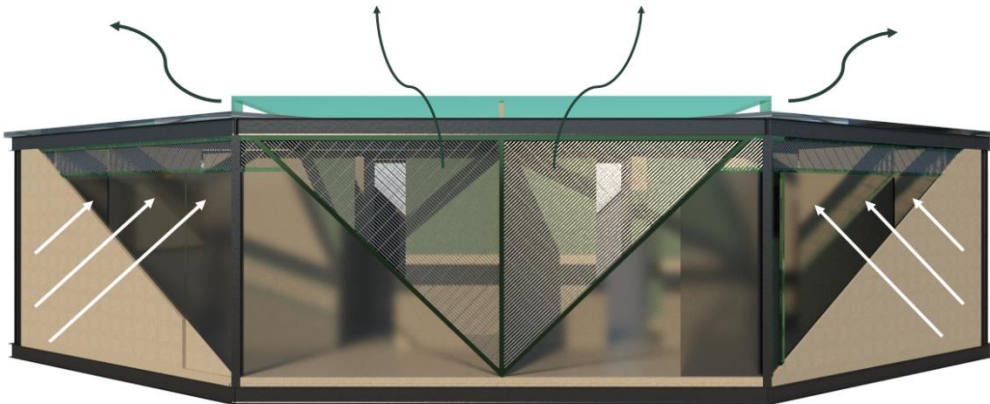


Gráfico 17. Esquema de sistema de evacuación de aire caliente. Autoría propia.

La materialidad mixta del proyecto (gráfico 18) busca ser modular para mejorar el tiempo de construcción requerido para ensamblar el módulo en su totalidad; es por esto que se utiliza una estructura en acero, desmontable y pernada, un entrepiso en Metaldeck (Acesco 2019), también paneles de SuperBoard (Etex 2019) para los cerramientos exteriores e interiores, fibra Frescasa (Isover 2019) que busca reducir la temperatura el interior producido por la radiación que golpea los materiales, y otros elementos constructivos como lo es la malla Futura (GKD 2018) en acero inoxidable y el SteelFrame (Fanalca 2019) para la sujeción de los paneles envolventes e interiores.

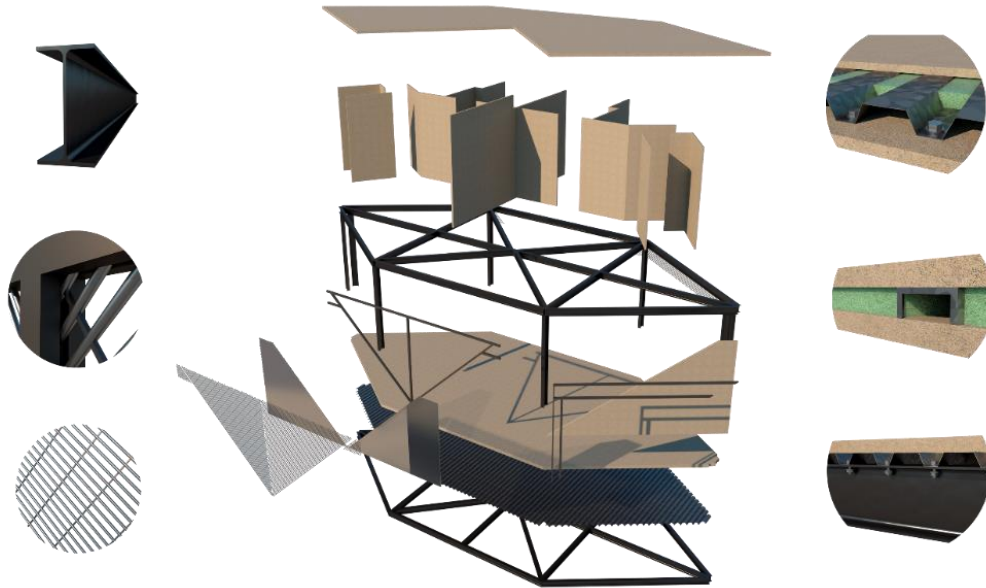


Gráfico 18. Isométrico explotado con lupas de materialidades. Autoría propia.

