



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
*La Universidad Católica de Loja*

**ÁREA TÉCNICA**

TÍTULO DE ARQUITECTO

**Análisis higrotérmico numérico de la vivienda del sector Punzara  
Chico Alto**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**AUTOR:** Martínez Jiménez, María José

**DIRECTOR:** Balcázar Arciniega, Cristian André, Mgs.

LOJA – ECUADOR

2018



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2018

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Arquitecto.

Cristian André Balcázar Arciniega

**DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: **Análisis higrotérmico numérico de la vivienda del sector Punzara Chico Alto** realizado por María José Martínez Jiménez, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, diciembre de 2018

f) .....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, María José Martínez Jiménez declaro ser autora del presente trabajo de titulación: **Análisis higrotérmico numérico de la vivienda del sector Punzara Chico Alto**, de la Titulación de Arquitectura, siendo el Mg. Arq. Cristian André Balcázar Arciniega director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnica y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad".

f) .....

Autora: Martínez Jiménez María José

Cédula: 0704813369

## DEDICATORIA

A Dios por la fortaleza y paz.

A mis padres, Xavier y Ana porque sin ellos no habría alcanzado mis metas, por su guía y amor desde el inicio de mis estudios.

A mis hermanos, Francis, Xavier y Ashly por su apoyo y confianza.

A mis abuelitos Héctor y Eugenia por su cariño y amor incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por ser el apoyo espiritual.

A mis padres por su preocupación y esmero por darme lo mejor. Por estar presente en la investigación.

A mi tutor Mg. Arq. Cristian Balcázar que me guio desde el inicio, quien sentó en mi la seguridad para la realización de este trabajo, por sus observaciones, su guía y sobre todo por estar presto en cada momento de duda para la culminación de este trabajo.

A la Universidad Técnica Particular de Loja, a los docentes que han compartido sus conocimientos conmigo.

A mi novio Santiago quien me ha brindado su apoyo y cariño desde el principio.

A mis amigos que conocí en la titulación que me han acompañado en cada alegría y han hecho de este viaje un bello recuerdo, Josué, Mónica y Jorge, gracias felices los 4.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....	5
1.1. Bienestar ambiental.....	6
1.1.1. Bienestar Higrotérmico.....	6
1.1.2. Balance térmico del cuerpo humano .....	6
1.1.3. Factores que intervienen en el diseño higrotérmico.....	6
1.1.3.1. Factores que dependen del individuo .....	7
1.1.3.2. Factores que dependen del medio ambiente.....	7
1.2. Modelos de diseño bioclimático .....	8
1.2.1. Climogramas de bienestar .....	9
1.2.2. Climogramas de bienestar adaptado (CBA).....	11
1.2.3. Programas de simulación .....	11
1.3. Arquitectura vernácula.....	12
1.4. Arquitectura bioclimática .....	13
1.4.1. Sistemas bioclimáticos de diseño arquitectónico .....	13
1.5. Sistemas pasivos.....	14
1.5.1. Sistemas de calentamiento pasivo .....	16
1.5.2. Sistemas de enfriamiento pasivo.....	16

1.5.3.	Ventilación natural.....	17
1.5.4.	Iluminación natural .....	17
1.5.5.	Inercia térmica.....	17
1.6.	Estrategias de diseño bioclimático.....	17
1.7.	Estrategias pasivas de diseño del Ecuador .....	19
1.7.1.	Estrategias pasivas de diseño del Ecuador - clima templado.....	20
CAPÍTULO II: ÁREA DE ESTUDIO - ANTECEDENTES .....		21
2.1.	Delimitación geográfica de Loja .....	22
2.2.	Contexto geográfico .....	22
2.2.1.	Ubicación Punzara Chico Alto .....	22
2.3.	Contexto histórico.....	23
2.4.	Contexto biogeográfico ambiental.....	24
2.4.1.	Clima .....	24
2.4.2.	Temperatura.....	24
2.4.3.	Vientos.....	24
2.5.	Análisis físico - natural.....	25
2.5.1.	Topografía – relieve e Hidrografía .....	25
2.5.2.	Vegetación existente.....	27
2.5.3.	Vialidad.....	29
2.5.4.	Resumen del levantamiento de datos .....	31
2.6.	Contexto cultural.....	33
2.6.1.	Profesión u ocupación.....	33
2.6.2.	Economía .....	33
2.6.3.	Religión.....	33
2.6.4.	Tradiciones, costumbres y rituales .....	33
CAPÍTULO III: VIVIENDA.....		34
3.1.	Asentamiento de viviendas .....	35
3.2.	Criterios de selección de las viviendas .....	35

3.2.1.	Clasificación por orientación .....	36
3.2.2.	Clasificación tecnológica - constructiva .....	37
3.3.	Selección de viviendas .....	39
3.4.	Técnicas constructivas .....	58
3.4.1.	Tradicional .....	58
3.4.2.	Contemporánea.....	58
3.5.	Proceso constructivo .....	58
3.5.1.	Vivienda tradicional .....	58
3.5.2.	Vivienda contemporánea .....	62
3.6.	Núcleo familiar .....	65
3.7.	Espacios de vivienda.....	65
3.8.	Uso de espacios .....	67
CAPÍTULO IV: PARÁMETROS CLIMÁTICOS DEL ENTORNO.....		68
4.1.	Datos climatológicos.....	69
4.1.1.	Temperatura media (TA).....	70
4.1.2.	Humedad relativa (RH) .....	72
4.1.3.	Viento promedio mensual y frecuencia de vientos (FF).....	74
4.1.4.	Precipitación (RR) .....	81
4.2.	Vestimenta.....	83
4.3.	Propiedades térmicas de los materiales .....	84
4.4.	Datos resumidos.....	85
CAPÍTULO V: ANÁLISIS HIGROTÉRMICO (SIMULACIÓN NUMÉRICA) .....		87
5.1.	DesignBuilder – EnergyPlus.....	88
5.2.	Datos requeridos .....	88
5.2.1.	Zona de confort .....	88
5.2.2.	Datos climáticos .....	89
5.2.2.1.	Meteonorm .....	89
5.2.3.	Creación de modelo digital .....	90

5.2.4.	Datos de actividades.....	92
5.2.5.	Datos de cerramiento.....	94
5.2.6.	Datos de abertura.....	100
5.2.7.	Datos de iluminación.....	100
5.2.8.	Datos de HVAC.....	100
5.3	Desarrollo de simulaciones.....	100
5.4	Resultados.....	101
5.4.1.	Simulación tipología ladrillo - zinc.....	103
5.4.2.	Simulación tipología ladrillo – teja.....	107
5.4.3.	Simulación tipología ladrillo – losa.....	110
5.4.4.	Simulación tipología bloque – zinc.....	113
5.4.5.	Simulación tipología adobe – teja.....	116
5.5	Discusión de resultados.....	119
CONCLUSIONES.....		124
RECOMENDACIONES.....		126
BIBLIOGRAFÍA.....		127
ANEXOS.....		130

## RESUMEN

Punzara Chico Alto es uno de los muchos barrios rurales que se ubican en el área rururbana de la ciudad de Loja. En esta área prevalecía la vivienda tradicional, pero ahora está sufriendo transfiguraciones tanto en su sistema constructivo como en su planta arquitectónica. Es así que el sector cuenta con construcciones: tradicionales (adobe y tapial) y contemporáneas (ladrillo y bloque).

Las viviendas desarrollan diferentes microclimas en su interior de acuerdo al material utilizado. Hay sistemas constructivos que aportan un mejor confort térmico que otros. Las viviendas vernáculas contienen principios de diseño climático, por ello su desempeño térmico es óptimo, presentando ventajas ante las viviendas de hormigón (ladrillo o bloque). En este contexto el fin de la investigación es saber, qué sistema constructivo (adobe u hormigón) existente en el barrio se adapta mejor al piso climático de Punzara Chico Alto.

Con la ayuda del software DesignBuilder se evaluó el confort higrotérmico de las variaciones de viviendas que se encontraron en el barrio, con el fin de determinar el porcentaje de comodidad térmica ante cada una de las soluciones arquitectónicas visibles.

**PALABRAS CLAVE:** confort higrotermico, comportamiento energético, sistemas pasivos, simulación numérica.

## ABSTRACT

Punzara Chico Alto is one of the many rural neighborhoods that are located in the rururban area of the city of Loja. In this area traditional housing prevailed, but now it is undergoing transfigurations both in its construction system and in its architectural plan. Thus, the sector has constructions: traditional (adobe and mud brick) and contemporary (brick and block).

The houses develop different microclimates in their interior according to the material used. There are construction systems that provide better thermal comfort than others. The vernacular houses contain principles of climatic design, for this reason their thermal performance is optimal, presenting advantages in front of concrete houses (brick or block). In this context the aim of the investigation is to know, what existing construction system (adobe or concrete) in the neighborhood is better adapted to the climatic floor of Punzara Chico Alto.

With the help of the DesignBuilder software, the hygrothermal comfort of the housing variations found in the neighborhood was evaluated, in order to determine the percentage of thermal comfort before each of the visible architectural solutions.

**KEY WORDS:** hygrothermal comfort, energetic behavior, passive systems, numerical simulation.

## INTRODUCCIÓN

La investigación se centra en conocer las tipologías de viviendas existentes en el barrio rural Punzara Chico Alto que se asientan en el área rururbana de la ciudad de Loja, para evaluar el confort higrotérmico en cada una de las soluciones arquitectónicas encontradas. Esta variedad de soluciones son producto de una transfiguración de la vivienda tradicional, debido a las nuevas formas de vida adoptadas que se asemejan a la vida urbana.

Dado que la mayoría de las personas pasan cerca del 90% de sus vidas en el interior de las construcciones (Asadi, Shafigh, Bin, Hassan, & Mahyuddin, 2018). La problemática surge al querer conocer si las nuevas técnicas constructivas utilizadas en el barrio son adecuadas y aseguran el confort térmico dentro de la vivienda ante las condiciones climáticas que se presentan en el lugar. Para ello es importante determinar los datos climáticos del sector y las propiedades termo físicas de los materiales de construcción. Para poder determinar que material se adapta mejor al sector se ha dividido la investigación en cinco partes:

En la primera sección se abordan definiciones sobre el bienestar higrotérmico y los factores que influyen en el individuo para mantener una comodidad térmica, entendiendo aquello, se abordan temas sobre bioclimática donde se hace hincapié sobre los sistemas pasivos que permitan mantener la temperatura interna entre los rangos de comodidad sin necesidad de aparatos mecánicos.

Luego, en una segunda sección determinamos el área de estudio de lo macro a lo micro, entendiendo su contexto a nivel de ciudad y a nivel de barrio. Se realizan tres capas de análisis físico – natural como correspondencia al estado del arte donde varios autores mencionan que entre los aspectos que influyen en el microclima que rodea el edificio están: la topografía, relación con el agua y los aspectos de la forma urbana, por ello la selección de estas tres capas para el análisis inicial, que determinará la selección de las viviendas a simular.

Después nos centramos en la vivienda, puesto que todas las viviendas del barrio son de carácter unifamiliar, de una sola planta, se necesitó un criterio de selección, para ello se aplicó la metodología denominada mosaico urbano como método de selección que permitió establecer dos clasificaciones: por orientación y por sistema constructivo para determinar los casos de estudio. Una vez hecha la selección se realizó un estudio sobre los sistemas constructivos.

En otra sección se investigó los parámetros climáticos del entorno, con datos proporcionados por el INAMHI de la estación meteorológica La Argelia. Así también un estudio de las propiedades térmicas de los materiales. Entendiendo que el sistema constructivo utilizado genera un microclima dentro de la vivienda que ayudará o perjudicará al confort de la misma.

Por último, una vez hecha la selección de los casos de estudio y de haber tabulado los datos meteorológicos se procedió al reconocimiento del software DesignBuilder con el que nos ayudamos para hacer las simulaciones de las cinco viviendas. Cuyos resultados hacen notoria la asertividad de las viviendas tradicionales frente a las viviendas contemporáneas en mantener el confort térmico dentro de la vivienda. Así como también los materiales actuales como el ladrillo cocido que presentan un buen desempeño.

El propósito de la investigación era conocer el comportamiento y contribución de los materiales constructivos frente a las condiciones climáticas del lugar, este objetivo fue llevado a cabo con la herramienta DesignBuilder y la bibliografía de respaldo.

Si bien se obtuvo resultados fiables estos son aproximados pero valederos. Una de las dificultades en la investigación es que no se pudo encontrar la base de datos con archivos climatológicos horarios del sector, necesarios para las simulaciones, por lo que se realizaron interpolaciones con otras estaciones meteorológicas por medio del software Meteonorm.

## **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO**

## **1.1. Bienestar ambiental**

Según (F. J. Neila, 2004) “El ser humano realiza sus actividades en ambientes rodeados de estímulos: estímulos higrotérmicos, acústicos, lumínicos u olfativos. (...) estos estímulos provocaran reacciones placenteras o molestas en el organismo.”

Dichos estímulos son percibidos en conjunto por el individuo, es decir su acción simultanea provoca sensaciones de bienestar o de in confortabilidad.

Además, existen consideraciones psicológicas y sociológicas que influyen en la percepción de un espacio (F. J. Neila, 2004), esto debido a que la percepción del confort está relacionado con aspectos culturales, estilos de vida y niveles sociales (Muñoz, 2012).

### **1.1.1. Bienestar Higrotérmico**

El cuerpo humano desprende calor a mayor o menor velocidad según el entorno físico en el que se encuentre. Por tanto según (F. J. Neila, 2004) “El bienestar higrotérmico se establece cuando el cuerpo pierde calor a la velocidad adecuada; una mayor velocidad implica sensación de frio y una menor velocidad, sensación de calor. (...) El ritmo al que pierde calor el organismo se denomina velocidad o actividad del metabolismo”.

### **1.1.2. Balance térmico del cuerpo humano**

La temperatura interna aproximada de una persona es de 37° C, esta temperatura corporal es proporcionada por los alimentos que consume que más tarde se transforman en otras formas de energía como la energía mecánica y la energía eléctrica o el calor (F. J. Neila, 2004). La energía calórica trasmite el calor del cuerpo al ambiente, en dos formas: calor sensible y calor latente. El calor sensible aumenta la temperatura del aire ambiente, y se disipa del cuerpo por conducción y radiación. El calor latente aumenta la humedad del ambiente por ser liberado del cuerpo por medio de vapor de agua ya sea en la exudación o la exhalación (Díaz & Raúl, 2011).

### **1.1.3. Factores que intervienen en el diseño higrotérmico**

Existen factores que afectan a las condiciones de confort estos se los suele dividir en dos grupos, los que dependen del individuo y los que dependen del medio ambiente (Díaz & Raúl, 2011).

### 1.1.3.1. Factores que dependen del individuo

Los factores que dependen del individuo son resultado de variables como: el nivel de arropamiento (clo) y el nivel de actividad (met) (Muñoz, 2012).

- Radiación de la superficie de la piel y la vestimenta a las paredes y muebles del local.
- Conducción y convección de la superficie de la piel y de la vestimenta al aire del local.
- Evaporación del vapor de agua por, exudación de la piel.
- Respiración caliente y prácticamente saturada de humedad.

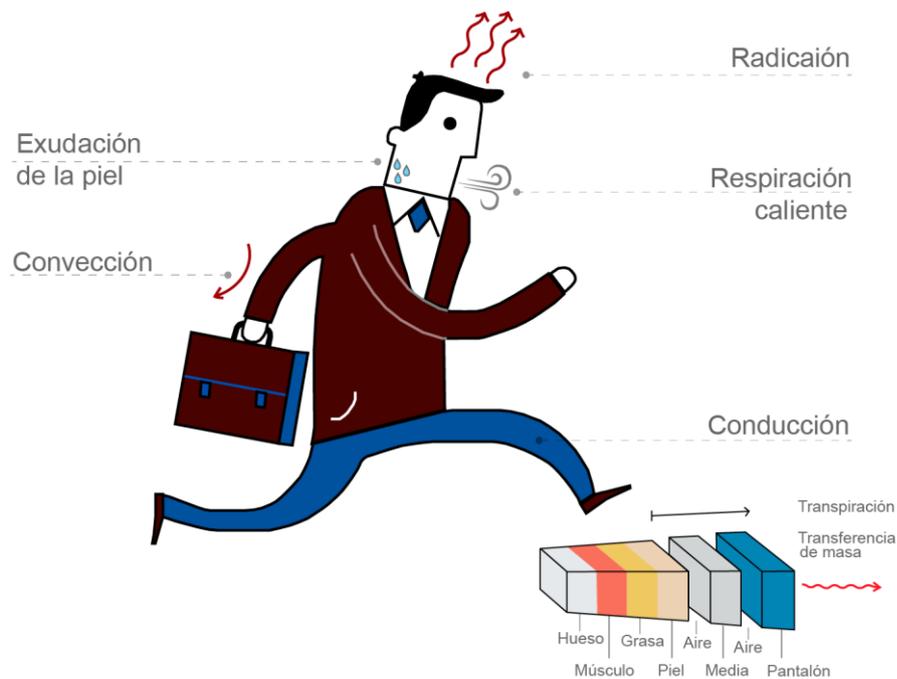


Figura 1. Factores que dependen del individuo para el confort térmico.  
Fuente: (Molina, 2017)  
Elaboración: Autor

### 1.1.3.2. Factores que dependen del medio ambiente

- Temperatura del aire. - Temperatura media de las superficies que rodean el local.

La temperatura en el lugar de permanencia es importante para que las personas se sientan cómodas. La temperatura que adopta el cuerpo humano depende de la época del año (el metabolismo del cuerpo humano permite adaptarse a cualquier condición climática), la actividad que ejerza la persona dentro del lugar, como se encuentra vestido, su sexo y su peso corporal. En la práctica existen valores prescritos para personas en actividad sedentaria o moderada: (Díaz & Raúl, 2011)

Invierno (vestimenta normal) 18 °C a 22 °C

Verano (Vestimenta liviana) 23 °C a 27 °C

- Humedad relativa (RH)

La RH es una relación porcentual del vapor de agua presente en la atmosfera (Miceli, 2016).

Un ambiente confortable se mide mediante los rangos de temperatura y humedad, cuando los umbrales de humedad son demasiado altos o demasiado bajos producen problemas a la salud. Una alta humedad relativa, es decir > 80% las bacterias infecciosas y el virus alcanzan sus valores máximos, del mismo modo, una baja humedad relativa, es decir < 40% puede causar infecciones respiratorias, por ello algunos autores recomiendan mantener una RH entre 40% y 60% (Upadhyay, 2017).

Otros autores recomiendan un RH entre 30% y 70%, y consideran un valor optimo tanto en invierno como en verano de 50% de humedad relativa (Díaz & Raúl, 2011).

- Velocidad del aire en la Zona de permanencia.

Según (Díaz & Raúl, 2011): La temperatura del local está relacionada con la circulación del aire, una alta velocidad de aire en verano da la sensación de frescura, pero esta misma velocidad en invierno causa molestias. Suele considerarse en zonas de permanencia una velocidad del aire de 5 a 8 m/min.

- Ventilación y purificación del aire.

(Díaz & Raúl, 2011) afirman que es necesario renovar el aire en las zonas de permanencia ya que este contiene polvo y agentes patógenos que son perjudiciales para la salud, también porque el ser humano al respirar produce anhídrido carbónico.

- Ruido

Las instalaciones de acondicionamiento de aire cuando así se lo requiera deben mejorar el confort del local sin producir ruidos molestos (Díaz & Raúl, 2011).

## 1.2. Modelos de diseño bioclimático

Se han desarrollado dos modelos o enfoques para la predicción del confort: modelo cuantitativo y el modelo cualitativo.

El modelo cuantitativo también llamado modelo estático, modelo estacionario, modelo constante, modelo racional o modelo de balance térmico fue desarrollado con mayor influencia por Fanger (1970) mediante estudios con cámaras climáticas regulables que permitían conocer los rangos de confort en distintas condiciones climáticas considerando a todos los seres humanos con condiciones iguales y con tasas metabólicas iguales, por este motivo varios autores afirman que estos modelos no describen condiciones de confort de personas reales (Gómez, Bojoórquez, & Ruiz, 2007). Estas predicciones se cumplen en personas que habitan en edificios con climatización artificial, mientras que los resultados se alejan de la realidad si se analizan edificios que aprovechan sistemas pasivos.

El modelo o enfoque cualitativo también llamado modelo adaptativo, pone en crisis al modelo cuantitativo, fue una contribución de Brager y De Dear (1998) ya que expresa que el confort térmico no se trata únicamente del intercambio de calor del cuerpo humano y el entorno, sino una serie de actividades y procesos que realiza el mismo para alcanzarlo, los procesos fisiológicos y psicológicos son los que actúan internamente y las actividades como la adecuación del lugar que se produce externamente, en síntesis este enfoque se basa en que la gente siempre reacciona de manera instintiva para restaurar su condición de comodidad, estos procesos son difícilmente cuantificables (Gómez et al., 2007).

Ante este enfrentamiento conceptual se buscó un modelo que unifique estos dos conceptos contrapuestos, tal es el caso de la norma ANSI/ASHRAE 55 que incluye estos dos enfoques para determinar el confort térmico.

### **1.2.1. Climogramas de bienestar**

Para (F. J. Neila, 2004) “Los climogramas son herramientas de diseño bioclimático basadas en la premisa del bienestar higrotérmico”. Estos suponen condiciones climáticas del lugar con datos reales para proponer estrategias constructivas y de diseño que deberían emplearse.

En la tabla de la página siguiente se presenta una pequeña lista de los diferentes modelos o climogramas de bienestar.

Tabla 1. Herramientas de análisis de clima

Herramienta de análisis de clima	Datos	Resultados	Consideraciones
<b>Szokolay (1982)</b>	Procesa datos climáticos estándar.	Tablas numéricas para cada elemento climático.	Resultados extensos, falta de interrelaciones entre elementos climáticos para poder desarrollar estrategias.
<b>Schiller y Evans (1900/1991)</b>	Clasificación general del clima	Recomendaciones de diseño climático para una gran región geográfica.	Ignora características microclimáticas locales.
<b>Cuadro Bioclimático de Olgay (1963)</b>	Temperatura Humedad	Estado de las condiciones climáticas. Recomendaciones para lograr el confort térmico, mediante la utilización del efecto del viento, enfriamiento por evaporación o radiación solar.	No permite explorar si la ubicación en cuestión recibe suficiente velocidad del viento para enfriamiento o radiación solar adecuada para calefacción y así mantener el confort térmico.
<b>Tabla bioclimática de construcción de Givoni (1976/1998)</b>	Temperatura Humedad	Mismos resultados de Olgay, a más de recomendar diversas zonas de potencial de confort, estas se logran mediante estrategias de diseño, (utilización del calentamiento solar pasivo, efecto de ventilación, enfriamiento por evaporación y uso de masa térmica).	No permite al usuario explorar si la ubicación en cuestión recibe suficiente velocidad del viento para enfriamiento o radiación solar adecuada para calefacción y así mantener el confort térmico.
<b>Szokolay (1986)</b>	Temperatura (máxima mensual) Humedad relativa (RH) (mínima)	Método para desarrollar zonas de control potencial para la ubicación específica	Refinó método de Givoni, uso datos específicos de la ubicación. Este método omite la variación climática diaria y mensual.

Fuente: (Upadhyay, 2017)  
Elaboración: Autor

### 1.2.2. Climogramas de bienestar adaptado (CBA)

Se basa en la estructura empleada por el gráfico de Olgyay, más las estrategias de diseño empleadas en el climograma de Giovani, y los avances en la teoría de bienestar de ASHRAE (F. J. Neila, 2004).

El estándar ASHRAE 55 hace una diferenciación entre edificios acondicionados mecánicamente y los ventilados naturalmente. Es así que plantea dos métodos según trate el edificio. El primero hace referencia al confort térmico en estado estático (modelos cuantitativos) y el segundo hace referencia al modelo adaptativo que toma en cuenta los parámetros del modelo cuantitativo a más de aspectos de adaptabilidad del individuo junto con porcentajes establecidos en ensayos de campo de disconfort del 10% o 20% (Muñoz, 2012).

### 1.2.3. Programas de simulación

Se han desarrollado múltiples programas de simulación de energía para los edificios. Estos simulan costos de la vida del edificio, recursos que utilicen, posibles emisiones nocivas que emitan al medio ambiente, su funcionalidad y el confort para que el usuario pueda tomar la mejor decisión durante las fases de diseño o para localizar las áreas que necesiten una mejora energética dentro de la vivienda.

Tabla 2. Programas de simulación energética en la edificación

Herramienta	Aplicaciones
<b>BSim</b>	Simulación del edificio, energía, luz de día, análisis térmico y de humedad, clima interior
<b>DesignBuilder</b>	Simulación energética del edificio, visualización, emisiones de CO2, pantalla solar, ventilación natural, luz de día, estudios de confort, CFD, simulación de climatización, pre-diseño, primeras etapas de diseño, verificación energética del cumplimiento del código de la construcción, interfaz de OpenGL EnergyPlus, construcción de modelos de valores, datos del tiempo horario, tamaño de calefacción y refrigeración
<b>DeST</b>	Simulación edificios, diseño de procesos, cálculo, propiedades térmicas del edificio, temperatura natural, interfaces gráficas, método "state space", carga máxima
<b>DOE - 2</b>	Rendimiento energético, diseño, rehabilitación, investigación, edificios comerciales y residenciales
<b>ECOTECH</b>	Diseño ambiental, análisis ambiental, diseño conceptual, validación, control solar, sombra, diseño térmico y análisis, cargas de calefacción y refrigeración, vientos dominantes, iluminación natural y artificial, evaluación del ciclo de vida, costo del ciclo de vida, planificación, análisis acústico geométrica y estadística
<b>ENER-WIN</b>	Eficiencia energética, cálculo de cargas, simulación energética, edificios comerciales, costo del ciclo de vida, luz de día

<b>Energy-10</b>	Diseño conceptual, edificios residenciales, edificios comerciales pequeños
<b>EnergyPlus</b>	Simulación energética, cálculo de cargas, rendimiento del edificio, simulación, rendimiento energético, equilibrio térmico, balance de masa
<b>eQUEST</b>	Eficiencia energética, simulación, análisis de uso de la energía, análisis del rendimiento del diseño conceptual, LEED, análisis para créditos de energía y atmósfera, Título 24, análisis de cumplimiento, costo del ciclo de vida, DOE 2, PowerDOE, asistente de diseño de edificios, asistente para medir eficiencia energética, EEM
<b>ESP-r</b>	Simulación energética, rendimiento medioambiental, edificios comerciales, edificios residenciales, visualización, edificios y sistemas complejos
<b>HAP</b>	Eficiencia energética, cálculo de cargas, simulación energética, tamaño de equipos de aire acondicionado
<b>HEED</b>	Simulación de todo el edificio, diseño energéticamente eficiente, diseño de respuesta climática, costos de la energía, temperatura del aire interior
<b>IDA Indoor Climate and Energy</b>	Diseño, eficiencia energética, confort térmico, calidad del aire interior, edificios comerciales
<b>SUNREAL</b>	Diseño, adaptación, investigación, edificios residenciales, edificios de oficinas pequeños, simulación energética, energía solar pasiva
<b>TAS</b>	Simulación térmica dinámica del edificio, simulación del edificio, confort, CFD, análisis térmico, simulación energética
<b>TRACE 700</b>	Eficiencia energética, cálculo de cargas, dimensionamiento de equipos de aire acondicionado, simulación energética, edificios comerciales
<b>TRNSYS</b>	Simulación energética, cálculo de cargas, rendimiento del edificio, simulación, investigación, eficiencia energética, energías renovables, tecnologías emergentes

Fuente: (Olmos, 2013)

Elaboración: (Olmos, 2013)

### 1.3. Arquitectura vernácula

La arquitectura vernácula se sujeta a las condiciones del diseño regional, acepta tradiciones, costumbres familiares y comunales para transformarlas en esquemas de organización (Ascencio López, 2012). La geometría, la orientación y su materialidad responden a una función específica (Castells, 2012). No hay modelos universales, cada región genera su propia tipología de construcción (J. Neila & Montalbán, 2016).

## 1.4. Arquitectura bioclimática

La arquitectura bioclimática utiliza sistemas de diseño arquitectónico y las condiciones del entorno para reducir el consumo de energía y alcanzar un confort de forma natural. Sus objetivos principales son: controlar la calidad del ambiente interior del edificio (factores higrotérmicos que dependen del medio ambiente); minimizar los desechos de los edificios en el entorno (criterios de diseño amigables y consciente con el entorno, aprovechamiento de desechos del edificio); minimizar los consumos del edificio (disminuir el consumo de materias primas no renovables) (Castells, 2012).

El autor San Juan en el texto Diseño bioclimático como aporte al proyecto arquitectónico, menciona al binomio (C + P) como principales criterios bioclimáticos, donde la conservación de energía (C) se refiere a controlar los aportes o gastos de energía para cualesquiera que sean las condicionantes ambientales, y (P) que hace referencia a los sistemas pasivos que son los que permiten generar energía térmica mediante el aprovechamiento de la radiación solar (San Juan, 2013).

### 1.4.1. Sistemas bioclimáticos de diseño arquitectónico

Se usan para controlar el consumo de energía a lo largo de la vida útil del edificio, según (Guerrero, 2013) existen dos tipos de sistema, sistemas pasivos y sistemas activos, lo cuales pueden ser utilizados de manera combinada.

Los sistemas pasivos utilizan fuentes naturales para controlar las variables climáticas en el interior de los edificios para el control y amortiguamiento térmico, los sistemas activos usan las fuentes naturales aplicado a nuevas tecnologías como colectores o bombas de calor para obtener electricidad, calefacción o agua caliente (Castells, 2012), los sistemas combinados utilizan los sistemas pasivos junto con instalaciones técnicas como ventiladores, intercambiadores de calor, etc.(San Juan, 2013).

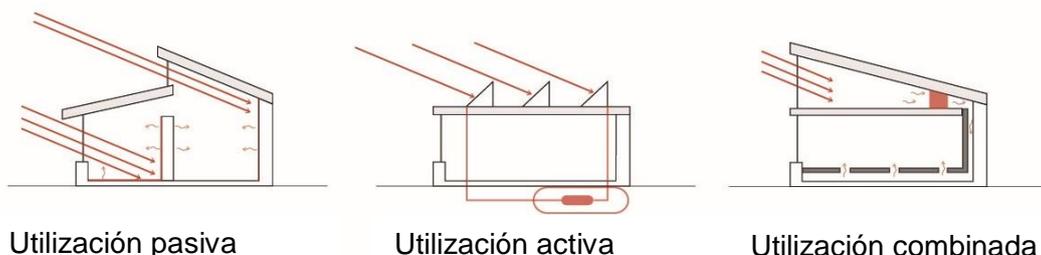


Figura 2. Sistema pasivo, sistema activo, sistema combinado  
Fuente: (San Juan, 2013)  
Elaboración: (San Juan, 2013)

## 1.5. Sistemas pasivos

Se basan en el control climático interior o exterior de un edificio mediante el diseño arquitectónico y selección de materiales adecuados para reducir la demanda energética además de optimizar el confort y el bienestar ambiental (Guerrero, 2013).

Según (Guerrero, 2013), Los sistemas pasivos actúan en:

- La radiación solar, la cual se controla facilitando o limitando su incidencia
- El aislamiento
- La inercia térmica

Para el autor (Wassouf, 2014), “La calidad pasiva del edificio se caracteriza por la demanda de energía de un edificio para calefacción y refrigeración.” Esta demanda se calcula sumando cuatro componentes energéticos:

- a) Pérdidas a través de la envolvente térmica: flujos energéticos entre el exterior y el interior del edificio debidos a la conducción, convección y radiación de calor.
- b) Pérdidas por ventilación a través de la envolvente térmica: flujos energéticos debido a una diferencia de presión en el aire (por ejemplo, el viento) o una diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.
- c) Ganancias a través de la radiación solar: flujos energéticos debidos a diferencia entre la temperatura superficial de la envolvente y la atmósfera exterior o ganancias solares, directas o indirectas.
- d) Ganancias debido a la producción de calor interno: suma del calor generado por los cuerpos humanos, la iluminación y otras fuentes de calor interno (ordenadores, electrodomésticos, etc.).

