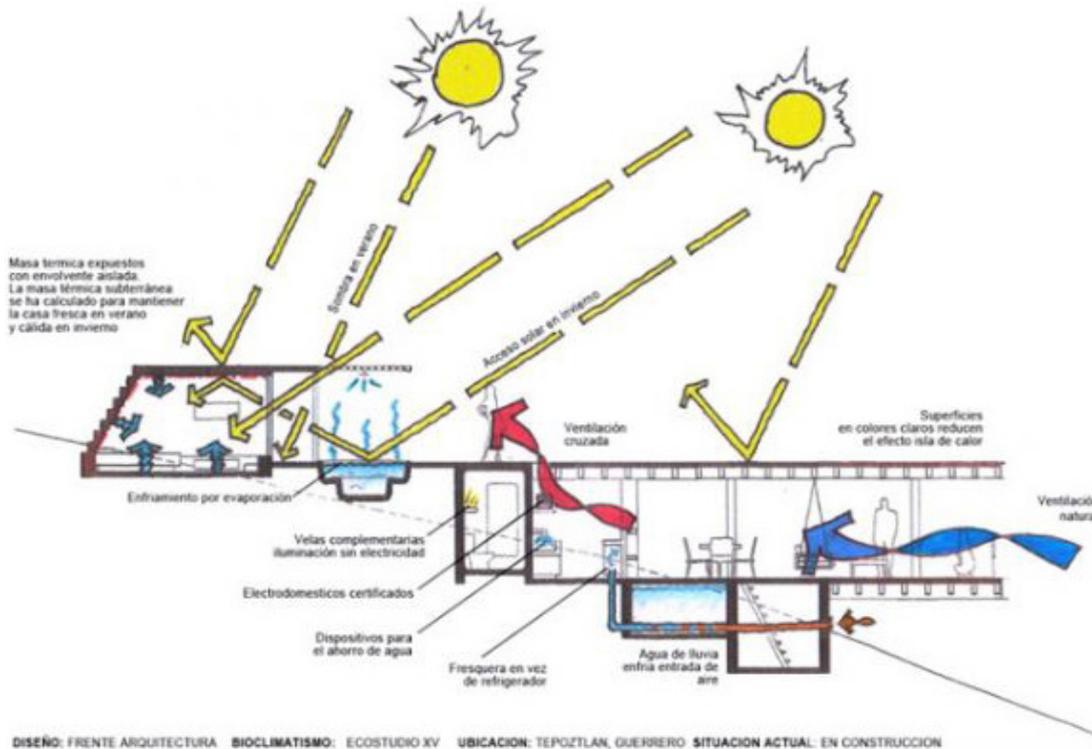


CAPÍTULO 4

CONFORT TÉRMICO EN EL TRÓPICO HÚMEDO. CASO DE ESTUDIO, VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL DEL DISTRITO DE BUENAVENTURA.

1



- 1 Análisis de recorrido solar sobre una edificación, donde se denota la absorción, emisividad y reflectancia de la energía que transmite el astro sol sobre los materiales y elementos. Fuente: <https://www.sostenibilidadyarquitectura.com/2016/12/28/el-mundo-es-pura-fisica-la-arquitectura-tambien/>

AUTORES

Herver Javier Carabalí Castro

Jaime Esteban Palomino Márquez

CÓMO CITAR ESTE CAPÍTULO

Carabalí Castro, H. J. y Palomino Márquez, J. E. (2020). Confort térmico en el trópico húmedo. caso de estudio, viviendas de interés social del Distrito de Buenaventura. En: Parra Ocampo, J. (Ed. Científico). *Resiliencia Urbana. Una mirada académica desde el Pacífico*. (pp. 109-163). Cali, Colombia: Universidad Santiago de Cali; Editorial Universidad del Pacífico.

CAPÍTULO 4

CONFORT TÉRMICO EN EL TRÓPICO HÚMEDO. CASO DE ESTUDIO, VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL DEL DISTRITO DE BUENAVENTURA.

4.1. INTRODUCCIÓN

El ser humano a través de su historia, como ser sedentario, ha buscado la manera de resguardarse de diferentes formas de las adversidades que presenta su entorno, pasando por las antiguas cuevas y cavernas, las cuales presentaban un ambiente austero, rústico y de pocas comodidades; en donde solucionaba el primer problema, el cual era, el resguardo de los elementos climáticos y en su momento de las amenazas animales de entonces, aunque presentaba unas condiciones de habitabilidad mínima; después tras la búsqueda de dominar nuevos materiales y herramientas, impulsó al hombre a crear sus refugios, con materiales de piel y ramas, en donde ubicaba una fogata cerca a estas para brindar una calidez en su espacio, mejorando por primera vez su confort.

Desde entonces, el hombre ha dominado la variedad de entornos y ecosistemas que encuentra, pues sus construcciones han mejorado su calidad para crear espacios con características que convierten este en un lugar habitable. En la actualidad y no satisfecho con poder emplazarse en el lugar que desee, el ser humano busca mejorar su calidad de vida de diferentes maneras. En esta investigación nos enfocaremos en aspectos meramente climáticos, tratando de entender el funcionamiento de las viviendas de interés social y del cómo interactúan con las características ambientales.

Debido a la variabilidad psicofisiológica del ser humano, es prácticamente imposible conseguir que, en un colectivo de personas, cualesquiera que sean las condiciones ambientales de referencia, la totalidad de las mismas manifiesten sentirse confortables en una situación micro climática dada (Dirección de Seguridad e Higiene de ASEPEYO, 2005).

Varios estudios han demostrado que, en todo grupo de personas, existe al menos un 5 % que muestran estar disconformes con las condiciones de confort preestablecidas; obviamente, si las condiciones ambientales son más desfavorables, este porcentaje puede incrementarse hasta que alcance la totalidad de la población (Dirección de Seguridad e Higiene de ASEPEYO, 2005).

Como consecuencia de la aparición de las técnicas de acondicionamiento de aire nació el interés por la valoración del nivel de confort térmico, ya que el fin de estos sistemas es precisamente lograr que las personas se sientan confortables y a gusto con el microclima que les rodea (Dirección de Seguridad e Higiene de ASEPEYO, 2005).

4.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a las condiciones climáticas especiales que posee el Distrito de Buenaventura y a la poca leyes ambientales, muchas viviendas no cumplen con los parámetros básicos para obtener un confort térmico adecuado dentro de las viviendas, por ello se toma la decisión de generar un estudio a fondo dentro de las viviendas teniendo en cuenta 3 tipos de materiales diferentes (viviendas en ladrillo farol limpio a la vista, prefabricadas de concreto y en mampostería confinada) para lograr así la generación de recomendaciones básicas que se pueden tener en cuenta a la hora de diseñar en la ciudad, debido a que de estas saldrán unos lineamientos esenciales a partir de las mediciones para escoger el mejor material que proporcione un mejor confort térmico óptimo en el interior de la vivienda.

4.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La ausencia de confort en las viviendas de interés social se ha hecho una constante, que, al buscar reducir los costos de construcción se pasa por alto que en estas vivirán personas de pocos recursos, pero con las mismas necesidades sensoriales y físicas que una sin problemas económicos.

Conociendo los requisitos y condiciones de los usuarios de las VIS, el problema al cual buscaremos afrontar es el siguiente: ¿Cómo mejorar las condiciones de confort térmico en la VIS del Distrito de Buenaventura?

4.4. OBJETIVO GENERAL

- Proponer soluciones bioclimáticas con arquitectura pasiva que den respuesta a los problemas de confort encontrados en el análisis de las viviendas de interés social, tras la selección objetiva de éstas en tres (3) materiales diferentes, las cuales deberán contar con características similares en aspectos como diseño, orientación, área y ubicación.

4.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Capturar y recolectar información térmica en viviendas de interés social.
- Análisis de datos y modificaciones, para verificación comparativa de resultados en modelo virtual.
- Determinar pautas y recomendaciones para el mejoramiento del confort en las VIS, escogiendo la material óptimo de las tres (3) existentes en las VIS analizadas.

4.6. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de habitar, es algo más que ocupar un lugar, vivir en un espacio, esta requiere un conjunto de características para hacer que las personas habiten el espacio, sino que, vivan en un espacio habitable, es aquí donde los arquitectos debemos cumplir adecuadamente con nuestro trabajo, haciendo uso del abanico de opciones con las cuales contamos para hacer de los espacios, lugares habitables, con todo el significado que implica, desde la belleza del espacio Venustas, hasta el funcionamiento, y no solo el ergonómico, también el confort en este Utilitas.

En Buenaventura, la gran mayoría de viviendas, por no decir todas, no cumplen con los aspectos básico que establece la Organización Mundial de la Salud para considerar un espacio confortable, siendo un tema de tanta importancia más allá de lo que para la mayoría es un lujo; pues también involucra la salud de las personas que habitan en el. Algunas de las consecuencias que acarrea la exposición prolongada a las altas temperaturas que se encuentran en Buenaventura son la irritabilidad, lasitud, disminución de la moral, aumento de la ansiedad e incapacidad para concentrarse, por mencionar algunas.

A pesar que el confort es un tema que abarca variedad de campos como iluminación, sonoros, etc, optamos especialmente por el confort térmico, esto es por las condiciones climáticas especiales con las que cuenta Buenaventura, siendo extremadamente cálida, y a esto le sumamos su humedad, obtenemos un infierno, desde el punto de vista de sensación térmica, y es un problema al cual se enfrentan absolutamente todas las viviendas ubicadas en el distrito, o cualquier zona tropical

húmeda, por esta razón consideramos tan importante hallar soluciones arquitectónicas que sean capaces de afrontar las particularidades ambientales de Buenaventura.

4.7. MARCO DE ANTECEDENTES

TÍTULO: Propuesta de adecuación bioclimática sustentable para lograr el confort térmico en viviendas unifamiliares de interés social en Tepic, Nayarit (Herrera-López, 2016).

El presente trabajo de investigación está teóricamente relacionado con la sustentabilidad, partiendo principalmente del ámbito social y ambiental. En él se busca mejorar las condiciones de habitabilidad en viviendas de interés social ya construidas, mejorando el confort térmico por medio de estrategias bioclimáticas. A su vez, pretende disminuir el uso de sistemas de climatización artificial, los cuales consumen energía eléctrica y producen emisiones de gases de efecto invernadero. Por ello, el proyecto intenta brindar diferentes soluciones de bajo costo que sean capaces de adaptarse a las viviendas ya construidas y que permita mejorar las condiciones de confort térmico de manera sustentable.

APORTES: Este referente nos aporta grandes cosas a nuestro proyecto de investigación debido a que trata sobre temas similares a los que emplearemos en nuestra tesis, tanto su función como su metodología son un referente muy aplicativo para nuestro proceso investigativo, porque nos da unas pautas básicas a la hora de confrontarnos con el trabajo de cálculos.

TÍTULO: propuesta de mejoramiento de las condiciones de confort térmico interior del hábitat social a partir de sobre-costos cero. Jorge Alberto Mitchell y Carlos de Rosa 1996.

NOTA: a pesar que esta investigación es muy antigua, se convierte en un tema muy importante para nuestra investigación debido a que nos proporciona elementos necesarios para la orientación y formulación del proyecto.

TEORÍA Y CONCEPTOS: El análisis de las variables climáticas tiene por objeto proponer estrategias de optimización de los recursos naturales a través del diseño de la forma construida. Por consiguiente, la propuesta de mejoramiento del confort térmico del hábitat social a partir de “sobrecosto cero”, posibilita su adopción porque el usuario la puede incorporar sin erogaciones adicionales. Esto permitirá concebir a la vivienda desde el diseño con decisiones proyectuales acertadas, y la posibilidad de evolucionar en la medida de la disponibilidad de recursos por parte de los usuarios a un hábitat bioambiental. Esta es una alternativa válida ante la escasa accesibilidad de estos sectores a la energía, y es posible que en el futuro esta situación se profundice.

APORTES: Este referente a pesar que es muy antiguo sus propuestas presentadas no insume costos adicionales. Los beneficios obtenidos mejoran las condiciones de confort térmico del interior de la vivienda. Si bien se está lejos de los niveles ideales deseados, hay que considerar que el consumo de los usuarios de viviendas de interés social, es insuficiente. Es importante concebir la vivienda desde su origen como bioclimática, para que sea posible la adopción posterior de estrategias de diseño evolutivas de acondicionamiento, en conservativa o solar. Tal concepción de las viviendas de interés social genera beneficios ambientales y brinda una mejor calidad de vida a la gente que puede, de esta forma, recuperar el valor de abrigo que toda morada debe tener, motivo por el cual se considera que es de gran importancia para nuestra investigación.

TÍTULO: Diagnóstico y mejoramiento del comportamiento térmico y la ventilación en viviendas de interés social en Cali con medios pasivos. - Walter Giraldo Castañeda. (2013)

TEORÍAS: La Real Academia de la Lengua define confort como “las condiciones materiales que proporcionan bienestar o comodidad”; este concepto es demasiado extenso, por esa razón se hace necesario especificar con cual se piensa trabajar el térmico.

VARIABLES EXTERNAS: La Temperatura del aire representa la cantidad de calor que lleva consigo el aire; para medirlo se utiliza el termómetro y la escala más utilizada es la celsius o centígrada expresada en grados (°C). El ser humano puede tolerar temperaturas del aire.

La humedad relativa se define como la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Así mismo, la HR, es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura y presión atmosférica.

La temperatura media radiante se define como la temperatura uniforme de un recinto negro imaginario que tuviera la misma transferencia de calor por radiación hacia la persona que el recinto real.

La velocidad del aire Se estudia como aire en movimiento tanto horizontal como verticalmente.

APORTES: En este trabajo se puede tomar algunas de las practicas usadas en la metodología para aplicar a nuestra investigación relacionada con el confort, además de servir como antecedente debido a los estudios y la proximidad de nuestro caso de estudio, el cual se encuentra en Buenaventura.

TÍTULO: Vivienda bioclimática con paneles modulares de ferro cemento y materiales aislantes alternativos para la ciudad de Oaxaca, oax. - Sildia Mecott Gómez. (2007)

TEORÍAS: Para la realización de este trabajo es necesario conocer el comportamiento de la trayectoria solar, las ganancias solares, la transferencia de calor, las propiedades termo físicas de los materiales y los requerimientos para la simulación térmica en estado dinámico.

Clima: Los factores climáticos son las condiciones físicas que caracterizan a una región o un lugar en particular, y determinan su clima. Los principales factores son: latitud, altitud, relieve, distribución de tierra y agua y corrientes marinas.

Temperatura del aire: Parámetro que determina la transmisión de calor de un cuerpo a otro en forma comparativa por medio de una escala. Se utilizan en general tres tipos de escalas termométricas: grados centígrados, kelvin y fahrenheit.

Humedad relativa: Es la relación expresada en porcentaje de humedad que contiene el aire y la cantidad de agua necesaria para saturar a este a una misma temperatura.

Radiación solar: La radiación global es la cantidad total de energía solar que alcanza una fracción de superficie terrestre en un plano horizontal.

APORTES: Esta tesis funciona como referente de organización del cuerpo de trabajo, además que su metodología es de ayuda ya que nos enseña alternativas a la hora de demostrar los estudios por medio de software de simulación térmica.

4.8. MARCO TEÓRICO

La sociedad posee una amplitud de requisitos y variables en las que un individuo presenta características especiales para sentirse a gusto en el espacio que se encuentra, es aquí donde los diseñadores debemos emplear estrategias básicas de confort térmico, que nos permitan dar respuesta al mayor número de personas en una edificación.

5.8.1. Conceptos bioclimáticos básicos

- **El calor:** “Calor, en física, transferencia de energía de una parte a otra de un cuerpo, o entre diferentes cuerpos, en virtud de una diferencia de temperatura. El calor es energía en tránsito; siempre fluye de una zona de mayor temperatura a una zona de menor temperatura, con lo que eleva la temperatura de la segunda y reduce la de la primera, siempre que el volumen de los cuerpos se mantenga constante.”
- **Formas de transmisión del calor:** Es importante tener presentes los mecanismos de transmisión del calor para comprender el comportamiento térmico de un edificio, pudiendo presentarse de tres formas diferentes:

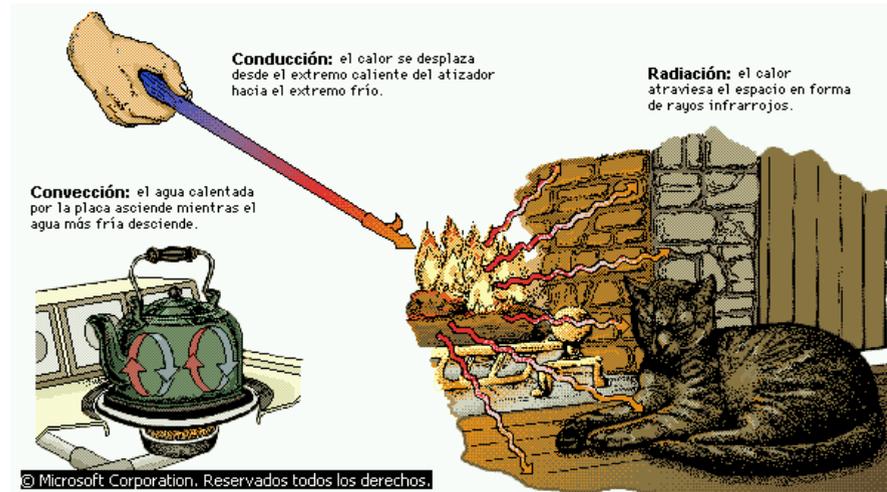


Ilustración 63: transferencia de calor. Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos15/transf-calor/transf-calor.shtml> (Nelson Díaz Tapia).

- **El color:** El color con el que observamos un objeto es causado por la reflexión de la luz u ondas luminosas que inciden sobre él, es decir: “el color de un objeto depende de lo que le sucede cuando la luz incide sobre él. Los diferentes materiales absorben algunos colores y reflejan otros. Los colores que vemos son los colores reflejados por el objeto”.