Así mismo, el diseño implementa técnicas que mejoren la habitabilidad y la espacialidad interior de cada una de las viviendas, es por esto que cada módulo se provee de una óptima iluminación natural en cada una de sus fachadas. En el gráfico 19, se aprecia el efecto la malla futura 3110 en la fachada en el cual se observa la sombra que este material brinda al interior de la vivienda como mecanismo de protección solar (*Helene, F, 2012*) en búsqueda del confort.

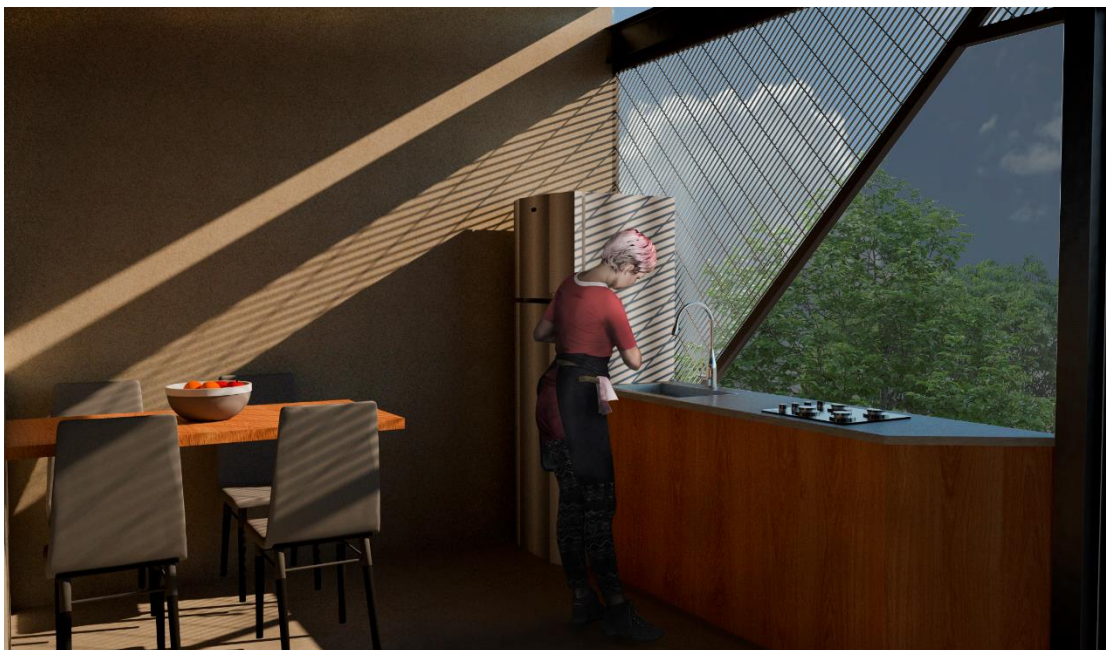


Gráfico 19. Imaginario del interior del módulo (zona social). Autoría propia.



Gráfico 20. Imaginario exterior en topografía plana. Autoría propia.

Por último, en los gráficos 20 y 21, se desarrollan unos imaginarios donde se agrupan los módulos de las dos maneras anteriormente explicadas (gráfico 14), esto con la intención de ver el resultado funcional y estético de los materiales y la correcta orientación de las fachadas.



Gráfico 21. Imaginario exterior en topografía inclinada. Autoría propia.

El desarrollo de este proyecto es el resultado de las metas trazadas en los objetivos específicos 2 y 3, los cuales buscan utilizar los conocimientos adquiridos a través de la carrera para diseñar las características de una posible vivienda, así mismo la proposición de estrategias bioclimáticas que sean objetivas y flexibles en el desarrollo de un proyecto de vivienda de interés social buscando prioritariamente mejorar la calidad de vida de sus habitantes desde la arquitectura.