Estos cuatro componentes dependen de cualidades pasivas que se ejercen en la:

- a) **Orientación del edificio**, incide en la demanda energética ya sea por radiación solar o los vientos sobre la envolvente.
- b) **Compacidad**, Es el cociente entre la superficie de la envolvente exterior y el volumen que encierra, esta determina la calidad térmica del edificio.
- c) **Protección solar**, Protecciones solares para captar la radiación solar en invierno y reflectividad solar para minimizar la radiación solar en verano.
- d) **Calidad de la envolvente térmica opaca**, Se refiere al aislante térmico aplicado en envolventes que permitan mediante la inercia térmica de los materiales captar y liberar energía.
- e) **Calidad de la envolvente térmica transparente**, Las ventanas son el elemento constructivo más débil energéticamente de la piel del edificio.

f) **Hermeticidad al paso del aire**, Se refiere a evitar pérdidas energéticas no deseadas por ventilación, también a mantener una protección acústica.

g) **Aspectos singulares selectivos**

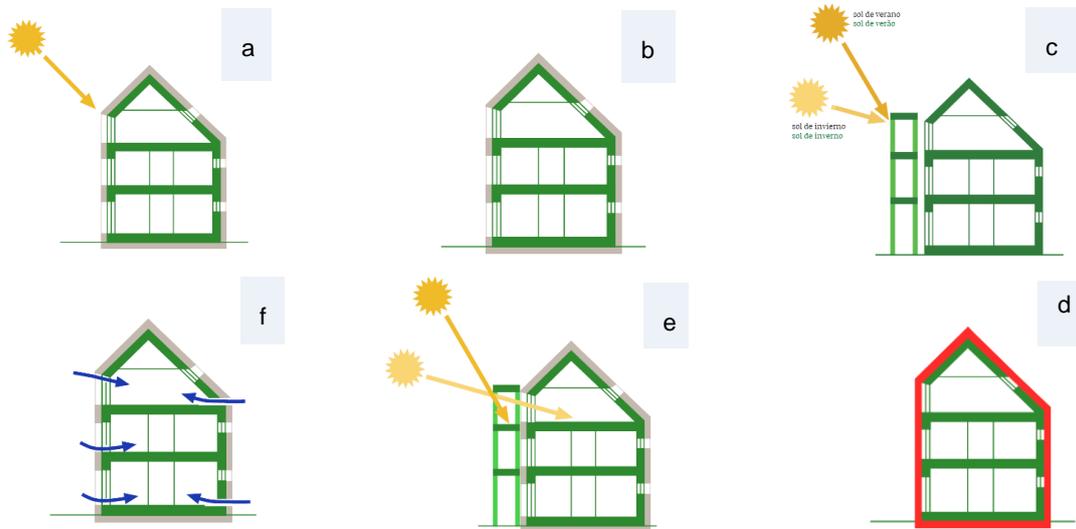
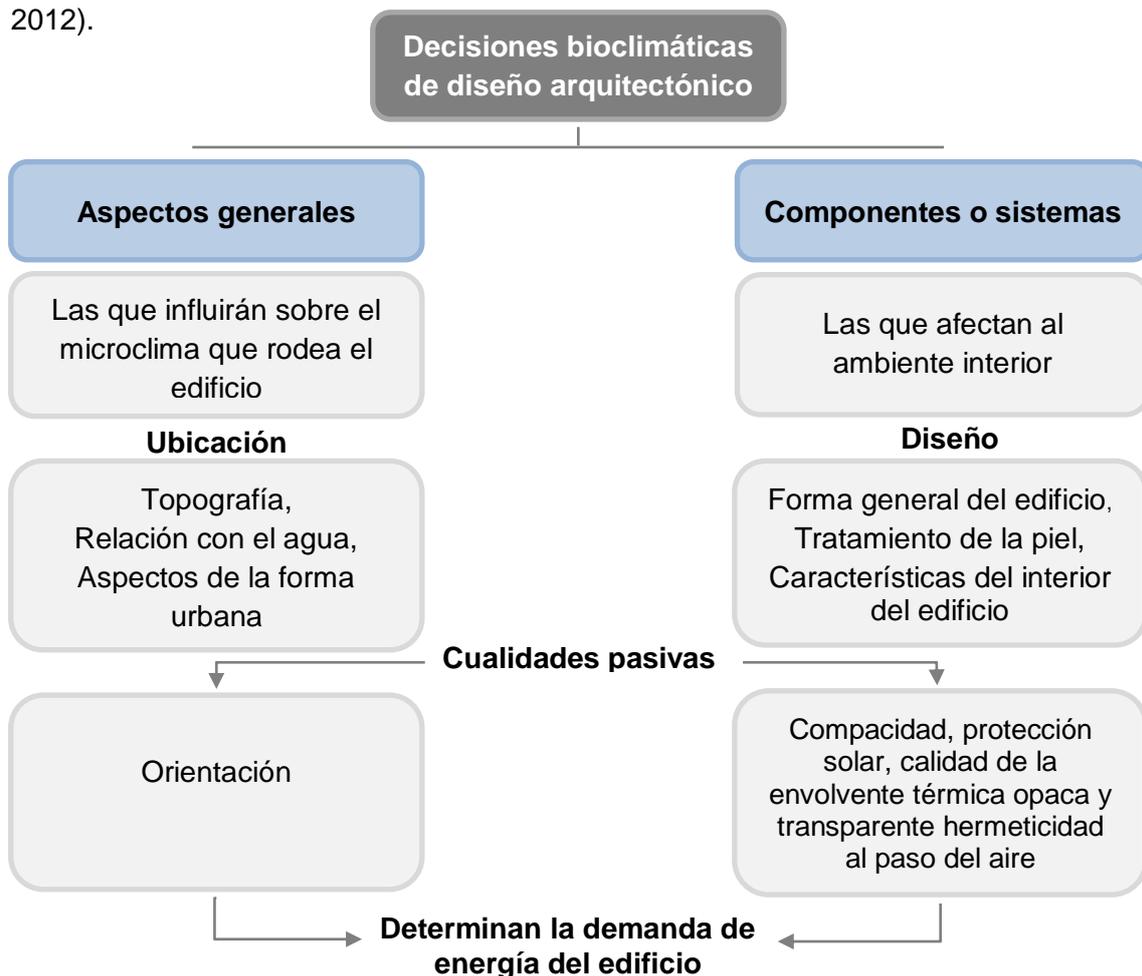


Figura 3. Cualidades pasivas  
Fuente: (Wassouf, 2014)  
Elaboración: (Wassouf, 2014)

En síntesis en un diseño arquitectónico pasivo se toman dos decisiones, una que influya en el microclima del entorno del edificio y otra que afectara el ambiente interior (Castells, 2012).



### 1.5.1. Sistemas de calentamiento pasivo

Los sistemas contra el frío utilizan el sol para mantener el confort térmico en el interior del edificio, aunque existan oscilaciones de temperatura muy bruscas en el exterior, hay varios sistemas que permiten mantener el calor, el objetivo de estos es la captación solar. Este sistema se cumple en tres pasos, la captación de energía, el almacenamiento en forma de calor y la cesión al ambiente interior (Castells, 2012).

Estos sistemas pasivos se clasifican en: directos, la energía solar ingresa al edificio es absorbida por el mismo y transformada en calor, semi indirectos, la energía se almacena en un ambiente contigua al edificio (a manera de invernadero) para ser cedida al mismo, indirectos, actúan en la envolvente del edificio captando y acumulando energía que se liberará cuando su capacidad de almacenamiento energético llegue a limite cediendo calor por convección o radiación, independientes, la energía se capta y almacena en elementos independientes al ambiente (San Juan, 2013).

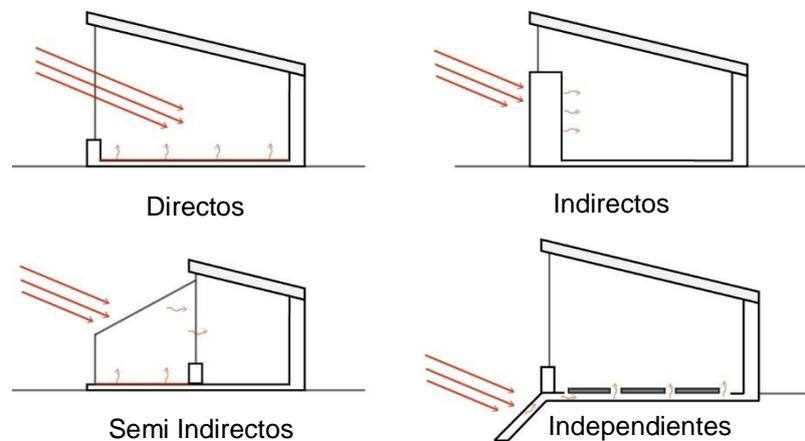


Figura 4. Sistemas pasivos: directos, semi-indirectos, indirectos, independientes  
Fuente: (San Juan, 2013)  
Elaboración: Autor

### 1.5.2. Sistemas de enfriamiento pasivo

Para un enfriamiento pasivo el objetivo es evitar la ganancia de calor. Con técnicas de ventilación y tratamiento del aire, y técnicas de protección de radiación (aleros, persianas, pinturas blancas o claras para conseguir un efecto reflectante, sistemas de enfriamiento evaporativo o ventilación inducida, etc.) (Castells, 2012).

Fachadas ventiladas: la fachada del edificio se compone por tres capas, una capa exterior (cerámica), una cámara de aire intermedia de 20 a 100 mm y una capa o pared interior. Este tipo de fachada posee el efecto chimenea, en verano el aire que se encuentra en la cámara se calienta este asciende y su lugar es ocupado por aire frío, evitando así la acumulación de calor. En invierno se produce el efecto contrario (Castells, 2012).

### **1.5.3. Ventilación natural**

Puede subdividirse en generadores de movimientos de aire, como:

- Ventilación cruzada. – la abertura situada en dos fachadas opuestas permite una circulación del aire por todo el edificio (Castells, 2012).
- Efecto chimenea. – el aire entra por la parte inferior de un conducto vertical y se disipa en la parte alta (Castells, 2012).
- Cámara o chimenea solar. – igual que el efecto chimenea con la diferencia que en la parte alta del conducto entra en contacto con una cámara que acentúa la extracción (Castells, 2012).
- Aspiración estática. - se produce una depresión en el interior del edificio mediante la aspiración por efecto venturi generada por el viento sobre un dispositivo (Castells, 2012).
- Torres de viento. – mediante una especie de torre se ingresa el aire impulsado por el viento en el edificio, este sistema se aplica en zonas en donde el viento permanece dominante en una dirección (Castells, 2012).

### **1.5.4. Iluminación natural**

Consiste en dar paso a la radiación solar, directa o difusa a los espacios interiores del edificio mediante ventanas, lucernarios, claraboyas en la piel del edificio (Castells, 2012).

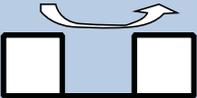
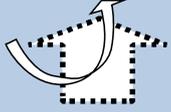
### **1.5.5. Inercia térmica**

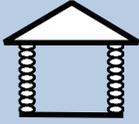
Según (Wassouf, 2014), “la inercia térmica es un gestor de energía que actúa como una batería con un ritmo diario.” Los elementos constructivos con inercia térmica almacenan calor durante el día gracias a la radiación y a las cargas interiores de calor hasta llegar a su punto de saturación, es decir cuando la temperatura del elemento constructivo supera a la del aire circundante, el flujo energético se invierte y la energía almacenada se descarga desde el elemento constructivo al aire.

## **1.6. Estrategias de diseño bioclimático**

Según el artículo *Declaraciones consensuadas del Seminario-Taller “Arquitectura Sostenible” Un enfoque sobre estrategias de diseño bioclimático: Caso Ecuador*, establecen una lista de trece estrategias en base al artículo *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible: buenas practicas edificatorias* elaborado por el doctor Javier Neila, señalan que esta lista de estrategias debe ser analizada y aplicadas de acuerdo al piso climático en el que se encuentre el edificio durante el proceso de diseño (Alvear, Sánchez, Tapia, & Ordoñez, 2016).

Tabla 3. Estrategias de diseño bioclimático

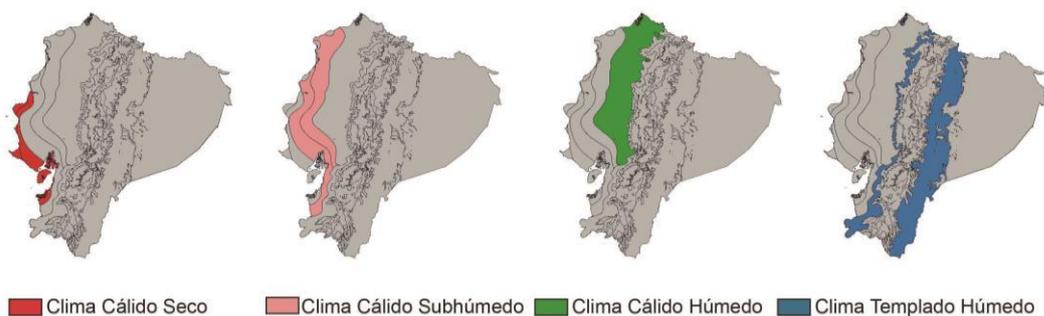
Estrategia	Descripción
	<p><b>Captación solar:</b> la captación solar consiste en optimizar las propiedades de captación de elementos estructurales y constructivos. Para ello, es importante la orientación y las características de los materiales (Neila, 2014).</p>
	<p><b>Protección de la lluvia:</b> por medio de cubiertas que permitan la rápida evacuación de las aguas (Javier, 2013).</p>
	<p><b>Protección del viento:</b> estrategia utilizada para impedir y controlar el ingreso del viento en los espacios habitables de la vivienda. Esta puede ser por la forma propia de la edificación o el entorno (Neila González, 2015).</p>
	<p><b>Ventilación cruzada:</b> se utilizan ventanas colocadas en fachadas opuestas; éstas deben estar expuestas a condiciones opuestas de presión (Neila González, s. f.-a).</p>
	<p><b>Auto ventilación:</b> se da por la presencia de materiales permeables que permiten el paso del aire, propicia una ventilación copiosa sin dejar ingresar la radiación solar (Neila González, s. f.-a).</p>
	<p><b>Ventilación inducida:</b> impulsa el ingreso de aire dentro de un local. Esta estrategia es utilizada en conjunto con otras; un ejemplo son las chimeneas de viento (Neila González, s. f.-a).</p>
	<p><b>Aislamiento térmico:</b> se basa en la utilización de materiales que proporcionan aislamiento entre las condiciones externas o de la envolvente y el espacio interior (Neila González, 2015).</p>
	<p><b>Inercia térmica:</b> la capacidad de los materiales de almacenar energía para ser restituida en la noche o en su defecto de no almacenar energía (Dong, Soebarto, &amp; Griffith, 2014).</p>

	<p><b>Materiales autóctonos:</b> materiales provenientes del entorno inmediato en donde se encuentra la vivienda.</p>
	<p><b>Forma adaptada a condicionantes (social, económica y cultural):</b> describe la situación económica, la conformación de las comunidades, sus aspectos culturales determinantes y su forma de vida (Javier, 2013).</p>
	<p><b>Forma adaptada al terreno:</b> se protege de las inclemencias del clima y se aísla de las fluctuaciones de temperatura; además, aprovecha la inercia térmica que lo rodea. Se orienta según la topografía (Neila González, s. f.-b).</p>
	<p><b>Elevado del terreno:</b> el diseño elevado permite el movimiento del aire para conseguir así enfriamiento de los espacios (Javier, 2013).</p>
	<p><b>Orientación:</b> la edificación se ubica hacia donde exista prevalencia del factor ambiental que desea captar, ya sea energía solar o viento (Neila, 2014).</p>

Fuente: (Alvear et al., 2016)  
 Elaboración: (Alvear et al., 2016)

### 1.7. Estrategias pasivas de diseño del Ecuador

El Ecuador posee cuatro regiones (Sierra, Amazonía, Costa, Isla Galápagos) con climas y microclimas marcados por la altitud, para poder aplicar estrategias es necesario clasificar los climas del país según pisos climáticos. Investigaciones con estudios de libre acceso sobre zonificación climática en el Ecuador han determinado 8 pisos climáticos en el país, (Alvear et al., 2016) los cuales se describen en la figura 5.



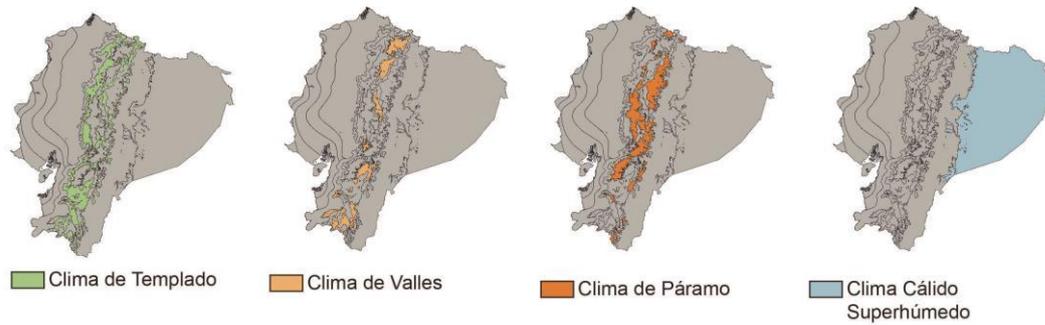


Figura 5. Pisos climáticos del Ecuador  
 Fuente: (Alvear et al., 2016)  
 Elaboración: (Alvear et al., 2016)

### 1.7.1. Estrategias pasivas de diseño del Ecuador - clima templado

Según el dialogo de expertos en el Seminario – Taller, se concluyó que, para el piso climático templado que abarca partes de las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja y cuya altitud va entre los 2000 hasta los 3000 msnm, se debe mantener en el proceso en diseño las siguientes estrategias (Alvear et al., 2016).



Figura 6. Estrategias Pasivas de diseño del Ecuador en clima templado  
 Fuente: (Alvear et al., 2016)  
 Elaboración: (Alvear et al., 2016)

## **CAPÍTULO II: ÁREA DE ESTUDIO - ANTECEDENTES**

## 2.1. Delimitación geográfica de Loja

El Cantón Loja se encuentra ubicado al sur del Ecuador, de acuerdo a la normativa vigente actualmente está comprendido por 13 parroquias rurales y 6 parroquias urbanas, dentro de las 6 parroquias urbanas tenemos a: San Sebastián, El Sagrario, El Valle, Sucre, Carigan y Punzara, comprendidas por una zona urbana delimitada y una zona rural que lleva su mismo nombre.

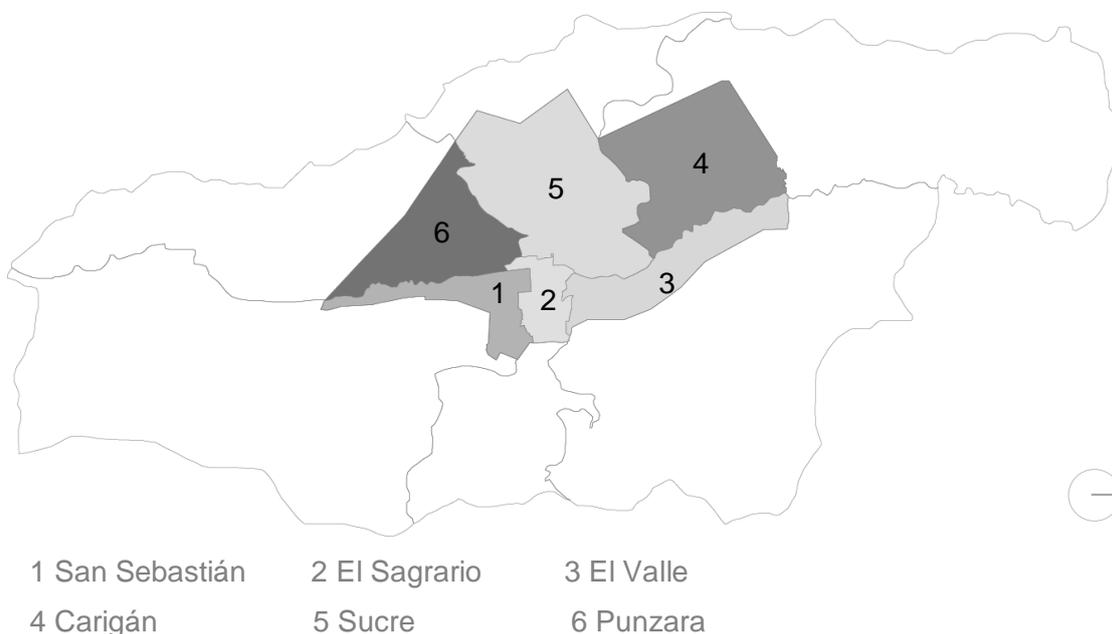


Figura 7. Mapa de división Parroquial urbana Rural  
Fuente: Plan de Ordenamiento Urbano de Loja  
Elaboración: Autor

## 2.2. Contexto geográfico

### 2.2.1. Ubicación Punzara Chico Alto

El barrio Punzara Chico Alto se encuentra ubicado en la parroquia Punzara al Suroeste de la ciudad de Loja, limita al Norte con la quebrada Alumbre, al Sur con la quebrada Punzara, al Este con la vía de Integración Barrial, y al Oeste con los cerros Membrillo y Chiriaco. La altitud del barrio varía desde los 2243m.s.n.m hasta los 2500m.s.n.m

Tabla 4. Ubicación geográfica Punzara Chico Alto

UBICACIÓN GEOGRÁFICA _ PUNZARA CHICO ALTO	
<b>Latitud</b>	4° 2'10.91"S
<b>Longitud</b>	79°13'31.56"O
<b>Altitud</b>	2366m.s.n.m

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

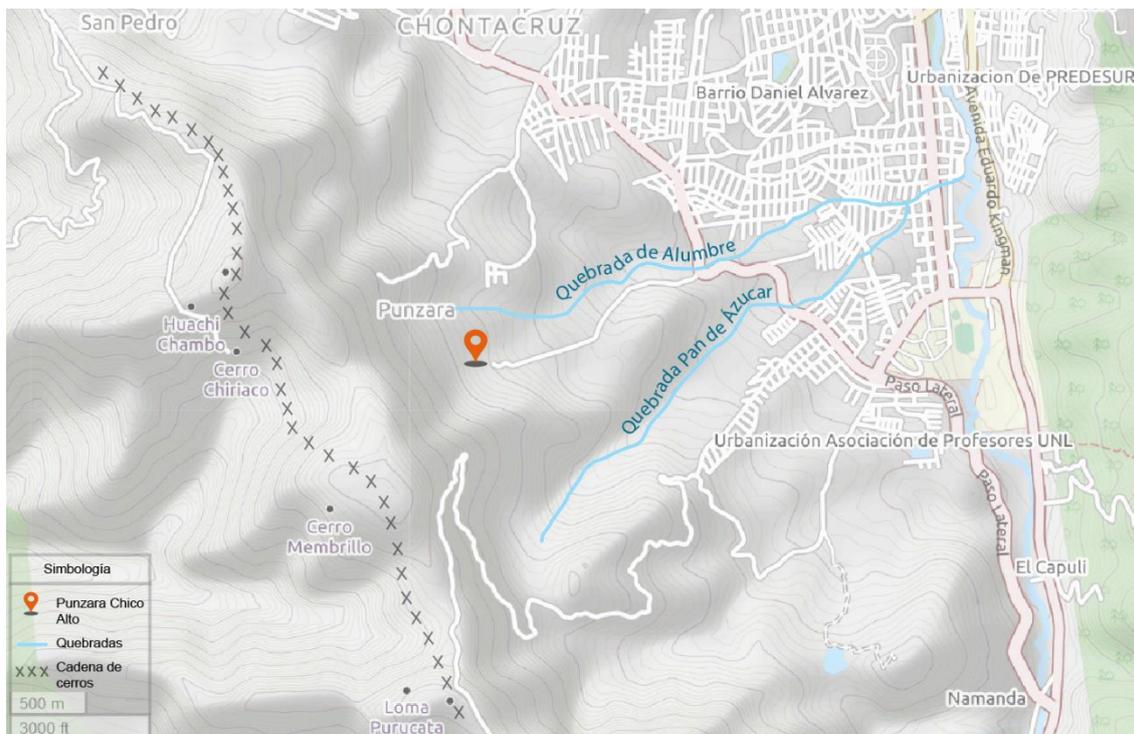


Figura 8. Ubicación geográfica Punzara Chico Alto  
 Fuente: (OpenStreetmap, 2018)  
 Elaboración: Autor

### 2.3. Contexto histórico

El barrio fue parte de la propiedad de la hacienda del señor Julio Eguiguren que comprendía desde los cerros Membrillo y Chiriaco hasta la cabecera del barrio Esteban Godoy, más tarde se subdividió como parte de pago hacia sus trabajadores, estos a su vez los subdividieron a sus hijos en parcelas menores. Entre los equipamientos que cuenta esta: la Iglesia de la Santa Cruz, la escuela Rosa Elena Eguiguren y algunas canchas.

La población aumenta lentamente ya sea porque las nuevas generaciones buscan otras formas de vida o por migración. El uso de suelos del sector es mixto, aquí encontramos la fábrica del Tamal Lojano, bodega de Hidalgo & Hidalgo, viviendas unifamiliares y viviendas de fin de semana por ello la variedad de tipologías constructivas.

Este barrio se encuentra en la zona periurbana de la ciudad, es decir fuera del área urbana, pero forma parte de la zona de reserva urbana para una posterior expansión de la ciudad, por lo que el municipio no está en la obligación de intervenir, por ello no cuentan con servicios básicos, y poseen agua entubada gracias a la contratación de una empresa privada por parte de los moradores. Las vías fueron abiertas a criterio y conveniencia de los moradores.

Algunos habitantes del barrio no son dueños legales de sus terrenos ya que han adquirido las tierras por herencia, y al no contar con los 1 000 m<sup>2</sup> como exige el municipio por considerar el área como rural no han podido adquirir sus escrituras.

## 2.4. Contexto biogeográfico ambiental

### 2.4.1. Clima

De acuerdo al INAMHI el país ha sido agrupado en seis zonas térmicas. La provincia de Loja se ubicaría en la zona climática ZT3 que corresponde a los rangos de temperatura de entre 14 – 18 °C. Aunque se tenga estos datos no es posible generalizarlos para toda la ciudad ya que son solo aproximaciones posibles al entorno natural. El clima puede variar a pocos kilómetros de distancia dependiendo de factores como: la altitud, pendiente de la zona, vientos formados por la vegetación, edificios aledaños, emplazamiento o proximidad de masa de agua (NEC-11).

### 2.4.2. Temperatura

La ciudad de Loja entre los años 1993 hasta el 2014 establecía un **promedio anual de 16.42°C** (Obaco Díaz, 2016). De acuerdo a los registros de la estación meteorológica “La Argelia” durante los años 1993 hasta el 2012, el valor promedio de **temperatura máximas es de 21.54°C**, y el promedio de **temperaturas mínimas es de 12.10°C**.

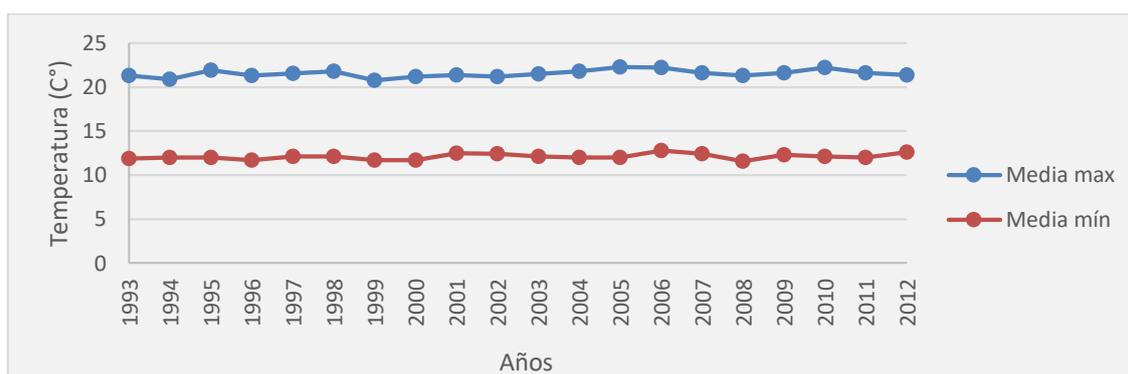


Figura 9. Temperatura y vientos  
Fuente: Estación meteorológica “La Argelia”  
Elaboración: Autor

### 2.4.3. Vientos

Las temperaturas pueden variar de acuerdo al movimiento y la velocidad del aire. Según datos del INAMHI en la ciudad de Loja entre los años 1993 hasta 2012 los vientos más fuertes se encontraban en dirección **Noroeste y Norte**.

## 2.5. Análisis físico - natural

### 2.5.1. Topografía – relieve e Hidrografía



Figura 10. Relieve existente en el barrio Punzara Chico Alto

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

La topografía indica cotas que van desde los 2250 msnm a los 2700 msnm aproximadamente, por la presencia de los cerros. Las viviendas se emplazan en mayor número donde el terreno es menos irregular. En el mapa de la página siguiente se muestra las curvas de nivel del sector y las viviendas mencionadas (figura 11).

En la mancha urbana se ha diferenciado con colores la materialidad de las viviendas. La mayor parte de estas son de carácter tradicional (adobe o tapial), mientras que el número restante corresponde a viviendas con materiales actuales de nuestro medio como el ladrillo o bloque, construidas en los últimos años. Así mismo la orientación varía de acuerdo a la materialidad y a los saberes ancestrales antes considerados (Tabla 5).

Tabla 5. Número de viviendas

Materialidad	# Viviendas	Orientación
Tierra	62	Sureste / sur
Hormigón	41	Noreste / Noroeste
<b>Total</b>	<b>103</b>	

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

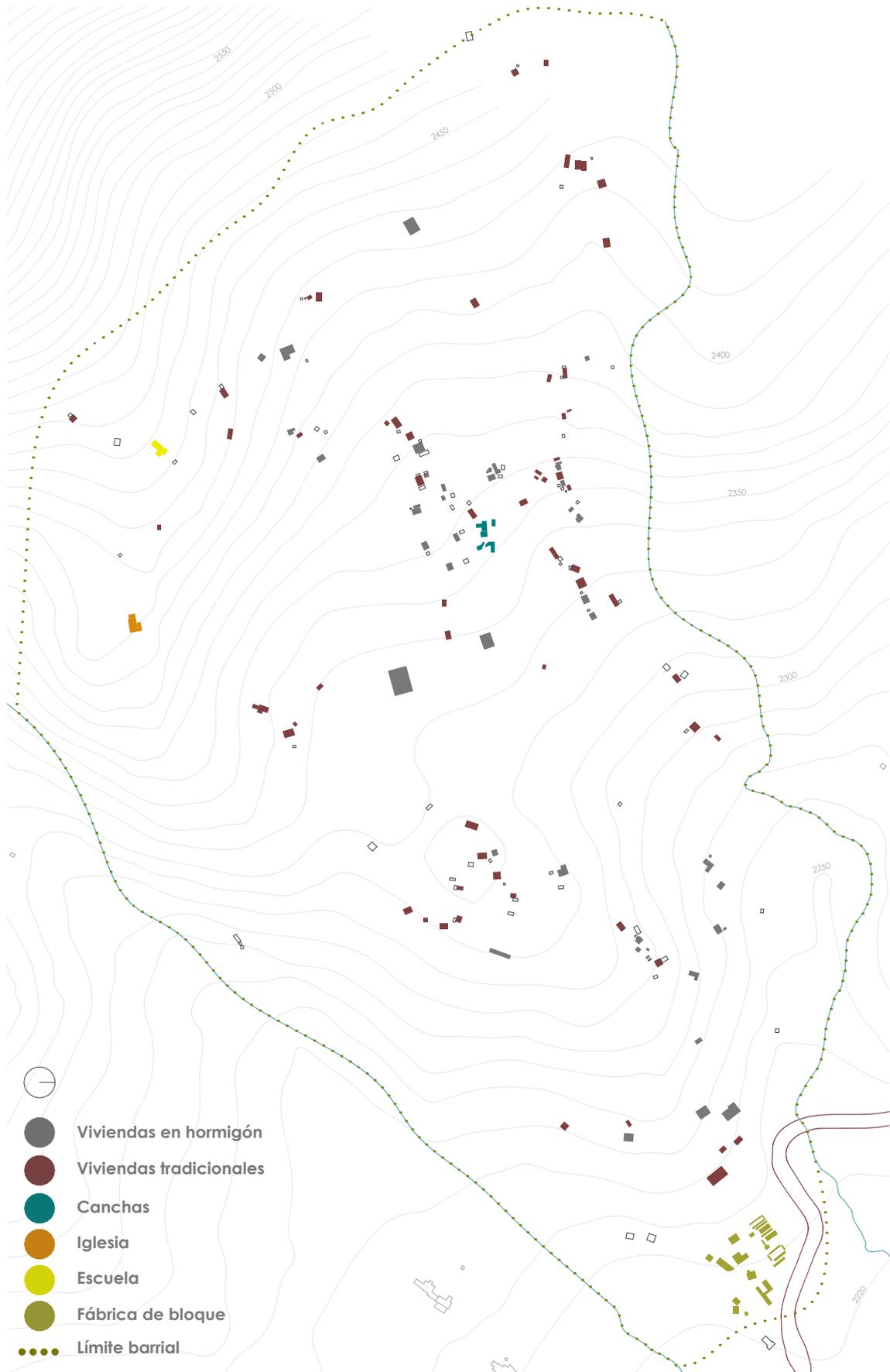


Figura 11. Topografía - relieve e hidrografía del barrio Punzara Chico Alto  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

### 2.5.2. Vegetación existente



Figura 12. Vegetación existente en el barrio Punzara Chico Alto

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

El barrio posee grandes zonas arboladas alrededor de las quebradas Alumbre y Pan de azúcar (límites del barrio). Se desarrollan especies como pinos en mayor cantidad y eucaliptos en menor cuantía, de igual manera junto a las viviendas se presencia árboles frutales, además de sauces y pencos, estos dos últimos con gran concurrencia dispuestos en forma lineal utilizados como cercos o linderos para delimitar sus terrenos. Aunque también se encuentran divididos mediante cercas. Se destacan del mismo modo áreas empleadas como pastizales para la alimentación de ganado vacuno y ovino, así como áreas de cultivo.

Se siembra de acuerdo a los meses de lluvia o de sequía, por lo general se cultiva papa, haba, alverja en el mes de abril o mayo para obtener su cosecha en el mes de agosto o septiembre.

En el mapa de la siguiente página se muestra las zonas arboladas más densas del barrio (Figura 13).