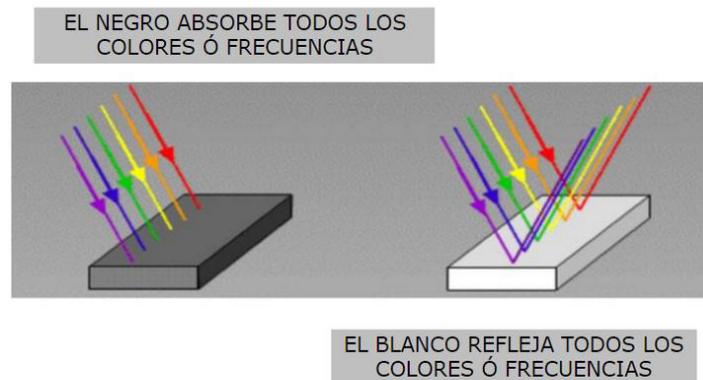


Ilustración 64: Reflectancia de colores. Fuente: <http://zizurcnn2.blogspot.com.co/2012/12/colores.html>.

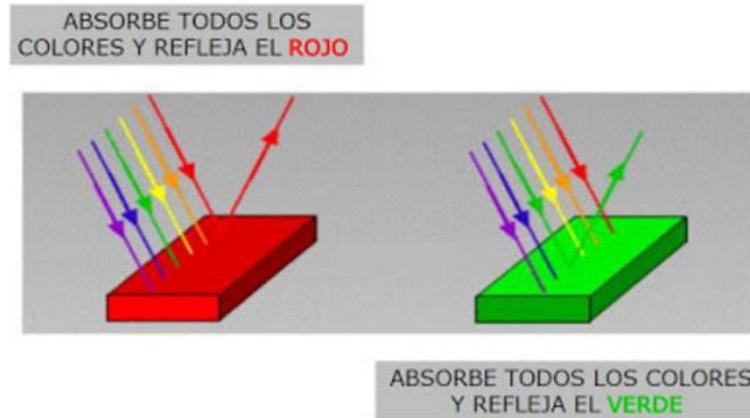


Ilustración 65: Reflectancia de colores. Fuente: <http://zizurccnn2.blogspot.com.co/2012/12/colores.html>.

- Coeficiente de absorción de calor de los colores: según la Universidad Regional de Campinas (Unicamp) establece que los colores que más absorben calor son los de tonalidad oscura:
 - El negro, absorbe 98 por ciento del calor que llega a la superficie.
 - El gris oscuro (90 por ciento)
 - El verde oscuro (79 por ciento)
 - El azul oscuro (77 por ciento)
 - El amarillo oscuro, el marrón y rojo oscuro (70 por ciento)
 - Por el contrario, los que menos calor absorbieron fueron:
 - El blanco (20 por ciento)
 - El amarillo claro (28 por ciento)
 - El perla (28 por ciento)
 - El marfil (28 por ciento)
 - El pajizo (30 por ciento)

- El blanco hielo (33 por ciento) y
 - El azul claro (35 por ciento)
- **Aislamiento térmico:** “El aislamiento térmico dificulta el paso del calor por conducción o convección, dependiendo de la ubicación del aislamiento, del interior al exterior del edificio y viceversa. Por ello es mucho más eficaz cuando en el exterior se registran altas variaciones de temperatura”. Los materiales porosos o poco densos son buenos para conseguir aislamiento térmico, ya sea colocado interna o externamente. Las áreas acristaladas funcionan de manera muy eficaz para captar la luz y la radiación solar, pero en la noche se convierten en importantes sumideros de calor hacia el exterior por conducción y convección. En este sentido un doble acristalamiento funciona mejor ante las pérdidas de calor por las noches, pero también se pierde captación solar en el día.

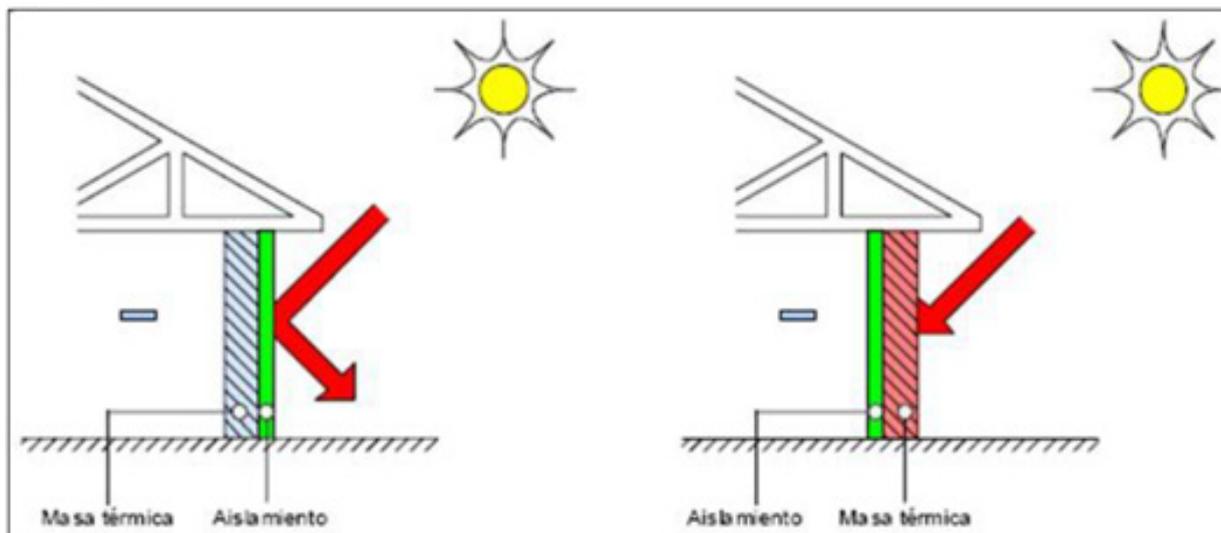


Ilustración 66: aislamiento exterior y aislamiento interior. Fuente: Barrera Oswald, *Introducción a una arquitectura bioclimática*, pág. 135.

- **Pérdida de calor en lo edificio:** fotografía infrarroja de las pérdidas de calor por transmisión de un edificio; cuanto mayor es la temperatura superficial, mayores son las pérdidas en ese punto.



Ilustración 67: fotografía térmica de una vivienda. Fuente: ing. Ramón Dávila.

- En un edificio, los tres mecanismos de transmisión del calor funcionan para producir pérdidas o ganancias de calor, sean estas controladas o no. En su interior, el calor se transmite entre los paramentos (muros, techos, suelos) principalmente por radiación, y entre los parámetros y el aire interior principalmente por convección. El calor atraviesa los paramentos del edificio por conducción, hasta alcanzar el exterior, donde se disipa por convección y radiación. Cuando hay viento, la convección forzada, hace que el calor que se transmite del interior al exterior del edificio se disipe mucho más rápidamente por la piel exterior del edificio. Para disminuir este fenómeno es necesario evitar que el viento golpee el edificio, ya sea eligiendo una ubicación protegido de los vientos dominantes en épocas frías, o bien estableciendo barreras naturales mediante el uso de vegetación.
- **Soleamiento:** Radiación solar movimientos de la tierra y variaciones atmosféricas: Por todos es sabido que el sol es la fuente principal de energía (calor) que regula los fenómenos meteorológicos. La tierra con relación al sol realiza dos movimientos: el de traslación y el de rotación que tienen un vínculo con el tiempo atmosférico, el clima y sus variaciones.
- **Radiación solar y difusa:** La radiación que incide sobre una superficie directamente del sol, sin sufrir cambios de dirección, se conoce como radiación directa mientras que aquella que llega después de ser reflejada o incluso la radiación infrarroja emitida por las moléculas después de sufrir un calentamiento por efecto de absorción de radiación solar, se conoce como radiación difusa.

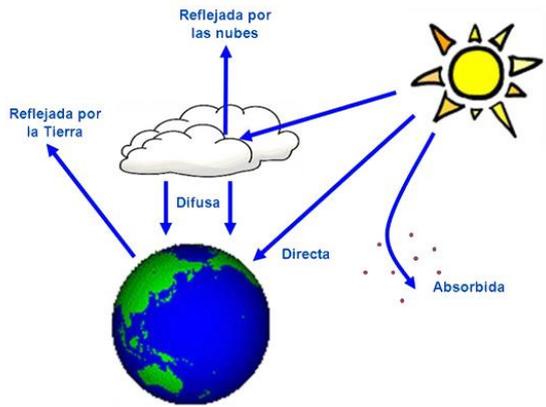


Ilustración 68: radiación solar y difusa. Fuente: Angelita Encinas.

5.8.2. Datos de temperatura local del Distrito de Buenaventura

Buenaventura según la OMS es un lugar que por sus condiciones climáticas se considera inhabitable, a pesar de esto los lugareños han subsistido en el distrito por más de 450 años

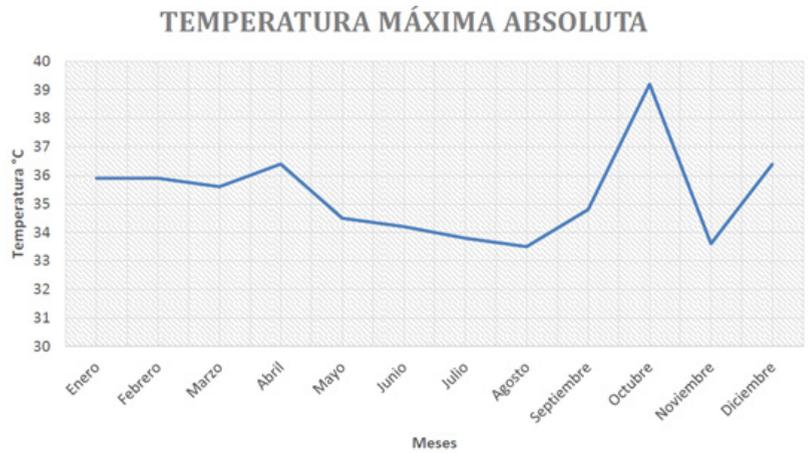


Tabla 9: temperatura máxima absoluta del Distrito de Buenaventura. Fuente: datos obtenidos de la estación meteorológica aeropuerto Gerardo Toba, elaboración propia.

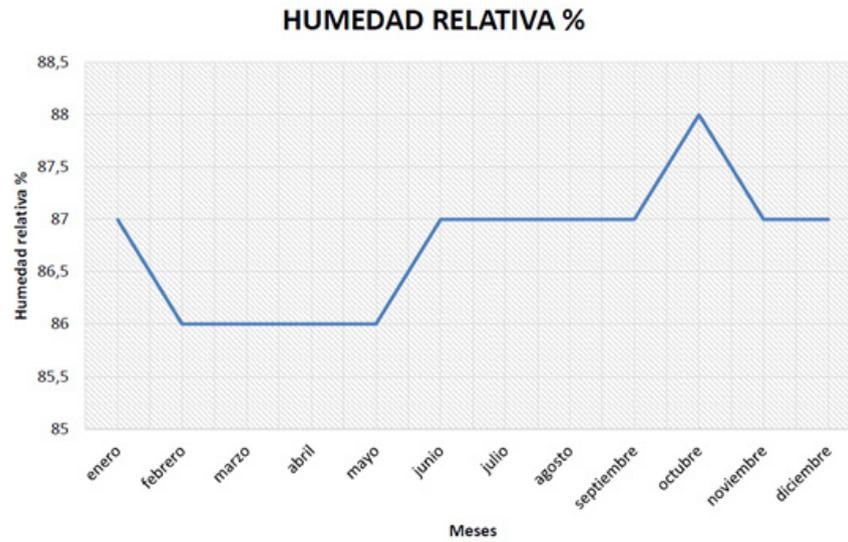


Tabla 10: humedad relativa del Distrito de Buenaventura. Fuente: datos obtenidos de la estación meteorológica aeropuerto Gerardo Tobar.

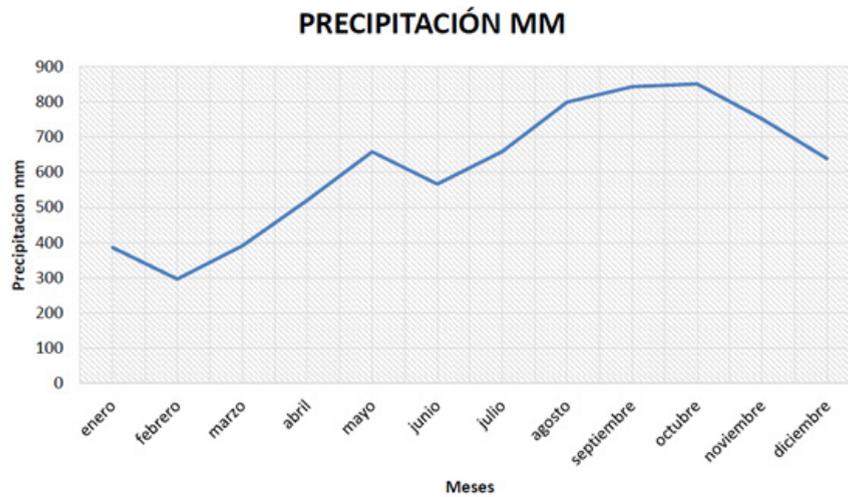


Tabla 11: precipitación mensual del Distrito de Buenaventura. Fuente: datos obtenidos de la estación meteorológica aeropuerto Gerardo Tobar, elaboración propia.



Tabla 12: número de días con lluvia del Distrito de Buenaventura. Fuente: datos obtenidos de la estación meteorológica aeropuerto Gerardo Toba, elaboración propia.

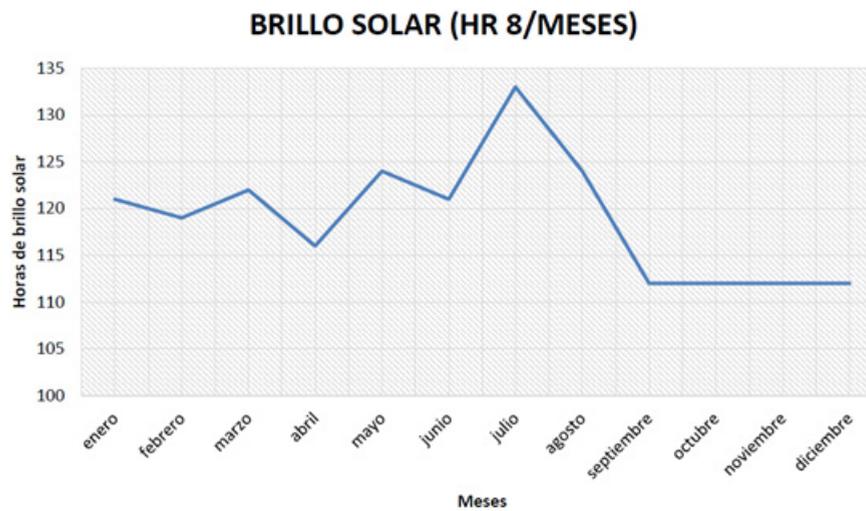
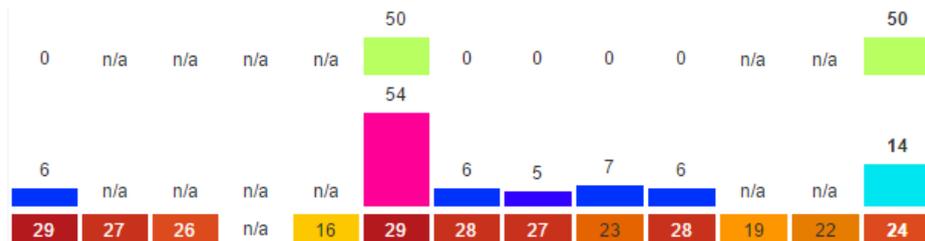


Tabla 13: brillo solar del Distrito de Buenaventura. Fuente: datos obtenidos de la estación meteorológica aeropuerto Gerardo Tobar, elaboración propia.



Wind direction distribution in (%)
Año

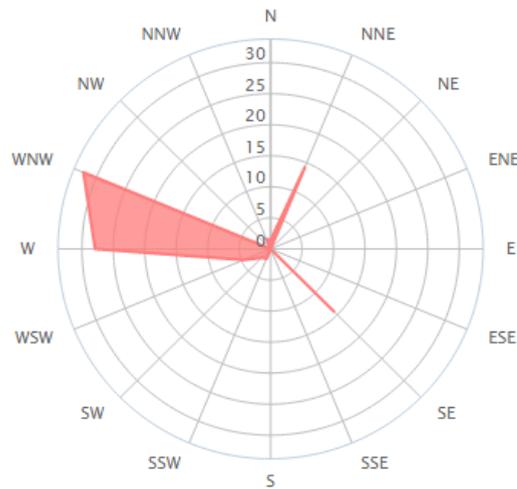


Tabla 14: vientos predominantes del Distrito de Buenaventura. Fuente: datos obtenidos de la estación meteorológica aeropuerto Gerardo Tobar.

4.8.3. Modelo climático de Givoni

Para ejecución de esta investigación se usará el método y diagrama propuesto por el Arquitecto Israelí, Givoni (1969) en su libro “Man, Climate and Architecture” (Hombre, Clima y Arquitectura), en donde se plantea la relación entre el confort humano, el clima y la arquitectura. Entendiendo arquitectura como el edificio que contiene y protege al hombre y sus actividades.

Givoni en su diagrama bioclimático para edificios “Building Bioclimatic Chart” introduce como variable el efecto de la propia edificación sobre el ambiente interno, el edificio se interpone entre las condiciones exteriores e interiores y el objetivo fundamental de la carta bioclimática consiste en utilizar unos materiales y una estructura constructiva, cuya respuesta ante unas determinadas condiciones exteriores permita crear un ambiente interior comprendido dentro de la zona de bienestar térmico (Hernández, 2014).

El diagrama de Givoni es una carta que permite determinar la estrategia bioclimática a adoptar en función de las condiciones higrotérmicas del edificio en una determinada época del año. En el diagrama se distinguen unas zonas asociadas a sus respectivas técnicas bioclimáticas que permiten alcanzar la zona de bienestar (Hernández, 2014).

La carta se construye sobre un diagrama psicrométrico y en ella se distinguen características como una zona de bienestar térmico delimitada a partir de la temperatura del termómetro seco y la humedad relativa, sin tener en cuenta otros factores, otra zona de bienestar ampliada por la acción de otros factores adicionales.