Así mismo este prototipo de vivienda anteriormente explicado, fue evaluado por 5 coinvestigadores del proyecto de investigación energética 2030. La evaluación buscaba comparar los diseños de cada uno de los coinvestigadores, y como cada uno de esos módulos se comportaba en los cuatro pisos térmicos que tiene el país, los cuales son; cálido – húmedo, cálido – seco, templado y frío. Todos los auxiliares de investigación, evaluaron cada prototipo utilizando una tabla técnica con varios puntos estratégicos a tener en cuenta; Cada una de estas tablas arroja un puntaje, que luego es promediado con los resultados de los demás evaluadores. Por último, se realizó una tabla (Tabla 7) que agrupa todos los módulos y sus resultados finales.

| Evaluación de variable Forma | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------|
| Clima frío | Prototipo | Monitor 1 | Monitor 2 | Monitor 3 | Monitor 4 | Monitor 5 | Monitor 6 | Total por prototipo |
| | Prototipo 1 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 7 | 8,166666667 |
| | Prototipo 2 | 8 | 8 | 9 | 8 | 6 | 9 | 8 |
| | Prototipo 3 | 8 | 9 | 7 | 9 | 7 | 10 | 8,333333333 |
| | Prototipo 4 | 8 | 9 | 7 | 6 | 7 | 7 | 7,333333333 |
| | Prototipo 5 | 7 | 8 | 6 | 7 | 7 | 8 | 7,166666667 |
| Evaluación de variable Forma | | | | | | | | |
| Clima templado | Prototipo | Monitor 1 | Monitor 2 | Monitor 3 | Monitor 4 | Monitor 5 | Monitor 6 | Total por prototipo |
| | Prototipo 1 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 8,333333333 |
| | Prototipo 2 | 9 | 8 | 9 | 9 | 6 | 9 | 8,333333333 |
| | Prototipo 3 | 10 | 9 | 8 | 9 | 8 | 10 | 9 |
| | Prototipo 4 | 6 | 9 | 8 | 5 | 8 | 9 | 7,5 |
| | Prototipo 5 | 8 | 8 | 7 | 4 | 8 | 7 | 7 |
| Evaluación de variable Forma | | | | | | | | |
| Clima cálido seco | Prototipo | Monitor 1 | Monitor 2 | Monitor 3 | Monitor 4 | Monitor 5 | Monitor 6 | Total por prototipo |
| | Prototipo 1 | 7 | 8 | 7 | 7 | 9 | 10 | 8 |
| | Prototipo 2 | 9 | 8 | 8 | 9 | 8 | 9 | 8,5 |
| | Prototipo 3 | 10 | 9 | 8 | 9 | 10 | 8 | 9 |
| | Prototipo 4 | 8 | 9 | 8 | 8 | 8 | 10 | 8,5 |
| | Prototipo 5 | 7 | 8 | 7 | 7 | 8 | 10 | 7,833333333 |
| Evaluación de variable Forma | | | | | | | | |
| Clima cálido húmedo | Prototipo | Monitor 1 | Monitor 2 | Monitor 3 | Monitor 4 | Monitor 5 | Monitor 6 | Total por prototipo |
| | Prototipo 1 | 7 | 8 | 7 | 6 | 9 | 9 | 7,666666667 |
| | Prototipo 2 | 10 | 8 | 7 | 8 | 7 | 7 | 7,833333333 |
| | Prototipo 3 | 9 | 9 | 8 | 6 | 9 | 9 | 8,333333333 |
| | Prototipo 4 | 7 | 9 | 8 | 5 | 8 | 8 | 7,5 |
| | Prototipo 5 | 7 | 8 | 8 | 6 | 8 | 8 | 7,5 |

Tabla 7. Evaluación del desempeño en diferentes climas de los módulos propuestos por los coinvestigadores. Autoría propia (proyecto de investigación Energética 2030).

Como resultado de la evaluación del módulo anteriormente presentado en los diferentes climas, y desde diferentes puntos de vista; se concluye positivamente que el módulo de vivienda (gráficos 11 -21) el cual es el prototipo 5 en la tabla, cumple mejor su función en el clima cálido húmedo; acertando su intención de ser confortable en este clima; esto significa que desde el diseño arquitectónico definitivamente se pueden presentar alternativas que mejoren la calidad de vida de las personas dependiendo del lugar donde se localicen los proyectos, entonces; ya que el módulo desde un inicio buscaba darle solución a los problemas climáticos que presentaba Sincelejo, y este se encuentra en el clima cálido – húmedo, su desempeño va ser óptimo solo en lugares con climas similares.