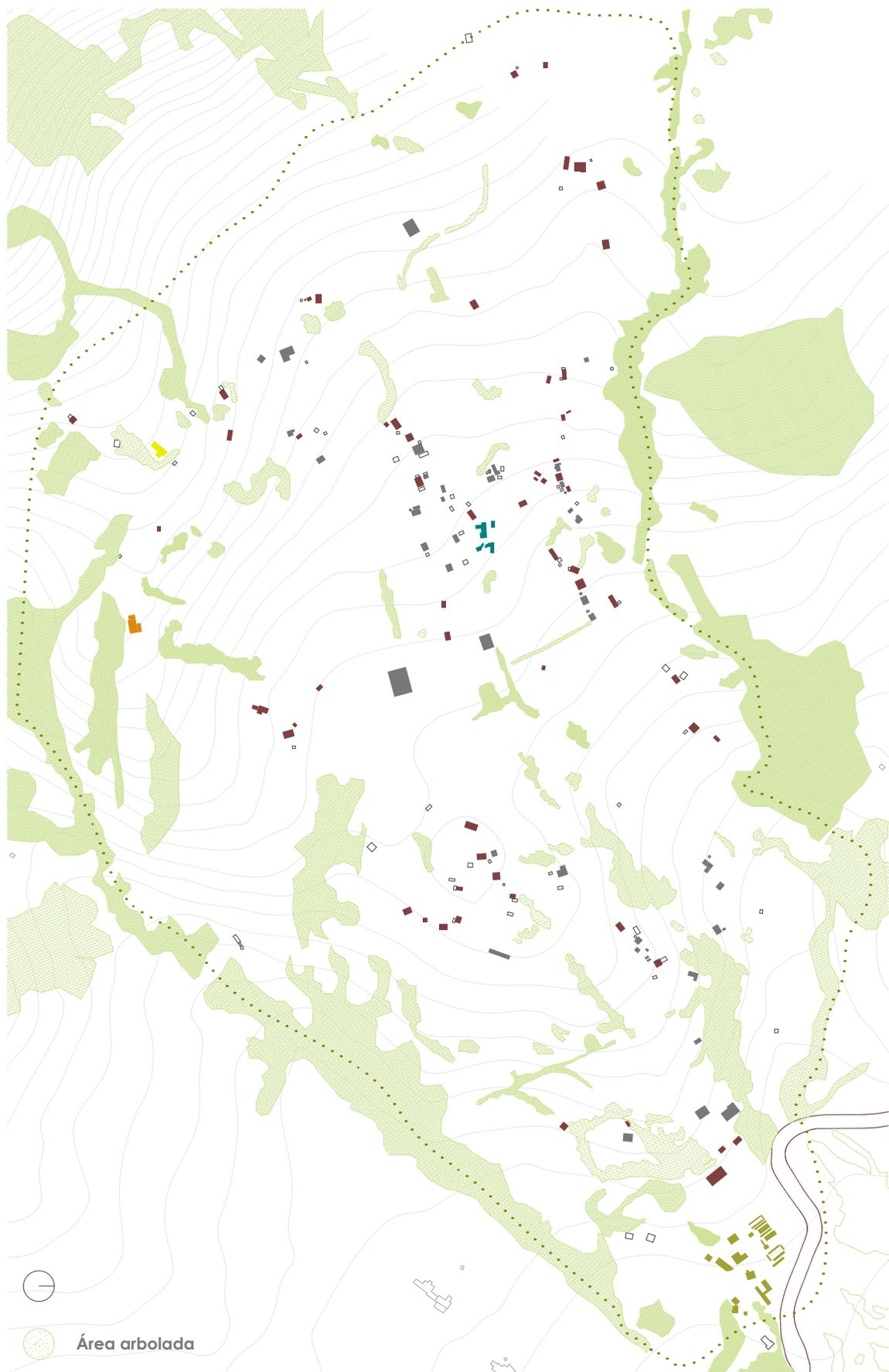


Figura 13. Vegetación existente en el barrio Punzara Chico Alto  
Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

### 2.5.3. Vialidad



Figura 14. Vialidad existente en el barrio Punzara Chico Alto

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

El acceso al barrio comienza en la vía de Integración Barrial que se conecta a una vía secundaria que llega hasta el centro del barrio y posteriormente se vincula mediante calles y pasos peatonales a: las viviendas, a la escuela y a la Iglesia de la Santa Cruz. Las vías poseen distintos anchos. La secundaria que va desde la vía de Integración Barrial hasta el centro del barrio varía de 7 a 8 metros hasta que se ensancha a manera de cuchara a 13 metros aproximadamente de cuchara, desde aquí parten más calles cuyos anchos varían de 3 a 4 metros y que a su vez se conectan a senderos peatonales. Los moradores del barrio comentan que las vías fueron abiertas por ellos alrededor de unos 30 años mediante mingas. Esto indica que la orientación de las viviendas antiguas no fue impuesta, más bien fue a criterio, dato importante ya que la orientación de la vivienda influye en el confort térmico.

Al montar la capa de vialidad con la mancha urbana se observa que gran porcentaje de viviendas tienen la misma orientación en relación con la materialidad que no obedecen a las vías.

Por tanto, podemos decir que, es la vía la que se adaptó en un inicio a las viviendas.

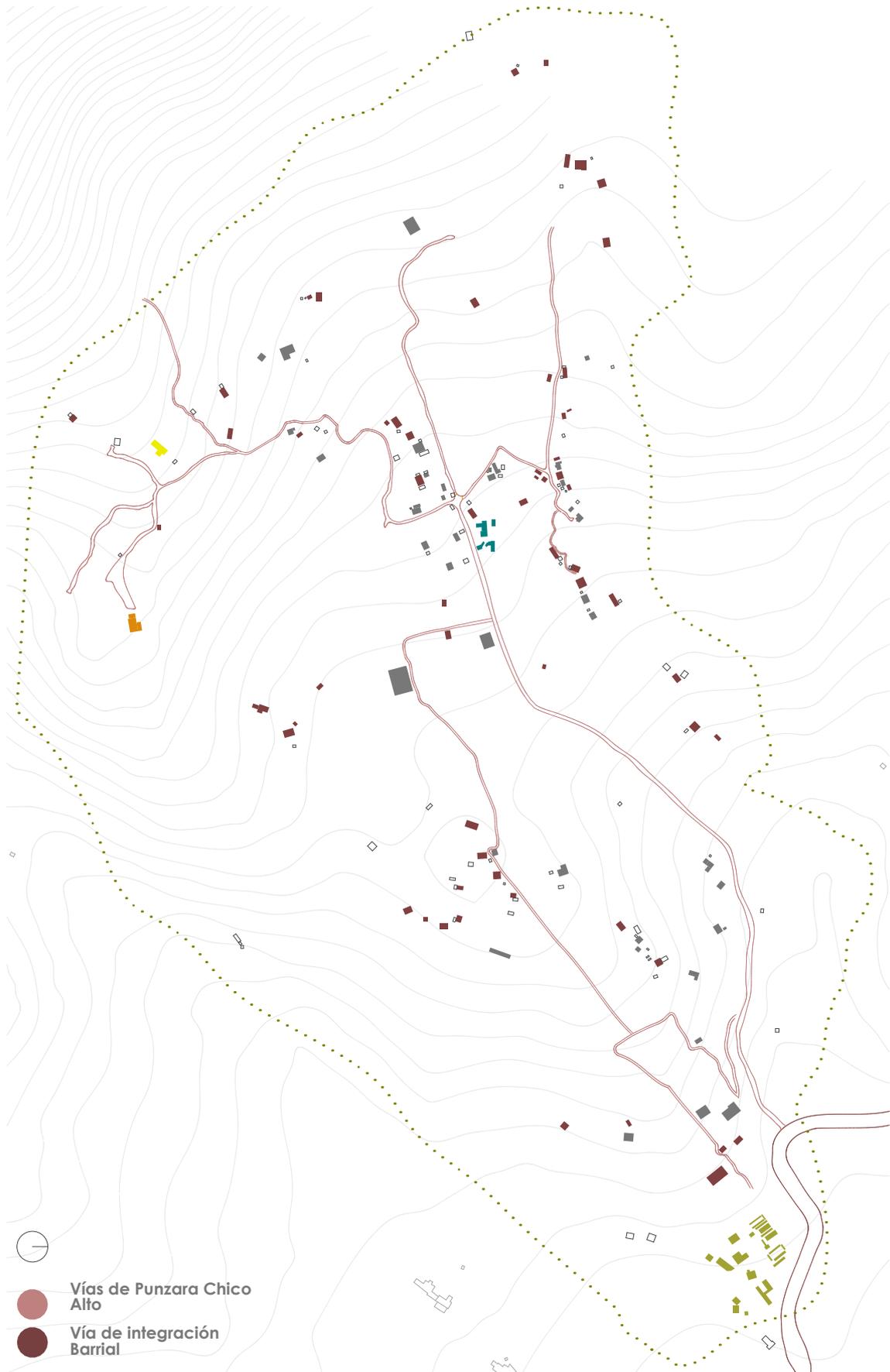


Figura 15. Vialidad existente en el barrio Punzara Chico Alto  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

#### **2.5.4. Resumen del levantamiento de datos**

Se realizó un pequeño análisis por capas del barrio Punzara Chico Alto, con el fin de entender el entorno en el que se emplaza. La topografía e hidrografía, la vegetación existente y las vías son las tres capas presentadas junto con la mancha de viviendas. Esto en concordancia al estado del arte presentado en el capítulo 1, que menciona que entre los aspectos que influyen en el microclima que rodea el edificio están: la topografía, relación con el agua y los aspectos de la forma urbana, por ello la selección de estas tres capas para el análisis inicial, que determinará la selección de las viviendas a simular.

##### **Emplazamiento del barrio:**

Se ubica entre dos quebradas Alumbre y Pan de azúcar de Norte a Sur y entre la vía de Integración Barrial y los cerros Membrillo y Chiriaco de Este a Oeste respectivamente. El sector topográficamente va ascendiendo conforme se dirige al Oeste.

##### **Emplazamiento de viviendas:**

Hay un total de 103 viviendas obviando pequeñas covachas destinada a animales. De las cuales 62 corresponden a viviendas tradicionales y 41 a viviendas en hormigón.

Todas las viviendas tradicionales (Adobe o Tapial) tienen una orientación Sureste o Sur porque dan la espalda a los vientos que van en dirección Noroeste o Noreste, por ello mantienen un muro ciego en estas direcciones. Cabe recalcar que algunas viviendas tradicionales han sido revestidas con cemento.

Mientras que algunas de las viviendas hechas con hormigón (ladrillo o bloque) dirigen sus fachadas hacia el Noroeste o Noreste con lo que ganan una mejor vista de la ciudad descuidando la dirección predominante de los vientos en el sector.

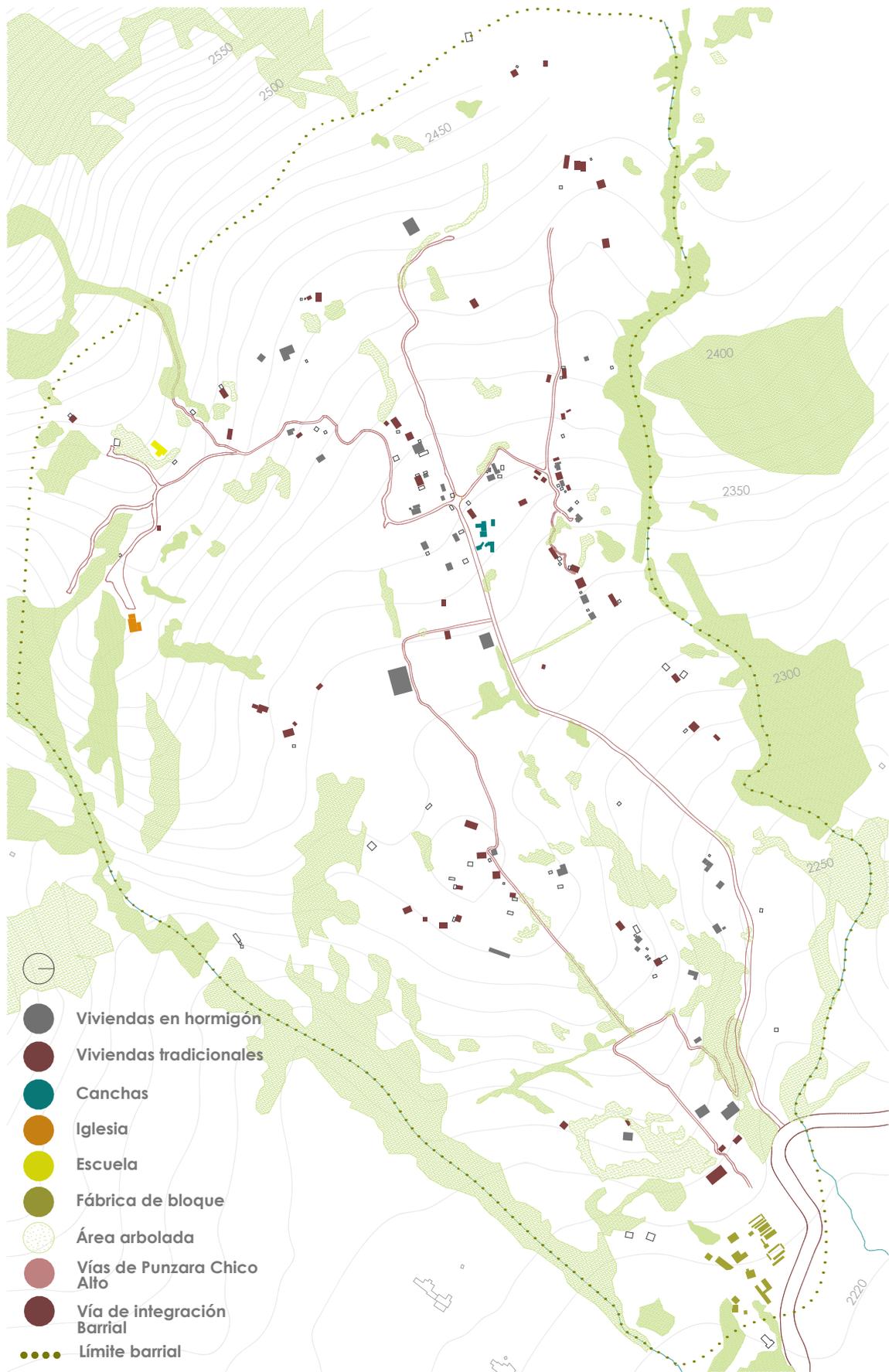


Figura 16. Resumen del levantamiento  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

## **2.6. Contexto cultural**

### **2.6.1. Profesión u ocupación**

Las mujeres se dedican principalmente a la agricultura y ganadería, son amas de casa y un porcentaje menor trabajan en quehaceres domésticos, mientras que los hombres se dedican a la albañilería, o son choferes, actividades que representan la principal fuente de ingresos.

### **2.6.2. Economía**

El ítem anterior explica las principales actividades de ingreso económico de los habitantes del barrio (agricultura, cría de animales, albañilería).

En cuanto a la agricultura se siembra papa, haba, alverja, choclo, todos estos alimentos son cosechados y vendidos de una a dos veces por semana a los mercados o en fines de semana en la feria de la Tebaida

### **2.6.3. Religión**

Los habitantes del barrio son católicos, señalan que esta fue la religión que les han impartido sus padres y será el legado a sus hijos.

### **2.6.4. Tradiciones, costumbres y rituales**

Se realizan dos fiestas en la Iglesia de la Santa Cruz, una el 3 de mayo por el día de las cruces y otra el 30 de mayo por la Virgen del Cisne, una última que se celebra en el mes de noviembre en honor a la Virgen del agua en la urna del barrio, así también en navidad y fin de año se realizan actividades en conjunto.

Antiguamente las viviendas construidas en el barrio eran principalmente de adobe y escasamente en tapial, estas se realizaban mediante mingas. Pero esta tradición ha desaparecido porque las nuevas generaciones ya no conocen esta técnica lo que dificulta su reproducción, y al aparecer el ladrillo, bloque y el cemento, los habitantes optaron por construir con estos nuevos materiales que al parecer les daba mayor resistencia a las viviendas e incluso les posicionaba en un estatus económico más alto.

### **CAPÍTULO III: VIVIENDA**

### **3.1. Asentamiento de viviendas**

Se presencia que el asentamiento de las viviendas en el barrio Punzar Chico Alto es disperso, por lo general la vivienda se ubica cerca de la vía, si la construcción es reciente, o en medio del terreno, si es tradicional, se encuentran rodeadas de vegetación de menor altura como cultivos, también de cercas de sus animales de crianza como: cuyes, gallinas, ovejas, vacas y en casos menores caballos.

### **3.2. Criterios de selección de las viviendas**

Para identificar las viviendas y sintetizar la información, se aplicará la metodología definida como mosaico urbano propuesta en el artículo “Energy storage for residential dwellings. Methodology to improve energy efficiency and habitability” esta consiste en implementar un sistema de reconocimiento o de selección de un sector asociándolo a alguna clasificación para poder obtener un resultado representativo (Rodriguez, Martini, & Discoli, 2016).

Entendiendo el término mosaico urbano, este hace referencia a una disposición espacial conformada por la división del suelo para distintos usos que cuando alcanza áreas urbanas se reconoce como homogéneo, detectando solo diferencias a escala de observación, para comprender su funcionamiento y generar hipótesis (Viegas, 2011).

En el caso de esta investigación el mosaico urbano dependerá de la clasificación tecnológica – constructiva y la clasificación por orientación (definidas como escalas de observación) debido a que todas las viviendas son de carácter unifamiliar y se diferencian por: la materialidad (variaciones entre la envolvente y la techumbre) y la por la orientación, con estas clasificaciones se realizaran las simulaciones y las comparaciones entre los resultados.

### 3.2.1. Clasificación por orientación

Del total de 103 viviendas en el barrio, 41 son de hormigón. De estas, 21 están orientadas hacia el Noroeste (por tener una mejor visual de los paisajes o por adaptarse a las vías trazadas). En esta dirección se presencian vientos de 3,4 m/s. Por otro lado, 12 viviendas están orientadas hacia el Noreste (orientan su fachada frontal hacia la ciudad por sus visuales), con velocidades de viento que son de 2,9 m/s, afectando a la comodidad térmica de la vivienda, por ello la importancia de identificarlas. Los 8 restantes mantienen la orientación correcta (se protegen del viento colocando un muro en algunos casos ciego). Curiosamente estas corresponden a las personas que ya tenían una vivienda en tierra en el sector y conocen la forma más óptima de emplazarla para contrarrestar los vientos.

Mientras que todas las viviendas hechas ya sea en adobe o en tapial mantienen una orientación Suroeste o Sur protegiendo la fachada frontal de los vientos.



Figura 17. Clasificación por orientación

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

### 3.2.2. Clasificación tecnológica - constructiva



Figura 18. Clasificación tecnológica – constructiva.

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

La clasificación tecnológica - constructiva se ha determinado observando las variantes entre la materialidad de la envolvente y la cubierta identificando así, envolventes en: ladrillo, bloque, adobe y tapial; y cubiertas de: teja, zinc y losa (tabla 7). En el mapa de la página siguiente se identifica las combinaciones entre las variaciones mencionadas (figura 19).

Tabla 7. Clasificación tecnológica - constructiva

Clasificación tecnológica - constructiva		
Envolvente	Cubierta	# Viviendas
Ladrillo	Teja	5
Ladrillo	Zinc	9
Ladrillo	Losa	7
bloque	Teja	4
bloque	Zinc	16
Tapial	Teja	2
Adobe	Teja	60
<b>Total</b>		<b>103</b>

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

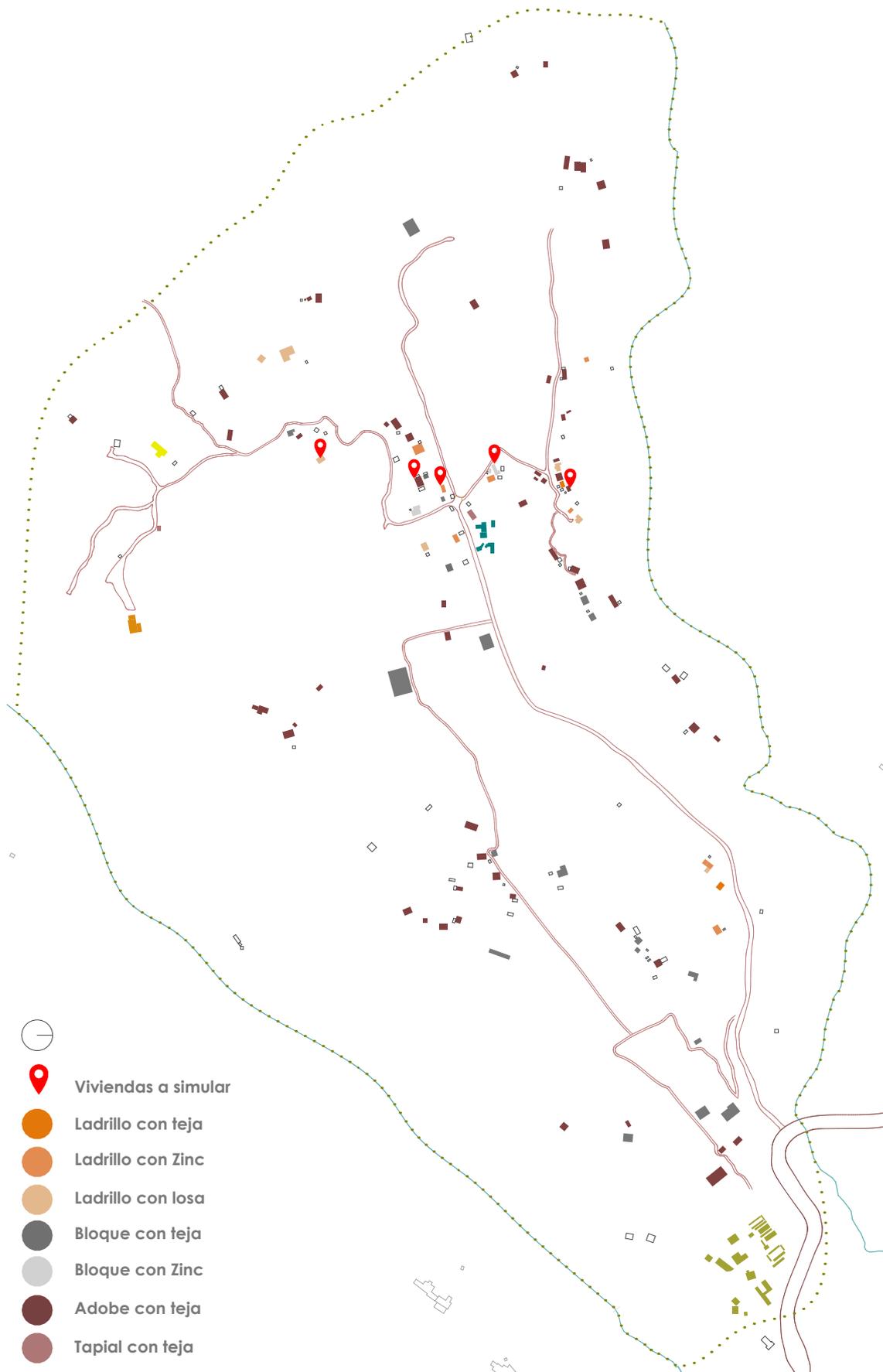


Figura 19. Resumen del levantamiento  
Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

### **3.3. Selección de viviendas**

Se realizaron dos clasificaciones una: tecnológica – constructiva y otra por orientación. Identificándose así, 7 variables tecnológica – constructivas y 2 tipos de orientaciones en el barrio.

Debido a la cantidad de viviendas que se reconoció para cada variable se decidió escoger geométricamente (planta arquitectónica) las que guardasen mayor similitud entre cada una de ellas.

En esta selección se incluyó la clasificación por orientación. Aunque no todas las viviendas construidas en ladrillo o bloque se orienten hacia el noroeste (contrario a la vivienda tradicional), pero para el objeto de estudio se escogió de preferencia este tipo de orientación, por la razón explicada en el ítem 3.2.1.

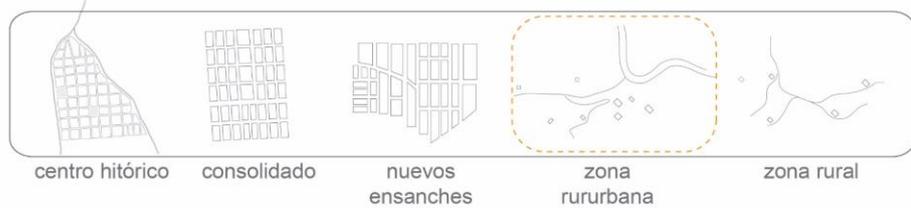
Para hacer un acercamiento de las viviendas a analizar se ha realizado una plantilla de caracterización, con la que se identifica la relación que tienen con la ciudad, la sociedad, la tecnología constructiva y recursos de aprovechamiento energético de los que pudieran disponer las viviendas. La plantilla partió de la lectura hecha al libro “Herramientas para habitar el presente”, que muestra una tabla realizada en la Universidad politécnica de Cataluña en el Master Laboratorio de vivienda del siglo XXI, dirigido por Josep María Montaner entre otros, elaborada con el fin de valorar las construcciones habitacionales desde la perspectiva humana, bajo cuatro conceptos. La sociedad, entendiendo a la vivienda como la adaptación de diversos modelos familiares. La ciudad, haciendo referencia a la relación que existe entre vivienda y espacio público. Los sistemas constructivos, como los que favorecen a la flexibilidad. Y los recursos, tratando de entender el comportamiento sostenible de una edificación (Falagan, Muxi, & Montaner, 2011).

A continuación, se muestra una plantilla de cada una de las 5 viviendas seleccionadas, en el que se señala la ubicación en relación a la ciudad, la proximidad de equipamientos que dispone a razón de su cercanía, el número de personas que habitan la vivienda, el sustento económico con el que cuentan, la forma de implantación respecto a la vía, la orientación que mantiene la vivienda partiendo de la fachada, el sistema constructivo caracterizando la envolvente y la cubierta, y por último se identifica si hace uso de algún tipo de aprovechamiento pasivo como: orientar correctamente la fachada, ventilación cruzada, muros que faciliten mayor inercia térmica o si cuenta con un patio térmico que regule la temperatura de las habitaciones interiores.

TIPOLOGÍA 1



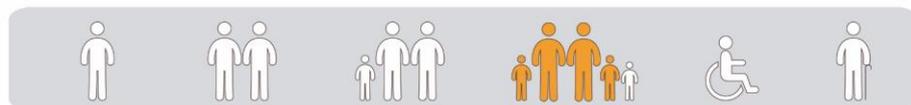
UBICACIÓN



PROXIMIDAD



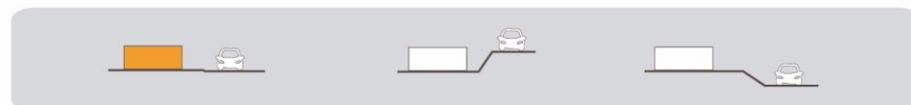
NÚMERO DE PERSONAS



ECONOMÍA



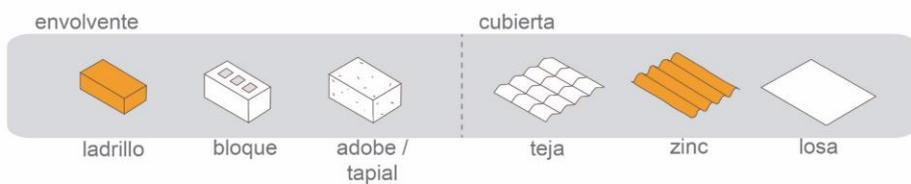
FORMA DE IMPLANTACIÓN



ORIENTACIÓN

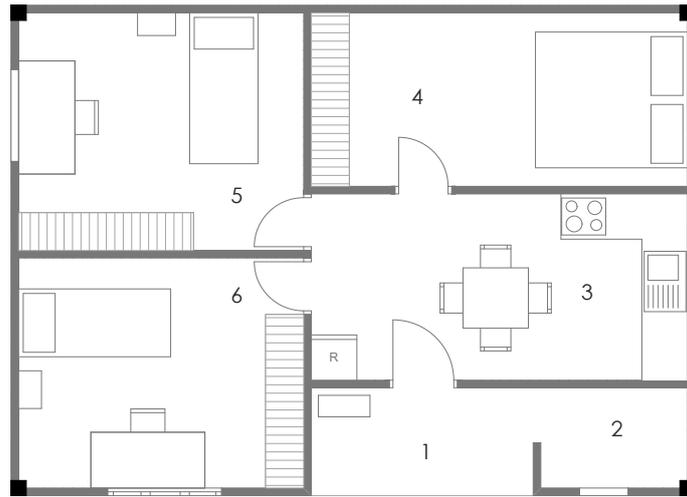


SISTEMA CONSTRUCTIVO



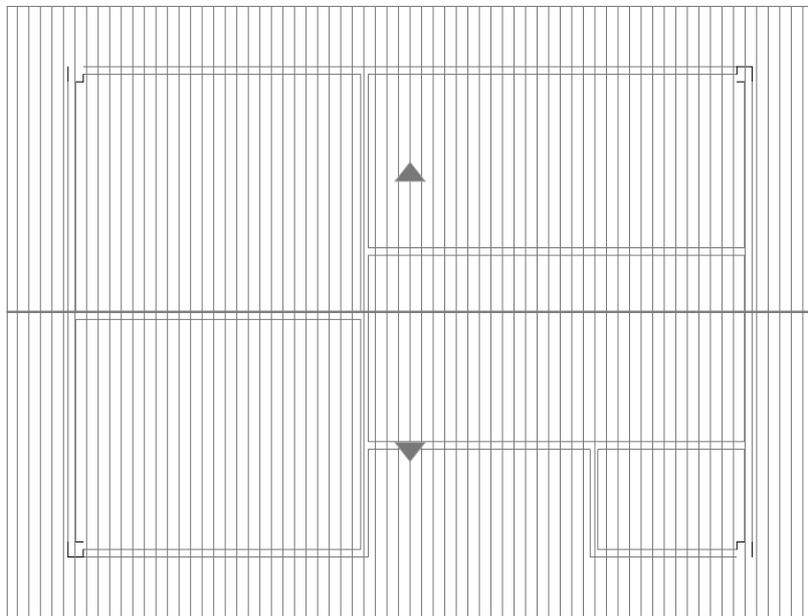
APROVECHAMIENTO PASIVO





- 1 ACCESO
- 2 BAÑO
- 3 SALA -  
COMEDOR  
COCINA
- 4 DORMITORIO 1
- 5 DORMITORIO 2
- 6 DORMITORIO 3

PLANTA ÚNICA  
NIVEL: +0.20 \_ ESCALA 1:100

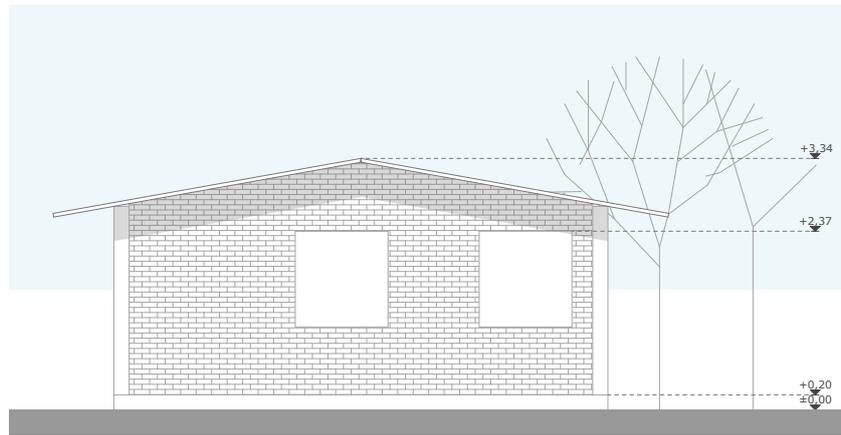


PLANTA CUBIERTA  
ESCALA 1:100

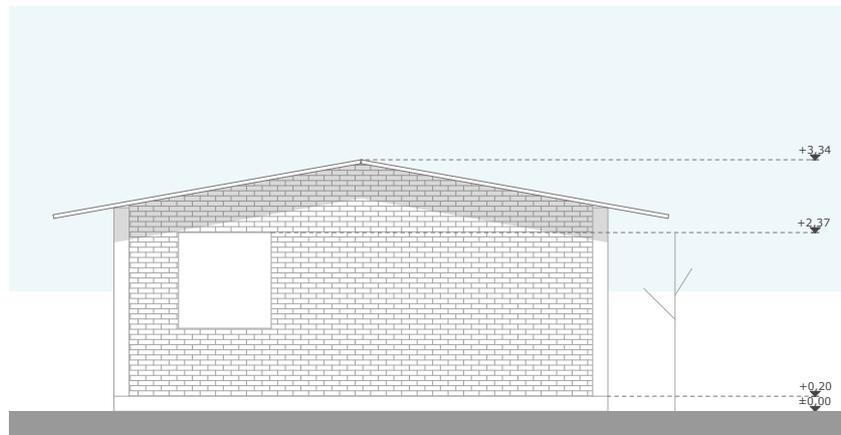


ELEVACIÓN FRONTAL  
ESCALA 1:100

Figura 20. Planta única, planta cubierta y elevación frontal\_Tipología ladrillo - zinc  
Fuente: Autor  
Elaboración: Autor



**ELEVACIÓN LATERAL DERECHA**  
ESCALA 1:100



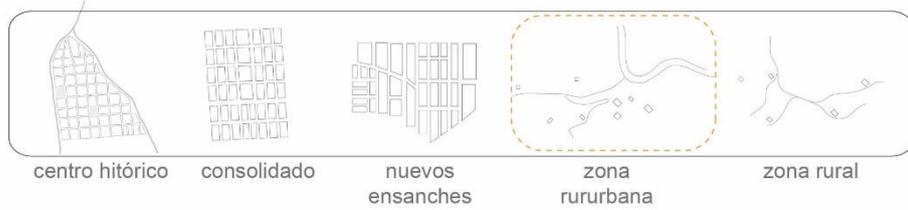
**ELEVACIÓN LATERAL IZQUIERDA**  
ESCALA 1:100

Figura 21. Elevación lateral derecha y elevación lateral izquierda\_Tipología ladrillo - zinc  
Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