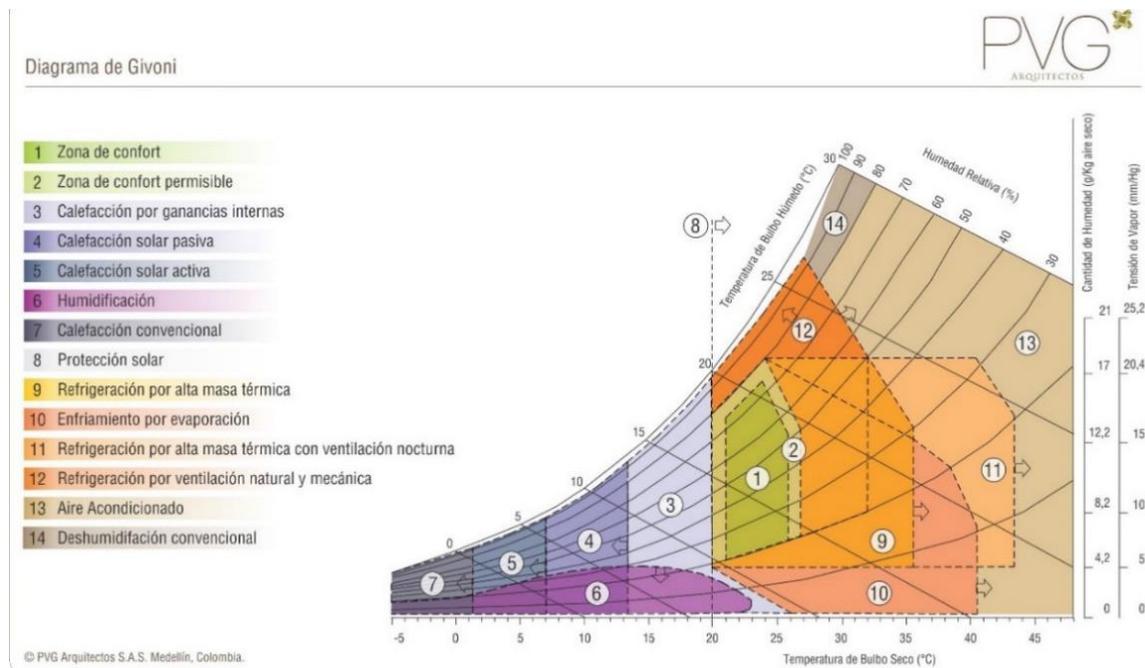


Ilustración 69: climograma de Givoni. Fuente: PVG arquitectos.

Buenaventura por poseer una temperatura máxima absoluta de 39°C, una humedad relativa media del 80%, se encuentra entre la zona 13 y 14 donde según el climograma de Givoni se debe, utilizar la estrategia de aire acondicionado o deshumidificación convencional.

- a. Hacia la derecha la zona de bienestar puede ampliar en función de la masa térmica del edificio, representada por los tipos de materiales de la construcción; el enfriamiento evaporativo, que se produce cuando una corriente de aire seco y cálido pasa sobre una superficie de agua, parte de la cual se evapora produciendo un doble efecto positivo: descenso de la temperatura por la energía utilizada en el proceso de evaporación y aumento de la humedad ambiental. Fuera de estos límites y hacia la derecha del gráfico, solo se pueden conseguir las condiciones adecuadas con sistemas mecánicos de ventilación y deshumidificación (Hernández, 2014).
- b. Hacia la izquierda del gráfico la zona de confort se extiende siempre que se produzca calentamiento, que puede ser calentamiento pasivo, es decir, utilizando la radiación solar directa, durante el día, o el calor almacenado en acumuladores, durante la noche y calentamiento mecánico, mediante el uso de sistemas convencionales de calefacción (Hernández, 2014).

Un ejemplo de aplicación lo podemos encontrar en la realización del Museo Ydañez en Puente de Genave:

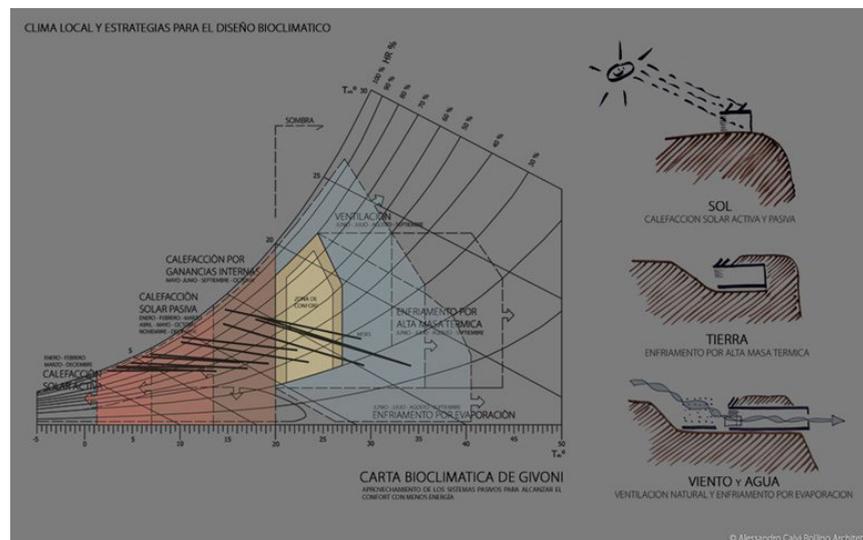


Ilustración 70: museo Ydañez en puente de Genave. Fuente: <http://www.archilovers.com/projects/36131/museo-yda%C3%B1ez.html>.

4.9. METODOLOGÍA

4.9.1. Tipo de investigación

La arquitectura abarca gran infinidad de campos de trabajo, desde aspectos sociales y perceptuales, hasta los más técnicos como son los matemáticos y de cálculos. En una investigación enfocada al tema de confort convergen dos vertientes de la investigación, por un lado, tenemos la cuantitativa, la cual se verá reflejada al momento de hacer los cálculos térmicos; por el otro tenemos los temas cualitativos relacionados con lo subjetivo, en donde estudiamos las sensaciones que perciben las personas en el espacio. Al contar con una investigación en donde se estudia lo cuantitativo y cualitativo a la vez, se considera de carácter mixto.

4.9.2. Técnicas e instrumentos

En una investigación con características cuantitativas se requieren ciertas herramientas a la hora de obtener los datos necesarios para realizar un correcto análisis climático, enfocado hacia aspectos térmicos.

ACTIVIDAD	TÉCNICA	INSTRUMENTO	OBSERVACIÓN
Selección de viviendas para análisis de factores climáticos.	Selección objetiva.	Guía de características de vivienda.	Selección de viviendas con características similares con diferentes materiales.
Recolección de datos climáticos.	Medición y observación.	Instrumentos de medición y encuesta.	Herramientas suministradas por la Universidad del Pacífico.
Análisis de datos obtenidos.	Revisión documental.	Criterios de ASHRAE, documentación.	Escala de ASHRAE.
Elaboración de modificaciones.	Soluciones de diseño bioclimático pasivas.	Software ECOTECT analysis.	Representación en modelo digital.
Verificación de resultados.	Análisis comparativo.	Software ECOTECT analysis.	Comparación con estándares de confort térmico.
Recomendaciones finales.	Resultados de investigación.	Observación y documentación.	Propuesta de diseño y modificaciones.

Tabla 15: detalle de metodología para la investigación. Fuente: elaboración propia.

4.9.3. Instrumentos de recolección de datos

- **Datalogger EXTECH RHT20:** Se usarán instrumentos de medición y adquisición de datos tipo “datalogger” marca Extech. El modelo seleccionado es el registrador de datos RHT20 que mide y guarda hasta 16,000 lecturas de humedad relativa y 16,000 lecturas de temperatura en las escalas de medición de 0 a 100 %HR y - 40 a +70°C (-40 a +158°F). Provisto por la Universidad del Pacífico.



Ilustración 71: datalogger Extech RHT20. Fuente: Extech by flir.

- **Cámara termografico FLIR i5:** FLIR i3/i5/i7 es la cámara de imagen térmica más pequeña, liviana y asequible del mercado. Es increíblemente fácil de usar y para hacerlo no se requiere experiencia previa. Provisto por la Universidad del Pacífico.

- Rango de temperatura: -20 a 250 °C
- Resolución IR: 120x120 (14400 pixeles)
- Sensibilidad térmica: 0.1°C
- Mide punto central, área e isoterma
- Pantalla LCD de 2.8".
- Peso 340g.



Ilustración 72: cámara termográfica Flir i5. Fuente: integradores electromagnéticos.

- **Termómetro infrarrojo Extech modelo 42510^a:** Termómetro de mano profesional para medir temperaturas sin contacto con grado de emisión ajustable con las siguientes especificaciones:
 - Rango de temperatura infrarroja, -50°C a 800 °C o -58°F a 1472°F.
 - Resolución óptica 20:1.
 - Tiempo de respuesta, 150ms.

- Longitud de onda, 8 -14 μm .
- Emisividad, digital ajustable desde 0.1 hasta 1.0.
- Temperatura de operación, 0 a 50°C (32 a 122°F).
- Temperatura de almacenamiento, -10 a 60°C (14 a 140°F).
- Humedad relativa, 10% - 90%HR en operación y <80%HR en almacenamiento.



Ilustración 73: termómetro infrarrojo 42510^a. Fuente: Hioki E.E. Corporation.

- Aparato de medición multifunciones: temperatura, velocidad del aire, humedad relativa y luxómetro, características:
 - Cubierta ergonómica del tamaño del bolsillo con la exhibición simultánea dual grande de LCD de la velocidad de la temperatura y del aire o de la humedad relativa.
 - Caracteres en la dirección contraria de la exhibición dependiendo del hygro-termo-anemómetro o del modo ligero.
 - Asimiento de los datos para congelar el valor exhibido.
 - Almacenamiento de lecturas mínimas/lecturas máximas.

- La rueda baja incorporada de la paleta de la fricción mejora la exactitud de la velocidad del aire en ft/min, el MPH, m/s, el kilómetro por hora, y nudos.
- Sensor thin-film de la humedad de la capacitancia de la precisión incorporada para la respuesta rápida.
- Construido en el termistor para las medidas ambiente de la temperatura.
- Medidas de alta temperatura usando el tipo termopar de K.
- Utiliza el diodo de la foto de la precisión y el filtro de la corrección del color.
- Coseno y medidas ligeras corregidas color.
- Energía auto apagada, indicador de batería baja o de sobrecarga.
- Completo con el sensor incorporado de la humedad, sensor y rueda ligera de la paleta, correa de muñeca, y la batería 9V.



Ilustración 74: termómetro infrarrojo 42510^a. Fuente: Hioki E.E. Corporation.

4.10. PROYECTO

4.10.1. Localización del área de estudio

Los lugares de estudio se encuentran ubicados en 2 zonas del Distrito de Buenaventura, específicamente la localidad 2, Barrios Ciudadela Nueva Buenaventura y Ciudadela San Antonio. Pues son estos los lugares donde se encuentran los proyectos de viviendas de interés social más recientes.

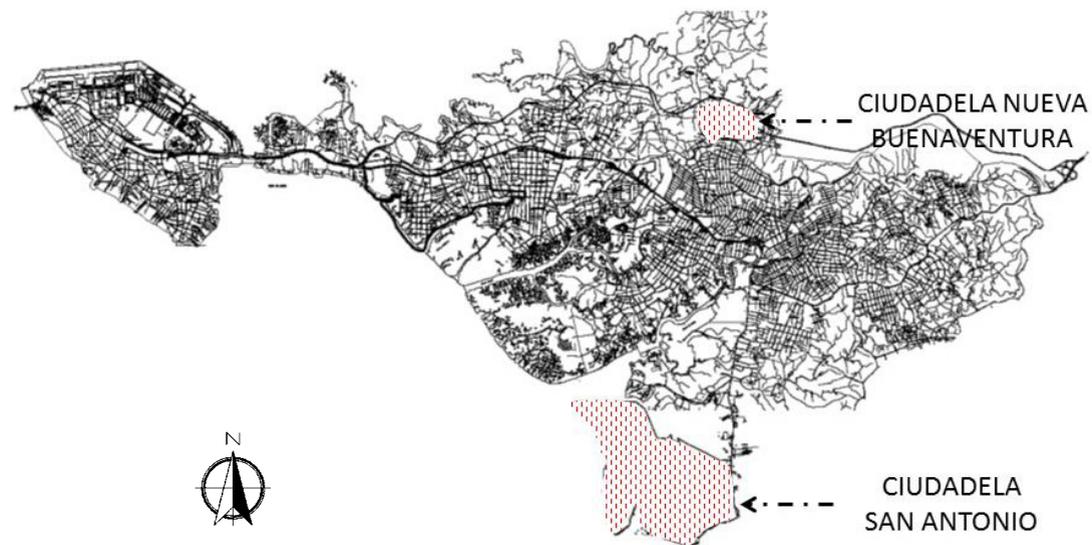


Ilustración 75: imagen del mapa urbano del Distrito de Buenaventura. Fuente: elaboración propia.

4.10.2. Selección del muestreo

El cálculo del tamaño de la muestra es uno de los aspectos a concretar en las fases previas de la investigación comercial y determina el grado de credibilidad que concederemos a los resultados obtenidos.

Una fórmula muy extendida que orienta sobre el cálculo del tamaño de la muestra para datos globales es la siguiente:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}$$

N: es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).

k: es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos: un 95,5 % de confianza, es lo mismo que decir que nos podemos equivocar con una probabilidad del 4,5%.

Los valores k más utilizados y sus niveles de confianza son: la extensión del uso de internet y la comodidad que proporciona, tanto para el encuestador como para el encuestado, hacen que este método sea muy atractivo.

K	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%

Tabla 16: nivel de confianza en encuesta. Fuente: metodología de la investigación de Sampieri.

e: es el error muestral deseado. El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella.

p: es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura.

q: es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$.

n: es el tamaño de la muestra (número de encuestas que vamos a hacer).

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * (1 - 0,5) * 1320}{(15^2 * (1320 - 1)) + 1,96 * 0,5 * (1 - 0,5)} = 40 \text{ encuestas}$$

4.10.3. Modelo de la encuesta.

Las encuestas realizadas de acuerdo al estudio de selección de la muestra fueron un total de 40 viviendas, de las cuales se tomaron datos climáticos como temperatura del aire, humedad, velocidad de viento, orientación, entre otros; junto con un registro de los datos personales de los ocupantes de la vivienda.



Universidad del Pacífico
Programa de Arquitectura
Investigación II

Confort térmico en el trópico húmedo (Caso de estudio Viviendas de interés social de Buenaventura)
2017-I

Director: Arquitecto Jemay Parra Ocampo
Estudiantes: Herver Javier Carabali Castro, Jaime Esteban Palomino Márquez

Ley 85 de 1995
Código ICFES 102 de 1995
Dirección Académica

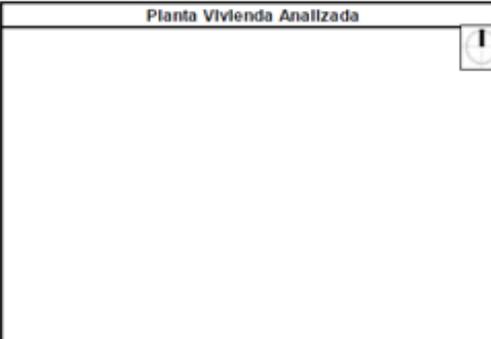
Objetivo: Conocer los datos climáticos en las viviendas, y comprender como interactúan con sus materiales.		Ficha N°		
Formato encuesta basado en teoría de Baruch Givoni		Fecha:	Hora: Ini: Fin:	
Datos Encuestado	Nombre	Barrio		
	Sexo	Dirección		
	Edad	# de ocupantes		
	Ropa	# de habitaciones		
Estatura	# de pisos			
Siempre vivió en B/tura	No, ¿donde?	Planta Vivienda Analizada 		
Tiem en Bari				
Si () No ()				
Materialidad	Cubierta material			
	Estado de cubierta			
	Área de cubierta			
	Tipo de muros			
	Disposición cubierta			
	Fachada			
Color fachada				
Área de fachada				
Sensación Térmica	Fresca	Lev. Fresca	Caldo	Calurosa
Datos Climáticos	Temp med rad	Temp Aire	Humedad Rel	Vel del Viento
	In: Ex	In: Ex	In: Ex	In: Ex
	Material /	Factor	Temp. Externa	Temp. Interna
	Cubierta			
	Fachada			

Tabla 17: formato de encuesta basado en la teoría de Baruch Givoni. Fuente: elaboración propia.