Así mismo, Con la intención de tener bien identificadas las características de los living lab existentes en nuestro contexto, se presenta una tabla comparativa que reúne los datos más relevantes de las construcciones hechas por las universidades UPB y Eafit (gráficos 22 y 23) para poder evaluarlas de una manera más descriptiva. Estos living labs adscritos en el marco del proyecto Energética 2030, buscan ser el punto de partida para encontrar la solución más integral de la vivienda sostenible en el contexto colombiano.

Los living lab evaluados fueron; Hábitat Smart living lab de la Universidad Pontificia bolivariana (Amaya 2015) y la Casa solar de la universidad Eafit (Torres 2017) En cada una de las tablas (8 y 9), encontraremos primero los datos de su **localización**, y cómo está emplazado el edificio, luego cuales son los **condicionantes climáticos** que posee su entorno, y por último características más técnicas que nos hablan de la **arquitectura** de la cual está compuesta cada uno de los edificios.



Gráficos 22 y 23. [izquierda] Hábitat Smart Living Lab UPB (Amaya 2015). [derecha] Casa solar Eafit (Torres 2017).

| | | | |
|--|---|---|---|
| NOMBRE LIVINGLAB | Casa solar | UBICACIÓN POLÍTICA | Llanogrande, Rionegro |
| SUELO TÉRMICO | frio | ESTADO DE LA VIVIENDA | Construida |
| INSTITUCION A LA QUE PERTENECE | EAFIT | AÑO DE CONTRUCCIÓN | |
| LOCALIZACIÓN | Coordenadas | 6° 6' 26" N 75° 27' 7" | |
| | Emplazamiento | Lote público o privado | privado |
| | | Posee vías de acceso vehicular | si, no directamente hasta la casa, a 50 m de distancia |
| | | Posee servicios públicos de energía | no |
| | | Posee servicios públicos de agua | no |
| | | Posee servicios de telecomunicaciones | no |
| | Orientación Fachada 1 | fachada principal hacia la vía | occidente |
| | Orientación Fachada 2 | fachada hacia la parte baja de la pendiente | norte |
| | Orientación Fachada 3 | fachada hacia la parte alta de la pendiente | sur |
| | Orientación Fachada 4 | fachada hacia el bosque | oriente |
| | Cualidades del entorno | Cantidad de vegetación | vegetación alta en su mayoría, principalmente pinos a menos de 10 metros una escorrentía |
| Fuentes naturales de agua | | | |
| Altitud | 2230 MSNM | | |
| Relieve | Pendiente pronunciada | | |
| CONDICIONANTES CLIMATICOS | Temperatura máx. promedio | Cantidad en (°C) | 22 ° C |
| | Temperatura mín. promedio | Cantidad en (°C) | 12,7 ° C |
| | Húmedad relativa pico | Cantidad en (%) | 95% |
| | Precipitaciones promedio | Cantidad en (mm) | entre 5 y 30 mm |
| | | Manejo de escorrentía | ninguno |
| | Radiación solar promedio | Cantidad en (wh/m2 por día) | promedio anual de 4350 |
| | Vientos promedio | Cantidad en (km/h) | 5 km/h |
| A R Q U I T E C T U R A | Gestión de la energía y el recurso hídrico | Eficiencia en agua | mínima, no se hace ninguna actividad con las aguas |
| | | Eficiencia en energía | abastecimiento de fuentes fotovoltaicas en su totalidad |
| | | Eficiencia en materiales | innovación con el uso del ladrillo solar, de resto, material tradicional sobrepuesto, y levemente enterrado |
| | Condiciones de cimentación | Disposición sobre el terreno | se realiza eplanación en cierta parte del terreno, afectación media |
| | | Afectación al terreno existente | |
| | Materialidad envolvente | Material predominante 1 | Ladrillo cerámico solar |
| | | Material predominante 2 | Ladrillo de barro convencional |
| | Materialidad de la cubierta | Material predominante 1 | Teja de barro convencional |
| | | Material predominante 2 | Madera |
| | Materialidad del piso | Material predominante 1 | Losa de cemento |
| Ventilación al interior | Existencia de ventilación cruzada | si, todas las fachadas poseen accesos de viento | |
| | Calidad del aire al interior | se siente el olor a humedad, se muy comodo, no se siente tanto el frío del exterior | |
| | Confort climatico dentro del espacio | | |
| Iluminación al interior | Luxes que inciden por fachada 1 (9 am) | 227 lx (día nublado) | |
| | Luxes que inciden por fachada 2 (9 am) | 485 lx (día nublado) | |
| | Luxes que inciden por fachada 3 (9 am) | 185,6 lx (día nublado) | |
| | Luxes que inciden por fachada 4 (9 am) | 295 lx (día nublado) | |
| | Luxes que inciden por fachada 1 (3 pm) | 399,7 lx (día nublado) | |
| | Luxes que inciden por fachada 2 (3 pm) | 176,8 lx (día nublado) | |
| | Luxes que inciden por fachada 3 (3 pm) | 207,9 lx (día nublado) | |
| Luxes que inciden por fachada 4 (3 pm) | 553 lx (día nublado) | | |
| Area total construida | Cantidad en (m2) | por definir | |