TIPOLOGÍA 2



UBICACIÓN



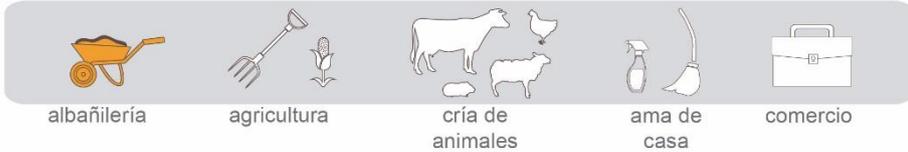
PROXIMIDAD



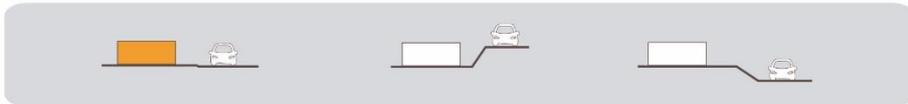
NÚMERO DE PERSONAS



ECONOMÍA



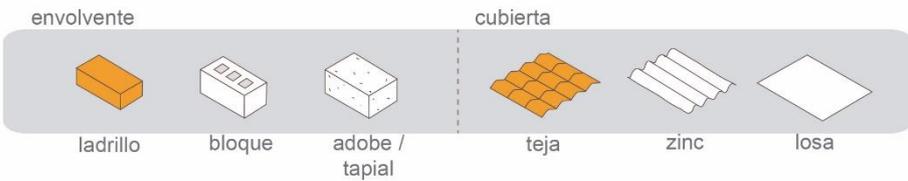
FORMA DE IMPLANTACIÓN



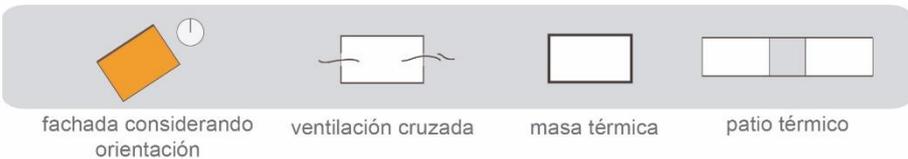
ORIENTACIÓN

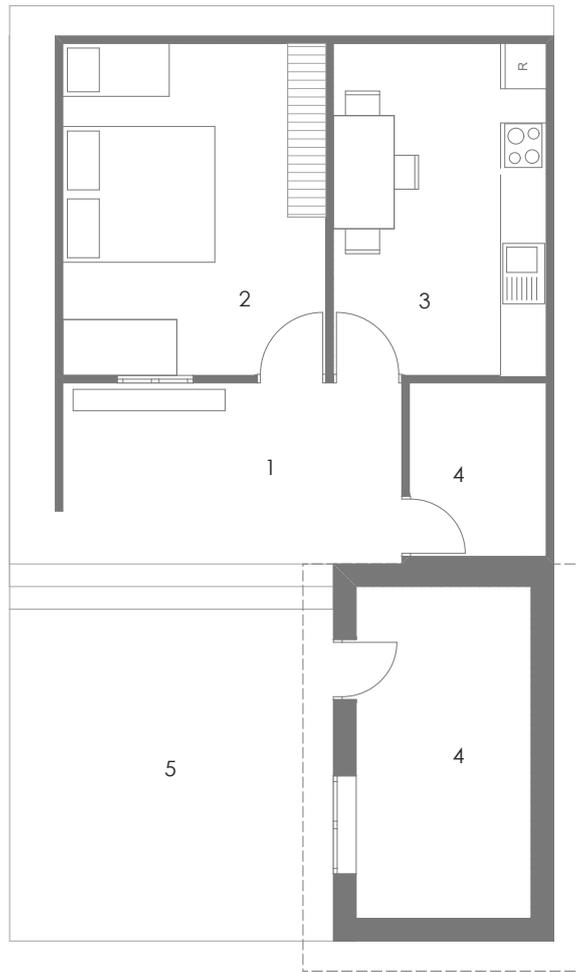


SISTEMA CONSTRUCTIVO



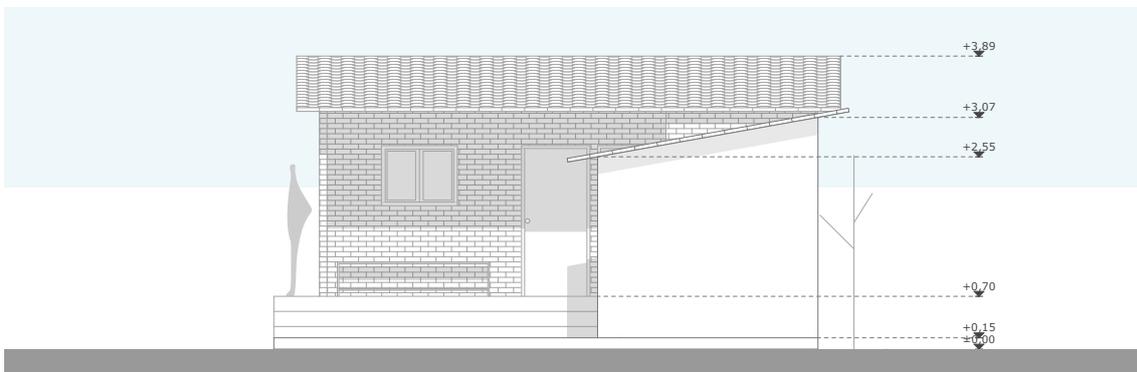
APROVECHA-MIENTO PASIVO





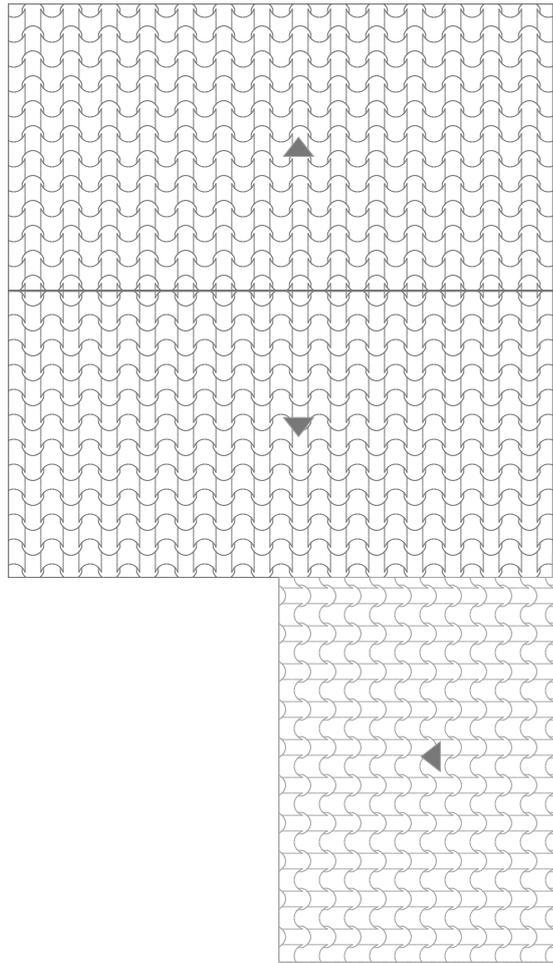
- 1 ACCESO
- 2 DORMITORIO
- 3 COCINA - COMEDOR
- 4 BODEGA
- 5 PATIO FRONTAL

**PLANTA ÚNICA**  
 NIVEL: +0.20 \_ ESCALA 1:100

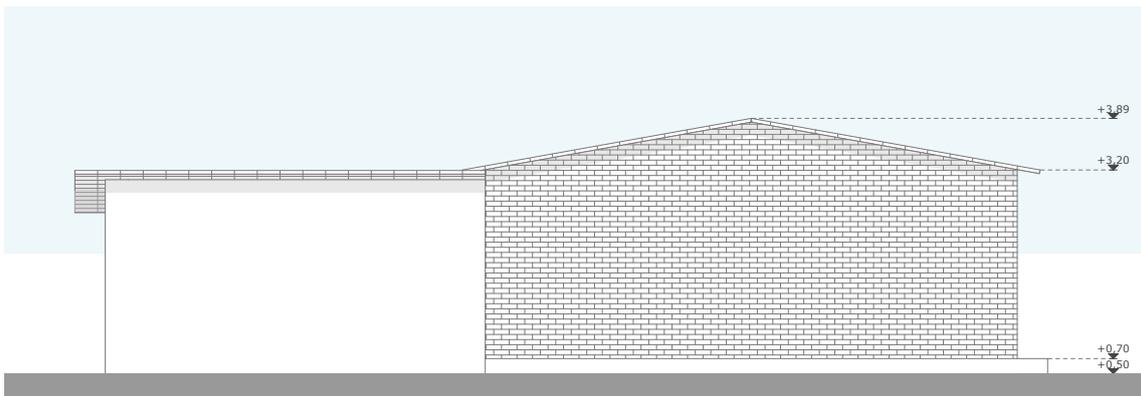


**ELEVACIÓN FRONTAL**  
 ESCALA 1:100

Figura 22. Planta única y elevación frontal\_Tipología Ladrillo - teja  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

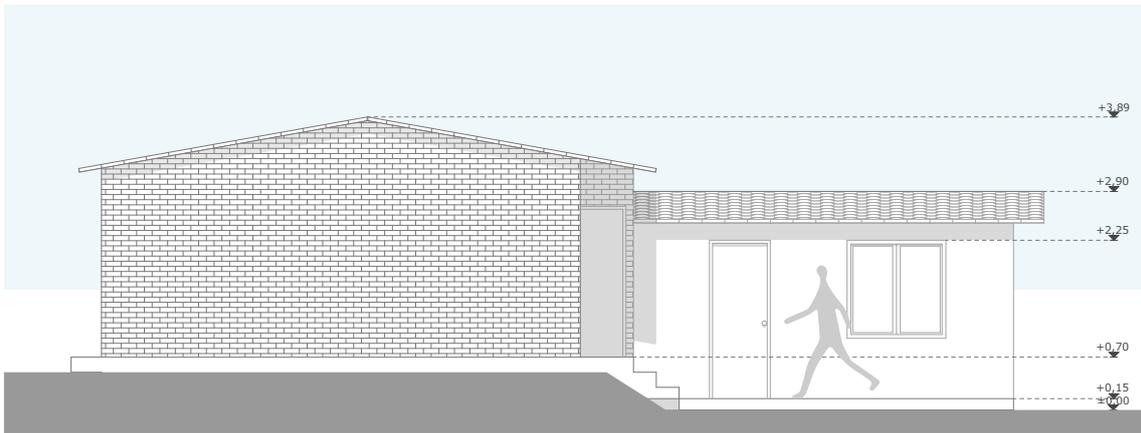



**PLANTA CUBIERTA**  
 ESCALA 1:100



**ELEVACIÓN LATERAL DERECHA**  
 ESCALA 1:100

Figura 23. Planra cubierta y elevación lateral derecha\_Tipología ladrillo - teja  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor



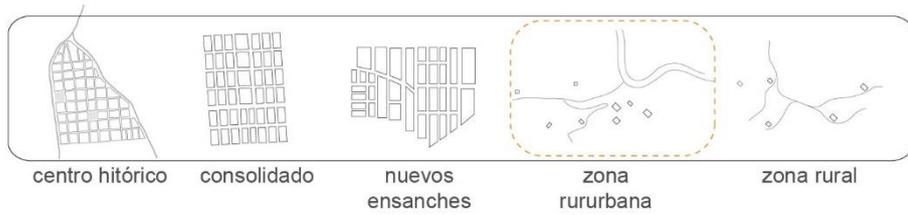
**ELEVACIÓN LATERAL IZQUIERDA**  
ESCALA 1:100

Figura 24. Elevación lateral izquierda\_Tipología ladrillo - teja  
Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

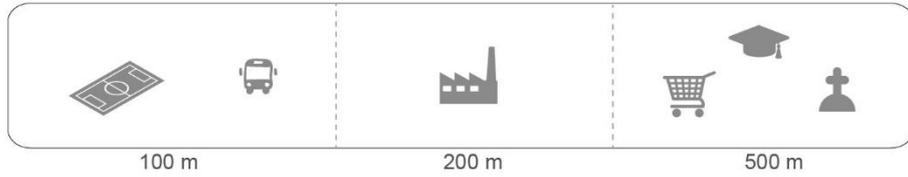
TIPOLOGÍA 3



UBICACIÓN



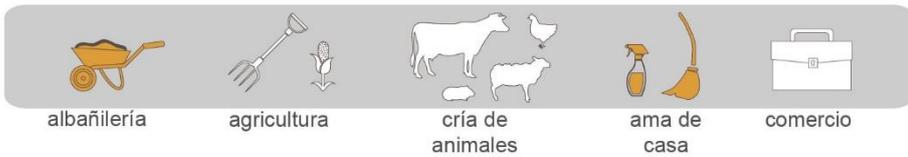
PROXIMIDAD



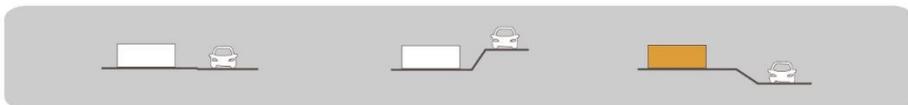
NÚMERO DE PERSONAS



ECONOMÍA



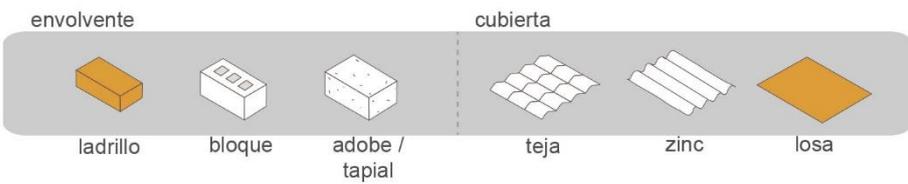
FORMA DE IMPLANTACIÓN



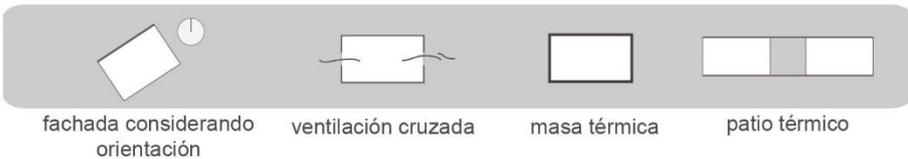
ORIENTACIÓN



SISTEMA CONSTRUCTIVO

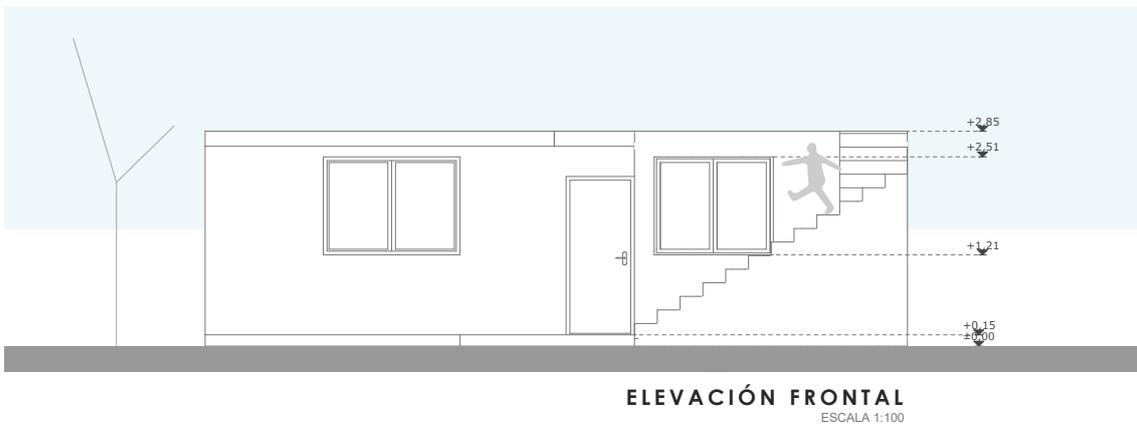


APROVECHAMIENTO PASIVO



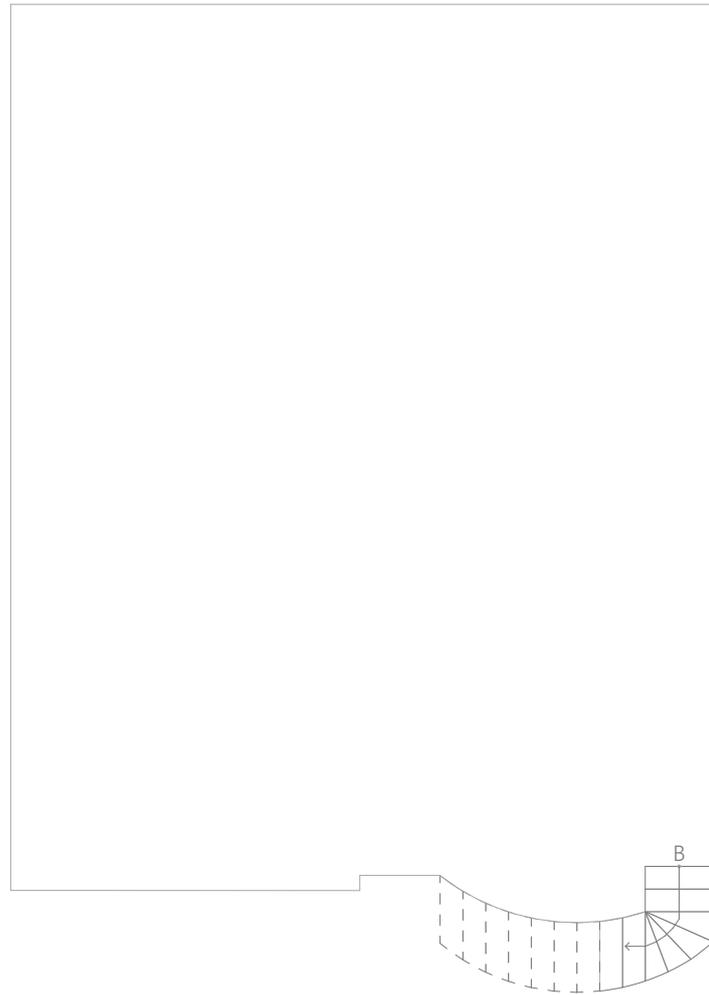



**PLANTA ÚNICA**  
 NIVEL: +0.20 \_ ESCALA 1:100

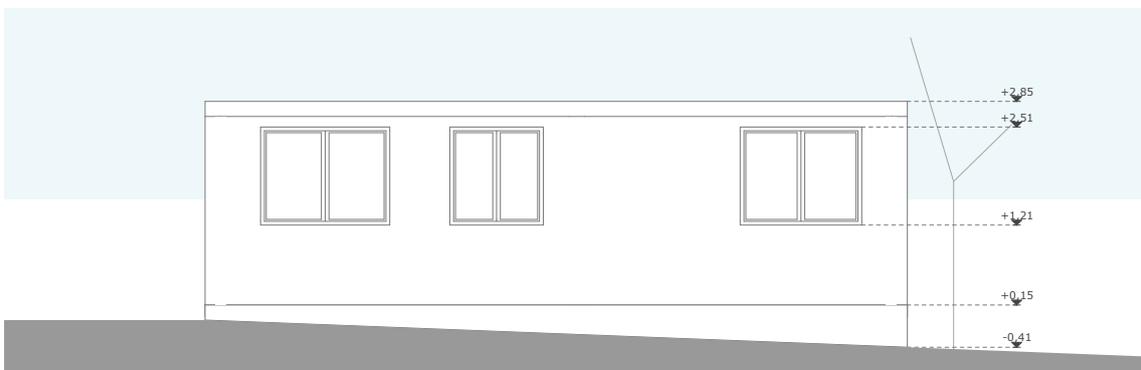


**ELEVACIÓN FRONTAL**  
 ESCALA 1:100

Figura 25. Planta única y elavción frontal\_Tipología ladrillo - losa  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor




**PLANTA CUBIERTA**  
 ESCALA 1:100



**ELEVACIÓN POSTERIOR**  
 ESCALA 1:100

Figura 26. Planta cubierta y elevación posterior\_Tipología ladrillo - losa  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor



**ELEVACIÓN LATERAL DERECHA**  
 ESCALA 1:100



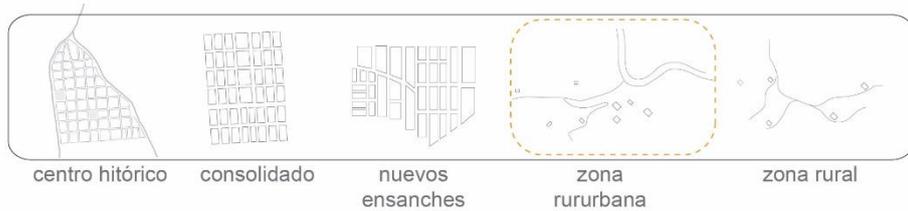
**ELEVACIÓN LATERAL IZQUIERDA**  
 ESCALA 1:100

Figura 27. Elevación lateral derecha y elevación lateral izquierda\_Tipología ladrillo - losa  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

TIPOLOGÍA 4



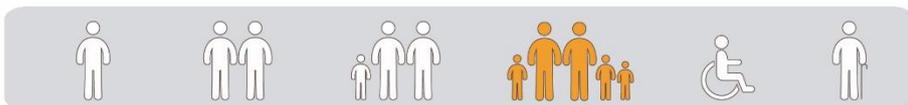
UBICACIÓN



PROXIMIDAD



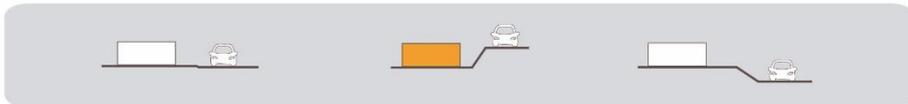
NÚMERO DE PERSONAS



ECONOMÍA



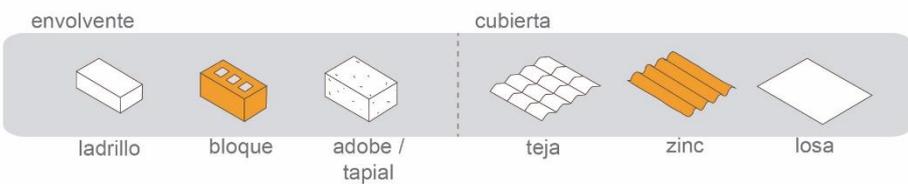
FORMA DE IMPLANTACIÓN



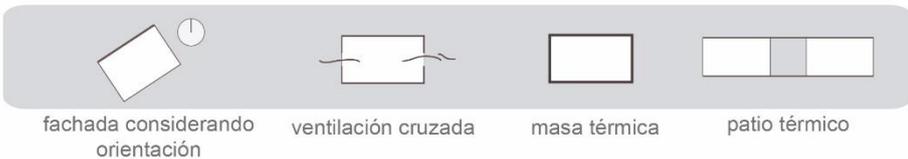
ORIENTACIÓN

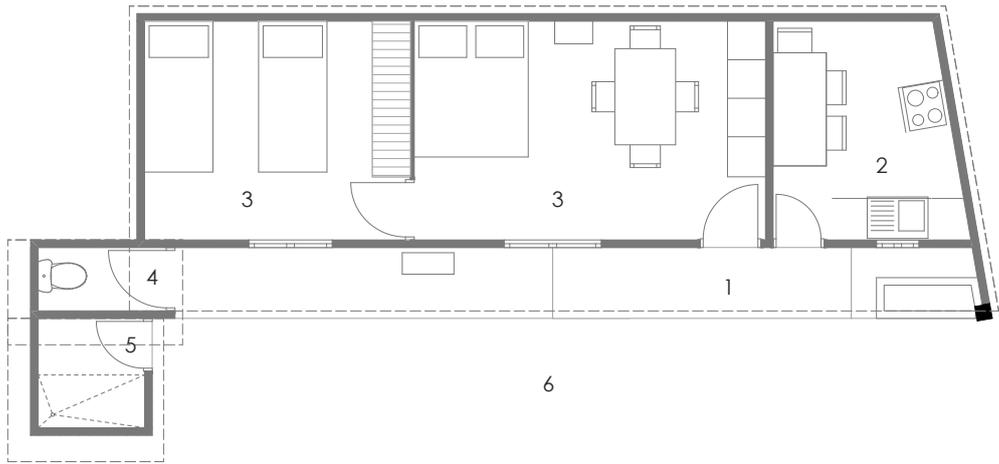


SISTEMA CONSTRUCTIVO



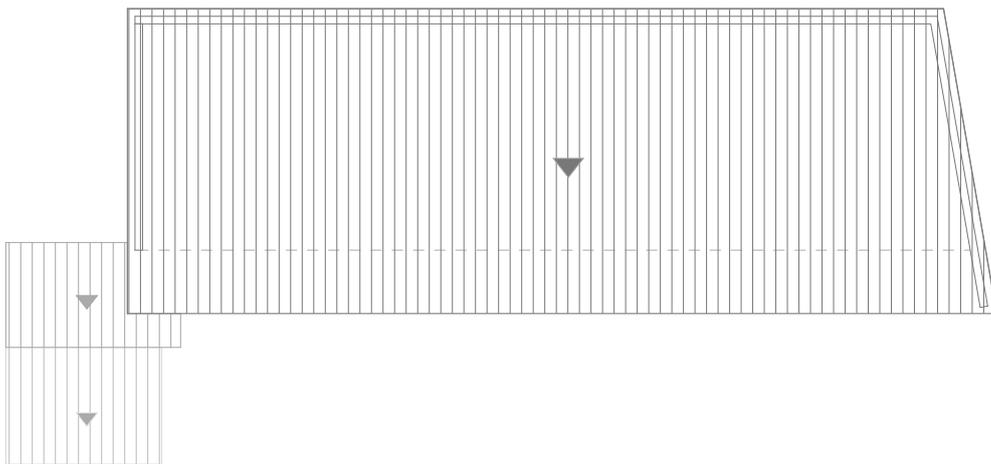
APROVECHA-MIENTO PASIVO



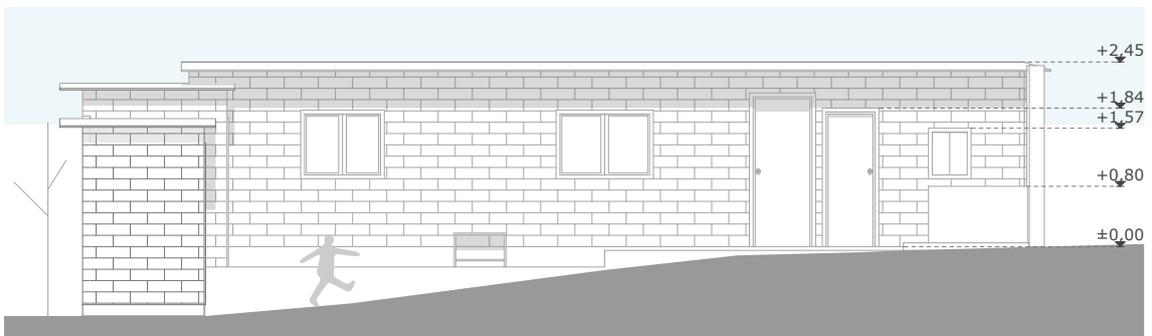


- |                    |              |         |
|--------------------|--------------|---------|
| 1 ACCESO           | 3 DORMITORIO | 5 DUCHA |
| 2 COCINA - COMEDOR | 4 BAÑO       | 6 PATIO |


**PLANTA ÚNICA**  
 NIVEL: +0.20 \_ ESCALA 1:100

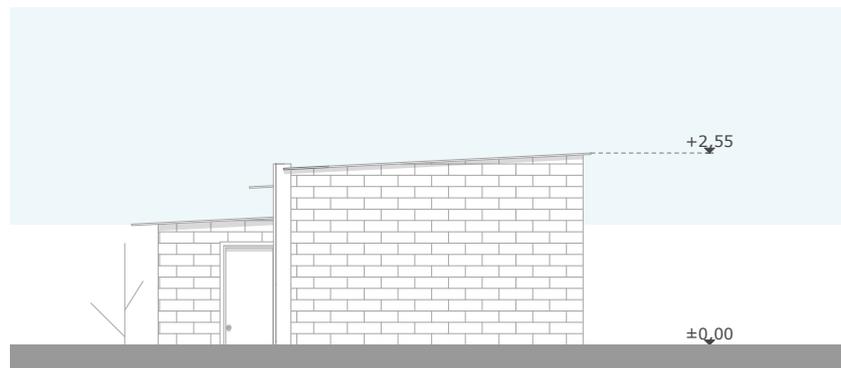



**PLANTA CUBIERTA**  
 ESCALA 1:100

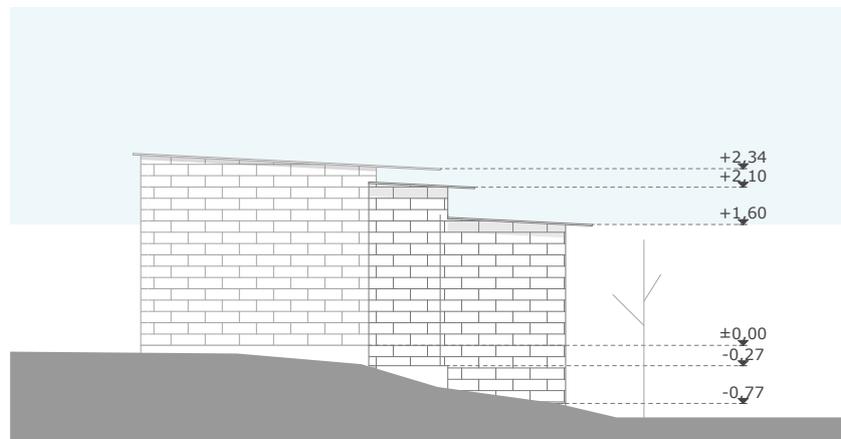


**ELEVACIÓN FRONTAL**  
 ESCALA 1:100

Figura 28. Planta única, planta cubierta y elevación frontal\_Tipología bloque - zinc  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor



**ELEVACIÓN LATERAL DERECHA**  
ESCALA 1:100



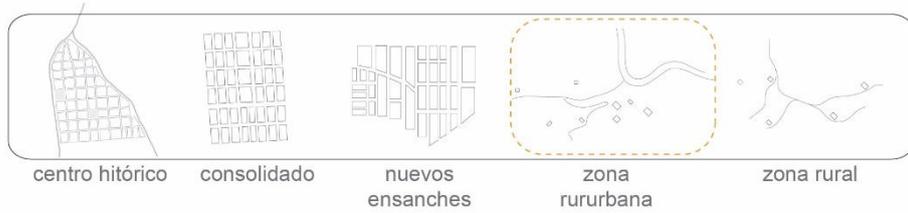
**ELEVACIÓN LATERAL IZQUIERDA**  
ESCALA 1:100

Figura 29. Elevación lateral derecha y elevación lateral izquierda\_Tipología bloque - zinc  
Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

TIPOLOGÍA 5



UBICACIÓN



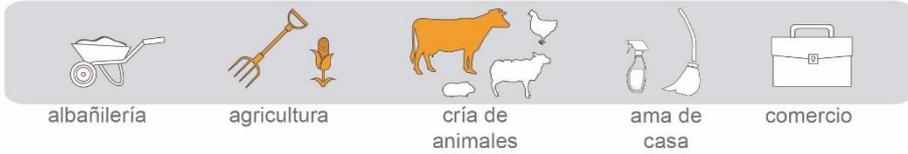
PROXIMIDAD



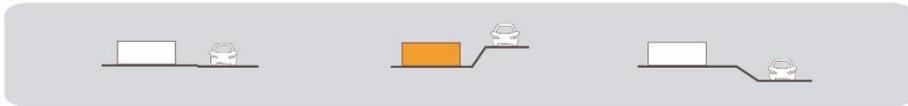
NÚMERO DE PERSONAS



ECONOMÍA



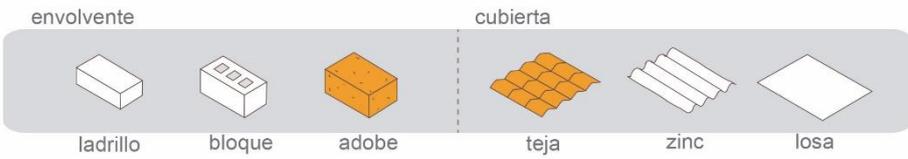
FORMA DE IMPLANTACIÓN



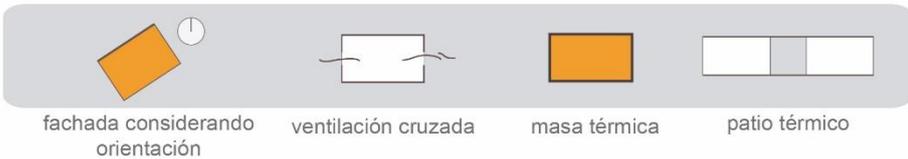
ORIENTACIÓN

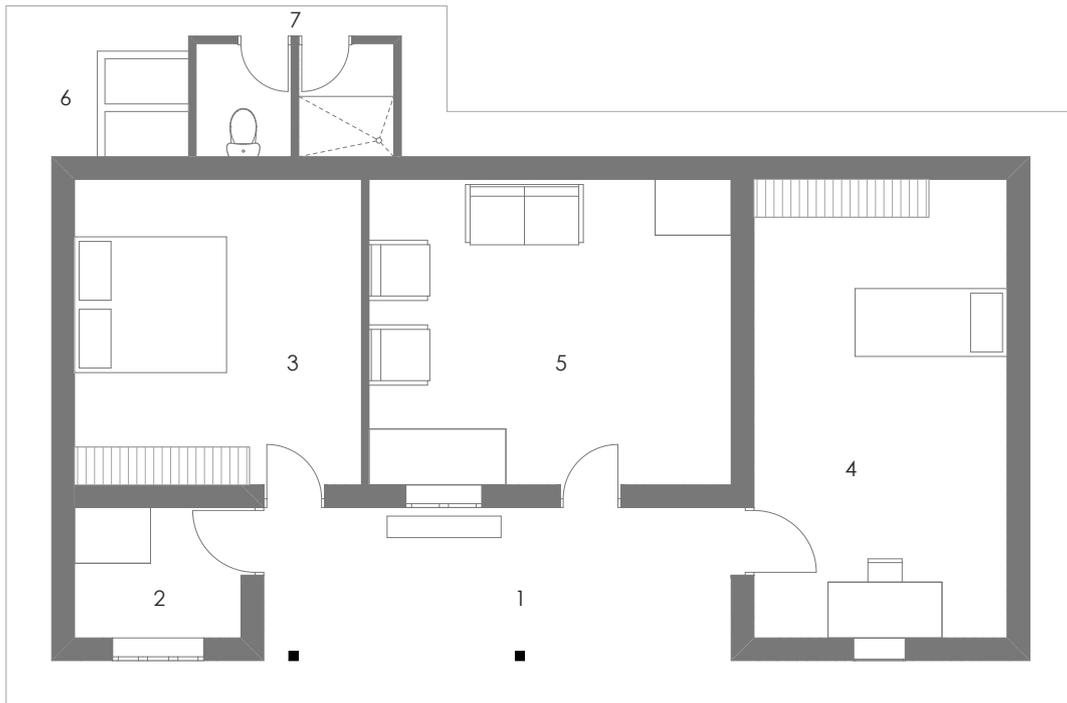


SISTEMA CONSTRUCTIVO



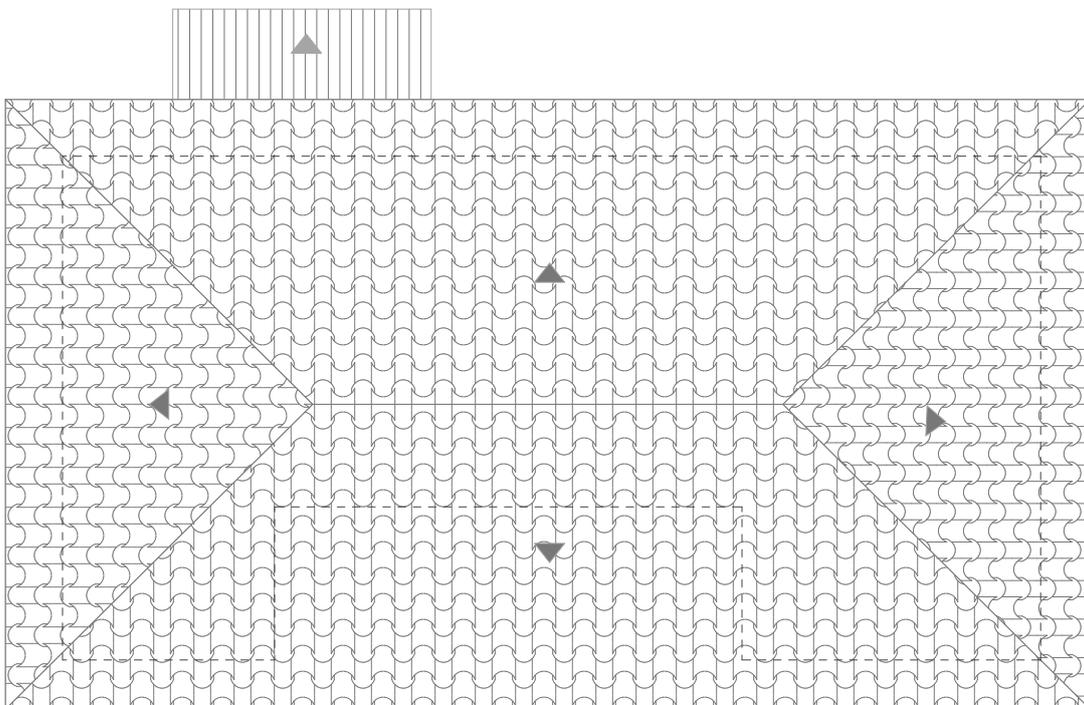
APROVECHA-MIENTO PASIVO





- |                     |              |
|---------------------|--------------|
| 1 ACCESO            | 5 SALA       |
| 2 CUARTO DE ORACIÓN | 6 LAVANDERÍA |
| 3 DORMITORIO 1      | 7 BAÑO       |
| 4 DORMITORIO 2      |              |