4.10.4. Datos obtenidos

- VIVIENDAS EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL A LA VISTA (CIUDADELA NUEVA BUENAVENTURA)

 Universidad del Pacífico Programa de Arquitectura (Investigación II 2017-I) Ley 60 de 1993 Código ICFES 102 de 1994 Dirección Académica Director: Arquitecto Jemay Para Ocampo Estudiantes: Hener Javier Caraball Castro, Jaime Esteban Palomino Márquez Confort térmico en el trópico húmedo (Caso de estudio Viviendas de interés social de Buenaventura)																	
Datos recolectados de encuestas realizadas en la Ciudadela Nueva Buenaventura (Bloque Estructural)																	
DATOS GENERALES						DATOS CLIMÁTICOS											
Ficha N°	Fecha	Hora de inicio	Ocupantes	Área cubierta	Área fachada	Temperatura cubierta		Temperatura del aire		Temperatura fachada		Temperatura media radiante		Humedad relativa		Velocidad del viento	
						Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior
1	17/05/2017	11:37am	0	64,80 m ²	10,01 m ²	51,30°	37,80°	32,94°	34,64°	33,00°	37,80°	32,40°	33,00°	66,14%	56,51%	0,50 m/s	1,80 m/s
2	17/05/2017	12:25pm	3	64,80 m ²	10,01 m ²	42,50°	37,00°	32,30°	35,45°	32,50°	30,80°	33,90°	37,50°	70,17%	59,58%	0,60 m/s	2,30 m/s
3	17/05/2017	12:57pm	6	64,80 m ²	10,01 m ²	63,90°	52,80°	33,42°	44,55°	31,30°	33,10°	34,90°	37,50°	68,43%	41,16%	0,70 m/s	2,50 m/s
4	17/05/2017	1:17pm	5	86,40 m ²	10,01 m ²	58,20°	48,10°	34,07°	41,48°	36,00°	38,00°	34,70°	34,80°	67,56%	45,19%	0,20 m/s	3,30 m/s
5	17/05/2017	1:37pm	3	77,28 m ²	10,01 m ²	46,60°	55,00°	33,53°	47,26°	36,60°	36,00°	33,30°	34,20°	66,17%	36,85%	1,40 m/s	2,10 m/s
6	17/05/2017	2:01pm	6	82,80 m ²	10,01 m ²	52,50°	53,20°	33,90°	44,93°	34,50°	39,40°	33,80°	32,80°	67,67%	44,60%	0,00 m/s	2,50 m/s
7	17/05/2017	2:21pm	1	64,80 m ²	10,01 m ²	52,10°	58,60°	34,14°	42,61°	33,40°	33,40°	34,00°	33,80°	65,75%	43,96%	0,20 m/s	1,60 m/s
8	17/05/2017	2:40pm	4	86,40 m ²	10,01 m ²	40,20°	57,90°	34,58°	40,52°	35,30°	33,70°	34,80°	36,10°	65,25%	48,14%	0,00 m/s	1,90 m/s
9	17/05/2017	3:02pm	4	86,40 m ²	10,01 m ²	42,50°	43,40°	33,84°	35,14°	35,40°	38,00°	34,10°	33,90°	68,76%	61,33%	0,00 m/s	1,20 m/s
10	17/05/2017	3:42pm	6	93,60 m ²	10,01 m ²	45,60°	35,10°	34,31°	34,51°	37,20°	35,10°	33,10°	32,20°	67,34%	61,66%	0,00 m/s	1,70 m/s
11	10/06/2017	11:32am	2	93,60 m ²	10,01 m ²	33,50°	57,40°	34,51°	38,86°	30,80°	37,90°	32,40°	32,80°	61,66%	60,39%	0,50 m/s	1,70 m/s
12	10/06/2017	12:27pm	0	93,60 m ²	10,01 m ²	40,50°	40,60°	31,65°	35,44°	35,60°	36,10°	33,70°	33,40°	73,72%	63,55%	0,50 m/s	1,70 m/s
13	10/06/2017	12:41pm	2	93,60 m ²	10,01 m ²	36,70°	51,40°	32,00°	40,24°	35,40°	35,50°	32,80°	35,50°	71,23%	56,16%	1,20 m/s	1,00 m/s
14	10/06/2017	12:55pm	4	93,60 m ²	10,01 m ²	61,30°	54,00°	32,92°	39,98°	32,20°	33,50°	35,00°	35,40°	71,70%	54,28%	0,70 m/s	1,20 m/s
15	10/06/2017	1:10pm	3	93,60 m ²	10,01 m ²	54,60°	56,00°	34,23°	39,33°	33,50°	35,60°	35,80°	35,30°	68,97%	52,65%	0,80 m/s	1,70 m/s
16	10/06/2017	1:22pm	4	105,60 m ²	10,01 m ²	62,50°	57,20°	34,57°	38,96°	36,60°	43,90°	35,60°	35,70°	63,56%	52,28%	1,20 m/s	3,00 m/s
17	10/06/2017	1:33pm	6	93,60 m ²	10,01 m ²	64,10°	52,00°	34,95°	40,97°	39,50°	35,50°	35,90°	35,30°	62,99%	50,93%	0,80 m/s	2,40 m/s
SUMATORIA			59	SUMATORIA		848,60°	847,50°	571,86°	674,87°	588,80°	613,30°	580,20°	589,20°	1147,07%	889,22%	9,30 m/s	33,60 m/s
PROMEDIO			3,47	PROMEDIO		49,92°	49,85°	33,64°	39,70°	34,64°	36,08°	34,13°	34,66°	67,47%	52,31%	0,55 m/s	1,98 m/s

Tabla 18: resultados de datos climáticos obtenidos en la ciudadela Nueva Buenaventura, material bloque estructural. Fuente: elaboración propia.

- VIVIENDAS EN LADRILLO LIMPIO A LA VISTA (CIUDADELA NUEVA BUENAVENTURA)

DATOS GENERALES		DATOS CLIMÁTICOS															
Ficha N°	Fecha	Hora de inicio	Ocupantes	Área cubierta	Área fachada	Temperatura cubierta		Temperatura del aire		Temperatura fachada		Temperatura media radiante		Humedad relativa		Velocidad del viento	
						Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior
18	10/06/2017	1:55pm	2	93,60 m ²	10,01 m ²	63,90°	60,10°	34,80°	39,89°	32,70°	33,10°	37,00°	36,70°	60,94%	50,51%	2,20 m/s	2,60 m/s
19	10/06/2017	2:07pm	4	93,60 m ²	10,01 m ²	60,50°	50,10°	34,76°	38,61°	36,10°	37,20°	36,10°	34,20°	61,79%	52,04%	0,30 m/s	2,10 m/s
20	10/06/2017	2:14pm	6	93,60 m ²	10,01 m ²	56,30°	47,10°	34,94°	38,30°	38,70°	37,10°	35,00°	37,50°	61,19%	57,85%	1,20 m/s	0,80 m/s
21	17/05/2017	2:27pm	5	93,60 m ²	10,01 m ²	50,50°	47,10°	34,60°	36,49°	36,40°	34,10°	34,90°	34,60°	61,56%	57,80%	0,50 m/s	0,80 m/s
22	10/06/2017	2:37pm	2	93,60 m ²	10,01 m ²	45,40°	43,20°	33,86°	34,90°	35,00°	37,10°	33,20°	32,40°	62,06%	63,43%	0,60 m/s	2,10 m/s
23	10/06/2017	2:49pm	3	93,60 m ²	10,01 m ²	46,10°	42,20°	33,44°	35,00°	34,70°	33,00°	33,40°	34,10°	62,98%	59,50%	0,60 m/s	0,60 m/s
24	10/06/2017	3:00pm	7	93,60 m ²	10,01 m ²	54,30°	49,60°	33,62°	37,83°	36,50°	35,80°	35,40°	35,10°	63,61%	69,40%	0,70 m/s	1,50 m/s
25	10/06/2017	3:13pm	3	99,00 m ²	10,01 m ²	57,50°	52,30°	34,00°	37,06°	36,60°	34,80°	35,10°	34,00°	65,34%	58,02%	0,00 m/s	1,30 m/s
SUMATORIA			32	SUMATORIA		434,50°	391,70°	274,02°	298,08°	286,70°	282,20°	280,10°	278,60°	499%	469%	6,10 m/s	11,80 m/s
PROMEDIO			4	PROMEDIO		54,31°	48,96°	34,25°	37,26°	35,84°	35,28°	35,01°	34,83°	62%	59%	0,76 m/s	1,48 m/s

Tabla 19: resultado de datos climáticos obtenidos en la ciudadela Nueva Buenaventura, material mampostería confinada en ladrillo farol a la vista.

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 4. CONFORT TÉRMICO EN EL TRÓPICO HÚMEDO, CASO DE ESTUDIO, 137
VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL DEL DISTRITO DE BUENAVENTURA

- VIVIENDAS PREFABRICADAS EN CONCRETO (CIUDELA SAN ANTONIO)

 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <p style="font-size: small;">Ley 59 de 1993 Codigo ICDES 152 de 1996 Direccion Académica</p> <p style="text-align: center;">Universidad del Pacífico Programa de Arquitectura (Investigación II 2017-I) Confort térmico en el trópico húmedo (Caso de estudio Viviendas de interés social de Buenaventura)</p> <p style="text-align: center;">Director: Arquitecto Jemay Parra Ocampo Estudiantes: Hever Javier Carabali Castro, Jaime Esteban Palomino Márquez</p> </div>																	
Datos recolectados de encuestas realizadas en la Ciudadela San Antonio																	
DATOS GENERALES						DATOS CLIMÁTICOS											
Ficha N°	Fecha	Hora de inicio	Ocupantes	Área cubierta	Área fachada	Temperatura cubierta		Temperatura del aire		Temperatura fachada		Temperatura media radiante		Humedad relativa		Velocidad del viento	
						Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior
26	19/06/2017	10:54am	3	68,26 m ²	22,75 m ²	48,00°	44,60°	27,51°	27,30°	34,00°	39,00°	32,70°	33,00°	87,43%	84,93%	0,00 m/s	1,80 m/s
27	19/06/2017	11:12am	4	68,26 m ²	22,75 m ²	53,30°	44,30°	31,11°	41,51°	29,30°	31,70°	32,40°	31,20°	77,89%	52,58%	0,00 m/s	2,40 m/s
28	19/06/2017	11:21am	4	68,26 m ²	22,75 m ²	50,00°	44,50°	30,87°	40,99°	29,70°	30,80°	32,80°	32,10°	75,97%	50,28%	0,50 m/s	2,50 m/s
29	19/06/2017	11:35am	4	68,26 m ²	22,75 m ²	59,50°	51,70°	30,80°	42,91°	30,40°	34,60°	32,90°	32,00°	76,11%	51,75%	1,10 m/s	2,30 m/s
30	19/06/2017	11:43am	7	68,26 m ²	22,75 m ²	52,30°	48,20°	30,88°	41,18°	32,90°	45,00°	33,00°	32,00°	74,70%	46,87%	0,30 m/s	1,80 m/s
31	19/06/2017	11:58am	1	68,26 m ²	22,75 m ²	53,60°	42,90°	31,44°	38,41°	37,50°	35,10°	32,80°	32,90°	74,16%	54,06%	0,30 m/s	1,30 m/s
32	19/06/2017	12:10pm	7	68,26 m ²	22,75 m ²	42,70°	38,90°	31,33°	31,44°	30,80°	35,20°	32,00°	31,90°	73,17%	74,16%	1,50 m/s	2,60 m/s
33	19/06/2017	12:21pm	5	68,26 m ²	22,75 m ²	48,00°	43,00°	30,87°	36,92°	32,50°	35,40°	32,40°	32,50°	74,60%	59,47%	2,30 m/s	1,70 m/s
34	19/06/2017	12:34pm	3	68,26 m ²	22,75 m ²	46,30°	44,70°	31,91°	38,34°	38,30°	40,00°	34,50°	34,30°	73,47%	61,25%	0,30 m/s	0,80 m/s
35	19/06/2017	12:51pm	5	68,26 m ²	22,75 m ²	54,20°	45,50°	31,82°	38,72°	31,20°	41,40°	35,20°	35,50°	74,01%	55,00%	0,00 m/s	0,60 m/s
36	19/06/2017	1:01pm	4	68,26 m ²	22,75 m ²	54,00°	50,40°	31,61°	40,14°	37,30°	41,70°	34,90°	35,10°	73,86%	53,32%	0,80 m/s	0,80 m/s
37	19/06/2017	1:14pm	2	68,26 m ²	22,75 m ²	48,30°	41,70°	32,70°	40,94°	37,50°	48,30°	35,60°	35,40°	69,30%	53,01%	0,60 m/s	1,80 m/s
38	19/06/2017	1:36pm	3	68,26 m ²	22,75 m ²	52,30°	43,20°	32,93°	32,70°	34,20°	38,10°	36,00°	35,70°	69,78%	69,30%	0,50 m/s	2,70 m/s
39	19/06/2017	1:54pm	2	68,26 m ²	22,75 m ²	46,40°	44,20°	32,50°	37,06°	34,40°	37,00°	34,00°	33,90°	72,31%	55,46%	0,70 m/s	2,50 m/s
40	19/06/2017	2:07pm	4	68,26 m ²	22,75 m ²	52,60°	52,70°	32,10°	37,78°	32,80°	37,40°	33,40°	34,10°	75,75%	65,07%	1,00 m/s	2,30 m/s
SUMATORIA			58	SUMATORIA		761,50°	680,50°	470,38°	566,34°	502,80°	570,70°	504,60°	501,60°	1122,51%	886,51%	9,90 m/s	27,90 m/s
PROMEDIO			3,87	PROMEDIO		50,77°	45,37°	31,36°	37,76°	33,52°	38,05°	33,64°	33,44°	74,83%	59,10%	0,66 m/s	1,86 m/s

Tabla 20: resultados de datos climáticos obtenidos en la ciudadela San Antonio, material mampostería muros prefabricados en concreto.

Fuente: elaboración propia.

4.10.5. Viviendas ciudadela Nueva Buenaventura en mampostería estructural y mampostería confinada sin modificaciones.

Planta general

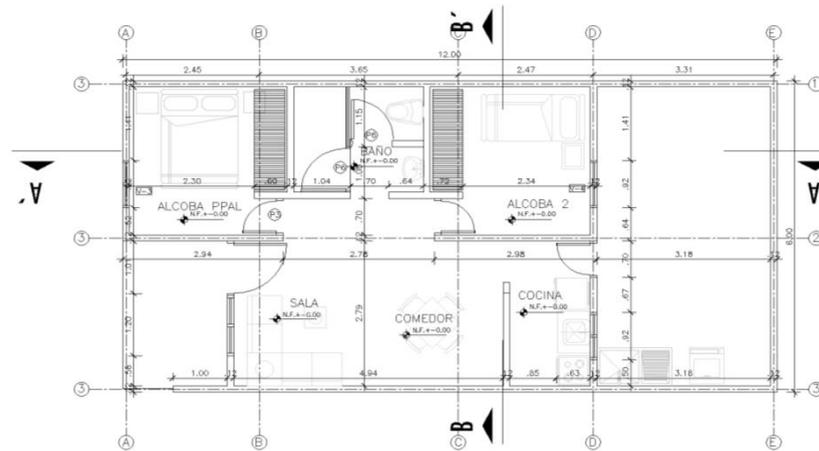


Ilustración 76: planta arquitectónica de la VIS en la Ciudadela Nueva Buenaventura –SC. Fuente: elaboración propia.

Planta de cubierta

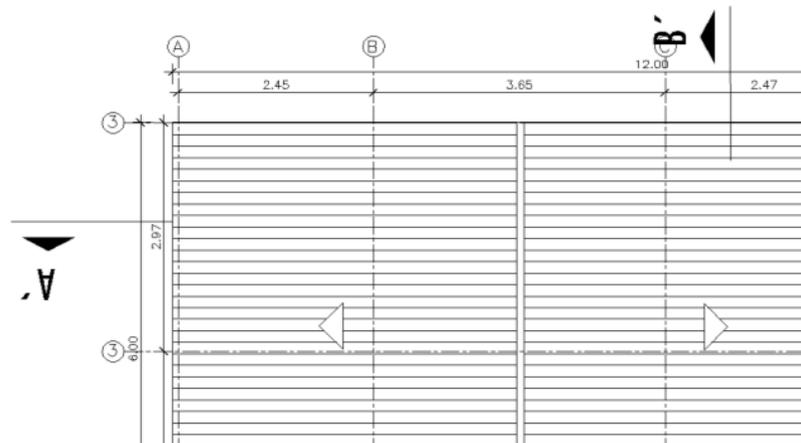


Ilustración 77: planta de cubierta de las VIS en la Ciudadela Nueva Buenaventura –SC. Fuente: elaboración propia.

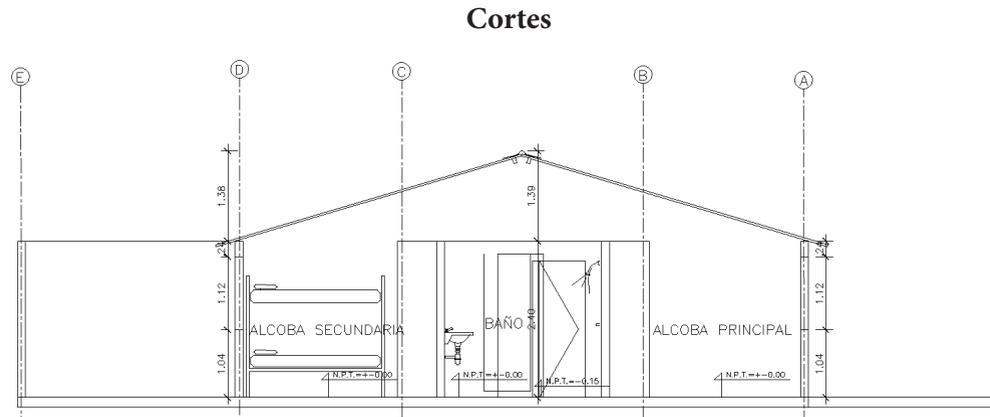


Ilustración 78: alzado de las VIS en la Ciudadela Nueva Buenaventura -SC. Fuente: elaboración propia.

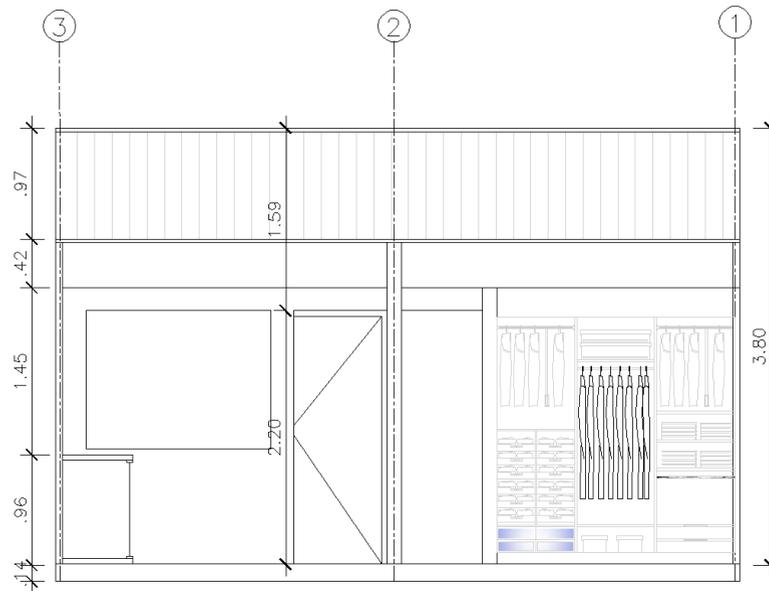


Ilustración 79: alzado de las VIS en la Ciudadela Nueva Buenaventura -SC. Fuente: elaboración propia.

4.10.6. Viviendas de Ciudadela Nueva Buenaventura en mampostería estructural y mampostería confinada modificada.

La propuesta de diseño parte de la base de diseño en las VIS actuales, cuenta con cambios en las aberturas de la fachada principal, haciéndola una fachada flexible; modificaciones en los cerramientos de los muros perimetrales del patio por medio de calados que permitan la circulación de aire de manera más eficiente; y el cambio más drástico en la cubierta, modificándola al agregarle una “boca de horno” por donde podrá escapar las bolsas de aire caliente que presentan las viviendas actualmente.