Tabla 8. Tabla evaluativa Casa solar Eafit. Autoría propia.

| | | | |
|--|---|--|---|
| NOMBRE LIVINGLAB | Hábitat smart living lab UPB. | UBICACIÓN POLÍTICA | Laureles, Medellín |
| SUELO TÉRMICO | Templado | ESTADO DE LA VIVIENDA | Construida |
| INSTITUCION A LA QUE PERTENECE | UPB | AÑO DE CONTRUCCIÓN | 2015 |
| LOCALIZACIÓN | Coordenadas | 6°14'28" N 75°35'22" | |
| | Emplazamiento | Lote público o privado | privado |
| | | Posee vías de acceso vehicular | si, y tiene garaje con estacion de carga |
| | | Posee servicios públicos de energía | si y se abastece de fuentes propias |
| | | Posee servicios públicos de agua | no |
| | | Posee servicios de telecomunicaciones | no |
| | Orientación Fachada 1 | fachada puerta de acceso | occidente |
| | Orientación Fachada 2 | fachada deck | norte |
| | Orientación Fachada 3 | fachada escaleras | sur |
| | Orientación Fachada 4 | fachada trasera | oriente |
| Cualidades del entorno | Cantidad de vegetación | vegetacion baja en su mayoría por las fachadas sur y oriente | |
| | Fuentes naturales de agua | no cercanas | |
| Altitud | 1500 MSNM | | |
| Relieve | plano | | |
| CONDICIONANTES CLIMATICOS | Temperatura máx. promedio | Cantidad en (°C) | 27.5 ° C |
| | Temperatura mín. promedio | Cantidad en (°C) | 15.6 ° C |
| | Húmedad relativa pico | Cantidad en (%) | aproximadamente 70% |
| | Precipitaciones promedio | Cantidad en (mm) | entre 10 y 50 mm |
| | | Manejo de escorrentía | captacion de aguas lluvias, absorcion debajo de la casa |
| | Radiación solar promedio | Cantidad en (wh/m2 por día) | promedio anual de 4350 |
| | Vientos promedio | Cantidad en (km/h) | 5 km/h |
| A R Q U I T E C T U R A | Gestión de la energía y el recurso hídrico | Eficiencia en agua | la vivienda casi no demanda recurso hídrico, no se realizan actividades abastecimiento de fuentes |
| | | Eficiencia en energía | fotovoltaicas, biodigestores y fuentes eólicas |
| | | Eficiencia en materiales | materiales industrializados y modulares |
| | Condiciones de cimentación | Disposición sobre el terreno | elevada sobre el terreno por columnas |
| | | Afectación al terreno existente | ninguna |
| | Materialidad envolvente | Material predominante 1 | placas de concreto |
| | | Material predominante 2 | persianas y celosías en madera |
| | Materialidad de la cubierta | Material predominante 1 | teja tipo sandwich techmet |
| | | Material predominante 2 | poliuretano |
| | Materialidad del piso | Material predominante 1 | aluminio |
| Ventilación al interior | Existencia de ventilación cruzada | si, todas las fachadas poseen vanos o accesos de viento | |
| | Calidad del aire al interior | buena, existen suficientes renovaciones de aire | |
| | Confort climatico dentro del espacio | excelente, las celosias en madera y aluminio regulan el paso de las corrientes de aire | |
| Iluminación al interior | Luxes que inciden por fachada 1 (9 am) | 75.3 lx (día nublado) | |
| | Luxes que inciden por fachada 2 (9 am) | 80.1 lx (día nublado) | |
| | Luxes que inciden por fachada 3 (9 am) | 71.5 lx (día nublado) | |
| | Luxes que inciden por fachada 4 (9 am) | 70.2 lx (día nublado) | |
| | Luxes que inciden por fachada 1 (3 pm) | 152 lx (día nublado) | |
| | Luxes que inciden por fachada 2 (3 pm) | 124,8 lx (día nublado) | |
| | Luxes que inciden por fachada 3 (3 pm) | 165 lx (día nublado) | |
| Luxes que inciden por fachada 4 (3 pm) | 143,6 lx (día nublado) | | |
| Area total construida | Cantidad en (m2) | 107 m2 | |