**PLANTA ÚNICA**  
 NIVEL: +0.20 \_ ESCALA 1:100




**PLANTA CUBIERTA**  
 ESCALA 1:100

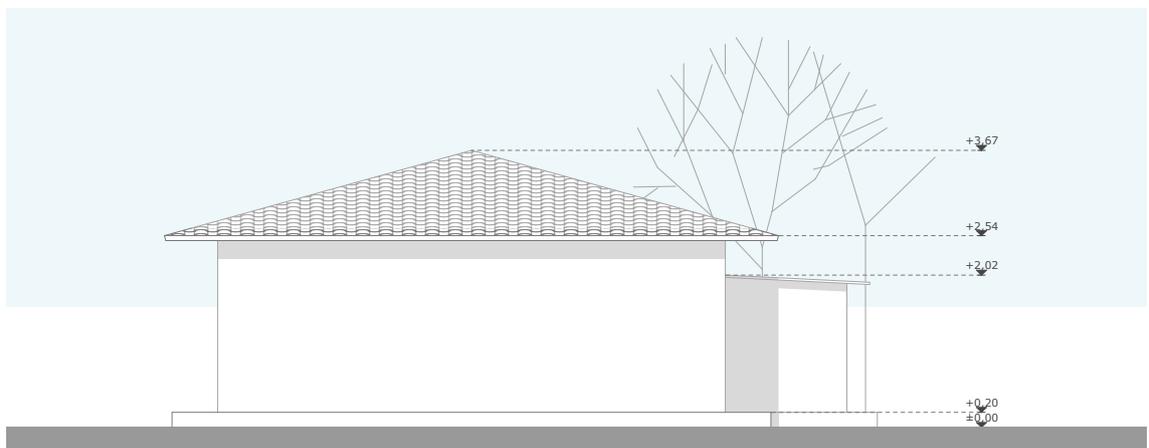
Figura 30. Planta única y planta cubierta\_Tipología adobe - teja  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor



**ELEVACIÓN FRONTAL**  
ESCALA 1:100



**ELEVACIÓN POSTERIOR**  
ESCALA 1:100



**ELEVACIÓN LATERAL DERECHA**  
ESCALA 1:100

Figura 31. Elevación frontal, elevación posterior y elevación lateral derecha\_Tipología adobe - teja  
Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

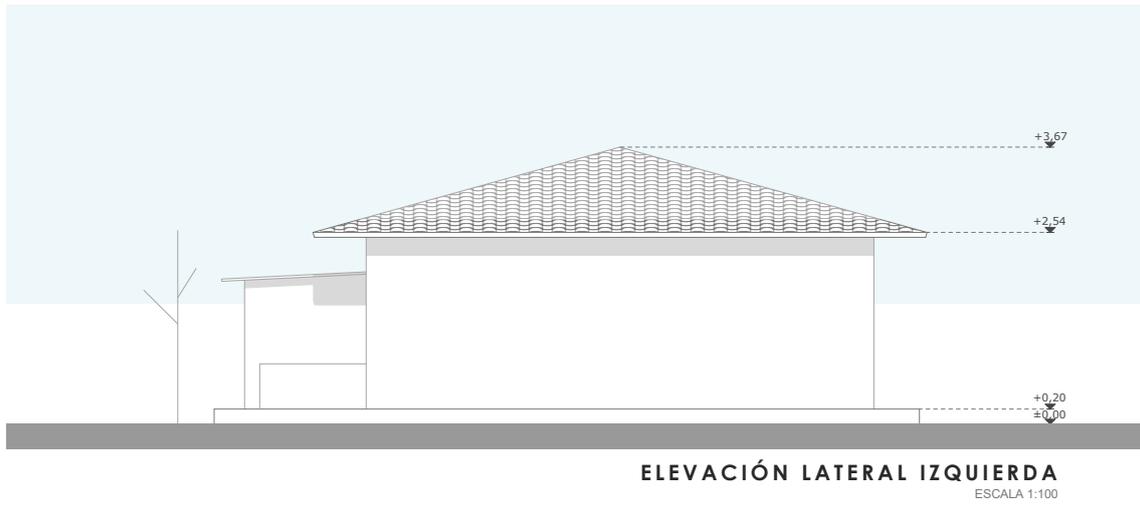


Figura 32. Elevación lateral izquierda\_Tipología adobe - teja  
Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

### **3.4. Técnicas constructivas**

Como se vio anteriormente en el barrio se observa dos técnicas constructivas. La que utiliza materiales del lugar como barro, madera y piedra, y la que emplea materiales industrializados como ladrillo, bloque, acero, etc.

#### **3.4.1. Tradicional**

La técnica constructiva tradicional hace referencia a la utilización de materiales naturales, como la tierra, madera o piedra según la localidad. La arquitectura vernácula hace uso de esta técnica, dependiendo de cuatro características: que el material de construcción sea local, la tecnología de construcción apropiada, la adaptación a la condición climática y los aspectos socioculturales (Felix & Elsamahy, 2017).

La tierra es uno de los materiales de construcción más antiguos, utilizado de diferentes maneras durante siglos (El Fgaier, Lafhaj, Brachelet, Antczak, & Chapiseau, 2015). En el lugar de estudio encontramos al adobe como técnica constructiva tradicional. Esta técnica utiliza la tierra para formar bloques comprimidos y levantar las paredes de las viviendas sobre cimientos de piedra.

La construcción en tierra presenta varias ventajas: posee cualidades térmicas, como elemento arquitectónico las paredes de tierra tienen cualidades higroscópicas, absorben y liberan humedad según cambie la humedad del medio ambiente. Entre las desventajas su permeabilidad, baja resistencia sísmica, la altura (Guzmán & Iñiguez, 2015).

#### **3.4.2. Contemporánea**

Luego de la revolución industrial la fabricación en masa de materiales artificiales más el deseo de construcción de edificios a gran altura desplazó los materiales naturales por: el cemento, acero y vidrio (Felix & Elsamahy, 2017). Este desplazamiento también influyó sobre las construcciones a menor escala, hasta que este fenómeno se globalizó en todo el mundo.

### **3.5. Proceso constructivo**

#### **3.5.1. Vivienda tradicional**

El sistema constructivo de adobe está formado por bloques de tierra cruda adheridos unos con otros con barro que hacen las veces de mortero de pega, para formar muros de carga que soportan cargas verticales (peso propio, entrepisos, cubierta, cargas vivas), estos muros varían de espesor y pueden encontrarse trabados o no (Guzmán & Iñiguez, 2015).

La fabricación de los bloques de adobe sigue un proceso. Primeramente, se identifica y se hace la selección del suelo, para conocer las características de la tierra. Luego se lleva a cabo la preparación y el modelado, donde se mezcla agua, tierra y paja para luego verterlos en moldes. Por último, el curado y secado, que consiste en colocar los adobes en alguna superficie limpia donde se los deja secar a la sombra, de 2 a 4 semanas dependiendo del clima.



Figura 33. Proceso de fabricación adobe  
Fuente: (Guzmán & Iñiguez, 2015)  
Elaboración: (Guzmán & Iñiguez, 2015)

Posteriormente mientras se secan los adobes, se procede a limpiar el terreno de materiales orgánicos o basura, para nivelarlo y determinar las zonas de relleno y corte. Se realiza el trazado de la casa para la excavación de los cimientos que deben ser de 60 cm de profundidad y 50 cm de ancho y rellenos con una cama de barro o cemento para clocar encima piedras grandes y llegar al nivel del suelo (Figura 21). La construcción de los sobrecimientos se realiza encofrando con tablas de 30 cm de altura separadas con el mismo ancho que tendrá el muro y se vierte piedras más pequeñas con capas de hormigón o barro (Figura 34).

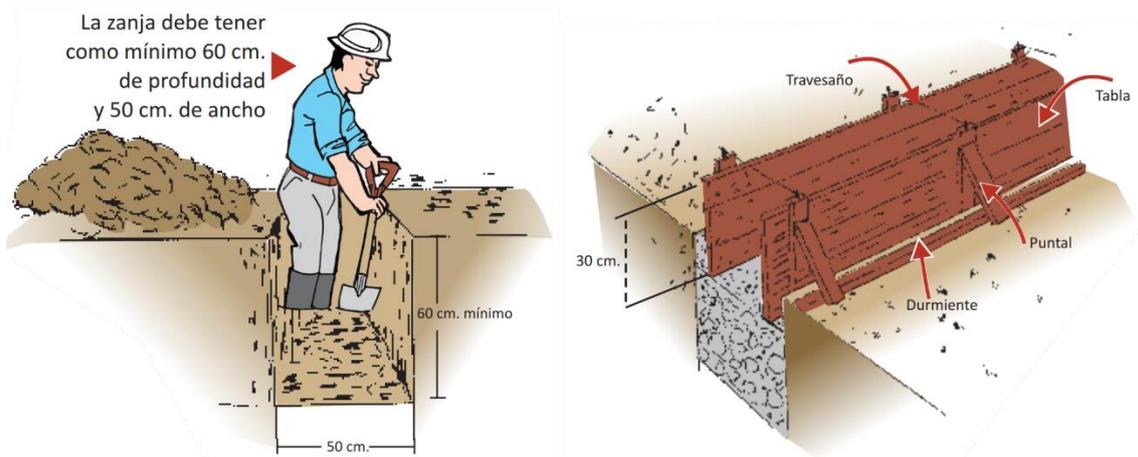


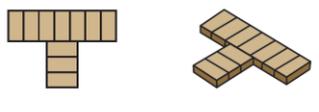
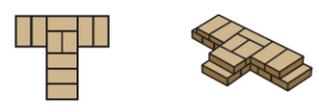
Figura 34. Construcción de cimiento y sobrecimiento  
 Fuente: (Dirección Nacional de construcción, 2010)  
 Elaboración: (Dirección Nacional de construcción, 2010)

La construcción de muros consiste en apilar los bloques humedecidos y unirlos utilizando mortero de unión (mezcla de tierra y paja) para ello se hacen distintas pruebas (Figura 35). Encima del sobrecimiento se colocarán los adobes en hileras verificando que estén correctamente alineados y mantengan la verticalidad, estos pueden ir trabados y tienen distintas configuraciones de acuerdo al tipo de encuentro (Tabla 8).



Figura 35. Construcción de muros  
 Fuente: (Dirección Nacional de construcción, 2010)  
 Elaboración: (Dirección Nacional de construcción, 2010)

Tabla 8. Tipos de encuentro en muros de adobe

TIPO DE ENCUENTRO		
En L	En T	En X
 <p>Primera Hilada</p>	 <p>Primera Hilada</p>	 <p>Primera Hilada</p>
 <p>Segunda Hilada</p>	 <p>Segunda Hilada</p>	 <p>Segunda Hilada</p>

Fuente: (Dirección Nacional de construcción, 2010)  
 Elaboración: Autor

En cuanto a los refuerzos, estos se colocan en todos los vanos y en la parte superior de los muros. En los vanos con el fin de evitar que se deformen, se coloca a manera de dintel en la parte superior un tablón que sobresalga  $\frac{1}{4}$  de los extremos de ventanas y puertas. En la parte superior de los muros se coloca como viga solera, listones de madera unidos con destajes y clavos para que el muro trabaje como un solo elemento y evitar asentamientos en la vivienda. Sobre estas vigas se apoyarán las viguetas y a su vez correas donde se asentará la cubierta de teja que va unida con alambre y barro.

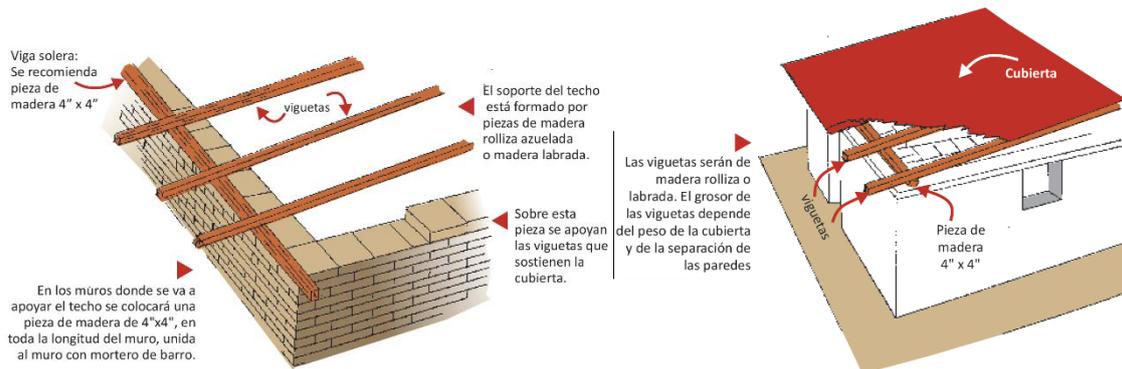


Figura 36. Viga solera, refuerzo de cubierta  
 Fuente: (Dirección Nacional de construcción, 2010)  
 Elaboración: (Dirección Nacional de construcción, 2010)

### 3.5.2. Vivienda contemporánea

Primeramente, se hace una limpieza del terreno removiendo cualquier materia orgánica y piedras grandes, posterior a ello lo correcto sería tener seguridad del terreno en el que se va construir realizándole los estudios de suelo pertinentes. Luego se realiza la nivelación del terreno para conocer la pendiente del mismo y poder determinar si se desbanca o rellena el terreno (Figura 37).



Figura 37. Viga solera, refuerzo de cubierta  
Fuente: (Lima, 2012)  
Elaboración: (Lima, 2012)

Para señalar los ejes, primeramente, se determinan los ángulos rectos que forman los linderos, se colocan estacas en ambos lados del terreno y midiendo desde un punto conocido se señalan los ejes con la ayuda de una plomada y un cordel espolvoreado de tiza que se lo tiempla para con un chicoteo la línea quede marcada.

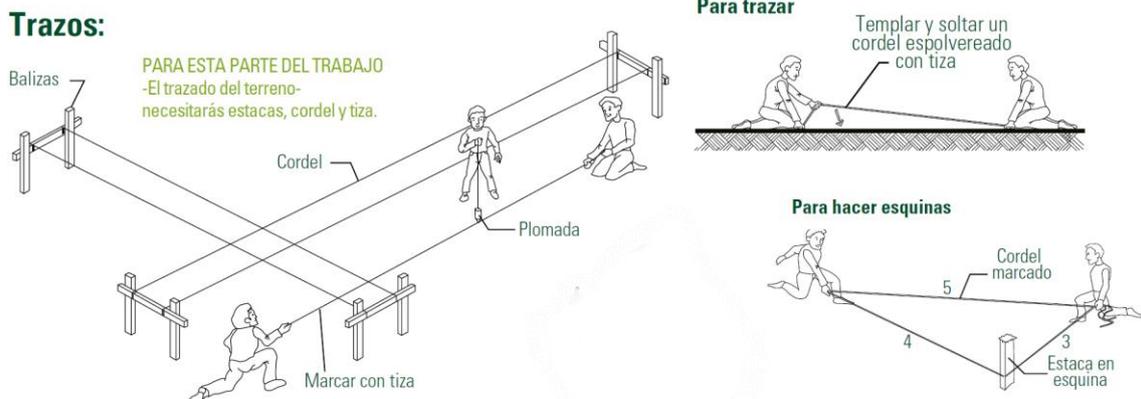


Figura 38. Terreno y preparación  
Fuente: (Lima, 2012)  
Elaboración: (Lima, 2012)

Una vez señalados los ejes se procede a la excavación para cimientos y plintos. Los cimientos se construyen con cemento, hormigón y piedras grandes. El piso debe estar nivelado, con una cama de piedras de 15 a 20 cm y relleno de hormigón. Sobre su superficie se asientan las cadenas que se deben encofrar y poseen armadura de refuerzo. En los plintos, dentro de la excavación se coloca un replantillo de 10 cm de espesor sobre la cual se asienta un arnés de 7 varillas, se coloca una capa de hormigón que la oculte donde sobresalga el cuello de columna, se vuelve a rellenar con tierra compactada para colocar el cimiento y posteriormente sujetar la cadena. Sobre los plintos se levantarán las columnas de hormigón armado (4 varillas y estribos colocados cada 20cm).

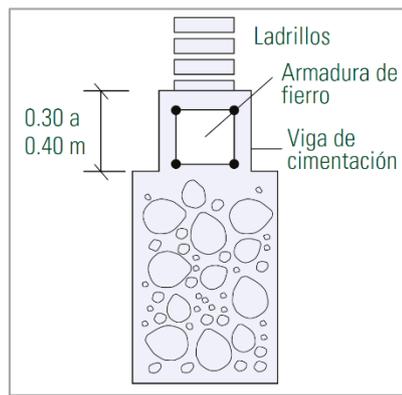


Figura 39. Detalle de cimiento y cadena  
 Fuente: (Lima, 2012)  
 Elaboración: (Lima, 2012)

En el suelo, primero se construye el entrepiso, se nivela la tierra entre las cadenas y se compacta, sobre esto se tiende una cama de piedra de 15 a 20 cm y se rellena con hormigón nivelándola a la altura de las cadenas. Sobre esto se funde un contrapiso de 5 cm sobre el cual se coloca el acabado final.

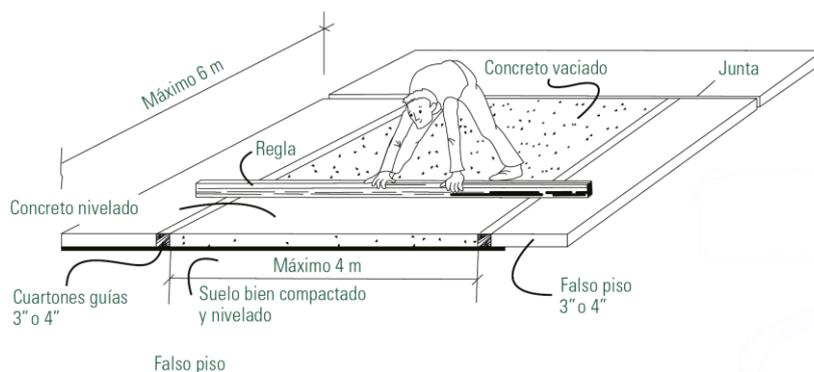


Figura 40. Construcción de piso  
 Fuente: (Lima, 2012)  
 Elaboración: (Lima, 2012)

Sobre las cadenas se levantan las paredes que pueden ser de bloque o ladrillo, este cumple las veces de envolvente de la vivienda. Cada cierta hilera se debe constatar su verticalidad con un nivel o plomada. Luego de ello se enlucce con cemento.

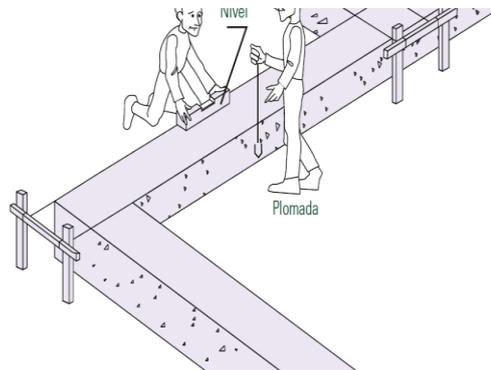


Figura 41. Construcción de mampostería  
 Fuente: (Lima, 2012)  
 Elaboración: (Lima, 2012)

La construcción de la cubierta depende si es inclinada o plana. Una cubierta inclinada está compuesta por un entramado que comienza con tres elementos que dan la altura para la inclinación y desde estos se desprenden viguetas que se asienta sobre las columnas para transmitir las cargas en forma vertical sobre los elementos de apoyo. En el sector algunas cubiertas son con láminas de zinc o teja. Las cubiertas planas se componen de cadenas de amarre y nervaduras que conducen los esfuerzos hacia las columnas, entre estos se colocan bloques con el fin de rellenar espacios para poder verter el hormigón, para finalizar se coloca una capa de impermeabilizante para evitar que se filtre el agua. Esta también posee una inclinación mínima para evacuar el agua de las lluvias.

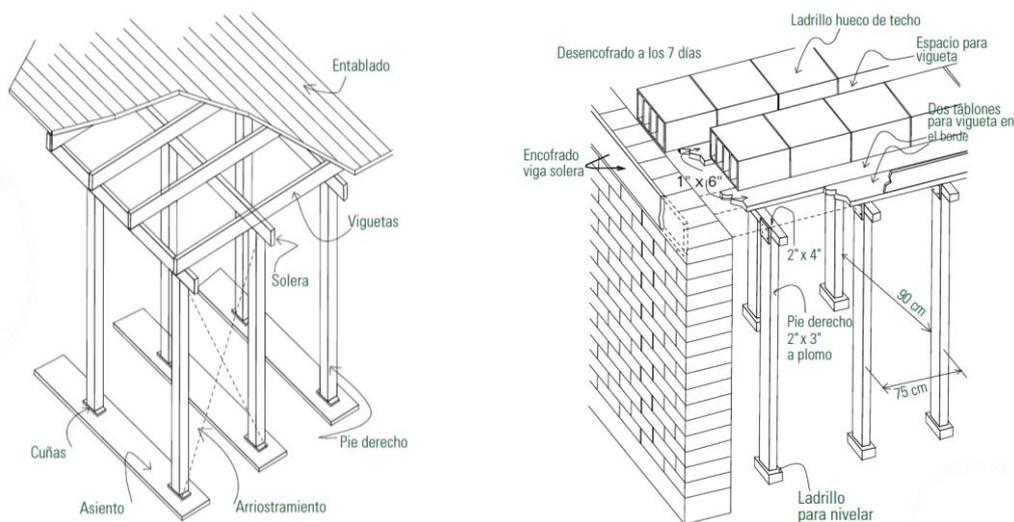


Figura 42. Construcción de cubierta inclinada y plana  
 Fuente: (Lima, 2012)  
 Elaboración: (Lima, 2012)

### 3.6. Núcleo familiar

Las familias en el barrio Punzara Chico Alto se componen aproximadamente de 5 integrantes, dos adultos y tres niños, aunque también existen viviendas con 2 integrantes debido a que los hijos se van independizando y deciden formar una nueva familia fuera de su hogar.

### 3.7. Espacios de vivienda

El espacio que existe entre la ciudad y lo rural se define como área rururbana, este es un espacio de transición. Cada cambio que surge en la ciudad se produce por un acontecimiento social, político o económico que afecta proporcionalmente a esta área de acuerdo a la cercanía que mantenga con la ciudad (Sereno, Santamaría, & Santarello Serer, 2010).

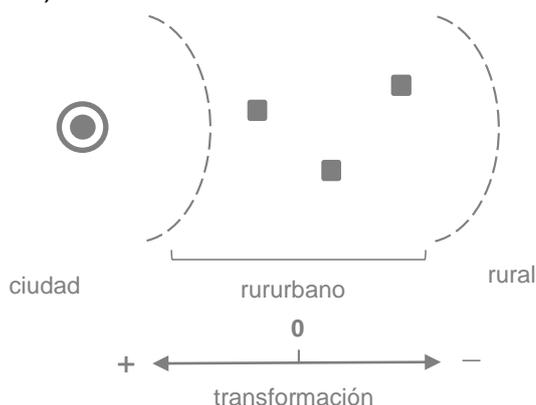


Figura 43. Zona rururbana  
Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

Si cambian las actividades económicas, los valores y la identidad, el primer reflejo se nota en la vivienda, por ello en el barrio se presencia una transfiguración en la vivienda tradicional que antiguamente era la predominante. Como consecuencia de aspectos como: **la migración** que trae consigo nuevas formas de concebir la vivienda, por posicionar su **estatus** con la ideología de “calidad de vida”, el **acceso a los materiales** por la apertura de vías, motivo por el cual ya se no conocen las técnicas constructivas en tierra. Entonces, el modo de vida de las áreas rururbanas esta cambiado y las actividades internas de la vivienda rural se asemeja más a las actividades urbanas (Ascencio López, 2012).

Entre las escalas de transfiguración encontradas en el barrio tenemos, comenzando desde la menos invasiva: la **sustitución de materiales** que comprende a viviendas vernácula con: variaciones en sus muros, en su cubierta a veces colocando bajo la teja una lámina de zinc, ya sea por reparaciones o por mejora, esto afecta al confort de la vivienda. **Ampliaciones**, al dejar las actividades rurales por las urbanas las formas de vida en la vivienda cambian, se necesitan nuevos espacios y se producen las ampliaciones con nuevos materiales, ejemplo de ello tenemos que la vida social en lo rural se realiza por fuera en un corredor, en la urbana, la vida social se realiza dentro, por lo que se presenta una nueva escala de transfiguración que son las **subdivisiones**, cuando la economía no permite hacer alguna ampliación se opta por hacer subdivisiones internas mediante paneles de madera, ladrillos o bloque. La última escala de transfiguración es una suma de todas las anteriores donde no queda rastro de la vivienda vernácula, es una **nueva construcción** con nuevos materiales, diferente emplazamiento y diferente configuración espacial.

Por ello los espacios que se encuentran dentro de las viviendas analizadas son producto del grado de transfiguración que han tenido las viviendas tradicionales.

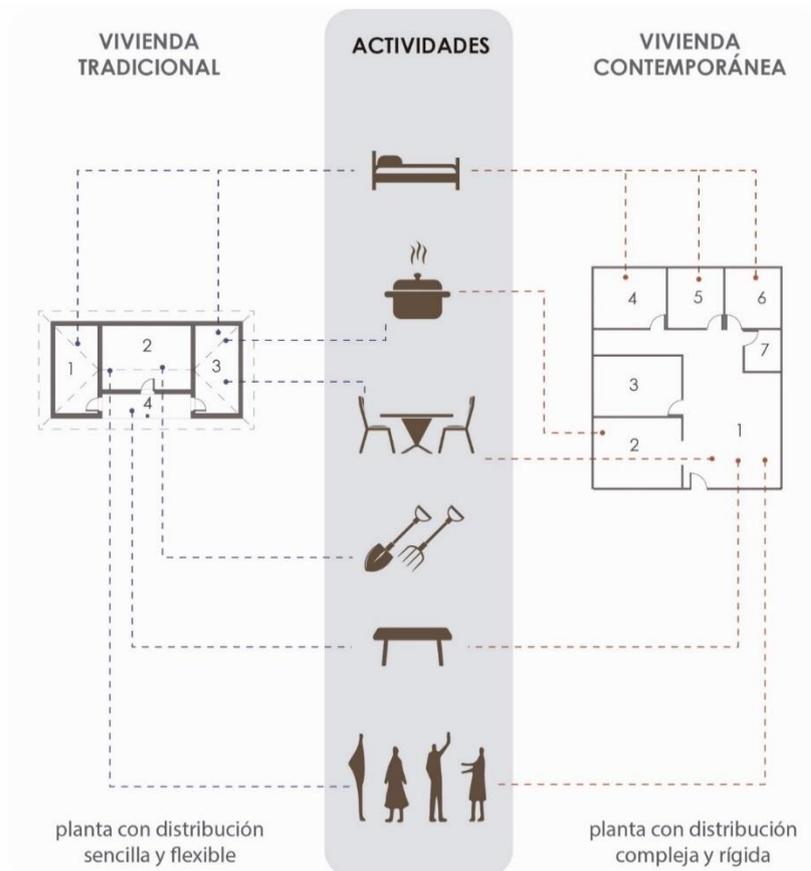


Figura 44. Espacios de la vivienda  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

### **3.8. Uso de espacios**

Lo que diferencia la vivienda vernácula de la urbana es la manera en la que se conciben los espacios internos que la configuran. La vivienda urbana contiene espacios orientados a la fragmentación, es decir cada uno de ellos cumple la función específica para la que fueron creadas -sala, cocina, comedor, estudio, etc.-. La vernácula parte de las actividades necesarias o básicas que se desarrollan de manera multifuncional – dormir, rezar, estar, comer-(Ascencio López, 2012).

## **CAPÍTULO IV: PARÁMETROS CLIMÁTICOS DEL ENTORNO**

#### 4.1. Datos climatológicos

Para determinar los datos climáticos del sector nos ayudaremos de la estación meteorológica M033 (La Argelia) que se encuentra a 2 km aproximadamente del centro del barrio Punzara Chico Alto. Para la presente investigación se tomará el registro de los últimos 20 años publicados por el INAMHI, que van desde los años 1993 hasta 2012. A partir del año 2013 en adelante solo existen datos meteorológicos anuales, pero como se necesita que los datos sean mensuales no se utilizaron años más recientes.

Código: M033  
Nombre: LA ARGELIA-LOJA  
Tipo: (AP) Agrometeorológica\*  
Latitud: 04°02'11" S  
Longitud: 79°12'04" W  
Altura: 2160 msnm

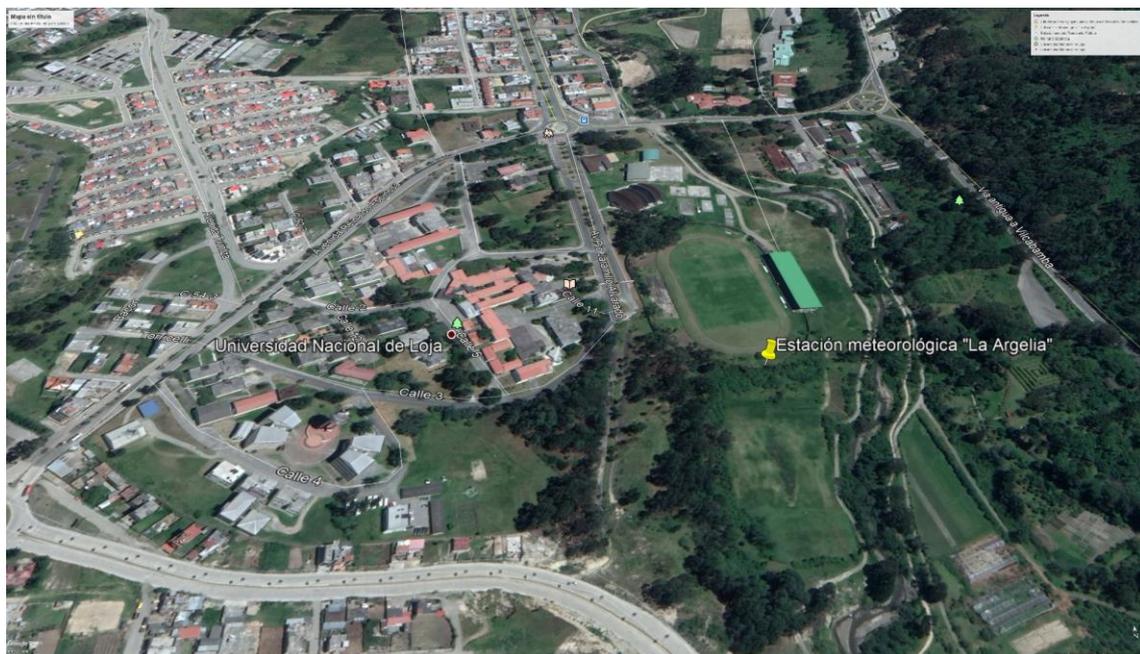


Figura 45. Ubicación de la estación meteorológica "La Argelia"

Fuente: Google Earth

Elaboración: Autor

---

\* En las estaciones agrometeorológicas o de referencia, se realizan observaciones horarias entre las 07 y 19 horas.