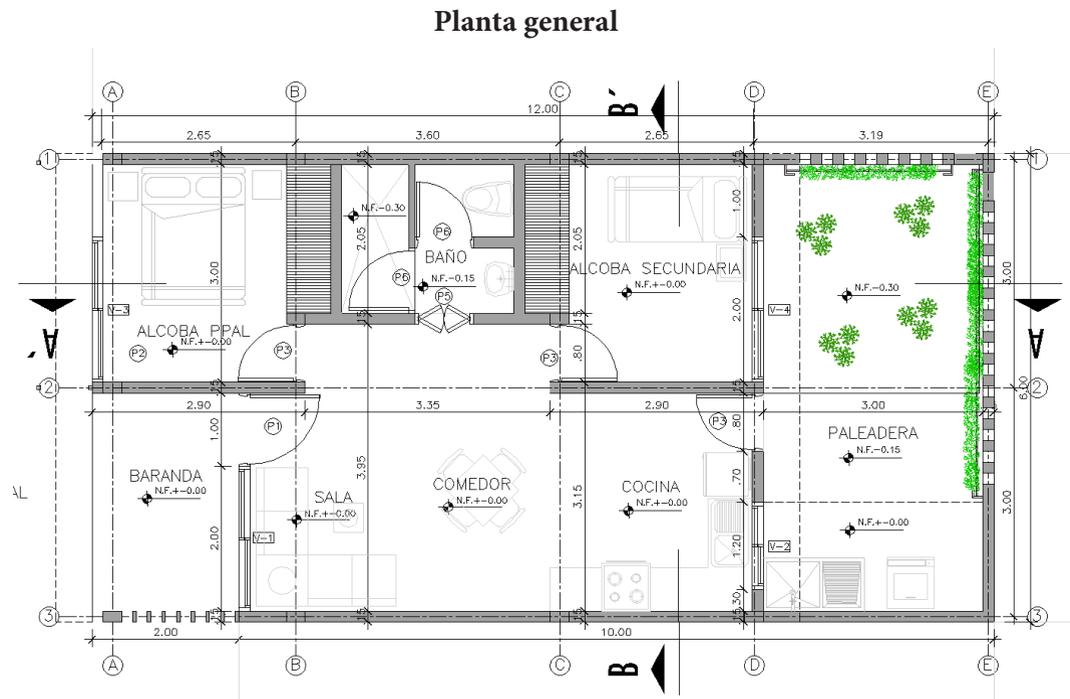


Ilustración 80: planta arquitectónica de las VIS en la Ciudadela Nueva Buenaventura –CC. Fuente: elaboración propia.

Planta de cubierta

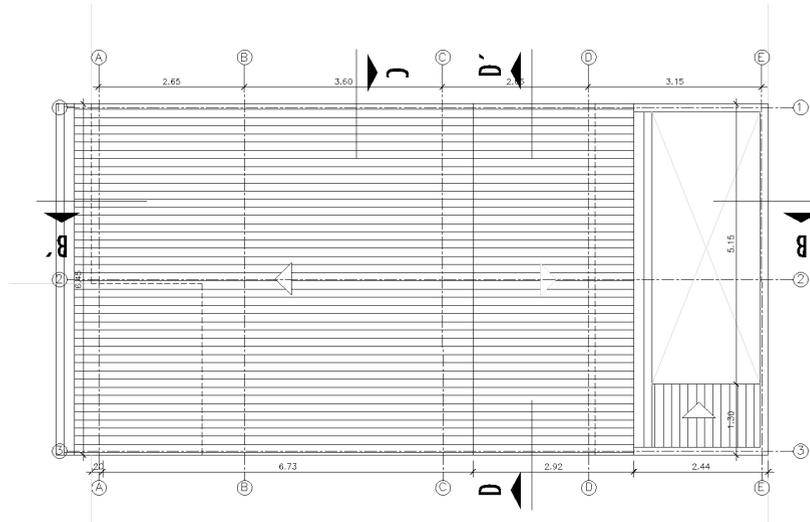


Ilustración 81: planta cubierta de las VIS en la Ciudadela Nueva Buenaventura-CC. Fuente: elaboración propia.

Cortes

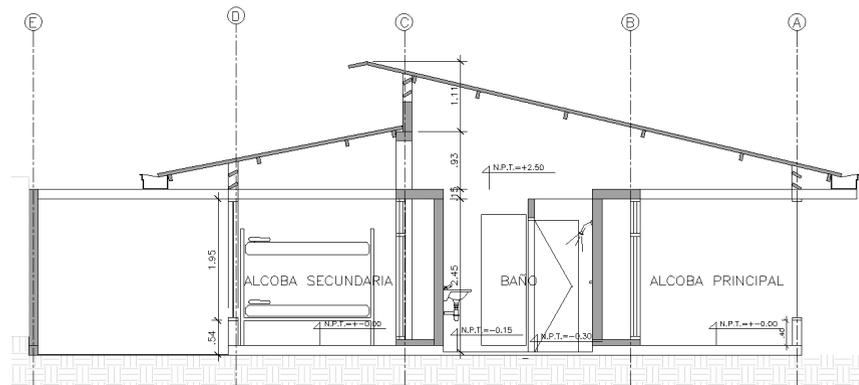


Ilustración 82: alzado de las VIS en la Ciudadela Nueva Buenaventura-CC. Fuente: elaboración propia.

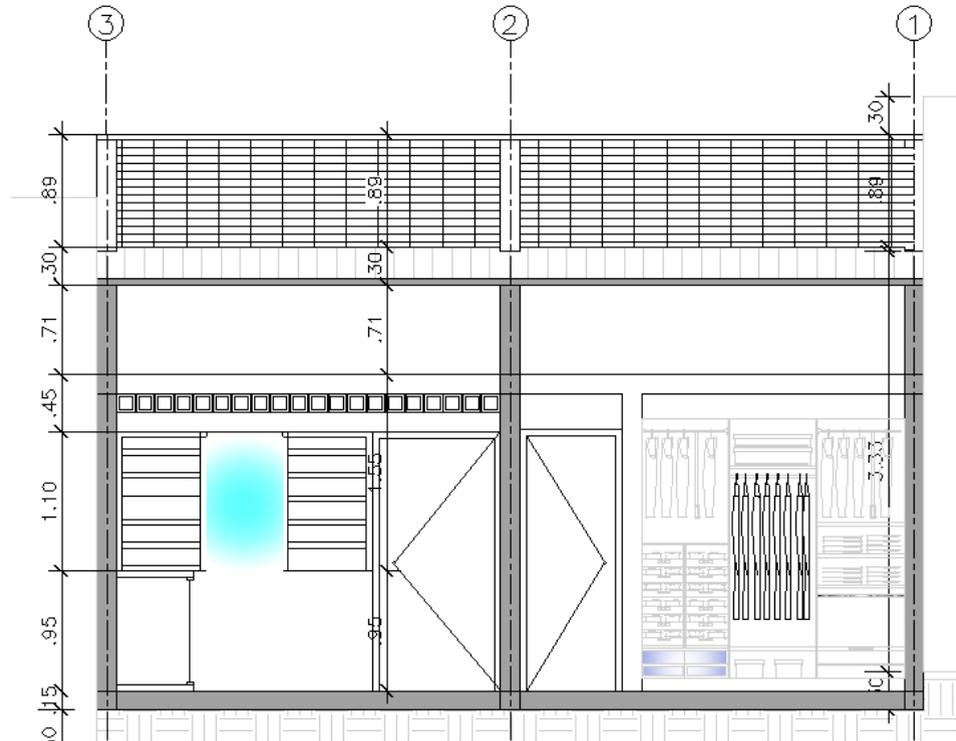


Ilustración 83: alzado de las VIS en la Ciudadela Nueva Buenaventura-CC. Fuente: elaboración propia.

4.10.7. Análisis comparativo de viviendas en su estado actual y las modificaciones realizadas en mampostería estructural.

Realizados los cambios en el modelo virtual de las VIS se procede a realizar los cálculos nuevamente en la vivienda para comparar los efectos que estos causaron en los niveles de confort de estas, siendo como únicas modificaciones la creación de aberturas en las partes superiores de los muros que conforman las fachadas y generación de boca de horno (separación vertical) en la cubierta.

4.10.8. Cálculo de ganancias solares directas, todas las zonas térmicas visibles sin cambios.

Direct Solar Gains - Qg - All Visible Thermal Zones												SKBU, SKBU	Watts
Hr	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711	
	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711	450
22	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711	
	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711	360
20	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711	
	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711	270
18	-17.7592	-25.5344	-35.3553	-20.4876	-28.4185	-53.2239	5.43365	-11.9628	-69.5311	-65.8237	-102.38	-58.6626	
	135.038	61.8043	38.3104	74.9272	82.2559	65.9821	152.467	97.1973	-15.9728	24.6024	10.2597	117.814	180
16	231.575	136.167	109.223	132.341	163.29	172.563	228.146	152.078	38.7541	95.977	124.504	233.952	
	299.563	195.734	176.63	167.368	229.956	281.397	295.941	193.894	130.01	169.289	222.524	293.902	90
14	349.115	268.328	246.007	194.637	268.29	351.775	326.231	233.498	180.106	225.693	296.654	359.293	
	384.055	280.44	266.052	211.841	297.884	329.26	325.063	254.832	248.199	228.051	341.028	369.447	0
12	392.768	242.001	220.08	208.031	287.666	350.317	323.442	238.127	246.044	232.926	340.182	338.641	
	344.073	204.773	183.877	182.086	234.961	278.163	283.675	212.68	213.273	216.153	305.471	281.912	-90
10	238.813	125.008	116.327	124.211	176.431	165.491	249.594	181.376	154.351	161.707	232.771	195.47	
	100.752	56.8265	51.132	54.6407	90.6078	87.4196	163.853	122.23	92.9908	86.0614	153.303	107.753	-180
08	-94.2363	-42.4058	-28.2314	-10.284	-0.997244	5.26731	60.5062	44.813	21.5384	7.82505	29.7935	-24.697	
	-173.117	-109.38	-92.0418	-78.8679	-108.895	-123.646	-135.889	-95.3632	-63.2841	-80.9336	-118.486	-153.018	-270
06	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711	
	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711	-360
04	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711	
	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711	-450
02	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711	
	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711	
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mav	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	

Tabla 21: radiación solar directa (Bloque Estructural-SC). Fuente: elaboración propia, software Ecotect Analysis 2011.

La radiación solar directa es la principal fuente de calor, debido al diseño de las VIS de manera apareada, el sol afecta un máximo de 4 de las 5 fachadas en el caso más crítico, o 3 en el mejor de los casos; una vez la radiación entra en contacto con los materiales de las viviendas, el calor empieza a transportarse por conducción térmica, donde la cantidad de calor que atraviesa los materiales se ve afectado por factores como la densidad, conductividad, capacidad térmica y difusividad.

La cubierta es considerada la quita fachada en todos los proyectos arquitectónicos, y es la principal causa del incremento de la temperatura debido a que esta recibe la mayor radiación solar, y para el caso de las VIS el material suele ser fibroce-mento, un material de alta transmitancia térmica alcanzando hasta 64,10°C a las 13:33hrs, informacion obtenida durante la recolección de datos en las viviendas del Barrio Ciudadela Nueva Buenaventura (Ficha N° 17).

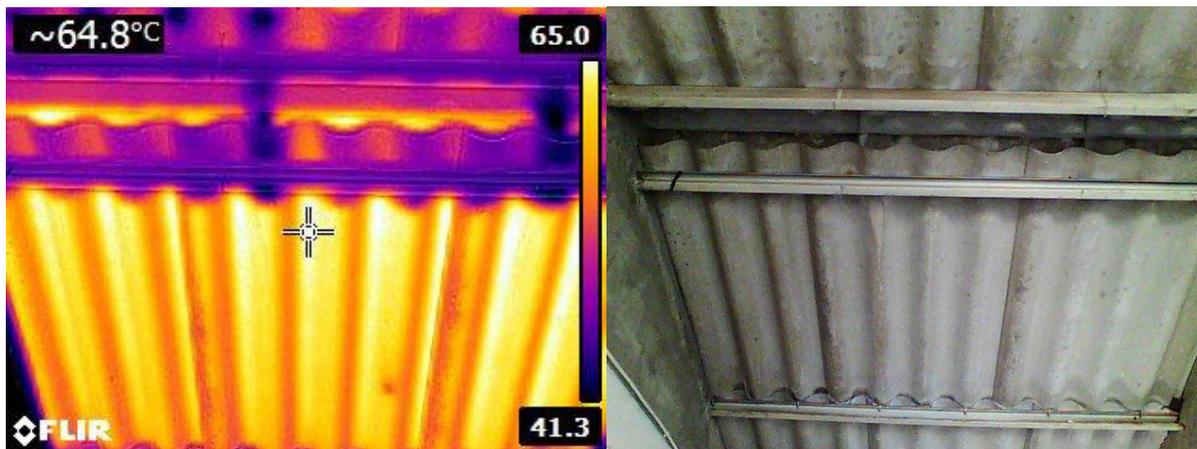


Ilustración 84: fotografía térmica cubierta (Ficha N°17). Fuente: elaboración propia, cámara térmica FLIR E5.

4.10.9. Cálculo de ganancias solares directas, todas las zonas térmicas visibles con cambios.

Direct Solar Gains - Qg - All Visible Thermal Zones													SKBU, SKBU	Watts
Hr	-256.447	-190.179	-193.329	-229.158	-324.054	-372.687	-484.6	-338.992	-193.5	-182.73	-230.857	-236.134		450
22	-256.447	-190.179	-193.329	-229.158	-324.054	-372.687	-484.6	-338.992	-193.5	-182.73	-230.857	-236.134		360
20	-256.447	-190.179	-193.329	-229.158	-324.054	-372.687	-484.6	-338.992	-193.5	-182.73	-230.857	-236.134		270
18	-256.447	-190.179	-193.329	-229.158	-324.054	-372.687	-484.6	-338.992	-193.5	-182.73	-230.857	-236.134		180
16	-4.93468	-30.9049	-51.6863	-51.9531	-66.3667	-134.95	-27.7106	-57.8403	-138.506	-100.708	-147.549	-60.9152		90
14	192.893	120.995	88.8425	147.919	170.805	126.856	331.326	191.484	-35.5203	63.9322	33.8454	187.827		0
12	302.475	244.235	209.804	286.833	344.286	372.323	552.527	348.512	67.9022	183.712	206.331	327.593		-90
10	400.367	310.151	329.014	354.731	496.408	619.869	685.495	430.655	248.501	304.293	355.196	412.327		-180
08	468.443	431.792	453.529	415.025	585.063	818.888	784.9	535.364	341.868	385.149	453.077	473.741		-270
06	500.733	445.242	467.927	442.777	670.493	786.975	790.164	598.599	473.675	359.952	496.261	474.573		-360
04	527.105	380.643	396.513	445.112	675.255	849.27	825.69	596.049	477.529	367.748	503.663	460.16		-450
02	474.957	332.526	333.486	414.079	571.604	660.698	768.643	586.938	415.79	342.992	443.824	377.044		
Jan	356.835	205.394	206.216	305.775	431.031	392.907	699.491	510.641	308.92	263.506	339.469	262.048		
Feb	188.477	82.838	101.58	162.192	237.85	223.986	524.956	395.919	209.945	143.613	210.72	144.421		
Mar	-88.5801	-60.8537	-43.3571	3.09442	25.4809	47.1227	229.048	177.009	75.464	12.5647	43.2108	-21.9588		
Apr	-238.703	-177.496	-169.118	-172.744	-250.352	-289.087	-346.469	-242.697	-121.06	-131.306	-165.425	-200.557		
May	-256.447	-190.179	-193.329	-229.158	-324.054	-372.687	-484.6	-338.992	-193.5	-182.73	-230.857	-236.134		
Jun	-256.447	-190.179	-193.329	-229.158	-324.054	-372.687	-484.6	-338.992	-193.5	-182.73	-230.857	-236.134		
Jul	-256.447	-190.179	-193.329	-229.158	-324.054	-372.687	-484.6	-338.992	-193.5	-182.73	-230.857	-236.134		
Aug	-256.447	-190.179	-193.329	-229.158	-324.054	-372.687	-484.6	-338.992	-193.5	-182.73	-230.857	-236.134		
Sep	-256.447	-190.179	-193.329	-229.158	-324.054	-372.687	-484.6	-338.992	-193.5	-182.73	-230.857	-236.134		
Oct	-256.447	-190.179	-193.329	-229.158	-324.054	-372.687	-484.6	-338.992	-193.5	-182.73	-230.857	-236.134		
Nov	-256.447	-190.179	-193.329	-229.158	-324.054	-372.687	-484.6	-338.992	-193.5	-182.73	-230.857	-236.134		
Dec	-256.447	-190.179	-193.329	-229.158	-324.054	-372.687	-484.6	-338.992	-193.5	-182.73	-230.857	-236.134		

Tabla 22: radiación solar directa (Bloque Estructural-CC). Fuente: elaboración propia, software Ecotect Analysis 2011.

Conociendo que la cubierta es la que más transmite calor a los espacios interiores, surge la respuesta de la realización de una “boca de horno” la cual se encarga de expulsar las bolsas de aires calientes que se acumulan en las cumbresras de las cubiertas que no cuentan con salidas de aire.

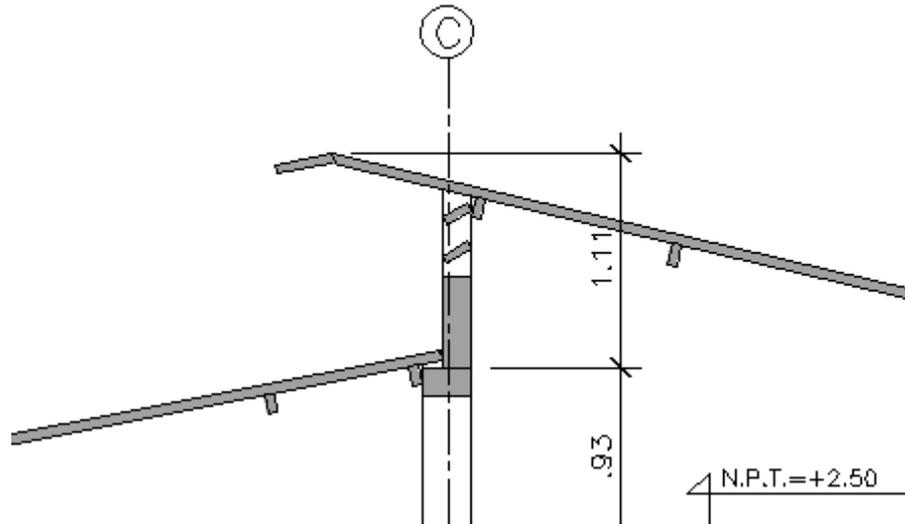


Ilustración 85: ilustración boca de horno. Fuente: elaboración propia, software AutoCAD Architecture.