Tabla 9. Tabla evaluativa Hábitat, UPB. Autoría propia.

Luego de evaluar ambas edificaciones encontramos que tienen unas características físicas y espaciales muy diferentes; comenzando por su localización ya que una se encuentra en clima templado y otra se encuentra en clima frío, otro punto de partida indispensable es la forma en la que cada una se emplaza sobre la tierra, entre muchas otras diferencias, de las cuales se sacará provecho para concluir con una mejor versión de ambas en el módulo propuesto para Sincelejo dentro del proyecto Energética 2030.

5. CONCLUSIONES

Analizando las condiciones climáticas, podemos decir que actuar sobre el suelo cálido – húmedo en Colombia, es la opción más asertiva si estamos buscando soluciones a escala nacional, ya que primero estaríamos abarcando por mucho la mayor parte del territorio, y por ende beneficiando a una gran cantidad de población. Es por esto por lo que plantear una solución factible con una vivienda de interés social, sería un beneficio social de grandes prestaciones. Solo evaluando el panorama de Sincelejo, podemos deducir que de 400.000 habitantes; 328.000 son de estrato 1 y 2 (Conversación con John Jairo Feria) y probablemente desplazados, lo que implica que el cambio social en el departamento, o la ciudad sería altamente notable si se dispone de un bien tan básico como lo es la vivienda. Esto generaría progreso a la región y por ende al país. Así mismo son muchos los lugares del mundo que poseen las características climáticas de nuestros suelos, esto implica que el desarrollo del proyecto y sus resultados se atribuyen a un beneficio global.

En cuanto al diseño del proyecto planteado y su materialidad concluimos que la arquitectura tiene una infinidad de posibilidades para darle solución a problemáticas como esta, ya que si comenzamos desde la misma forma, la edificación puede contrarrestar los defectos que tenga el entorno en donde esté emplazado el edificio, y luego de esto; tenemos una inmensa oferta de materiales a nuestra disposición para reforzar las intenciones bioclimáticas y lograr el objetivo de hacer una vivienda sostenible; en el caso del proyecto anteriormente expuesto, es notable que desde el diseño se obtienen resultados favorables cuando se evalúa oportunamente las condiciones donde este estará emplazado, y es por esto que las evaluaciones de los coinvestigadores de la facultad arrojan un resultado positivo cuando la vivienda es evaluada en el clima para el cual fue diseñado. (cálido – húmedo).

El hacer arquitectura es un compromiso social, pues tenemos en nuestras manos la calidad de vida de otras personas, y es por esto, que esta investigación presenta una opción del cómo las viviendas de interés social de nuestro país podrían tener un mejor planteamiento desde su inicio, y que no sean resueltas de prisa y sin

premeditación, para con esto, no solo lograr la construcción de viviendas sostenibles, sino también y más importante, una sociedad sostenible, con un estilo de vida mejorado que opta por el progreso en todos sus ámbitos, y se adapta a los nuevos cambios que nos exige la naturaleza y el planeta en el que hoy habitamos.

6. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que arroja el proyecto investigativo monográfico desarrollado, van orientadas a su continuidad, en ámbitos con características diferentes a las mencionadas anteriormente; clima, materialidad, diseño, que busquen darle solución a las características para el diseño de viviendas de interés social en nuestro país, pero con otros entornos y otras posibilidades, que abarquen en totalidad los pisos térmicos con los que contamos en Colombia y así brindar una solución integral.

Adicionalmente la importancia de la sostenibilidad integral en nuestro país debe ser reforzada desde todos los ámbitos de investigación que puedan llevar a nuestra nación y compatriotas hacia el progreso y las exigencias que el nuevo mundo ecológico y la naturaleza nos demandan.

En cuanto al marco del proyecto Energética 2030, se indagará a más profundidad todas las inquietudes resultantes de esta investigación, para llevar a cabalidad los fines y objetivos propuestos buscando materializar las ideas planteadas por los coinvestigadores y tutores de la facultad de arquitectura, y aprovechando la oportunidad del trabajo interdisciplinar con el que se cuenta.

7. BIBLIOGRAFIA

Helene, F., (2012), *Pequeño manual del proyecto sostenible*, Barcelona, España, Gustavo Gili.

Olgay, V., (1998), *Arquitectura y clima*, Barcelona, España, Gustavo Gili.

Lozano, M., (2015), *Vivienda Social en Colombia: Diagnóstico y Evolución*. Revista CIFE.

García, R. Fuentes, V., (1985), *Arquitectura bioclimática y energía solar*, Azcapotzalco, México, Universidad autónoma metropolitana.

Serra, R., (1999), *Arquitectura y climas*, Barcelona, España, Gustavo Gili.

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, (2011), *Las normas aplicables en el desarrollo de vivienda de interés social*, Colombia, Nuevas ediciones.

Amaya. A.M. (2015). Yarumo UPB, una alianza enriquecedora. *Revista Universitas científica*, 18(2), 56-59.

Catorce6 (2019). Los pisos térmicos de Colombia y las variaciones según su altitud. Recuperado de <https://www.catorce6.com/investigacion/17171-los-5-pisos-termicos-de-colombia-y-las-variaciones-segun-su-altitud>.

Minvivienda (2009) Conceptos jurídicos vivienda de interés social. Recuperado de <http://www.minvivienda.gov.co/sobre-el-ministerio/conceptos-juridicos/vivienda-de-inter%C3%A9s-social>.

Ecohabitar (2018) Arquitectura bioclimática, conceptos y técnicas. Recuperado de <https://ecohabitar.org/arquitectura-bioclimatica-conceptos-y-tecnicas/>.

Torres, L. (2017). Revista universidad Eafit 168. Medellín, Colombia. Recuperado de <http://www.eafit.edu.co/investigacion/revistacientifica/edicion-168/Paginas/ladrillo-solar-para-vivienda-autosostenible.aspx>.

Meteoblue (2019) Tiempo de Medellín departamento de Antioquia, Colombia, 6.25°N 75.56° O, 1405m s.n.m. Recuperado de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/semana/medell%C3%ADn_colombia_3674_962.

Meteoblue (2019) Tiempo de Rionegro departamento de Antioquia, Colombia, 6.16°N 75.37°O, 2090m s.n.m. Recuperado de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/semana/rionegro_colombia_3670730.

Meteoblue (2019) Tiempo de Sincelejo departamento de Sucre, Colombia, 9.3°N 75.4°O, 211m s.n.m. Recuperado de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/semana/sincelejo_colombia_3667983.

Acesco (2019) Ficha técnica entrepisos, Recuperado de <https://www.acesco.com.co>.

Etex (2019) Ficha técnica superboard estándar, Recuperado de <https://www.etex.com.co>.

Isover (2019) Ficha técnica Frescasa ECO, Recuperado de <https://www.isover.com.co/acerca-de-fiberglass-isover/que-es-saint-gobain/fiberglass-isover>.

GKD metalfabrics (2018) Futura 3110, Recuperado de <https://www.gkd.de>.

Fanalca (2019) Sistema Steel framing, Recuperado de <http://tubosyperfilesfanalca.com/?productos=sistema-steel-framing>.