#### 4.1.1. Temperatura media (TA)

Tabla 10. Temperatura media máxima y mínima calculada desde 1993 hasta 2012

TEMPERATURA MEDIA													
AÑO		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	Max	21,5	21,5	21,7	22,2	22,3	19,4	19,5	19,8	21	21,2	23,2	22,3
	Min	11,4	12	12,5	12,5	11,3	12,3	12,4	11,4	11,9	12	10,5	12,6
1994	Max	21	20,3	21,1	21,4	21,7	19,7	18,8	18,5	20,3	23	22,6	22,2
	Min	12,1	12,3	12,4	12,2	12,1	11,8	12	11,9	12,7	10,2	11,8	12,7
1995	Max	20,8	22,8	22	21,9	21,3	21,6	21	21,8	21,1	23,2	23,1	22,4
	Min	11,8	11,9	12,3	12,8	12,6	12,3	11,3	10,8	12,2	11,5	12,7	11,6
1996	Max	21,2	20,5	21,9	21,9	21,7	20,5	19,6	19,3	20,6	23	23,7	21,9
	Min	11,9	12	12,6	12,6	12	12	10,6	12,1	12,4	10,8	9,9	12
1997	Max	22,3	19,9	21,4	21,6	20,2	22,6	18,6	18,9	22,4	23,3	22,2	
	Min	11,4	12,2	12,1	12	12,5	11	12,2	12,6	11,4	12	11,8	
1998	Max	20,9	22,6	22,1	22,8	21,8	19,7	19,4	21,1	23,1	22,5	22,7	23,4
	Min	12,6	13,4	13,4	13,1	13,5	12,2	12,4	11,5	10,8	11,9	11,6	9,4
1999	Max	21,7	20,6	21,3	20,1	20,7	20,6	18,6	19,5	21,2	21,9	23,7	20,7
	Min	12,1	12,3	11,9	12,1	11,8	11,5	12,3	10,4	11,1	11,4	11,8	12,4
2000	Max	21,5	21,2	21,4	21	21,5	20,6	19,7	18,6	21,2	22,1	23,6	21,8
	Min	11,8	11,9	12,1	12,7	12,2	12,3	11,9	11,9	11,2	11,6	8,9	12,1
2001	Max	21,4	19,8	22	21,5	21,7	20	19,9	18,5	21,4	23,8	23,4	23,3
	Min	12,3	12,8	12,2	12,5	12,8	12,8	12,6	12,7	11,5	13,2	11,8	12,4
2002	Max	21,7	20,8	22	21,5	21,2	19,8	19,8	19,2	22,1	22,3	21,4	22,1
	Min	12,1	12,3	12	12,3	13	12,4	12,7	12,5	12,1	12,2	12,2	12,6
2003	Max	20,2	20,6	20,9	21,6	20,3	20,9	19,2	20,9	23	23,9	24,3	21,9
	Min	11,7	12,7	12,1	12,2	12,5	11,9	12,3	12,7	12	12,3	10,6	12,5
2004	Max	23,7	22,5	20,4	22,5	22,2	18,5	20,1	20,2	21,6	22,9	23,8	23,5
	Min	11,1	11,9	13,1	12,5	12,7	12,2	11,5	12,2	11,8	11,7	11,9	11,5
2005	Max	22,8	22,1	22,6	22,6	22,4	20,8	20,7	21,2	22,6	23,6	23,4	22,9
	Min	11,2	13,1	12,9	13	11,8	12,5	11,9	12,1	12,7	11,7	9,5	11,6
2006	Max	21,8	22	22	22,4	21,7	20,9	20,4	21,2	22,4	24,2	24,2	23,4
	Min	12,8	12,8	12,7	12,3	12,4	13	13,5	13,4	13,2	11,8	12,2	12,9
2007	Max	22	22,1	22	23,2	22,1	19,1	21,7	20,5	20,4	22,9	21,4	22
	Min	13,9	12,7	12,9	13,2	12,4	11,8	11,7	11,8	12,9	11	12,7	11,8
2008	Max	20,4	20	21,8	21,7	20,9	20,9	19,4	20,7	20,8	22,6	23,1	23
	Min	12,5	12,2	11,7	11,9	12	11,3	10,9	10,2	11,8	11,7	11,4	11,8
2009	Max	21	20,9	22,1	21,6	21,9	20,7	19,8	20,3	20,6	22,9	23,2	23,6
	Min	12,5	12,6	12,3	12,8	11,9	12,3	12,3	12	12,7	12,2	11,1	12,3
2010	Max	20,7	21,7	22,4	23,4	22,7	20,6	22,6	21,5	22,4	23,3	22,8	22,3
	Min	12,7	13,3	13,5	13,3	13,1	12,8	11	10,7	11,4	11,5	10,2	11,6
2011	Max	21,8	22	22,5	22,4	21,1	21,5	19,2	20,6	20,5	22,9	23,1	21,6
	Min	11,8	12,3	11,8	12,3	11,8	12,2	12,1	12,6	12,7	10,7	11,2	12,8
2012	Max	21,9	21,3	21,5	22,6	20,7	20,1	19,4	20,4	20,5	22,5	23,2	22,3
	Min	12,7	12,3	13,1	11,5	12,9	12,2	12,8	12,9	12,9	12,6	12,8	11,9
MEDIA	Max	21,52	21,26	21,76	22,00	21,51	20,43	19,87	20,14	21,46	22,90	23,11	22,45
	Min	12,12	12,45	12,48	12,49	12,37	12,14	12,02	11,92	12,07	11,70	11,33	12,03

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

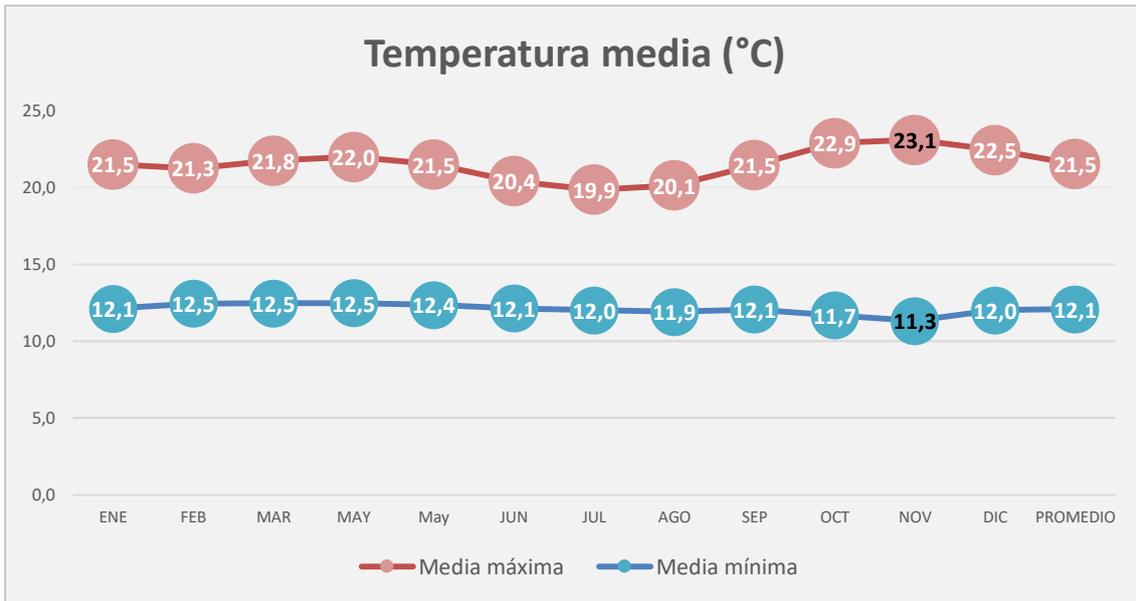


Figura 46. Gráfica de temperatura media máxima y mínima (1993 - 2012).

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

Tabla 11. Promedios de temperaturas máximas y mínimas

PROMEDIOS		
	Media máxima	Media mínima
Enero	21,5	12,1
Febrero	21,3	12,5
Marzo	21,8	12,5
Abril	22,0	12,5
Mayo	21,5	12,4
Junio	20,4	12,1
Julio	19,9	12,0
Agosto	20,1	11,9
Septiembre	21,5	12,1
Octubre	22,9	11,7
Noviembre	23,1	11,3
Diciembre	22,5	12,0
PROMEDIO	21,5	12,1

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

En la tabla 11, se muestra los promedios de temperatura media máxima y mínima de cada mes a lo largo de los años 1993 hasta 2012.

El mes de NOVIEMBRE presenta una temperatura media máxima de 23,1 °C y una temperatura media mínima de 11,3°C.

El promedio total de los doce meses: media máxima 21,5 °C y a media mínima 12,1°C.

#### 4.1.2. Humedad relativa (RH)

Tabla 12. Humedad relativa máxima y mínima calculada desde 1993 hasta 2012

HUMEDAD RELATIVA MÁXIMA - MÍNIMA													
AÑO		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	Max	96	96	96	94	96	96	94	97	95	98	97	96
	Min	44	41	49	51	44	36	49	35	45	44	34	38
1994	Max	96	94	97	97	99	98	96	94	98	99	98	98
	Min	45	47	49	48	44	46	45	46	46	33	46	43
1995	Max	96	97	98	98	98	96	98	98	96	96	96	98
	Min	35	46	45	47	47	43	38	31	42	35	47	32
1996	Max	96	96	98	96	94	96	95	96	95	95		96
	Min	45	45	47	41	41	44	38	41	40	35		38
1997	Max	96	94	98	98	95	96	94	90	95	94	95	
	Min	43	51	35	48	46	35	43	46	38	31	34	
1998	Max	98	94	95	96	96	95	94	96	98			96
	Min	46	50	48	44	37	39	39	39	36			30
1999	Max	96	96	96	94	95		96	96	96	100	96	98
	Min	34	45	39	45	40		37	33	42	43	39	50
2000	Max		96	97	98	98	98	98	98	97	98	97	96
	Min		44	48	43	46	55	45	42	35	37	26	39
2001	Max	95	96	96	96	97		94	92	98	95		98
	Min	41	46	48	42	41		46	38	34	39		42
2002	Max	94	98	94		95	98		95	95	99	95	94
	Min	42	41	44		36	47		44	29	36	42	44
2003	Max	96	95	100	94	94	94		94	95	95		
	Min	42	41	38	43	49	45		40	39	40		
2004	Max		98	95	94	95	100	96	94	95	97	95	94
	Min		44	41	46	47	50	46	44	37	38	37	34
2005	Max	96	98	98	94	97	95	96	95	95	95	97	96
	Min	32	44	44	33	32	45	31	35	33	36	26	34
2006	Max	95	95	98	96	96	95	94	94		98	96	94
	Min	42	42	47	43	43	42	44	39		23	35	36
2007	Max	93		99			96	95	98	94			95
	Min	45		42			51	39	42	47			36
2008	Max	93	94	95	98	94		95	97	94	94	96	95
	Min	46	47	44	46	44		42	32	41	37	38	37
2009	Max	95	94	94	94	96	95		98	95	94	96	96
	Min	39	46	37	36	37	40		34	42	43	25	37
2010	Max	95	94	93	94	94	94	96	98	98			95
	Min	45	45	47	43	39	44	39	29	33			38
2011	Max	98	98	96	98	100	96	96	95	99		96	99
	Min	36	39	44	46	32	47	47	38	47		29	43
2012	Max	98	98	96	98	99	98	95	96	94	98		98
	Min	46	51	43	44	49	45	33	34	38	42		35
MEDIA	Max	96	96	96	96	96	96	95	96	96	97	96	96
	Min	42	45	44	44	42	44	41	38	39	37	35	38

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

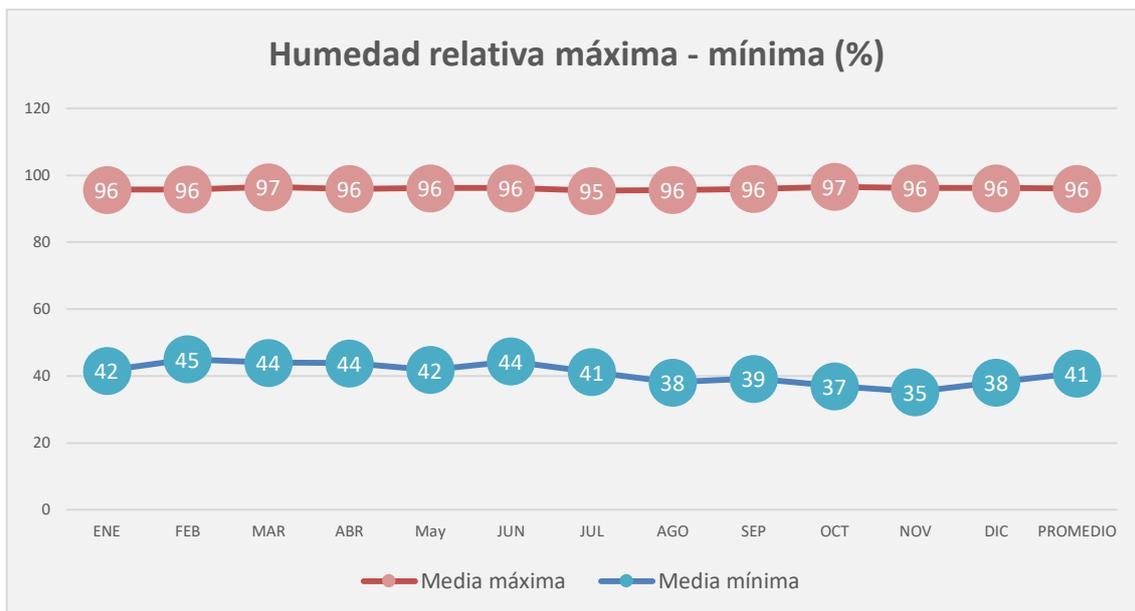


Figura 47. Gráfica de humedad media máxima y mínima (1993 - 2012).

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

Tabla 13. Promedios de humedad relativa máximas y mínimas

PROMEDIOS		
	Media máxima	Media mínima
Enero	96	42
Febrero	96	45
Marzo	96	44
Abril	96	44
Mayo	96	42
Junio	96	44
Julio	95	41
Agosto	96	38
Septiembre	96	39
Octubre	97	37
Noviembre	96	35
Diciembre	96	38
PROMEDIO	96	41

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

En la tabla 13, se muestra los promedios de humedad relativa máxima y mínima de cada mes a lo largo de los años 1993 hasta 2012.

La humedad media máxima se mantiene entre 95 y 96%, elevándose en el mes de octubre con 97%. La humedad media mínima oscila de 38% a 45% a lo largo del año.

El promedio total de los doce meses a: media máxima 96 % y a media mínima 40,8%.

#### 4.1.3. Viento promedio mensual y frecuencia de vientos (FF)

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) define la velocidad del viento como el movimiento del aire con respecto a la superficie de la tierra en una dirección y velocidad determinadas. Las direcciones se toman de donde viene o procede el viento. Estas medidas son expresadas en metro por segundo (m/s) mediante la escala de Beaufort (Tabla 15) (INAMHI, 2014).

Para tabular los datos se organizó la información del INAMHI en ocho tablas, una para cada dirección registrada (norte N, noreste NE, este E, sureste SE, sur S, suroeste SW, oeste O, noroeste NO), con los veinte años de estudio (1993 - 2012). Con el fin de obtener sus promedios e identificar los meses con más y menos vientos registrados, y conocer en qué dirección el viento toma más fuerza.

Tabla 14. Velocidad media del viento – NORTE calculada desde 1993 hasta 2012

Velocidad media del viento - NORTE												
AÑO / MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	3,5	3,9	3,5	2,9	2,7	4,1	4,7	4,5	2,6	2,4	2,2	2,5
1994	2,3	3,3	3,2	2,4	2,8	4,1	4,4	4,2	4,1	2,6	2,4	3
1995	3,1	2,4	2,8	2,7	2,8	3,6	3,2	2,6	3	2,7	2,4	2,5
1996		2,5	2,4	2,2	2,8	2,9	3,7	2,6	2,7	2,1	2,4	2,5
1997	2,1	2,5	2,4	2,2	2,7	2,1	4,7	2,5	2,2	2,5	2	
1998	2,5	2,2	2,2	2,2	3,9	3	2,3	2,7	2,5	2,2	2,2	2,2
1999	1,9	2,2	2,6	2,5	2,3	2,1	3,6	2,6	2	2,8	2,2	1,6
2000	2,4	2,7	2,3	1,9	2,1	2,3	4	2,7	2,3	3,2	1,8	2
2001	1,9	3,2	1,7	2,1	1,8	4,2	3,1	4,3	2	2		1,5
2002	2,3	1,9	1,6	1,5	3,6	5,1		6,3	3,4	1,9	2,5	2,3
2003	2,3	2,9	2,4	2,1	3,1	2,6		3,7	3,3	2,3	2,2	2,6
2004	2,5	2,4	2,9	1,9	2,1	4,6	2,7	4,5	3,2	2,2	2	2,2
2005	1,9	2,7	2,1	2	2,8	2,8	5,2	4,6	3,2	2,6	2,4	3,1
2006	3,9	1,8	4	3,1	3,6	6,8	7,1	5,7		3,3	3	3,5
2007	4		3,6	2,4		5	7	4,2	4,2			2,8
2008	3	2,9	2,5	3	3,1		3,4	3,6	4	2,9	2,8	2,7
2009	3,2	3,2	2,6	3,5	3,8	4,5		4,7	4,4	3	2,8	3
2010	3,5	5,2	3,7	3,1	3,8	4	3,9	3,9	3,5			2,8
2011	4	3,7	4	2,9	4,7	3,6	4,9	4,3	3,4		2,1	2,3
2012	2,9	2,1	4,5	2,4	4,9	4,1	5,8	3,2	4,3	2,9		3,3
<b>PROMEDIO</b>	2,8	2,8	2,9	2,5	3,1	4,9	4,3	3,9	3,2	2,6	2,3	2,5

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

Tabla 14. Velocidad media del viento – NORESTE calculada desde 1993 hasta 2012

Velocidad media del viento - NORESTE												
AÑO / MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	3	3,4	3,1	3	3,5	3,5	3,7	4,3	2,5	3	2	2,3
1994	2,4	2,7	2,5	2,6	2,7	4,2	5,3	3,7	3,2	3,3	2,9	3
1995	3,9	2,4	2,8	4,4	2,9	3,7	3,8	3,3	3,9	3,1	2,1	2,3
1996		2,3	2,2	2	2,5	3,5	3,9	2,9	2,8	2,4	2,7	3,1
1997	2,3	3,4	2,5	2,6	3,2	2,3	5,2	4	2,2	2,2	1,9	
1998	2,6	3,2	2,3	2,3	3,8	4,1	3,4	3,1	3,4	2,7	2,9	2,4
1999	2,8	3,4	2,9	2,7	2,9	2,3	4,6	3,8	2,9	2,6	2,4	2
2000	3	2,3	3	2,5	2,5	2,2	3,8	4,2	3	3	2,3	2,4
2001	1,9	3,5	1,8	2,3	1,8	5,8	3,4	3,8	1,4	2,5		2,3
2002	1,6	1,9	2,2	2	4,3	3,5		7,5	3,8	2,2	1,8	2,3
2003	3,3	3,5	2,6	3	3,1	2		4,2	3,9	2,8	2,3	4
2004	2	3	2,5	1,5	2,3	4,9	2,9	5,1	4,1	3,1	2,6	3,1
2005	2,3	2,3	2,1	2,1	2	2,2	7,7	4	4,8	2	3,3	2
2006	5	2,3	3	3,2	3,2	5,7	6,8	4,6		0	4	3
2007	6		3	3		4,3	8,2	2,4	3,1			0
2008	2	3	2,6	2,2	3,8		3,2	3,3	3,3	3,6	3,3	2,8
2009	3,1	2,8	3,4	2,9	5,2	2,7		3,5	5,8	3,1	2,8	2,9
2010	3,3	4,6	3,4	3,8	2,9	3,8	4,2	3,7	3,4			2,3
2011	4,1	2,8	3,1	2,6	3,6	3,2	4,6	3,8	3,4		2	2,9
2012	2,6	2	3,5	3	3,4	4,2	5	3,4	3,8	2,9		3,2
<b>PROMEDIO</b>	2,9	2,9	2,7	2,7	3,1	3,6	4,7	3,9	3,2	2,6	2,6	2,5

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

Tabla 14. Velocidad media del viento – ESTE calculada desde 1993 hasta 2012

Velocidad media del viento - ESTE												
AÑO / MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	1,5	0	0,7	2	2,7	0,7	3,7	3	3,3	1,6	2	0,9
1994	1,7	1	1,3	1,3	2,8	2,1	2	2,2	3,2	2,8	1,8	2,3
1995	3	1,6	1,6	2,8	1,3	2,3	3	2,7	2,3	2,8	2	1,3
1996		2	2	2,7	2,7	3,2	3,6	2,5	2,8	2,4	2,6	3
1997	2,4	1,8	3	2,6	1,7	2,2	2,3	3,5	2,5	2,1	2,3	
1998	3	1,8	2,6	2,7	4,2	4,3	2,8	2	2,3	3	1,8	2,2
1999	2	2,3	2,4	4,3	2,4	2,2	3,9	3	2,3	0	1,8	2
2000	3	2	4	2	2,3	1,7	3	3	3	2	1,8	0
2001	2,7	0	2	3	0	2,8	4	2	1	7		0
2002	1,5	0	2	0	4	0		11	3	3	0	0
2003	0	2	2	0	0	0		0	4	0	3	0
2004	0	1	0	0	0	2,8	0	3,4	6	2	1,8	0
2005	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2006	4	0	2	0	0	2	5,5	4		4,5	0	3,7
2007	4		2	0		0	4	6	0			0
2008	0	0	0	0	3		0	0	0	2	0	0
2009	2	3	4	3	0	0		3	3	3,7	2	4
2010	3,8	2	0	5	5,5	4,3	2,5	5,3	5			3
2011	0	4	3,3	0	0	0	4,7	5,5	0		0	1
2012	0	0	6	0	0	2	6,3	4,7	6	1,7		2,5
<b>PROMEDIO</b>	1,9	1,3	2,0	1,6	1,7	1,7	3,0	3,3	2,6	2,4	1,4	1,5

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

Tabla 14. Velocidad media del viento – SURESTE calculada desde 1993 hasta 2012

Velocidad media del viento - SURESTE												
AÑO / MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	5,3	2,3	1,3	3	2,2	2,7	0	0,7	0	2	2,3	1,3
1994	2,7	1,5	1,3	1,3	2	4,8	0,7	2,8	1,3	2,9	4,5	2,7
1995	1,3	2,3	2	2	2	3	1,8	2,3	3,5	3,3	2,4	2,2
1996		2	2,4	1,8	2	3,3	10	2	4	2	2,4	2,6
1997	2,4	3	1	4	1,5	2	4,4	3	3	2,1	2,4	
1998	2	2	2	2	3,2	7	4	2,6	2,8	3,5	2	2,3
1999	1,3	2	2	4	1,8	2,3	9	5	2,5	2	1,8	2
2000	2,3	2,3	2	3	0	2,3	4,2	4	1,8	3	2,3	1,5
2001	1	0	0	3	0	0	0	0	0	2		2
2002	1,6	2	2	2	1	3		0	1,8	2	0	0
2003	0	6	0	0	0	0		4	6	2	0	4
2004	2,3	1,7	1,5	2	2	5,5	0	5,5	3,1	2,1	2,2	1,7
2005	2,6	1,5	1,7	1,8	3,5	2,1	6,5	4,3	3,3	1,5	0	2
2006	3	3	3	2,8	3,5	7	4,5	4		2	2,5	0
2007	3,6		2	3,6		3,9	5,5	4,9	3,7			0
2008	0	2	2	0	2		4,3	4	0	0	4	2
2009	0	3,3	2	0	4	3		3,7	4	3	3,5	3
2010	4	0	3	3	4	2	3	3,8	3			2,3
2011	2,8	0	2,4	2,2	3,3	2,5	4	4	4		2	0
2012	2	0	0	2,5	0	0	5,5	4,5	4	4		0
<b>PROMEDIO</b>	2,1	1,9	1,7	2,2	1,9	2,8	3,7	3,3	2,7	2,3	2,1	1,7

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

Tabla 14. Velocidad media del viento – SUR calculada desde 1993 hasta 2012

Velocidad media del viento - SUR												
AÑO / MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	0	0	1,3	0	2,3	1,7	0	2	0	0,7	0,7	0,7
1994	2	3,3	1,3	0,7	0	0	3	3	2,5	1,3	2,3	1,9
1995	0,7	2,3	1,3	2,7	3,3	0,7	1	0	0,7	1,7	1,3	1,3
1996		2	2,5	0	4	3	9	2,5	2,7	2,4	2	2
1997	2	0	0	0	4	0	3,5	2	3,3	1,8	1,8	
1998	0	3	0	2,5	2,5	5	2	0	0	2	2,2	2
1999	1,8	1	3	0	2	2	0	2,7	1,5	3	1,9	1
2000	2,3	2	2	3	2	2,3	0	4,7	2,6	0	2	3
2001	1,4	2	0	2,8	2,5	3	0	6,7	1,4	4,5		1
2002	2,2	1,5	2,5	0	4	3		0	2,3	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0		7	4,5	4	2,3	2
2004	1,3	1	2,3	2,2	2	4,5	2,1	5,8	3	2,2	2,1	1,8
2005	2,8	2,3	2	1,7	3,5	4,8	4,2	1,7	3	2,7	2,1	4
2006	4	2,4	2,6	3	4,6	4,1	11	4,6		2,6	2,7	3
2007	2,3		2,8	3,9		4,2	11,7	4,1	3,7			3
2008	0	2,3	2,3	2	0		0	0	0	0	0	2
2009	0	4	2,8	0	0	6		3,7	3	2,5	3,2	0
2010	3	0	0	4	2	3	4	4	4			2,7
2011	0	2	2	2,7	3	0	8	4,5	6		2,7	2
2012	3	2	0	2	2	4,5	4,5	5,5	0	4		2,7
<b>PROMEDIO</b>	1,5	1,7	1,5	1,7	2,3	2,7	3,8	3,2	2,3	2,1	1,8	1,9

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

Tabla 14. Velocidad media del viento – SUROESTE calculada desde 1993 hasta 2012

Velocidad media del viento - SUROESTE												
AÑO / MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	0	2	0	0	0	0	2	1	0,7	0,7	2	0
1994	1	0	2	0	1,3	0	2	3	1,7	2	1,8	2,8
1995	1,9	1,3	2,8	2,7	1,3	2,7	0	4	4	2,7	2	2
1996		2,5	2,8	2	4	2	7,8	12	3	0	2,6	2,9
1997	2,4	2	2,8	3	0	2	6,3	5,6	0	0	3	
1998	4	3	2	2	2,7	0	3	5	3	2,3	2,8	2,7
1999	2,7	0	0	0	2	2	6	6	2	2,9	2	1,9
2000	2,8	2,7	2,4	2	2	1,5	2	4,3	2	5,5	2	2,8
2001	3	2	2	3	4	1	0	5,3	1	3		0
2002	1,5	0	0	1,5	0	3		4	6	2	0	0
2003	0	4,5	0	0	0	2		4	3	4	3	3,3
2004	2,3	2	3,5	2	2,2	7,3	2,8	5	4,2	0	2,7	2,1
2005	2,3	2	2	2	2,1	2,5	4,5	2,7	4,5	3,2	2	2
2006	3,2	2,4	2,8	2,7	3,5	4,7	6,8	3,7		3,3	3,3	2,8
2007	3,5		3,4	3,2		4,9	5	3,4	4,1			2,7
2008	0	0	3	2	0		0	0	0	0	0	2,8
2009	0	0	0	0	0	3		0	5,5	2,6	2,8	0
2010	0	0	0	0	6	2	4,5	0	4,7			2,7
2011	3,9	4,5	4,3	0	0	0	3,3	4	4		2,7	1,7
2012	1,5	2,5	0	2,7	3	4,5	3	4,5	8	3,3		3
<b>PROMEDIO</b>	1,9	1,8	1,8	1,5	1,8	2,4	3,5	3,9	3,2	2,2	2,2	2,0

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

Tabla 14. Velocidad media del viento – OESTE calculada desde 1993 hasta 2012

Velocidad media del viento - OESTE												
AÑO / MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	0,7	1,3	0	0,7	0	0,7	1,6	0	2,7	2	1,3	1,7
1994	0	1,3	0	0,7	0	1	4	1,3	2	2	0,7	0,9
1995	3,3	0,7	0,7	0,7	0,7	0	0	0	0	0,7	0,7	0
1996		2	2	2	0	0	12	2	4	0	2,2	2,4
1997	2,1	2,3	2,3	2	4	1,5	4	0	2	2	0	
1998	0	0	2	2	6	3	3	2	0	0	1,8	1,8
1999	1,9	0	3,3	0	2	0	6	3	3,3	2,7	3,3	1,8
2000	2	2,1	1,3	2	2,9	2	2,9	3,7	2,2	1,8	2,4	2,2
2001	1,5	10	1,8	2	0	0	4	4,5	1,6	0		0
2002	1	0	2	2	0	0		0	0	0	2	0
2003	2	0	0	0	0	0		3	0	2	0	0
2004	2	2	3,3	4	2	0	3,2	3,8	2,5	2,5	2,7	1
2005	2,6	0	0	4	0	0	0	0	6	2	1,8	3
2006	4,2	1	2	3,2	3	5,4	10,3	5,5		4,8	2,8	2,5
2007	5		3	0		3,4	0	2,5	0			2
2008	2	0	2	2	2,5		0	0	0	0	2	2
2009	0	0	0	3	0	0		0	2,5	0	2	0
2010	0	0	0	2	3	2	5	2	3			3
2011	3	3,5	3,5	2	3,3	4,7	4,7	0	3		2,8	2,3
2012	0	3,3	2	2,6	0	0	5	0	4,5	1,5		2,7
<b>PROMEDIO</b>	1,8	1,6	1,6	1,8	1,5	1,2	3,9	1,7	2,1	1,4	1,8	1,5

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

Tabla 14. Velocidad media del viento – NOROESTE calculada desde 1993 hasta 2012

Velocidad media del viento - NOROESTE												
AÑO / MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	3,5	3,9	3,2	3,6	4	7	4,9	5,9	3	3	2,8	3,8
1994	2,3	2,1	3,2	3	2,6	4,7	6,5	5,2	3,9	3,5	2,4	3,7
1995	2,9	2,3	3,3	3,4	3	3,5	3,7	3,1	5,1	1,4	1,8	2,3
1996		2,3	2,3	2,2	3	3,8	4,3	3,8	3,6	2,5	3,1	3,2
1997	2,3	2,7	2,6	3,1	2,6	3,2	5,2	4,8	3,4	3,1	2,2	
1998	2,8	2	2,3	2	3,5	3,3	3,4	3,5	2,5	2,8	2,3	2,4
1999	2,4	3,1	2,7	2,8	2,6	2,5	5,6	3,3	2,7	3,1	2,1	1,8
2000	2,8	2,7	2,6	3,6	2,4	3,6	3,9	3,9	2	3,8	2	2,3
2001	1,7	3,5	2	2,5	2,5	5	1,8	3,6	2	4		2,4
2002	2	2,5	2,1	2	4,3	5,3		12	3,6	2,7	1,6	0
2003	5	3,5	5	2,8	2,6	5,3		3,7	3,3	2,8	3,5	2
2004	3,6	3	3,3	2,5	3,2	4,2	2,5	4,2	4	2,6	2,5	2,3
2005	2,5	2	1,7	2,1	2,7	2,8	4,4	6,3	5,7	2,8	1,8	2,3
2006	3,8	2,6	2,3	2,8	3,1	5,4	6,8	4,7		3	2,8	3,1
2007	4,8		3,2	2,6		7	6,8	4,4	5			3,3
2008	3,5	3,4	2	4,8	4		4,5	3,3	2,3	3	3,5	2,8
2009	2	3,2	2,4	3	3	3,8		5,6	4	2,6	2,9	2,9
2010	4	6,8	5	3,5	2,7	4,8	3,5	3,3	4,9			2,4
2011	3,9	3,8	3,8	3,5	3	5,6	5,8	3,8	3,4		2,7	4
2012	2,5	2,5	2,4	2,5	2,8	6	6,7	3,6	3,5	2,2		1,7
PROMEDIO	3,1	3,0	2,9	2,9	3,0	4,6	4,7	4,6	3,6	2,9	2,5	2,6

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

Tabla 14. Promedio de la Velocidad media del viento calculada desde 1993 hasta 2012

PROMEDIO de la Velocidad media del viento													
DIRECCIÓN	ENE	FEB	MER	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
NORTE (N)	2,5	2,8	2,9	2,5	3,1	4,9	4,3	3,9	3,2	2,6	2,3	2,5	3,1
NORESTE (NE)	2,9	2,9	2,7	2,7	3,1	3,6	4,7	3,9	3,2	2,6	2,6	2,5	2,9
ESTE (E)	1,9	1,3	2	1,6	1,7	1,7	3	3,3	2,6	2,4	1,4	1,5	2,0
SURESTE (SE)	2,1	1,9	1,7	2,2	1,9	2,8	3,7	3,3	2,7	2,3	2,1	1,7	2,4
SUR (S)	1,5	1,7	1,5	1,7	2,3	2,7	3,8	3,2	2,3	2,1	1,8	1,9	2,2
SUROESTE (SO)	1,9	1,8	1,8	1,5	1,8	2,4	3,5	3,9	3,2	2,2	2,2	2	2,4
OESTE (O)	1,8	1,6	1,6	1,8	1,5	1,2	3,9	1,7	2,1	1,4	1,8	1,5	1,8
NOROESTE (NO)	3,1	3	2,9	2,9	3	4,6	4,7	4,6	3,6	2,9	2,5	2,6	3,4
PROMEDIO MENSUAL	2,2	2,1	2,1	2,1	2,3	3,0	4,0	3,5	2,5	2,3	2,1	2,0	2,5

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

Con la tabla 14 presenciamos que la mayor velocidad del viento se da en el mes de Julio con 4,0 m/s desde este mes desciende hasta llegar a la velocidad más baja en el mes de diciembre con 2,0 m/s y, desde aquí asciende nuevamente hasta el mes de Julio.

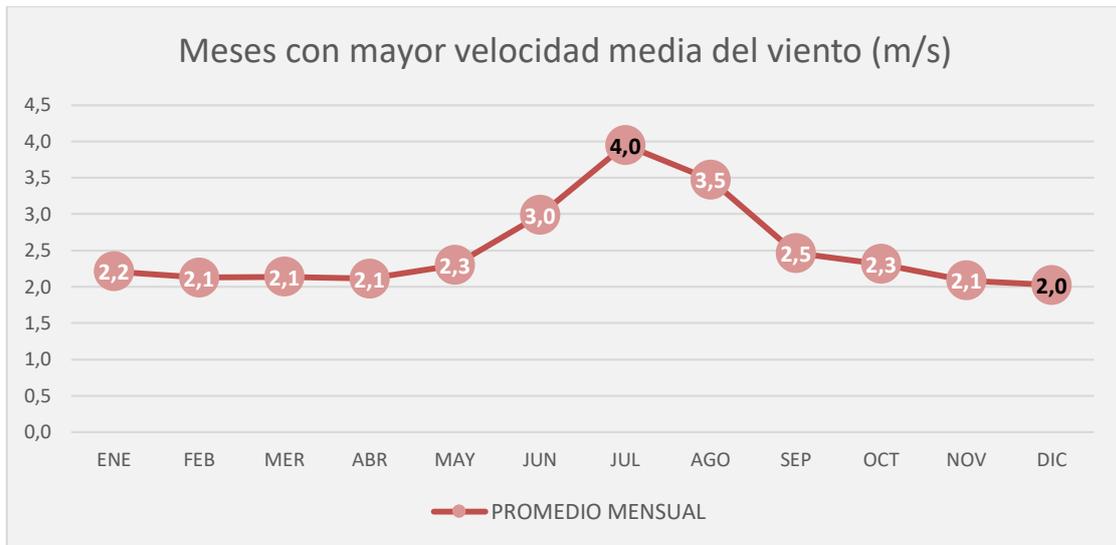


Figura 48. Gráfica de humedad media máxima y mínima (1993 - 2012).  
Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012  
Elaboración: Autor

En la figura 49, tenemos que los vientos con mayor frecuencia se dan en la dirección NOROESTE con una velocidad de 3,4 m/s. Los vientos con menor frecuencia provienen del OESTE con 1,8 m/s.