4.10.10. Cálculo de temperatura por horas

En este análisis se estudia la temperatura de las VIS a lo largo de un día específico, para este caso hemos decidido utilizar el día 23 de julio, por el motivo que es el día en que el sol incide con mayor intensidad a las viviendas debido a su orientación, afectando la mayor superficie posible de las fachadas.

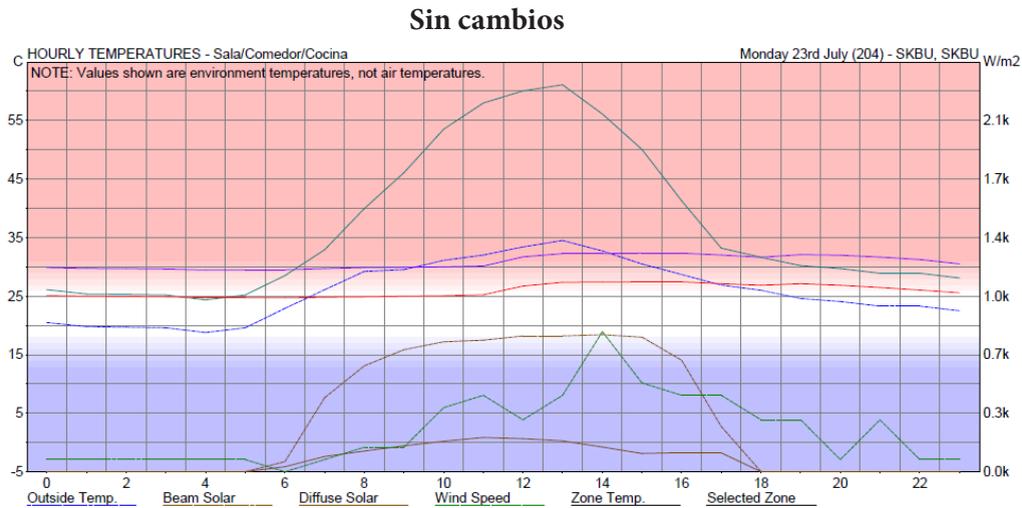


Ilustración 86: temperatura por horas (Bloque Estructural-SC). Fuente: elaboración propia, software Ecotect Analysis 2011.

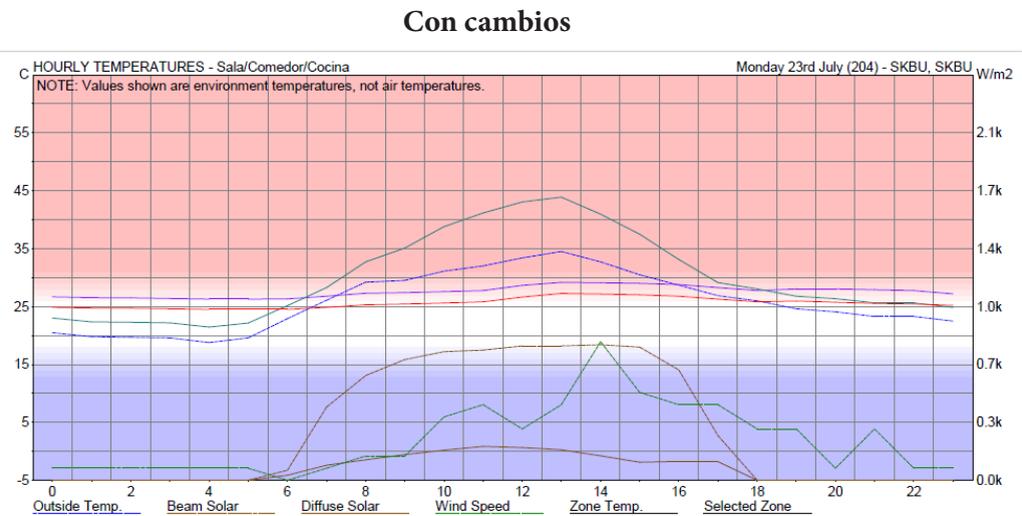


Ilustración 87: temperatura por horas (Bloque Estructural-CC). Fuente: elaboración propia, software Ecotect Analysis 2011.

Realizados los cambios de diseño propuestos se observa que la línea “sala/comedor/cocina” se acerca más a la zona de confort, que las viviendas actuales sin modificar; tras las modificaciones se presenta una temperatura promedio de 25,30°C, lo cual sería una diferencia de -0,58°C, la cual, a pesar de no ser una diferencia elevada, es una mejora respecto a las VIS actuales.

4.10.11. Análisis comparativo viviendas en su estado actual y las modificaciones realizadas en mampostería confinada.

Al trabajar con dos diseños de viviendas de interés social y tres materiales es necesario realizar las comprobaciones y cálculos en los tres casos.

4.10.12. Cálculo de ganancias solares directas, todas las zonas térmicas visibles.

Sin cambios

Direct Solar Gains - Qg - All Visible Thermal Zones													SKBU, SKBU		Watts
Hr	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	SKBU	SKBU	Watts
18	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711			500
22	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711			400
20	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711			300
18	-17.7592	-25.5344	-35.3553	-20.4876	-28.4185	-53.2239	5.43365	-11.9628	-69.5311	-65.8237	-102.38	-58.6626			200
16	135.038	61.8043	38.3104	74.9272	82.2559	65.9821	152.467	97.1973	-15.9728	24.6024	10.2597	117.814			100
14	231.575	136.167	109.223	132.341	163.29	172.563	228.146	152.078	38.7541	95.977	124.504	233.952			0
12	299.563	195.734	176.63	167.368	229.956	281.397	295.941	193.894	130.01	169.289	222.524	293.902			-100
10	349.115	268.328	246.007	194.637	268.29	351.775	326.231	233.498	180.106	225.693	296.654	359.293			-200
08	384.055	280.44	266.052	211.841	297.884	329.26	325.063	254.832	248.199	228.051	341.028	369.447			-300
06	392.768	242.001	220.08	208.031	287.666	350.317	323.442	238.127	246.044	232.926	340.182	338.641			-400
04	344.073	204.773	183.877	182.086	234.961	278.163	283.675	212.68	213.273	216.153	305.471	281.912			-500
02	238.813	125.008	116.327	124.211	176.431	165.491	249.594	181.376	154.351	161.707	232.771	195.47			
	100.752	56.8265	51.132	54.6407	90.6078	87.4196	163.853	122.23	92.9908	86.0614	153.303	107.753			
	-94.2363	-42.4058	-28.2314	-10.284	-0.997244	5.26731	60.5062	44.813	21.5384	7.82505	29.7935	-24.697			
	-173.117	-109.38	-92.0418	-78.8679	-108.895	-123.646	-135.889	-95.3632	-63.2841	-80.9336	-118.486	-153.018			
	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711			
	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711			
	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711			
	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711			
	-182.44	-116.044	-104.246	-103.254	-140.966	-159.113	-189.764	-135.162	-97.9376	-108.354	-152.866	-171.711			

Tabla 23: radiación solar directa (Mampostería Confinada-CC). Fuente: elaboración propia, software Ecotect Analysis 2011.

Temperatura de cubierta máxima registrada 63,90°C a las 13:55hrs, información obtenida durante la recolección de datos en las viviendas del barrio Ciudadela Nueva Buenaventura (Ficha N° 18).

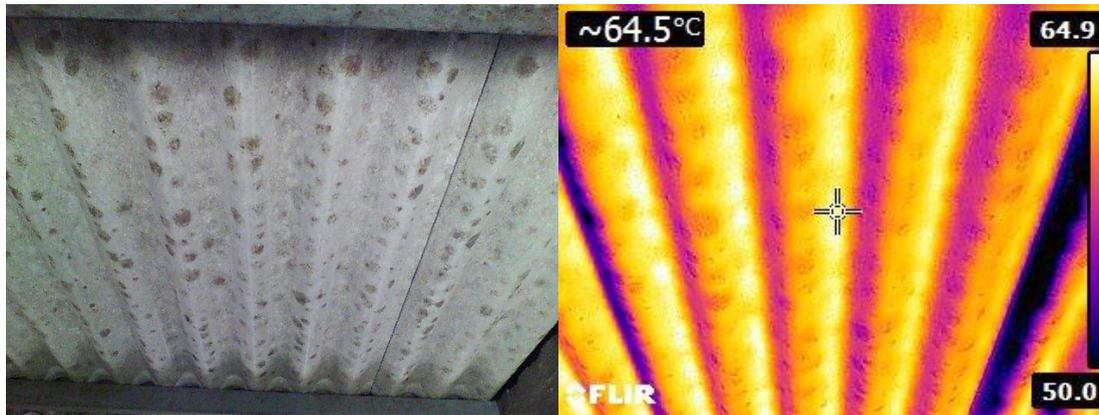


Ilustración 88: fotografía térmica cubierta (Ficha N°18), cámara térmica FLIR E5. Fuente: elaboración propia.

Con cambios

Direct Solar Gains - Qg - All Visible Thermal Zones												SKBU, SKBU		Watts
Hr	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
	-324.776	-204.135	-182.751	-178.167	-238.149	-265.337	-317.081	-236.457	-170.377	-191.833	-267.804	-304.611		500
22	-324.776	-204.135	-182.751	-178.167	-238.149	-265.337	-317.081	-236.457	-170.377	-191.833	-267.804	-304.611		400
20	-324.776	-204.135	-182.751	-178.167	-238.149	-265.337	-317.081	-236.457	-170.377	-191.833	-267.804	-304.611		300
18	-324.776	-204.135	-182.751	-178.167	-238.149	-265.337	-317.081	-236.457	-170.377	-191.833	-267.804	-304.611		200
	-3.29371	-28.7255	-49.7805	-48.0821	-63.7706	-99.55	-18.1344	-45.937	-122.106	-102.325	-169.465	-88.2583		100
16	304.969	133.128	88.2312	101.389	113.448	91.5249	201.529	122.01	-31.1955	75.3047	48.242	264.975		0
	469.016	262.846	207.579	204.297	255.058	264.669	333.22	220.344	63.021	195.944	246.367	460.354		100
14	565.804	369.224	323.192	272.753	361.846	437.055	440.133	297.498	222.462	320.708	418.432	555.306		0
	620.549	473.45	431.703	325.278	438.565	568.679	518.325	376.854	308.211	410.519	533.831	642.384		-100
12	661.852	479.207	448	361.041	501.518	551.379	534.048	432.947	425.918	395.7	590.546	635.486		-200
	658.857	408.873	372.473	366.759	498.899	588.821	560.922	432.201	424.477	395.827	577.506	574.842		-300
10	572.773	341.298	312.288	334.576	420.531	490.605	518.26	419.798	366.638	357.581	511.914	465.871		-400
	383.044	200.96	192.985	237.039	324.257	298.575	462.391	361.886	269.574	265.795	383.66	314.018		-500
08	150.914	85.7598	82.1731	120.934	176.907	171.145	335.246	269.418	175.091	132.201	246.749	164.664		
	-175.952	-81.2876	-51.8498	-1.7005	14.6165	26.764	142.36	116.327	53.0772	1,25106	37.4629	-59.2157		
06	-309.045	-192.891	-161.783	-133.942	-181.766	-203.393	-221.165	-163.757	-108.413	-144.347	-209.55	-273.07		
	-324.776	-204.135	-182.751	-178.167	-238.149	-265.337	-317.081	-236.457	-170.377	-191.833	-267.804	-304.611		
04	-324.776	-204.135	-182.751	-178.167	-238.149	-265.337	-317.081	-236.457	-170.377	-191.833	-267.804	-304.611		
	-324.776	-204.135	-182.751	-178.167	-238.149	-265.337	-317.081	-236.457	-170.377	-191.833	-267.804	-304.611		
02	-324.776	-204.135	-182.751	-178.167	-238.149	-265.337	-317.081	-236.457	-170.377	-191.833	-267.804	-304.611		
	-324.776	-204.135	-182.751	-178.167	-238.149	-265.337	-317.081	-236.457	-170.377	-191.833	-267.804	-304.611		

Tabla 24: radiación solar directa (Mampostería Confinada-CC), software Ecotect Analysis 2011. Fuente: elaboración propia.

Conociendo que la cubierta es la que mayor transmite calor a los espacios interiores, surge la respuesta de la realización de una “boca de horno” la cual se encarga de expulsar las bolsas de aires calientes que se acumulan en las cumbreras de las cubiertas que no cuentan con salidas de aire.

4.10.13. Cálculo de temperatura por horas

En este análisis se estudia la temperatura de las VIS a lo largo de un día específico, para este caso hemos decidido utilizar el día 23 de Julio, con el motivo que es el día en que el sol incide con mayor intensidad a las viviendas debido a su orientación, afectando la mayor superficie posible de las fachadas.

Sin cambios

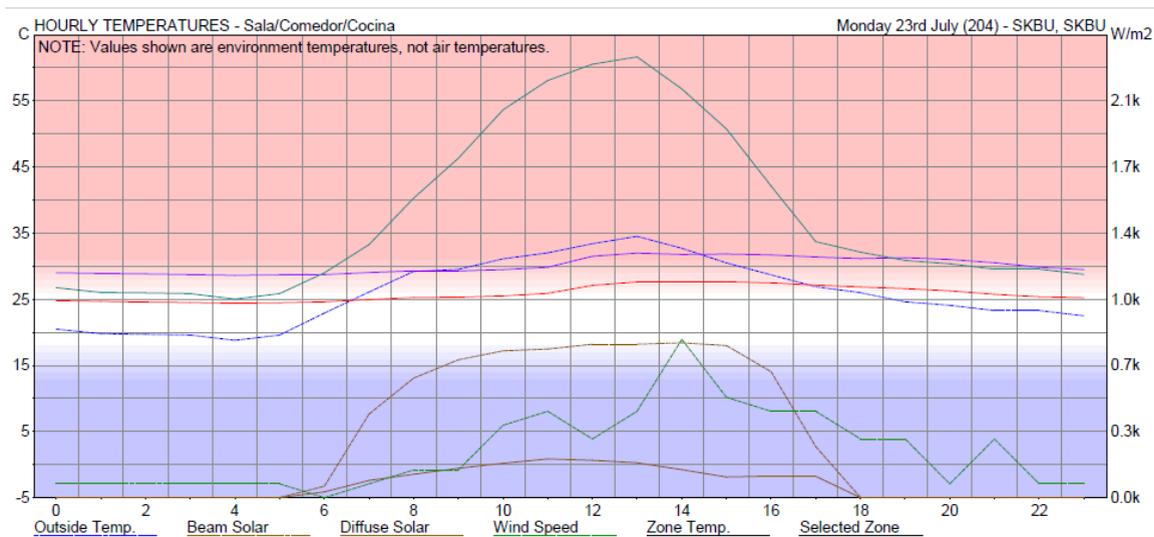


Ilustración 89: temperatura por horas (mampostería confinada-SC), software Ecotect Analysis 2011. Fuente: elaboración propia.

Con cambios

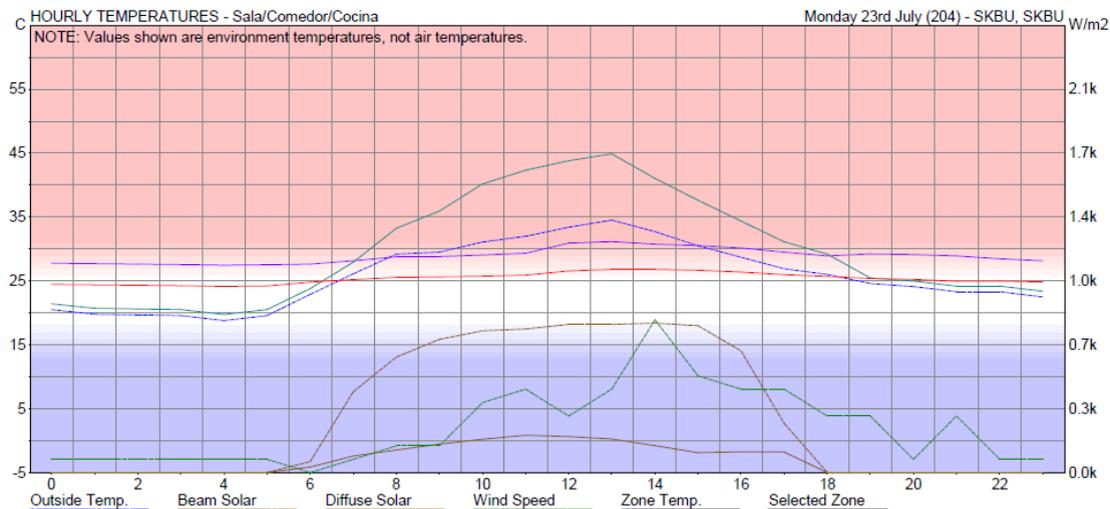


Ilustración 90: temperatura por horas (mampostería confinada-CC), software Ecotect Analysis 2011. Fuente: elaboración propia.

Realizados los cambios de diseño propuestos se observa que la línea “sala/comedor/cocina” se acerca más a la zona de confort, que las viviendas actuales sin modificar; tras las modificaciones se presenta una temperatura promedio de 25,83°C, lo cual sería una diferencia de -0,45°C, la cual, a pesar de no ser una diferencia elevada, es una mejora respecto a las VIS actuales.

4.10.14. Vivienda ciudadela San Antonio en muros de concreto prefabricado sin modificaciones.

Planta general

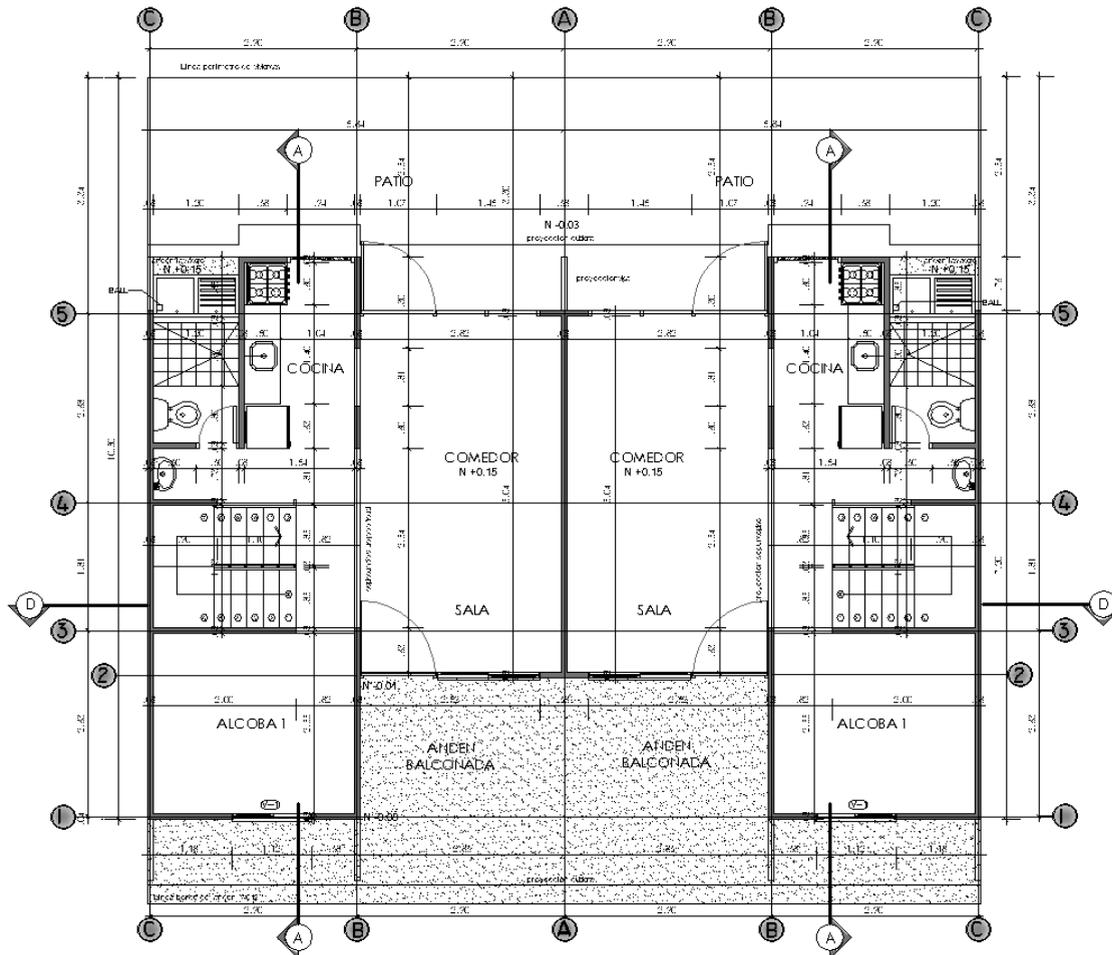


Ilustración 91: planta arquitectónica piso 1 (muros prefabricados-SC), macro-proyecto San Antonio. Fuente: Arq. Jemay Parra Ocampo.

Planta segundo piso

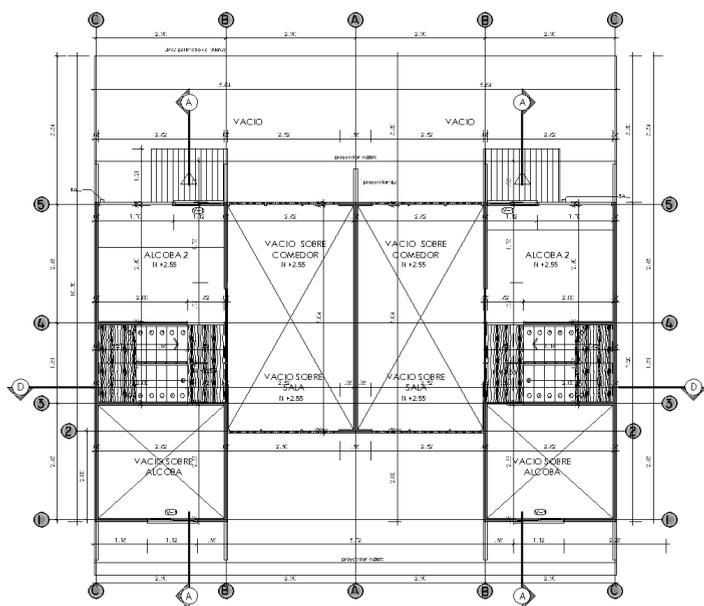


Ilustración 92: planta arquitectónica piso 2 (muros prefabricados-SC).
Fuente: Arq. Jemay. Parra Ocampo, macro-proyecto San Antonio.

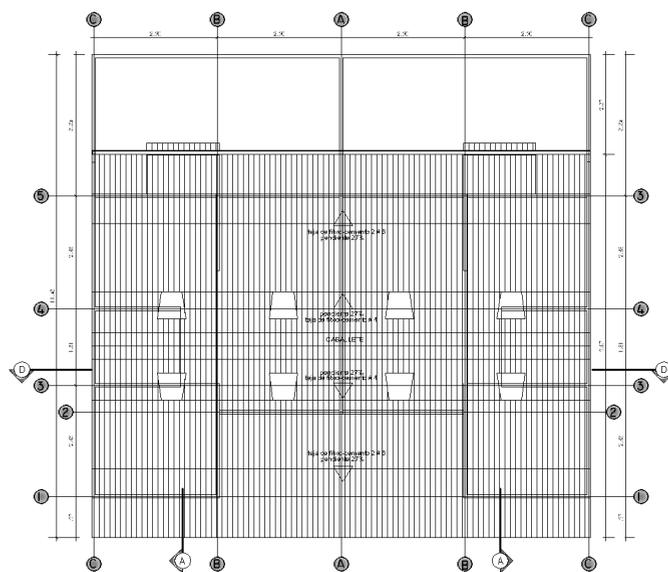


Ilustración 93: planta arquitectónica cubierta (muros prefabricados-SC).
Fuente: Arq. Jemay. Parra Ocampo, macro-proyecto San Antonio.

Cortes

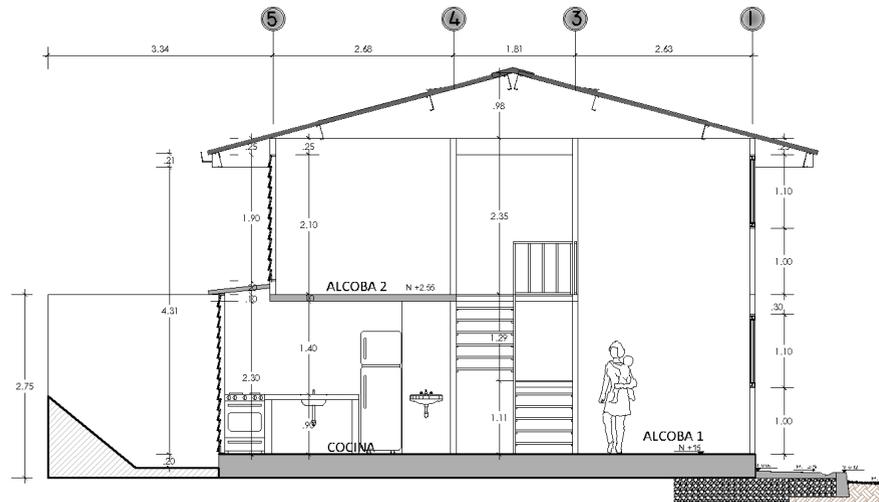


Ilustración 94: corte Longitudinal A-A' (muros prefabricados-SC), macro-proyecto San Antonio. Fuente: Arq. Jemay Parra Ocampo.

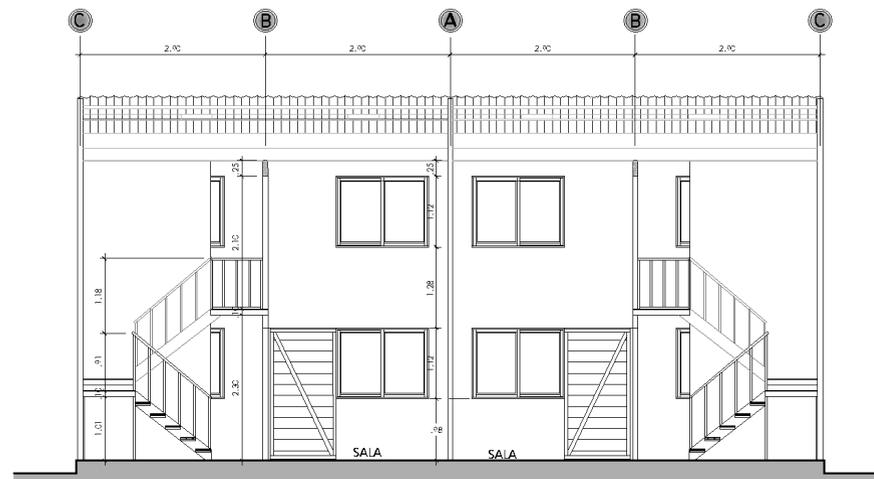


Ilustración 95: corte transversal D-D' (muros prefabricados-SC), macro-proyecto San Antonio. Fuente: Arq. Jemay Parra. Ocampo.

4.9.15. Viviendas ciudadela San Antonio en muros de concreto prefabricado modificado.

Planta general

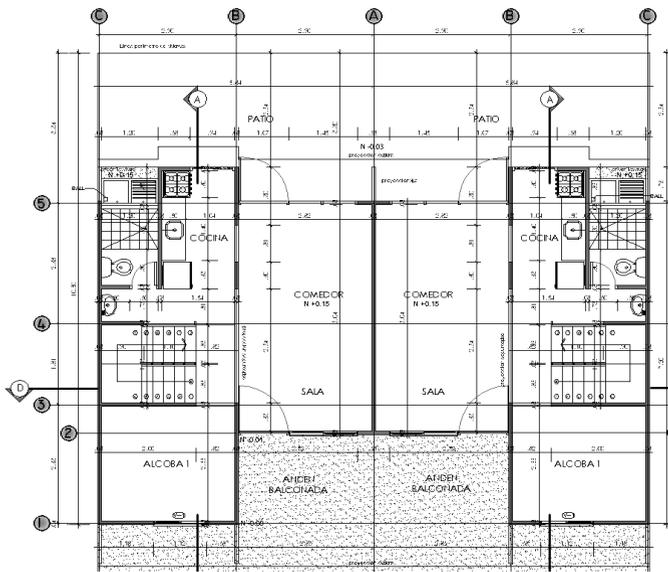


Ilustración 96: planta arquitectónica piso 1 (muros prefabricados-CC).
Modificación basada en planos suministrados por Arq. Jemay Parra Ocampo,
macro-proyecto San Antonio.

Planta segundo piso

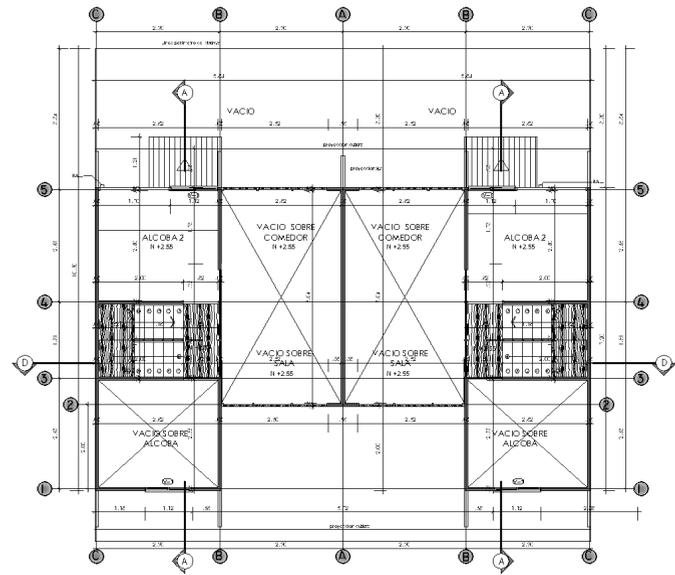


Ilustración 97: planta arquitectónica piso 2 (muros prefabricados-CC).
Modificación basada en planos suministrados por Arq. Jemay Parra Ocampo,
macro-proyecto San Antonio.

Planta de cubierta

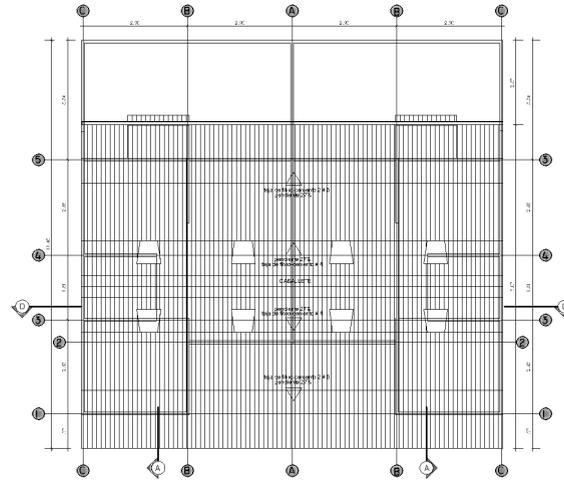


Ilustración 98: planta cubierta (muros prefabricados-CC). Modificación basada en planos suministrados por Arq. Jemay Parra Ocampo, macro-proyecto San Antonio.

Cortes

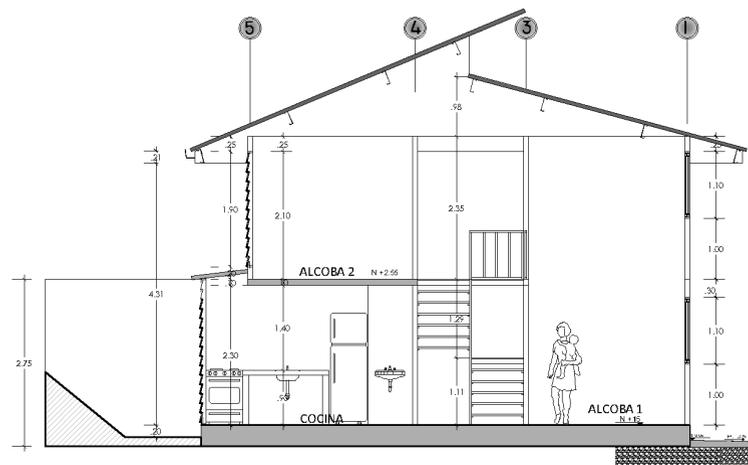


Ilustración 99: corte longitudinal A-A' (muros prefabricados-CC). Fuente: Arq. Jemay Parra Ocampo, macro-proyecto San Antonio.

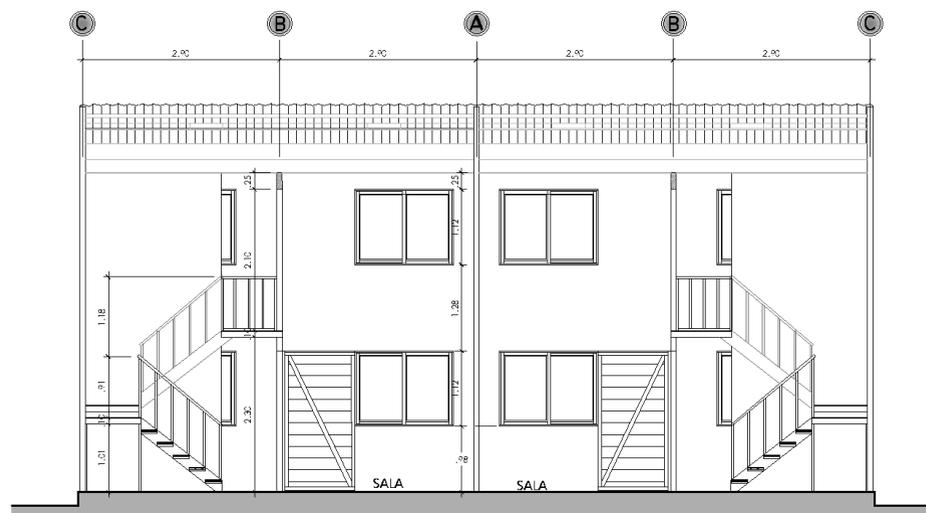


Ilustración 100: corte transversal D-D' (muros prefabricados-SC). Fuente: Arq. Jemay Parra Ocampo, macro-proyecto San Antonio.

La propuesta de diseño parte de la base de diseño en las VIS actuales, cuenta con cambios en las aberturas de la fachada principal, haciéndola 3.5 m^2 más permeable; modificaciones en los cerramientos de los muros perimetrales del patio por medio de calados que permitan la circulación de aire de manera más eficiente; y el cambio más drástico en la cubierta, modificándola al agregarle una “boca de horno” por donde podrá escapar las bolsas de aire caliente que presentan las viviendas actualmente.

4.10.16. Análisis comparativo de las viviendas en su estado actual y las modificaciones realizadas en la ciudadela San Antonio con muros en concreto prefabricados.

Cálculo de ganancias solares directas, todas las zonas térmicas visibles.