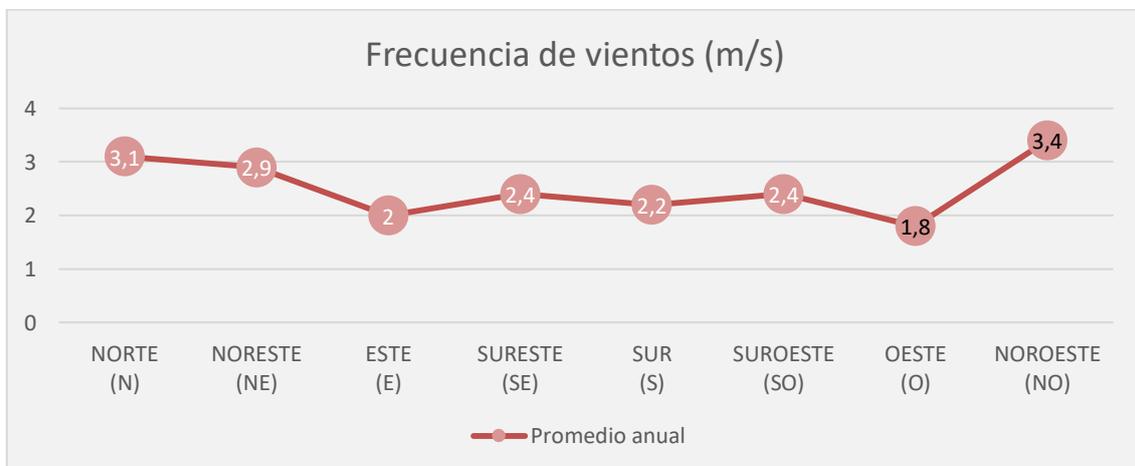


Figura 49. Gráfica de humedad media máxima y mínima (1993 - 2012).  
Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012  
Elaboración: Autor

Tabla 15. Escala de Beaufort

Escala de Beaufort	Denominación	Efectos de observación	m/seg	Representación
0	Calma	El humo se eleva en vertical.	0 a 0,53	
1	Ventolina o brisa muy ligera	El viento inclina el humo, o mueve banderas	0,53 a 2,06	
2	Flojito o brisa ligera	Se nota el viento en la cara.	2,06 a 3,61	
3	Flojo o pequeña brisa	El viento agita las hojas y extiende las banderas	3,61 a 5,56	
4	Bonancible o brisa moderada	El viento levanta polvo y papeles	5,56 a 8,61	
5	Fresquito o buena brisa	El viento forma olas en los lagos	8,61 a 11,39	
6	Fresco	El viento agita las ramas de los árboles, silban los cables, brama el viento	11,39 a 14,44	
7	Frescachón	El viento estorba la marcha de un peatón	14,44 a 17,50	
8	Duro	El viento arranca ramas pequeñas	17,50 a 21,11	
9	Muy Duro	El viento arranca chimeneas y tejas	21,11 a 24,72	
10	Temporal o tempestad	Grandes estragos	24,72 a 28,89	
11	Tempestad violenta	Devastaciones extensas	28,89 a 33,06	
12	Huracán	Huracán catastrófico.	33,06 y más	

Fuente: (INAMHI, 2014)  
Elaboración: Autor

#### 4.1.4. Precipitación (RR)

Se la define en meteorología como la caída del agua sólida o líquida por la condensación del vapor sobre la superficie terrestre, ya sea en forma de lluvia, granizo, nieve, escarcha, precipitación de la neblina o el rocío.

Tabla 15. Precipitación calculada desde 1993 hasta 2012

PRECIPITACIÓN - SUMA MENSUAL (mm)												
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	85,4	105,4	317,2	93,4	23,4	50,3	62,7	29,2	45,6	91,5	48	198,1
1994	213,8	77,6	285,5	123,3	54,1	53,8	81,5	69,3	37	29,6	42,8	104,6
1995	59,8	88	93,4	52,8	64,7	10,1	33,6	19,9	22,3	36,8	129	121,3
1996	98,3	126,9	153,2	97,8	30,7	46,5	38,6	34,4	37,1	57,9	13	27
1997	68,1	109,2	101,2	69,9	46,2	20,7	50,2	35,2	42	59,9	73,6	123,9
1998	40,4	101,9	136,2	88,5	51,2	75,2	49,5	35,7	31,4	116,7	85,8	39,2
1999	124,3	299,1	132,2	83,7	120,2	58,9	59,8	50,2	81,1	27,8	48,1	116,7
2000	152,1	178,5	192,1	105	81,8	86,8	37,1	50,3	67,7	31,6	25,4	57,6
2001	82,8	116,6	68,3	69,8	63,7	86,9	81,2	52,1	42	33,5	128	98,3
2002	102	99,8	53,5	126,7	68,2	39,2	62,8	5,9	18,2	67,7	71,4	70,6
2003	80,3	113,3	188	68,8	92,4	53,9	34,1	6,9	25	73,3	56,5	106,8
2004	48,1	119,0	177,6	198,7	46,5	85,4	47,5	12,1	25,2	125,8	95,3	96,3
2005	46,4	134,5	173,6	157,6	33	79	15,3	13,4	18,1	86,2	62,5	98,3
2006	138,1	88,8	188,3	82,7	33,6	78,5	33,7	13,2	22,5	37,2	93,1	90,6
2007	50,1	66,3	93,5	99,1	80,7	120	11,3	152,4	55	55,7	153,3	77,6
2008	62,3	251	237,9	137,8	74,6	51,3	89,5	89,7	20,6	136,4	102,9	126,3
2009	133	90,2	134,4	93,1	43,3	29,8	55,7	61,9	55,6	69,7	26	118,4
2010	59,4	109,6	46,3	75,8	70,7	77,5	31,1	46,2	60,6	34,4	60	81,1
2011	58,2	205,3	131,4	154,5	87,1	56,1	101	54,7	89,8	80,9	155,9	163,7
2012	147	201,6	60,5	97,8	82,1	82,2	16,6	32	32,8	116,4	110,1	117,3
<b>PROMEDIO</b>	<b>92,5</b>	<b>134,1</b>	<b>148,2</b>	<b>103,8</b>	<b>62,4</b>	<b>62,1</b>	<b>49,6</b>	<b>43,2</b>	<b>41,5</b>	<b>68,5</b>	<b>79,0</b>	<b>101,7</b>

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

En la figura 50 se observa el proceso cíclico que lleva la precipitación a lo largo del año, la mayor cantidad en MARZO con 148,2 mm y la menor en SEPTIEMBRE con 41,5 mm.

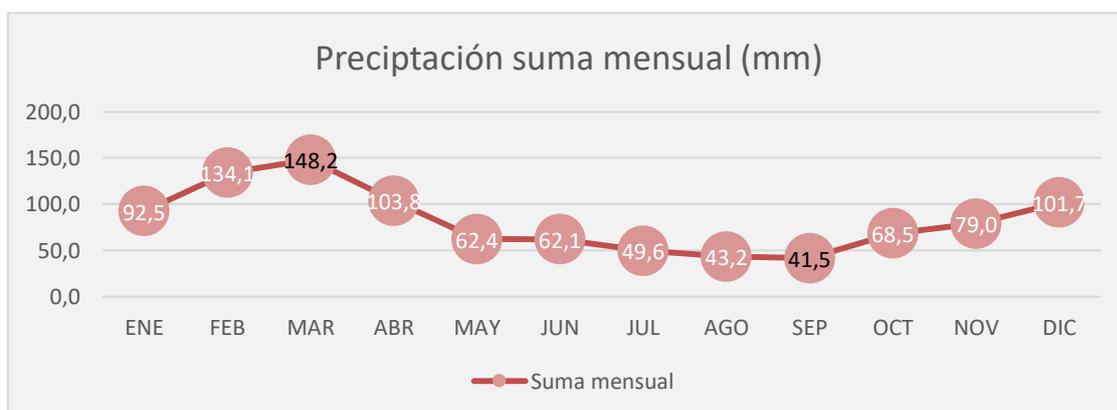


Figura 50. Gráfica de precipitación mensual (1993 - 2012).

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

Tabla 16. Días con precipitación calculada desde 1993 hasta 2012

DÍAS CON PRECIPITACIÓN												
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	13	25	24	6	24	18	14	18	24	18	1	11
1994	30	24	13	6	13	1	3	20	26	29	4	25
1995	21	20	9	9	8	11	21	30	12	8	10	21
1996	13	29	10	13	15	28	18	8	16	14	28	25
1997	17	4	18	28	4	17	7	20	23	21	11	13
1998	7	19	11	18	26	21	21	27	9	27	13	14
1999	7	27	7	17	5	30	28	15	27	26	18	20
2000	28	22	18	18	10	21	26	19	24	4	30	28
2001	22	2	14	7	14	9	20	8	5	21	14	29
2002	2	4	5	7	21	15	5	7	7	22	5	20
2003	28	27	15	9	17	1	11	26	26	26	24	12
2004	6	19	26	13	25	3	30	18	7	24	19	15
2005	11	11	10	27	15	14	17	1	1	11	13	21
2006	19	5	24	4	21	5	28	10	5	6	10	11
2007	25	15	14	24	18	15	14	12	11			14
2008	5	26	30	4	26	21	24	8	30	31	12	25
2009	7	13	26	29	1	27	7	3	29	19	28	26
2010	5	6	13	13	21	20	15	4	15	19	13	30
2011	28	7	20	14	26	3	11	1	1	3	12	19
2012	20	28	20	7	14	23	17	27	9	23	5	12
<b>PROMEDIO</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>14</b>	<b>20</b>

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

En la figura 51 se muestra la gráfica de la tabla 16 junto con el resultado de la tabla 15 para mostrar la relación que existe entre el promedio de suma mensual de precipitación versus los promedios de días con precipitación a lo largo de todos los meses.

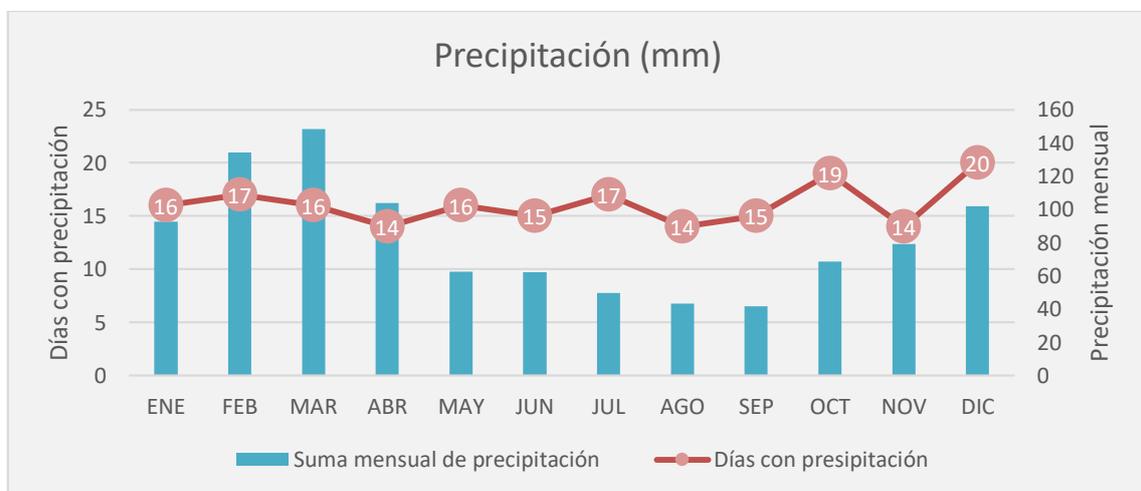


Figura 51. Gráfica de días de precipitación (1993 - 2012).

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI, 1993 - 2012

Elaboración: Autor

## 4.2. Vestimenta

La sensación de calor depende de la vestimenta. Se puede valorar numéricamente conociendo los coeficientes de transmisión térmica (tabla 17). Su unidad es el *clo* (*clothing*).

Los habitantes del barrio Punzara Chico Alto se dedican a la agricultura, ganadería, al comercio, algunos tienen pequeños almacenes en la ciudad. Hay una mezcla entre vida de campo y vida urbana, su vestimenta es igual al de la ciudad.

Los hombres visten camiseta, chompa de algodón, pantalón de tela, zapatos de lona, botas de caucho para el trabajo o zapatos de vestir cuando permanecen en casa los fines de semana. Según la tabla 17 estas prendas equivaldrían a 0.8 clo.

Las mujeres visten pantalón jean, blusa y chompa de algodón, zapatos de lona o botas de caucho para el trabajo, o zapatos de vestir cuando no tienen labores agrícolas o son amas de casa. Según la tabla 17 esta vestimenta equivaldría a 0,8 clo.

Tabla 17. Resumen del aislamiento térmico de la ropa

TIPO DE PRENDA	AISLAMIENTO TÉRMICO
<b>Ropa interior</b>	
<b>Calzoncillos</b>	0,03
<b>Bragas y sujetador</b>	0,03
<b>calcetines</b>	0,02
<b>Camisa, blusa, pantalón y abrigo</b>	
<b>Jersey normal</b>	0,28
<b>Jersey grueso</b>	0,35
<b>Camisa de manga corta</b>	0,20
<b>Pantalones normales</b>	0,25
<b>Zapatos</b>	
<b>Zapatos de suela fina</b>	0,02
<b>Botas</b>	0,05

Fuente: (F. J. Neila, 2004)  
Elaboración: Autor

### 4.3. Propiedades térmicas de los materiales

Estudios afirman que los materiales de construcción poseen diferentes comportamientos de acuerdo al clima al que son expuestos, algunos favorecen o perjudican la temperatura interna dependiendo de la capacidad de transferencia de calor que posean (Pezeshki, Soleimani, Darabi, & Mazinani, 2018).

La transferencia de calor es una cantidad vectorial y se produce mediante: conducción, convección y radiación (Asadi et al., 2018). La conducción implica la transferencia de calor a través de la excitación de los átomos, mientras que la convección implica la transferencia de calor a través del movimiento de la molécula inducida por la variación diferencial de temperatura; la transferencia de calor por radiación implica la transferencia de calor a través de la energía electromagnética (Pezeshki et al., 2018).

Las propiedades térmicas de los materiales forman parte de una de las propiedades físicas de los mismos, existen muchas, entre las básicas tenemos:

- **Densidad aparente**, la densidad aparente es la masa seca por unidad de volumen de una sustancia en condiciones naturales. El volumen de una sustancia en condiciones naturales se refiere al volumen sólido y al volumen de poros internos (Pezeshki et al., 2018).
- **Conductividad térmica**, es la propiedad de un material que indica su capacidad para conducir calor (Pezeshki et al., 2018).
- **Calor específico**, también llamado capacidad de calor específico, es la medida de la energía térmica que una sustancia en una unidad de calidad absorbe o libera cuando la temperatura aumenta o disminuye 1° K. Cuanto mayor sea el calor específico, mejor será la estabilidad de la temperatura interior (Pezeshki et al., 2018).
- **Difusividad térmica**, mide la velocidad de calentamiento. Los materiales con alta difusividad son materiales que se calientan rápido como los metales, rocas porosas, etc. Por el contrario, los materiales de baja difusividad son la madera, cartón, yeso, etc. (F. J. Neila, 2004).
- **Efusividad térmica**, indica la capacidad de los materiales a acumular calor. Una alta efusividad indica una gran acumulación de calor (metales, piedras, rocas porosas, pizarra, granito, terreno natural y hormigón armado), una baja efusividad una pequeña acumulación (aire, maderas ligeras y con alguna excepción, los aislantes térmicos) (F. J. Neila, 2004).

Tabla 18. Propiedades térmicas de los materiales

Material	Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica aparente (W/m.°C)	Calor específico (J/kg.°C)x10 <sup>3</sup>	Difusividad térmica (m <sup>2</sup> /s)x10 <sup>6</sup>	Efusividad térmica (s <sup>1/2</sup> ).W/m <sup>2</sup> .°C
Suelo vegetal	1800	1,8	0,92	1,09	1726
Hormigón armado normal	2400	1,630	1,06	0,64	2036
Acero	7850	58,000	0,45	16,42	14314
Piedra	2000 - 2500	2,500	0,87	1,15-1,44	2086-2332
Roca	1700 - 2500	2,330	0,70	1,33- 1,96	1665-2019
Mortero de cemento	1800	0,900	1,10	0,45	1335
Bloques huecos de hormigón	1000	0,440	0,84	0,52	608
Ladrillo macizo	1800	0,870	0,84	0,58	1147
Bloques de adobe	1510	0,450-0,800	0,85	0,35-0,62	759-1012
Tapial	1600	0,700	0,92	0,48	1015
Maderas ligeras (abelo, álamo, pino, cedro)	200	0,064	1,61	0,20	144
	300	0,087	1,61	0,18	205
	400	0,111	1,61	0,17	267
	500	0,133	1,61	0,17	327
	600	0,151	1,61	0,16	382
Zinc	6860	110,000	0,38	42,20	16984

Fuente: (F. J. Neila, 2004)  
Elaboración: Autor

#### 4.4. Datos resumidos

**Punzara Chico Alto** – Barrio rural de la ciudad de Loja – Zona rururbana

LATITUD: 4° 2'10.91"S

LONGITUD: 79°13'31.56"O

ALTURA: 2366m.s.n.m

TIPO DE CLIMA:

**Meses con extremos de temperatura:**

JULIO: Tmax 19.9°C; Tmin 12.0°C

NOVIEMBRE: Tmax 23.1°C; Tmin 12.0°C

**Velocidad media del viento:** 2.5 m/s

JULIO: se registra mayor velocidad de vientos, 4,0 m/s

DICIEMBRE: se registra menor velocidad de vientos, 2,0 m/s

**Frecuencia de vientos:**

Mayor frecuencia: Noroeste 3,4 m/s

Menor frecuencia: Oeste 1,8 m/s

**Precipitación:**

Marzo: 148,2 mm

Septiembre: 41,5 mm

**Días con precipitación:**

**Diciembre:** Más días

**Abril-agosto-noviembre:** menos días

**Datos adicionales**

**Número de ocupantes:** 5 personas

**Índice de arropamiento:** 0.8 clo

## **CAPÍTULO V: ANÁLISIS HIGROTÉRMICO (SIMULACIÓN NUMÉRICA)**

## 5.1. DesignBuilder – EnergyPlus

DesignBuilder es un software que permite la creación de modelos virtuales de edificios, con el fin de conocer el desempeño térmico, lumínico y energético. Los resultados se muestran sin necesidad de exportar la información a otro programa o incorporar alguna extensión. Estos resultados se obtienen en intervalos anuales, mensuales, diarios, por hora o fracciones de hora (Ordoñez, 2014).

Al comenzar a trabajar en DesignBuilder, tenemos que definir los datos climáticos, crear el modelo, definir datos del modelo y proceder a las simulaciones.

## 5.2. Datos requeridos

### 5.2.1. Zona de confort

Para definir la zona de confort se aplicará el Climograma de Bienestar Adaptado CBA elaborado por el profesor Javier Neila. Se considera la temperatura media máxima promedio de las medias anuales del sector (Tabla 11) que es de 21,5°C, a esta temperatura se le suma y resta 2,5 °C, el resultado **24°C** y **19°C** corresponde a los **límites máximos y mínimos de confort** respectivamente, con un porcentaje del 10% de insatisfechos y ampliable entre 25°C y 18°C con un 20% de insatisfechos.

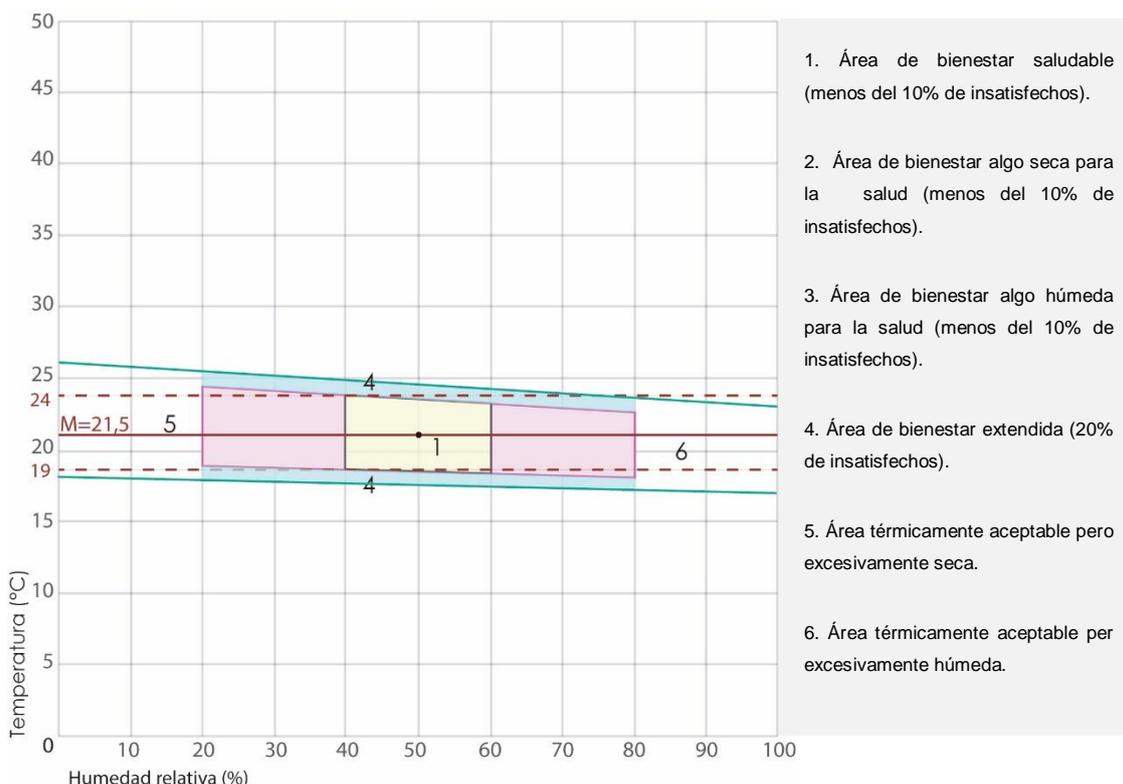


Figura 52. Climograma de bienestar adaptado del barrio Punzara Chico Alto

Fuente: (Neila, 2004)

Elaboración: Autor

## 5.2.2. Datos climáticos

### 5.2.2.1. *Meteonorm*

Meteonorm es un software que permite hacer cálculos climatológicos y tiene acceso a una amplia y uniforme base de datos. Es una referencia para la investigación del medio ambiente, la agricultura, la silvicultura o cualquier tema relacionado a la meteorología y la energía solar.

Los cálculos se realizan mediante una base de datos y algoritmos que se acoplan a un esquema predeterminado. Estos cálculos se obtienen en cinco pasos, (Figura 40):

1. Ubicación: se selecciona el lugar para el cual se desean los cálculos
2. Modificaciones: se realizan los ajustes específicos de la localización
3. Los datos: se ajustan los datos (años)
4. Formato: se establece el formato de salida
5. Salida: se calcula y almacena los resultados

Si el proyecto está cerca de la estación meteorológica, esta estación se la puede utilizar directamente. Recordando que no debe estar a más de 20 km de distancia y la altura no debe diferir en más de 100 m. Si no fuera el caso es posible dentro de los cinco pasos mencionados anteriormente ingresar datos propios con el fin de aproximar los resultados a la realidad. Para ello se ingresarían datos de ubicación, se harían ajustes en la localización para que el software proceda a la interpolación de datos con las estaciones que tiene acceso y poseen características semejantes al proyecto en cuestión, o bien se introduciría la tabulación propia de datos climáticos que dispongamos. En este caso se ingresó datos del INAMHI correspondientes a la estación M033 conocida como la Argelia. Los datos que no se disponían (radiación, promedios diarios u horarios de temperatura) fueron interpolados por el programa (Meteotest, 2017).

Por ello, en estos casos es importante reconocer que la base de datos y modelos computacionales solo se aproximan a la situación real, aunque no hay que desmerecer que la herramienta es útil en obtención de datos destinados al proceso de diseño.

Meteonorm nos permite guardar los archivos generados en una gran cantidad de formatos, uno de ellos es en TMY2, que como nos explica en el manual, esta es un formato que se puede incorporar en DesignBuilder, para dentro de dicho programa hacer la conversión a la extensión (\*.epw) que es la que lee el programa (Prado, 2018).

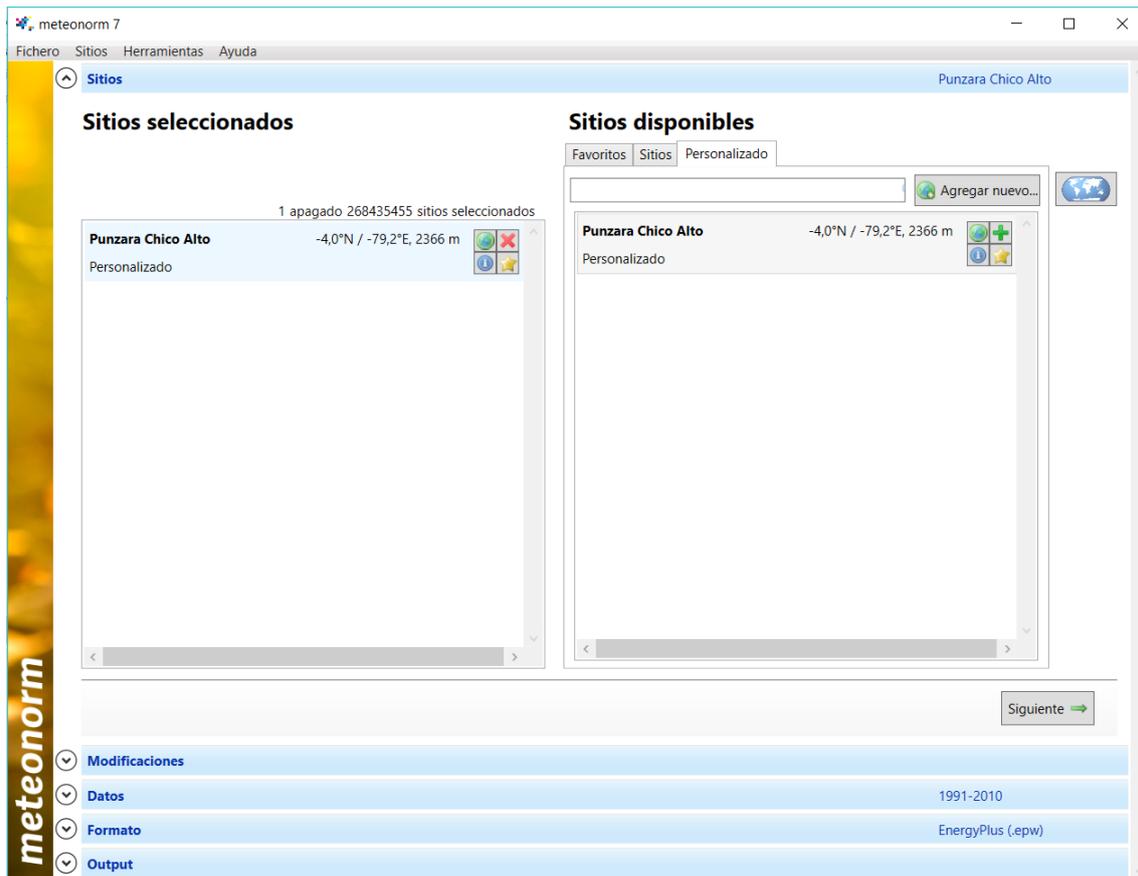


Figura 53. Ventana de Meteonorm 7, con los cinco pasos para realizar los cálculos  
Fuente: Meteonorm 7  
Elaboración: Autor

### 5.2.3. Creación de modelo digital

Para poder crear el modelo digital del edificio que se desea simular se debe pasar por tres secciones de la interfaz de usuario que proporciona el programa. La primera, se presenta en la pantalla inicial en donde se encuentran los archivos recientes, la biblioteca de componentes y la biblioteca de plantillas, aquí se puede abrir algún archivo y editarlo conforme nuestros requerimientos o bien, crear uno nuevo. La segunda, la pantalla de edición, donde se modela el edificio en dos dimensiones ya que la extrusión de los elementos se da de manera predeterminada ingresando datos de altura. La última sección, la pantalla de visualización, es la que permite ver el modelado con los materiales ingresados en la pantalla de edición, esta sección también permite indicar que cálculos deseamos obtener del software y que tipo de resultados requerimos ya sean anuales, mensuales u horarios.

Entendido esto, la creación de un modelo arquitectónico en DesignBuilder generalmente sigue esta secuencia:

1. Crear un nuevo **sitio**.
2. Crear un nuevo **edificio**.
3. Dibujar y modificar **bloques** para crear la geometría del edificio.
4. Dividir el edificio en **zonas** térmicas.
5. Especificar los datos del modelado.
6. Añadir **aberturas** personalizadas (ventanas, puertas, rejillas, etc) dibujándolas en el nivel superficie.
7. Dimensionar los sistemas de calefacción y refrigeración (solo si lo requerimos).
8. Verificar el diseño, llevando a cabo simulaciones horarias para periodos cortos en invierno y verano
9. Una vez que el modelo ha sido verificado en periodos cortos, puede ser utilizado para desarrollar simulaciones anuales y/o más detalladas

Esta secuencia está sujeta a una organización jerárquica en todos los niveles descritos (Figura 41). El fin es facilitar las configuraciones durante el modelado. En la jerarquía el nivel más bajo es el que hereda la información del nivel superior, es decir, las configuraciones que tenga el nivel edificio serán las que se heredaran a los niveles: bloque, zona, superficie y abertura. También se puede modificar cada una de ellas independientemente, pero es mejor trabajar tomando en cuenta la jerarquía para evitar múltiples modificaciones y ahorrar tiempo.

Existen variadas maneras de crear un edificio. Se puede modelar todo el edificio con un solo bloque y luego cortarlo en bloques que representen los pisos, o a su vez crear piso por piso hasta obtener el edificio en su totalidad.

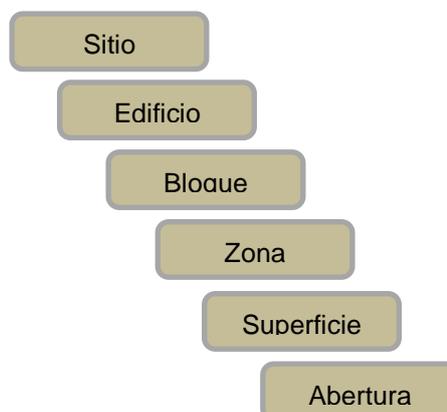


Figura 54. Organización jerárquica durante el modelado  
Fuente: Manual de DesignBuilder en español  
Elaboración: Autor

#### 5.2.4. Datos de actividades

Una vez modelado el edificio se procede a especificar en la etiqueta de actividad los datos relacionados con el de uso de las zonas (ocupación, confort y equipos), con el fin de identificar todo lo que aporte calor al edificio. En esta etiqueta se utilizará lo siguiente:

- **Plantilla de actividad**

En esta sección se especifica qué clase de actividad se desarrollará en la zona o edificio, puede ser de carácter residencial, industrial, oficina, etc. También el tipo de zona en el que se explica si estará ocupada, desocupada o intermedia.

- **Perfiles de ocupación**

En los datos de ocupación se define el número de personas que se encuentran dentro del edificio, así como los tiempos en que esto ocurre.

Tomando de referencia las viviendas a analizar se obtuvo un promedio de 5 personas por vivienda y se determinó los periodos de ocupación de cada una de acuerdo a sus actividades, obteniendo como resultado las siguientes tablas:

Tabla 17. Perfil de ocupación en tipología ladrillo - zinc

Tipología	Zona Interior	# personas	Área (m <sup>2</sup> )	Densidad (p/m <sup>2</sup> )	Periodo de ocupación
<b>Ladrillo y zinc</b>	Sala - cocina - comedor	3	12,05	0,25	05h00 a 20h00
	Dormitorio 1	2	11,18	0,18	19h00 a 05h00
	Dormitorio 2	1	11,09	0,09	19h00 a 07h00
	Dormitorio 3	1	12,22	0,08	19h00 a 07h00

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

Tabla 18. Perfil de ocupación en tipología Ladrillo - teja

Tipología	Zona Interior	# personas	Área (m <sup>2</sup> )	Densidad (p/m <sup>2</sup> )	Periodo de ocupación
<b>Ladrillo y teja</b>	Cocina - comedor	2	12,39	0,16	06h30 – 11h00 - 18h00
	Dormitorio 1	3	15,25	0,13	18h00 a 06h00
	Bodega	1	4,11	0,24	19h00 a 20h00

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

Tabla 19. Perfil de ocupación en tipología ladrillo - losa

Tipología	Zona Interior	# personas	Área (m2)	Densidad (p/m2)	Periodo de ocupación
<b>Ladrillo y zinc</b>	Sala - comedor	5	40,52	0,123	07h00 a 19h00
	Cocina	2	13,97	0,143	06h00 – 11h00 -18h00
	Dormitorio 1	2	12,20	0,164	20h00 a 06h00
	Dormitorio 2	1	10,01	0,099	20h00 a 06h00
	Dormitorio 3	1	7,46	0,134	20h00 a 06h00
	Dormitorio 4	1	7,72	0,129	20h00 a 06h00

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

Tabla 20. Perfil de ocupación en tipología bloque - zinc

Tipología	Zona Interior	# personas	Área (m2)	Densidad (p/m2)	Periodo de ocupación
<b>Bloque y zinc</b>	Cocina - comedor	2	6,82	0,293	06h00 – 11h00 -18h00
	Dormitorio 1	3	13,33	0,3	15h00 a 5h00
	Dormitorio 2	2	10,07	0,297	21h00 a 05h00

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

Tabla 21. Perfil de ocupación en tipología adobe - teja

Tipología	Zona Interior	# personas	Área (m2)	Densidad (p/m2)	Periodo de ocupación
<b>Ladrillo y losa</b>	Sala -comedor	2	18,31	0,109	13h30 a 18h00
	Dormitorio 1	2	20,88	0,095	05h00 a 20h00
	Dormitorio 2	1	15,57	0,064	20h00 a 05h00
	Cuarto de oración	3	3,46	0,867	18h00 a 19h30

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

- **Condiciones metabólicas**

Las condiciones metabólicas se establecen según la actividad realizada en la zona, estas se las puede escoger en las plantillas que contiene el programa. Para las simulaciones se utilizó la actividad “cocinando” dentro de la zona cocina, la actividad “ligeros trabajos manuales” en la zona sala, comedor y la actividad “durmiendo” dentro de las zonas dormitorio.