Direct Solar Gains - Qg - All Visible Thermal Zones												SKBU, SKBU	Watts	
Hr	-12993.1	-8080.3	-9552.24	-8793.04	-8204.93	-8612.02	-13401.1	-13344.4	-7337.09	-8865.28	-9669.42	-11281.5		33000
22	-12993.1	-8080.3	-9552.24	-8793.04	-8204.93	-8612.02	-13401.1	-13344.4	-7337.09	-8865.28	-9669.42	-11281.5		26400
20	-12993.1	-8080.3	-9552.24	-8793.04	-8204.93	-8612.02	-13401.1	-13344.4	-7337.09	-8865.28	-9669.42	-11281.5		19800
18	-12993.1	-8080.3	-9552.24	-8793.04	-8204.93	-8612.02	-13401.1	-13344.4	-7337.09	-8865.28	-9669.42	-11281.5		13200
16	26938.3	12692	15517	16136.5	8856.87	9071.6	21568.8	19302.2	-2043.67	10941.7	9843.91	20709.7		6600
14	30314.9	22150.4	20926.6	20738.7	15533.3	17176.2	24964.8	26379.3	5739.4	17182.3	19112.3	26866.2		0
12	32453.8	21781.9	23312.6	21236	17504.9	23927.8	28750	28711.1	15060.5	23053.2	24225.2	29583.7		-6600
10	7036.11	3769.08	7672.63	7896.95	8578.77	5891.8	13947	16020.3	14309.1	8122.98	10581.5	6973.1		-13200
08	-3894.79	-610.068	1086.71	910.885	1984.74	1035.88	6447.33	6335.2	8397.09	757.73	4034.91	-274.803		-19800
06	-12993.1	-8080.3	-9552.24	-8793.04	-8204.93	-8612.02	-13401.1	-13344.4	-7337.09	-8865.28	-9669.42	-11281.5		-26400
04	-12993.1	-8080.3	-9552.24	-8793.04	-8204.93	-8612.02	-13401.1	-13344.4	-7337.09	-8865.28	-9669.42	-11281.5		-33000
02	-12993.1	-8080.3	-9552.24	-8793.04	-8204.93	-8612.02	-13401.1	-13344.4	-7337.09	-8865.28	-9669.42	-11281.5		
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		

Tabla 25: radiación solar directa (muros prefabricados-SC), software Ecotect Analysis 2011. Fuente: elaboración propia.

Temperatura de cubierta máxima registrada 59,50°C a las 11:35 hrs, información obtenida durante la recolección de datos en las viviendas del Barrio Ciudadela Nueva Buenaventura (ficha N° 29).

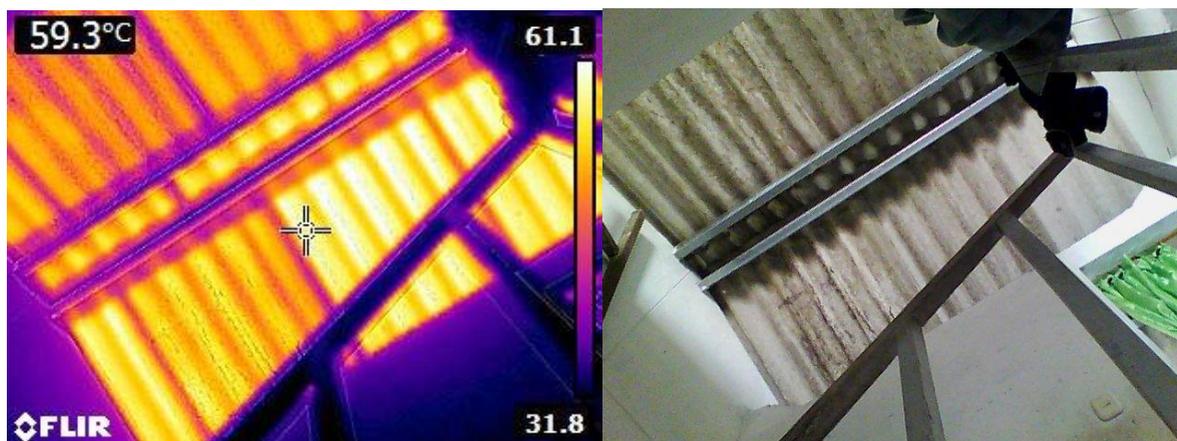


Ilustración 101: fotografía térmica cubierta (Ficha N°29), cámara térmica FLIR E5. Fuente: elaboración propia.

Con cambios

Direct Solar Gains - Qg - All Visible Thermal Zones												SKBU, SKBU	Watts
Hr	-13261.1	-8483.13	-10084.6	-9323.72	-8832.96	-9258.37	-14111.1	-14014.8	-7978.49	-9274.17	-10082.5	-11528	
	-13261.1	-8483.13	-10084.6	-9323.72	-8832.96	-9258.37	-14111.1	-14014.8	-7978.49	-9274.17	-10082.5	-11528	33000
22	-13261.1	-8483.13	-10084.6	-9323.72	-8832.96	-9258.37	-14111.1	-14014.8	-7978.49	-9274.17	-10082.5	-11528	26400
20	-13261.1	-8483.13	-10084.6	-9323.72	-8832.96	-9258.37	-14111.1	-14014.8	-7978.49	-9274.17	-10082.5	-11528	19800
18	-2586	-2128.59	-2414.6	-3750.15	-3381.25	-5020.28	-5069.93	-6425.88	-6810.07	-5385.51	-7152.11	-5837.17	13200
16	14439.2	5907.78	7753.22	6225.2	4001.51	1408.62	8753.23	5866.83	-4771.23	4255.88	2171.49	10008.3	6600
	25870.9	12748	15462.1	16115	9108.57	9255.08	21229.7	18912	-2027.72	10818.4	9624.07	20033.6	0
14	29815.6	22197.3	21291.9	21115.2	16072.7	17795	25125.3	26506.3	6170.64	17391.4	19115.7	26514.6	28945
	32574.4	22388.5	24291.9	21983.5	18434.7	24910.8	29380.4	29279.1	15739.5	23505.8	24587.4	29552.8	-6600
12	32302.2	21625.6	24479.2	20579.9	21933.8	26259.7	30537.7	30324.7	22930.3	24733.7	27039.6	28945	-13200
	25765.8	16990.4	19898.4	17658.4	20977.4	23617.3	27536.1	28619.1	23589.1	20974.5	22839.8	22096.4	-19800
10	18490.8	11457.4	15240.1	14325.2	17434	15619.9	23808.7	25532.4	21764.8	16734.6	18217.6	15403.9	-26400
	8509.16	4697.18	8818.49	9081.14	9857.04	7020.15	15879.1	17832.6	15728.6	9251.5	11723.9	8022.96	-33000
08	-2800.77	27.5181	1957.44	1719.55	2880.35	1886.97	8129.05	8023.58	9673.82	1589.7	5054.18	640.329	
	-10163.4	-5744.14	-6068.29	-4589.95	-3341.45	-3282.64	-3298.53	-3529.72	497.005	-4105.96	-3251.92	-6107.31	
06	-13024	-8313.65	-9640.99	-8519.03	-7925.72	-8316.27	-12616.4	-12701.8	-6682.66	-8413.15	-8919.66	-10882.3	
	-13261.1	-8483.13	-10084.6	-9323.72	-8832.96	-9258.37	-14111.1	-14014.8	-7978.49	-9274.17	-10082.5	-11528	
04	-13261.1	-8483.13	-10084.6	-9323.72	-8832.96	-9258.37	-14111.1	-14014.8	-7978.49	-9274.17	-10082.5	-11528	
	-13261.1	-8483.13	-10084.6	-9323.72	-8832.96	-9258.37	-14111.1	-14014.8	-7978.49	-9274.17	-10082.5	-11528	
02	-13261.1	-8483.13	-10084.6	-9323.72	-8832.96	-9258.37	-14111.1	-14014.8	-7978.49	-9274.17	-10082.5	-11528	
	-13261.1	-8483.13	-10084.6	-9323.72	-8832.96	-9258.37	-14111.1	-14014.8	-7978.49	-9274.17	-10082.5	-11528	
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	

Tabla 26: radiación solar directa (muros prefabricados-CC), software Ecotect Analysis 2011. Fuente: elaboración propia.

Conociendo que la cubierta es la que más transmite calor a los espacios interiores, surge la respuesta de la realización de una “boca de horno” la cual se encarga de expulsar las bolsas de aires calientes que se acumulan en las cumbres de las cubiertas que no cuentan con salidas de aire.

CÁLCULO DE TEMPERATURAS POR HORAS

En este análisis se estudia la temperatura de las VIS a lo largo de un día específico, para este caso hemos decidido utilizar el día 20 de septiembre, con el motivo que es el día en que el sol incide con mayor intensidad a las viviendas debido a su orientación, afectando la mayor superficie posible de las fachadas.

Sin cambios

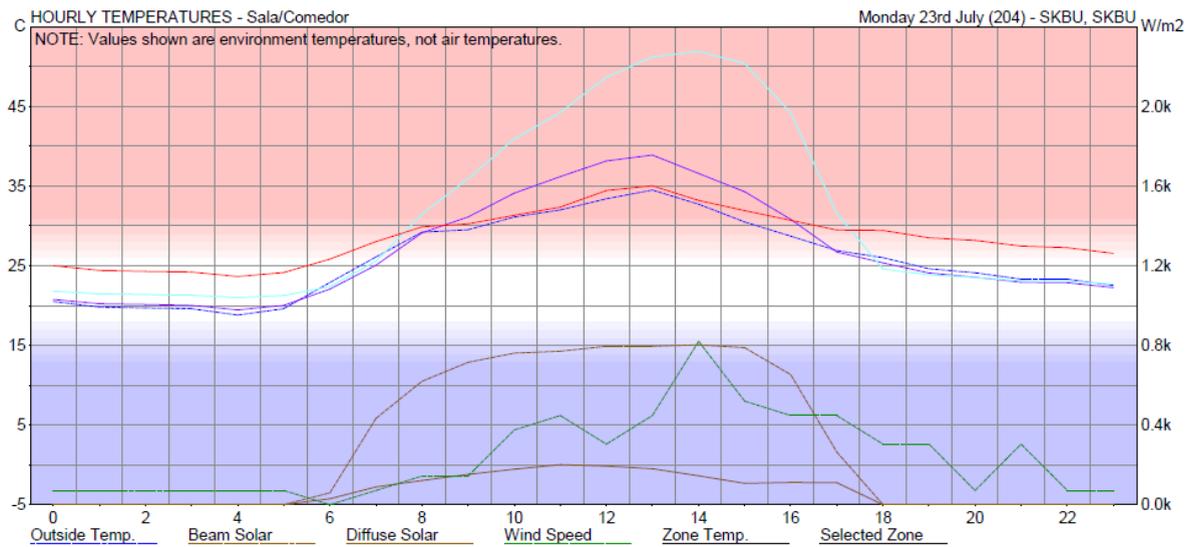


Ilustración 102: temperatura por horas (muros prefabricados-SC), software Ecotect Analysis 2011. Fuente: elaboración propia.

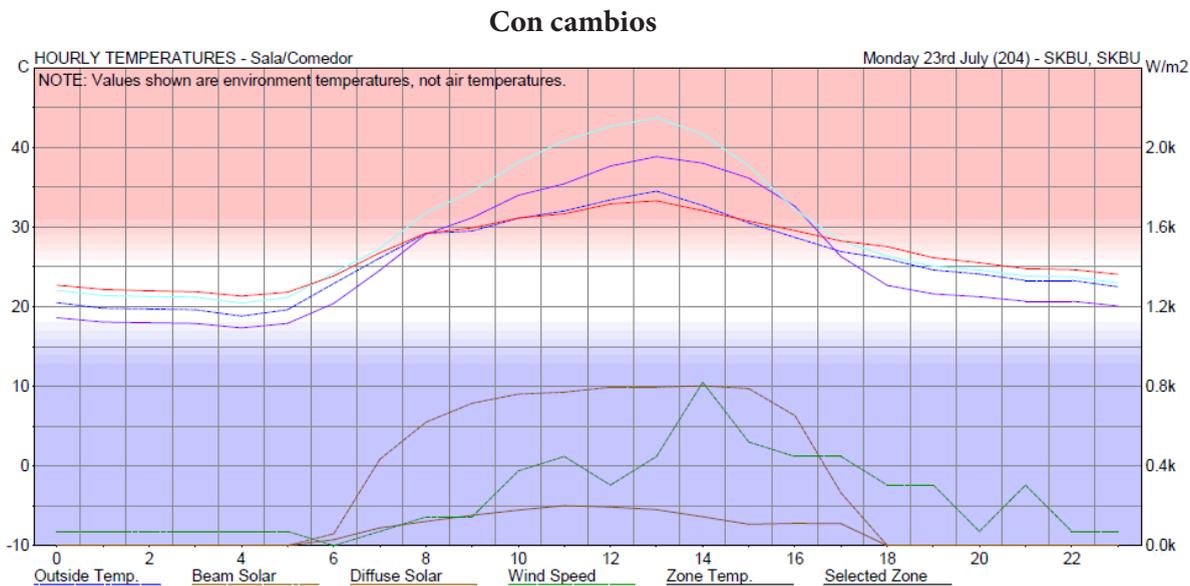


Ilustración 103: temperatura por horas (muros prefabricados-CC), software Ecotect Analysis 2011. Fuente: elaboración propia.

Realizados los cambios de diseño propuestos se observa que la línea “sala/comedor/cocina” se acerca más a la zona de confort, que las viviendas actuales sin modificar; tras las modificaciones se presenta una temperatura promedio de 26,06°C, lo cual sería una diferencia de -2,49°C, la mayor diferencia registrada con respecto a los otros dos materiales.

4.11. CONCLUSIONES

Manteniendo los materiales de las viviendas existentes y con la aplicación de soluciones pasivas tales como la generación de separaciones verticales en las cubiertas con el fin de enfriar la parte superior, se pudo reducir la temperatura interna en 1,17°C en promedio entre los tres materiales; y de ser necesaria la refrigeración mecánica se reducen un total aproximado de 6.193,46 kWh por año, lo cual no solo sería un beneficio en lo económico, puesto que también influye en el factor ambiental a requerir menos energía produciendo menos CO₂. Y con la reducción de temperatura trae consigo una mejora en la calidad de vida de los ocupantes de estas viviendas de interés social modificadas.

Con la ampliación de ventanas y la generación de calados en la parte superior de las fachadas se consigue una mejora significativa en lo que a la temperatura se refiere. Este factor tiene coherencia con lo propuesto por el arquitecto bioclimático Baruch Givoni al establecer que las zonas con alto porcentaje de humedad relativa, y altas temperaturas, requieren de ventilación para poder mejorar las condiciones térmicas de estos espacios, estas ventilaciones pueden ser de manera mecánica o natural, para este estudio los datos obtenidos se basaron con la ventilación natural que cuenta Buenaventura, determinándola en la fase de recolección de datos.

Cabe destacar que la actual orientación en las VIS es objeto de mejora para las próximas construcciones, pues estas están 22,5° desviadas de lo que sería la orientación óptima de acuerdo a la morfología y tipología de estas, si bien es cierto que la realidad del terreno siempre es un impedimento para lograr desarrollar los proyectos de la manera indicada, para este ejercicio académico nos encontramos en la libertad de definir las pautas para la optimización de cada vivienda de interés social.

Concluimos que los materiales que brindan un mejor confort térmico al interior de la vivienda es la de mampostería confinada en ladrillo farol a la vista, esto se debe a que su transmitancia térmica es menor respecto a materiales como bloque estructural o muros prefabricados en concreto; a pesar de que las modificaciones presentaron mayores resultados en las viviendas en muros prefabricados en concreto; los niveles de confort en las VIS en mampostería confinada siguen siendo superiores a los otros dos materiales. Con estos resultados consideramos que las futuras soluciones de viviendas de interés social desarrolladas por el gobierno, para climas ubicados en el trópico húmedo deberán ser en materiales como ladrillo farol, en el mejor de los casos materiales más aislantes, o por lo menos, de menor transmitancia que los utilizados en las viviendas actuales. Estos diseños tendrán que considerar las aberturas necesarias que permitan la ventilación cruzada, reduciendo la sensación térmica.

Observando la cantidad de calor proveniente de la cubierta, soluciones arquitectónicas pasivas como boca de hornos o termosifones son casi obligatorias para nuestro clima, al evacuar las bolsas de aire caliente que se acumulan en las cumbres que, al no contar con salidas de aire correctamente ubicadas, elevan la temperatura al interior de los espacios a medida que el aire caliente se acumula.

4.12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAE. (1993). *American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers*. Atlanta, Estados Unidos: ASHRAE.
- Barrera, O. (2005). *Introducción a una arquitectura bioclimática para los andes ecuatoriales*. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Bravo, G. y González. E. (2003). Confort térmico en el trópico. Hacia un estándar en viviendas naturalmente ventiladas. En: *Revista Información Tecnológica*, Chile, Vol. 12 n. 5, pp. 169 - 174.
- CELSIA. (2018). Información sobre tarifas, marzo 16 de 2017. Recuperado de <https://www.celsia.com/Portals/0/contenidos-celsia/nuestra-empresa/pdf/marco-regulatorio/tarifas/tarifas-2017/tarifas-epsa-marzo-2017.pdf>
- Cengel, Y. A. (1998). *Heat Transfer a practical approach*. New York, Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Clemencia Escallón G. (2012). La vivienda de interés social en Colombia, principios y retos. En: *Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes*. Bogotá D.C., Colombia. N° 35 Julio - diciembre de 2011, pp. 55-60.
- De Dear, R.; Brager, G. y Cooper, D. (1997). *Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference. Final report*. Sydney, Berkeley, Estados Unidos: ASHRAE; Macquarie University; University of California.
- Dirección de Seguridad e Higiene. (2005). *Confort térmico. Método de Fanger para su evaluación*. Barcelona, España: Centro de Investigación y Asistencia Técnica.
- Herrera-López, A. L. (2016). *Propuesta de adecuación bioclimática sustentable para lograr el confort térmico en viviendas unifamiliares de interpes social en Tepic, Nayarit*. (Tesis de maestría). San Pedro Tlaquepaque, México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente.
- Mitchell, J. y de Rosa, C. (1996). Propuesta de mejoramiento de las condiciones del confort térmico interior del hábitat social a partir de sobrecosto cero. En: *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol.II N°1 pp.03/79-82.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2011). *Calidad en la Vivienda de Interés Social*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

- Martinez, R.; Cabrera, D. y Vasco, D. (2019). Integrando fenómenos ambientales en el taller de diseño arquitectónico inicial: reflexiones a propósito del modelado de calor en espacios habitables. En: *Revista Arquitectura*, Volumen 15. Pag 57-70.
- Rodrigo, B. G.; Sanabria, J. C.; Marchamalo, M. & Umana, M. (2011). Análisis del confort y el comportamiento higro-térmico de sistemas constructivos tradicionales y actuales en viviendas de Santa Ana-Ciudad Colón (Costa Rica). En: *Revista Informes de la Construcción*, Vol. 64, 525, 75-84. doi: 10.3989/ic.10.047.