Es posible especificar el tamaño de la persona que ocupa el espacio, siendo 1,00 para hombres, 0,85 para mujeres, 0,75 para niños, en caso de que sea variado un valor intermedio de 0,90.

- **Vestimenta**

Se puede definir el nivel de arropamiento que llevan los ocupantes tanto en invierno como en verano. En el barrio Punzara Chico Alto la vestimenta de la mujer es de 0,8 clo (Tabla 17) y la de un hombre de 0,8 clo (Tabla 17).

El Ecuador no posee estaciones de invierno y verano marcadas como tal en relación a otros países, por ello se toma el valor 1 clo para ambas estaciones.

- **Ganancias adicionales**

De acuerdo a las configuraciones las ganancias internas hacen referencia a distintos equipos que aporten calor al edificio, estas se dividen en: computadoras, equipos de oficina, diversas, cocina y procesos. Para estas simulaciones se activará únicamente la opción cocina.

### **5.2.5. Datos de cerramiento**

Se puede realizar la selección de plantillas de cerramiento donde vienen inscritas varias características de materiales por defecto. El programa presenta cuadros desplegables que permiten editar: muros, particiones, suelos, sub – superficies, cubierta o bloques de componentes. Estos son modificables a nivel de materiales, ya que DesignBuilder trabaja con capas que se pueden quitar o aumentar según corresponda.

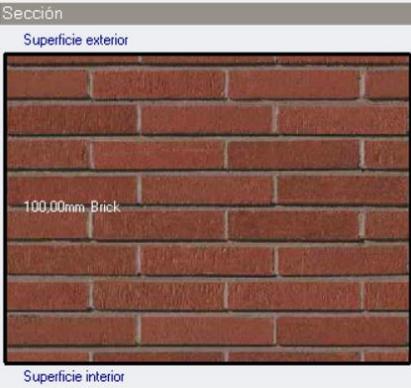
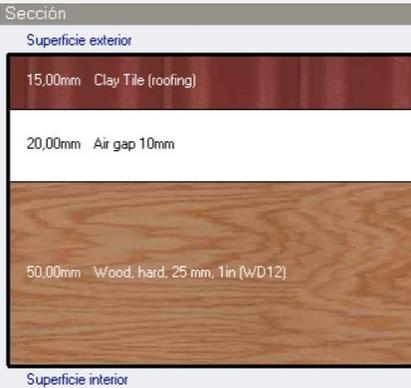
En las simulaciones que se harán en este trabajo hay viviendas que en su cerramiento están compuesta por una sola capa haciendo referencia a paredes macizas sin ningún tipo de recubrimiento exterior o interior.

Tabla 22. Datos de cerramiento de tipología ladrillo - zinc

CERRAMIENTO	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN	DETALLE
<b>Paredes internas y externas</b>	Paredes de ladrillo sin revestimiento interior y exterior		Capa única: 100 mm de ladrillo
<b>Cubierta</b>	Lámina de zinc		Capa única: 25 mm espesor de lámina de zinc
<b>Suelos interiores</b>	Tierra compacta		Capa única: 130 mm de tierra común

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

Tabla 23. Datos de cerramiento de tipología ladrillo - teja

CERRAMIENTO	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN	DETALLE
<b>Paredes internas y externas</b>	Paredes de ladrillo sin revestimiento interior y exterior		Capa única: 100 mm de ladrillo
<b>Cubierta</b>	Teja artesanal		Capa externa: 15mm teja artesanal Capa intermedia: 20mm espacio de aire Capa interna: 50mm de madera
<b>Suelos interiores</b>	Hormigón		Capa única: 150 mm de piedra y hormigón

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

Tabla 24. Datos de cerramiento de tipología ladrillo - losa

CERRAMIENTO	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN	DETALLE
<b>Paredes internas y externas</b>	Paredes de ladrillo con revestimiento interno y externo		<p>Capa externa de 15mm de mortero</p> <p>Capa intermedia de 100mm de ladrillo</p> <p>Capa interna de 15 mm de mortero</p>
<b>Cubierta</b>	Losa		<p>Capa externa de 20mm de mortero</p> <p>Capa intermedia de 100mm de bloque</p> <p>Capa interna de 15 mm de mortero</p>
<b>Suelos interiores</b>	Cerámica vidriadas		<p>Capa externa de cerámica vidriada de 30 mm</p> <p>Capa interna de concreto de 150mm</p>

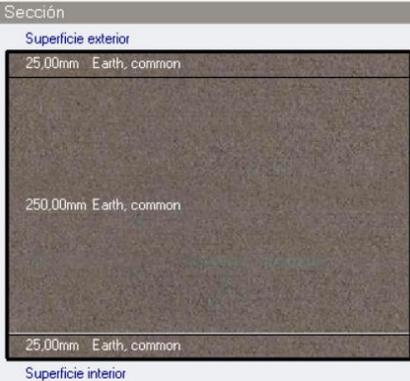
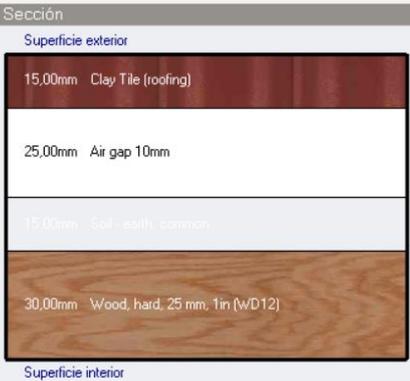
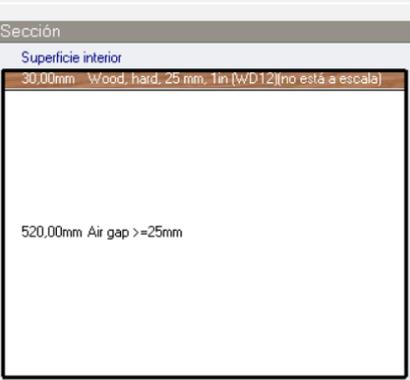
Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

Tabla 25. Datos de cerramiento de tipología Bloque - zinc

CERRAMIENTO	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN	DETALLE
<b>Paredes internas y externas</b>	Paredes de bloque	<p>Sección</p> <p>Superficie exterior</p> <p>100,00mm Concrete Block (Lightweight)</p> <p>Superficie interior</p>	Capa única: de 100 mm de bloque
<b>Cubierta</b>	Lámina de zinc	<p>Sección</p> <p>Superficie exterior</p> <p>25,00mm Metals - zinc</p> <p>Superficie interior</p>	Capa única: 25 mm espesor de lámina de zinc
<b>Suelos interiores</b>	Hormigón	<p>Sección</p> <p>Superficie interior</p> <p>150,00mm Cast Concrete</p> <p>Superficie exterior</p>	Capa única: 150 mm de piedra y hormigón

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

Tabla 26. Datos de cerramiento de tipología adobe - teja

CERRAMIENTO	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN	DETALLE
<b>Paredes internas y externas</b>	Paredes de adobe con revestimiento interior y exterior de barro	 <p>Sección</p> <p>Superficie exterior</p> <p>25,00mm Earth, common</p> <p>250,00mm Earth, common</p> <p>25,00mm Earth, common</p> <p>Superficie interior</p>	<p>Capa externa: de 25mm de revestimiento de tierra</p> <p>Capa intermedia: de 250mm de adobe</p> <p>Capa interna: de 25 mm de revestimiento de tierra</p>
<b>Cubierta</b>	Teja artesanal	 <p>Sección</p> <p>Superficie exterior</p> <p>15,00mm Clay Tile (roofing)</p> <p>25,00mm Air gap 10mm</p> <p>15,00mm Soil - earth, common</p> <p>30,00mm Wood, hard, 25 mm, 1in (WD12)</p> <p>Superficie interior</p>	<p>Capa externa: 15mm teja artesanal</p> <p>Capas intermedias: 25mm espacio de aire, 15mm de barro</p> <p>Capa interna: 30mm de madera</p>
<b>Suelos interiores</b>	Tierra compacta y madera	 <p>Sección</p> <p>Superficie interior</p> <p>30,00mm Wood, hard, 25 mm, 1in (WD12)(no está a escala)</p> <p>520,00mm Air gap &gt;=25mm</p> <p>Superficie exterior</p>	<p>Capa externa: de tablonces de madera de 30mm</p> <p>Capa interna: de aire de 500mm entre los tablonces y el suelo de tierra</p>
<b>Pilares externos</b>	Pilares de madera		<p>Pilares de madera en el portal</p>

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

### 5.2.6. Datos de abertura

En los datos de abertura se visualizan configuraciones para cualquier tipo de vano, DesignBuilder cuenta con cinco tipos de abertura: ventanas, sub - superficies, huecos, puertas o rejillas. Al igual que en anteriores ocasiones también cuenta con plantillas que cargan datos de vidrios y marcos, aunque se puede editar cada uno de estos datos posteriormente, únicamente los datos de puertas se debe especificar el material en la sección cerramiento pestaña sub - superficie. En los modelos a simular se utilizaron huecos, ventanas y puertas modeladas manualmente puesto que son viviendas ya construidas con características particulares.

### 5.2.7. Datos de iluminación

En esta sección se definen datos de iluminación artificial para el edificio, nos da la posibilidad de ingresar plantillas con distintos tipos de luminaria para con la simulación conocer el consumo energético que esta selección conlleva.

### 5.2.8. Datos de HVAC

Se utiliza para definir equipos de calefacción, refrigeración, ventilación mecánica con el fin de mantener la temperatura ante estándares predeterminados. Hace referencia a la aplicación de sistemas activos o sistemas combinados de la arquitectura bioclimática. Las condiciones climáticas del barrio no requieren y sobre todo no utilizan estos equipos mecánicos, por ello no se hace uso de estos datos para las simulaciones.

## 5.3 Desarrollo de simulaciones

Para el desarrollo de las simulaciones se ha tomado en cuenta las cinco variaciones tecnológicas - constructivas encontradas en el barrio (Tabla 7), para analizar el confort higrotérmico ante las temperaturas más críticas que se experimentan en la ciudad.

Para ello se evaluará un modelo durante un año típico, con el fin de conocer los meses, las semanas y días con mayores y menores temperaturas en la ciudad. Previamente se conoció por datos del INAMHI (Capítulo IV), que la ciudad experimenta las **temperaturas más altas** durante el mes de **noviembre** y las **temperaturas más bajas** en el mes de **Julio**. Por lo que este primer registro será para verificar la información que DesignBuilder nos arrojará.

## 5.4 Resultados

Los resultados de **DesignBuilder** señalan al mes de **octubre con las temperaturas más altas** y al mes de **Junio con las temperaturas más baja** registradas a lo largo del año (Figura 42). Aunque los datos del INAMHI describen al mes de noviembre con las temperaturas más altas, se tomaran los datos de DesingBuilder como correctos, ya que octubre es el mes que lo precede y sus temperaturas son aproximadas (Tabla 11). Se entiende y acepta este cambio de mes en la simulación debido a que la obtención de algunos datos como la radiación, necesarios para la simulación, fueron a través de una interpolación efectuada por el software Meteonorm a partir de información proporcionada por datos del INAMHI, que obviamente nos arrojaron datos aproximados. Corroborada la información se procede a determinar la semana y en consecuencia los días más críticos para realizar las simulaciones.

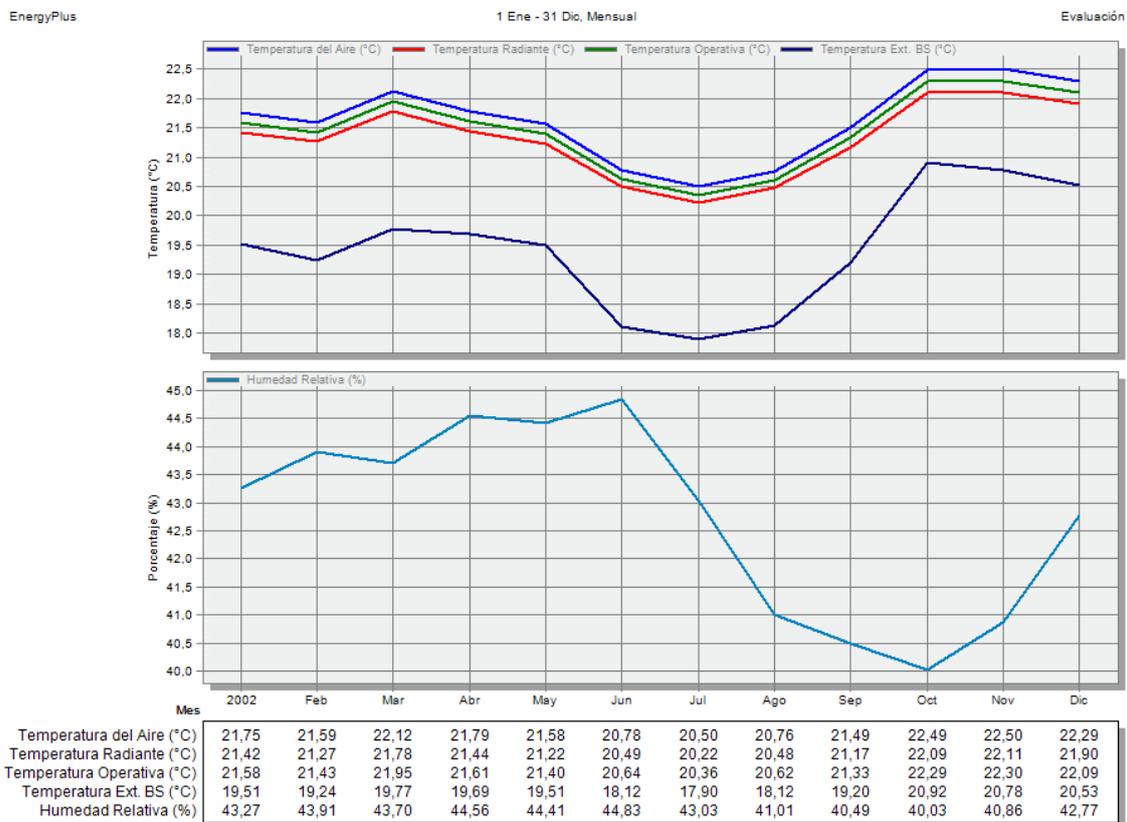


Figura 55. Simulación térmica anual tipología ladrillo - zinc

Fuente: DesignBuilder 4.5

Elaboración: Autor

Ampliando la tabla de la figura 55 se identifica en la figura 56 que, en **octubre, la semana más caliente es del 8 al 14, mostrando al día 11 de octubre como crítico**. La figura 44 muestra que en **junio la semana más fría es del 3 al 9, remarcando el día 8 de junio como crítico**.

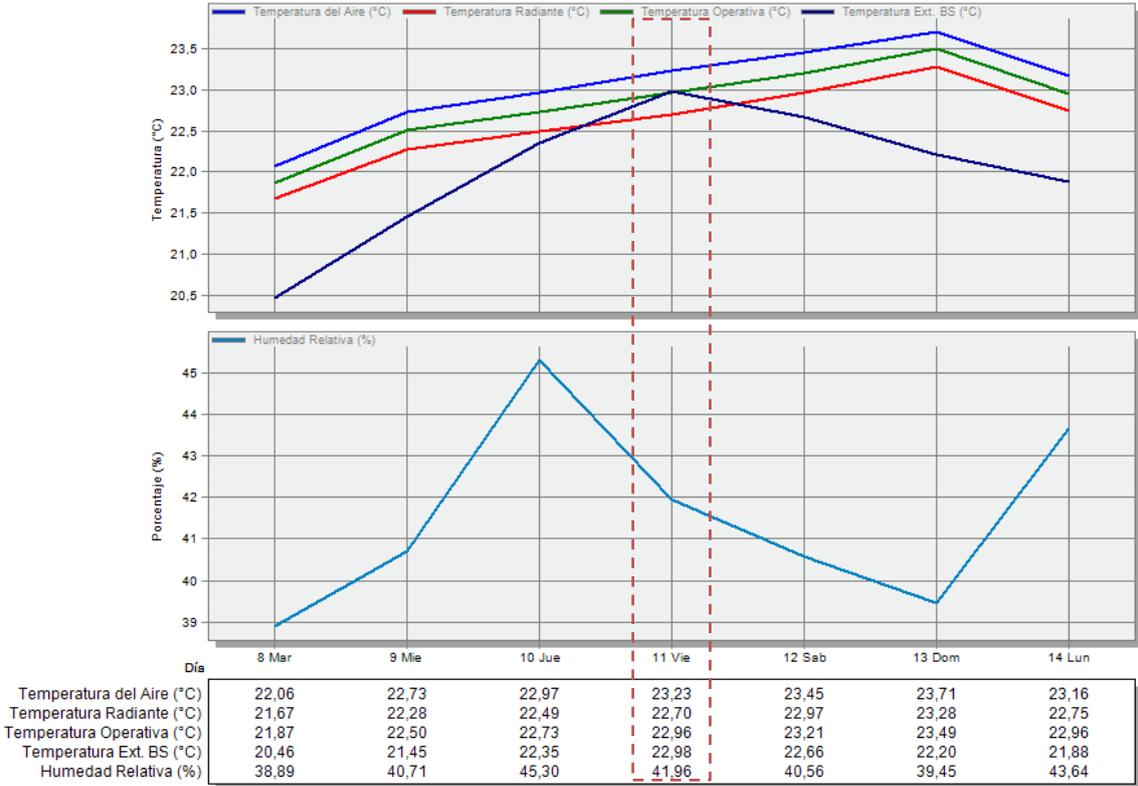


Figura 56. Simulación térmica semanal tipología ladrillo - zinc

Fuente: DesignBuilder 4.5

Elaboración: Autor

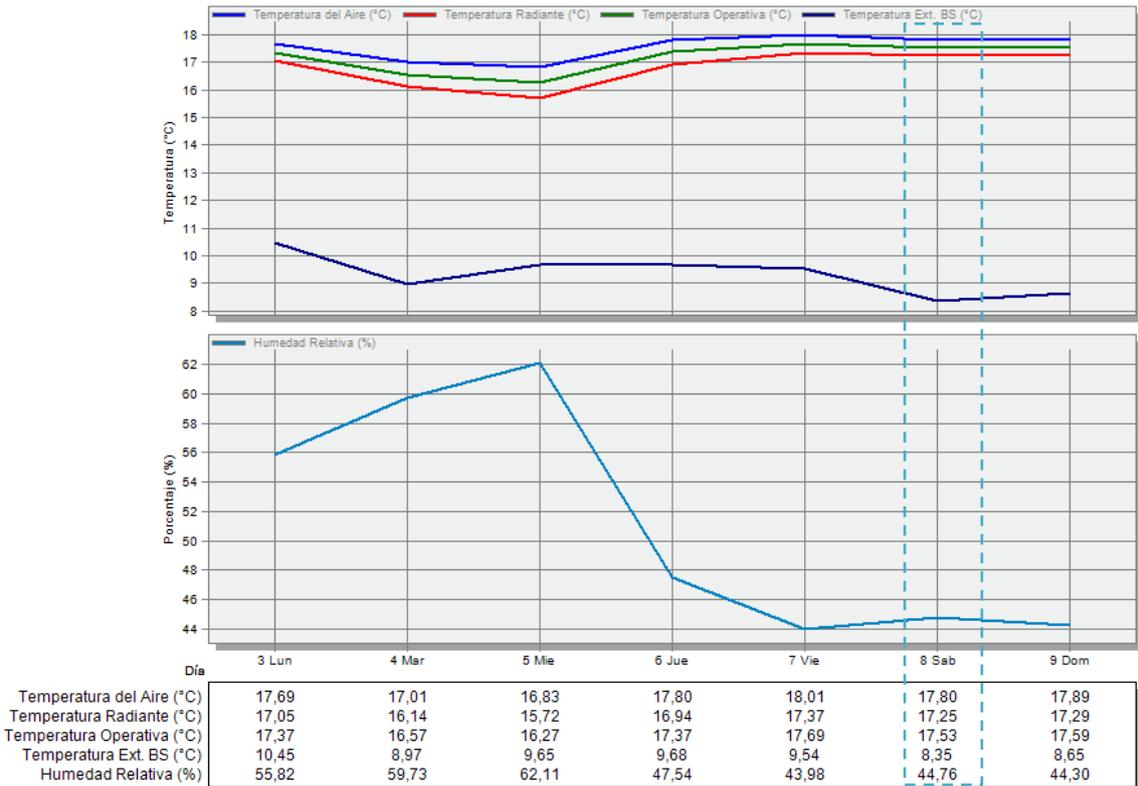


Figura 57. Simulación térmica semanal tipología ladrillo - zinc

Fuente: DesignBuilder 4.5

Elaboración: Autor

Cuando se realizan análisis de confort higrotérmico es necesario obtener los resultados a nivel horario. Los análisis a nivel horario muestran los periodos de tiempo en que la vivienda se encuentra dentro o fuera del rango de confort.

Cuando se realizan análisis a nivel semanal de temperatura los resultados son un promedio de la temperatura a lo largo del día. Cuando se realizan análisis mensuales los resultados son un promedio a lo largo del mes. Esto no permite conocer el verdadero comportamiento de la vivienda, es una aproximación válida, pero si lo que se requiere es conocer su comportamiento para determinar mejoras a nivel constructivo lo óptimo es realizarla a nivel horario.

En todas las simulaciones se realizará el análisis en dos fechas: el **11 de octubre** como el día con la **temperatura más alta a lo largo del año** y el **8 de junio** como el día con la **temperatura más baja del año**, días con temperaturas extremas.

#### 5.4.1. Simulación tipología ladrillo - zinc

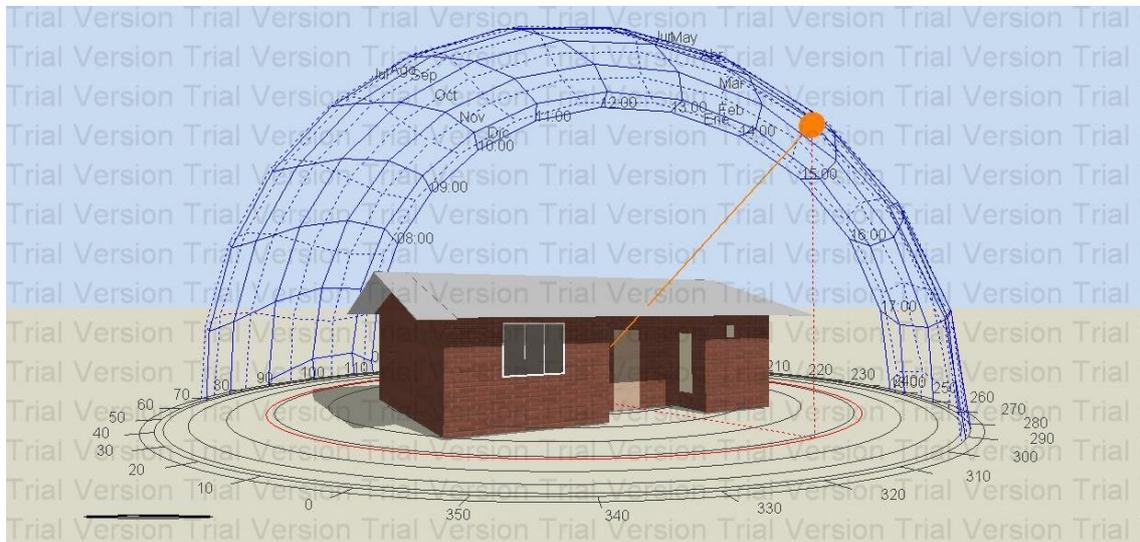


Figura 58. Visualización del modelo tipología ladrillo – zinc y recorrido del sol 15 de junio  
Fuente: DesignBuilder 4.5  
Elaboración: Autor

Durante la semana del 8 al 14 de octubre que representa la más caliente del año se registran temperaturas operativas (la temperatura que se experimenta dentro de la vivienda tomando en cuenta la calidad adaptativa) que oscilan de 21 a 23 °C (Figura 56), estas temperaturas comparadas con la franja de confort (Figura 52), aparentemente nos muestran que la vivienda está dentro de la zona de confort, por ello el análisis se extenderá de manera horaria en el día más crítico que sería el 11 de octubre para examinar si se mantiene en la zona de confort a lo largo del día.

La temperatura exterior oscila entre los 19°C y 26°C, la temperatura más baja se da a las 6:00 a partir de esta hora asciende hasta llegar al máximo a las 15:00 donde comienza a descender lentamente hasta cerrar el ciclo.

La temperatura interior oscila entre los 21°C y 26°C, posee el mismo ciclo que la temperatura exterior.

Al analizar la vivienda por zonas tenemos que la **cocina – sala - comedor** se encuentra fuera de confort desde las 11:00 hasta las 20:00, con temperaturas que varían de 24 a 26°C, esto debido al aporte de calor por la actividad de cocinar y a la orientación que posee la vivienda debido a que recibe todo el sol de la tarde y a la rápida conductividad térmica de la cubierta.

Los tres **dormitorios** están fuera de la zona de confort desde las 10:00 hasta las 19:00 superando el límite de confort aunque se encuentren desocupados, esto debido a los materiales empleados en la vivienda, ya que conforme el sol tiene su trayectoria y va tomando fuerza, el material utilizado en la cubierta (láminas de zinc) facilitan la conducción del calor del exterior al interior rápidamente, y así mismo, cuando descende, la temperatura almacenada se disipa con facilidad, la razón por la que se mantiene en confort es porque las temperaturas exteriores en la noche son agradables.

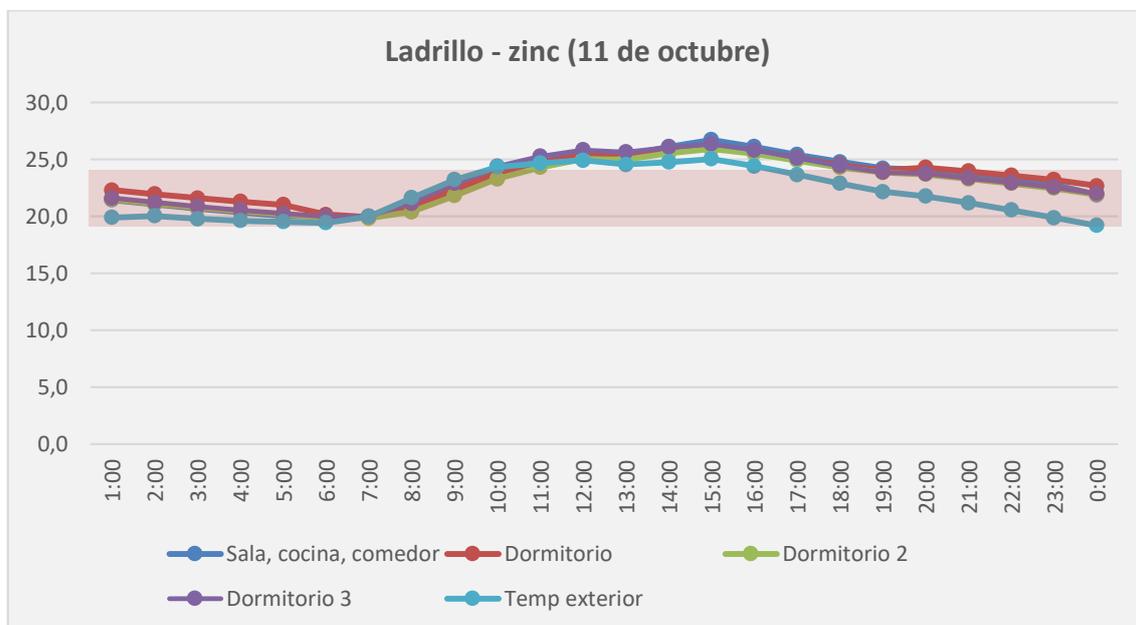


Figura 59. Temperatura interna el 11 de octubre – tipología ladrillo - zinc

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

Durante la semana del 3 al 9 de junio que representa la más fría del año se registran temperaturas operativas (la temperatura que se experimenta dentro de la vivienda tomando en cuenta la calidad adaptativa) que oscilan de 7 a 15 °C (Figura 57), estas temperaturas comparadas con la franja de confort (Figura 52), nos muestran que la vivienda no se encuentra dentro de la zona de confort, por ello el análisis se extenderá de manera horaria en el día más crítico, el 8 de junio para examinar dichos valores.

La temperatura exterior oscila de 7 a 15 °C, la más alta se da a las 15:00 y la más baja a las 7:00. La temperatura interior va desde los 14°C hasta los 23°C, y sigue el mismo ciclo que la temperatura exterior, es decir, si la temperatura exterior desciende, la interior desciende en igual medida. Durante la tarde posee temperaturas dentro del confort por la presencia del sol y debido a que el piso es de tierra que actúa como masa térmica.

Al analizar la vivienda por zonas tenemos que la **cocina – sala - comedor** se encuentra fuera de la zona de confort durante la madrugada y parte de la noche. Se encuentra dentro de los límites desde las 11:00 hasta las 21:00 horas que coinciden con el uso de estos espacios, preparación de alimentos y la presencia del sol sobre la vivienda.

Los tres **dormitorios** están fuera de la zona de confort por debajo del límite durante la madrugada y la noche con temperaturas que oscilan desde los 14 hasta los 18°C, aunque estén ocupados la fácil conducción de los materiales hace que las temperaturas internas sigan la curva de temperatura exterior y no se equilibren.

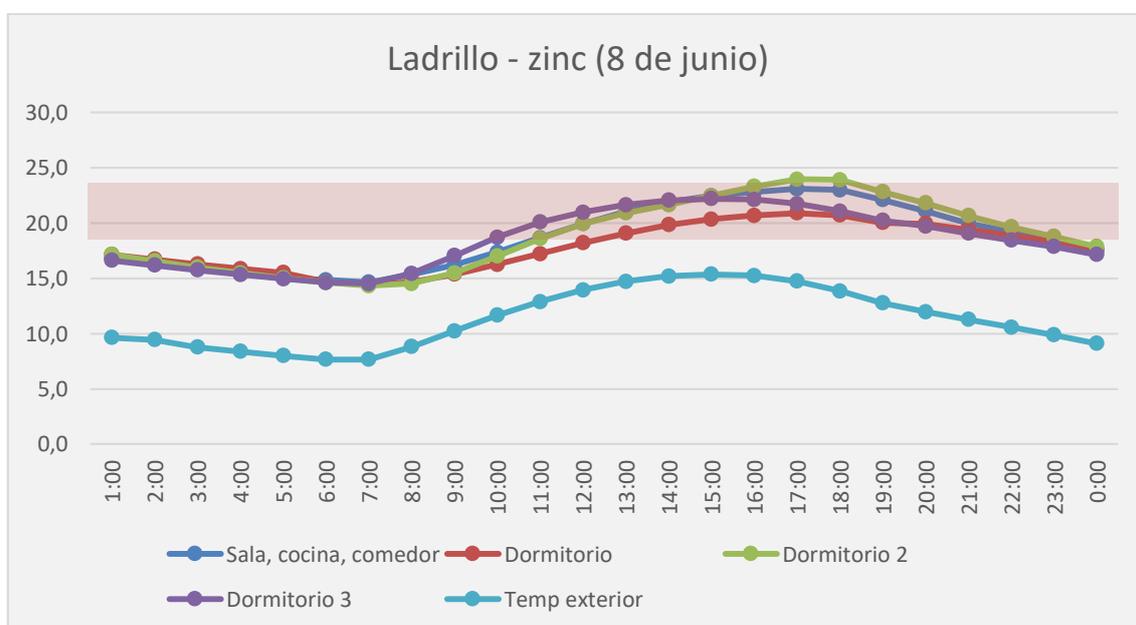


Figura 60. Temperatura interna el 8 de junio – tipología ladrillo - zinc

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

DesignBuilder permite generar graficas de “Distribución de temperatura” por zonas. Estas graficas presentan en el eje de las **x** valores de temperatura y en el eje de las **y** el número de horas total en que la zona permanece en dicha temperatura. Las temperaturas se muestran cada 1°C. Con la ayuda de estas gráficas, más los límites de confort determinados para Loja en ítems anteriores (24°C y 19°C) se puede establecer cuantas horas tienen con temperaturas por arriba o por debajo de estos límites y así conocer el total de horas en que las zonas de la vivienda se encuentran fuera del confort.

La Tabla 27 muestran los porcentajes del total de horas con temperaturas menores al límite mínimo de confort (19°C) que van entre el 10 al 15%. La Tabla 28 indica porcentajes del total de horas con temperaturas mayores al límite máximo de confort (24°C) que van desde 15 hasta 18%. Esto indica que la vivienda experimenta mayor disconfort en temperaturas exteriores cálidas (Anexo 2).

Tabla 27. Horas y porcentajes anuales de temperatura por debajo del límite mínimo de confort, tipología ladrillo - zinc

ZONA INTERIOR	TEMPERATURA CON MÁS HORAS AL AÑO	HORAS EN O DEBAJO 19°C	HORAS EN 19°C	HORAS FUERA DE CONFORT	PORCENTAJE %
Dormitorio	22	1869,5	921,0	948,5	10,83
Dormitorio 2	19	2528,5	1192,5	1336	15,25
Dormitorio 3	19	2318,5	1183,0	1135,5	12,96
Sala-cocina - comedor	23	2040,0	1050,5	989,5	11,30

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

Tabla 28. Horas y porcentajes anuales de temperatura por encima del límite máximo de confort, tipología ladrillo - zinc

ZONA INTERIOR	TEMPERATURA CON MÁS HORAS AL AÑO	HORAS EN O ARRIBA 24°C	HORAS EN 24°C	HORAS FUERA DE CONFORT	PORCENTAJE %
Dormitorio	22	2195,0	864,5	1330,5	15,19
Dormitorio 2	19	2023,5	877,5	1146,0	13,08
Dormitorio 3	19	1915,0	884,0	1031,0	11,77
Sala-cocina - comedor	23	2610,5	1062,5	1548,0	17,67

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

#### 5.4.2. Simulación tipología ladrillo – teja

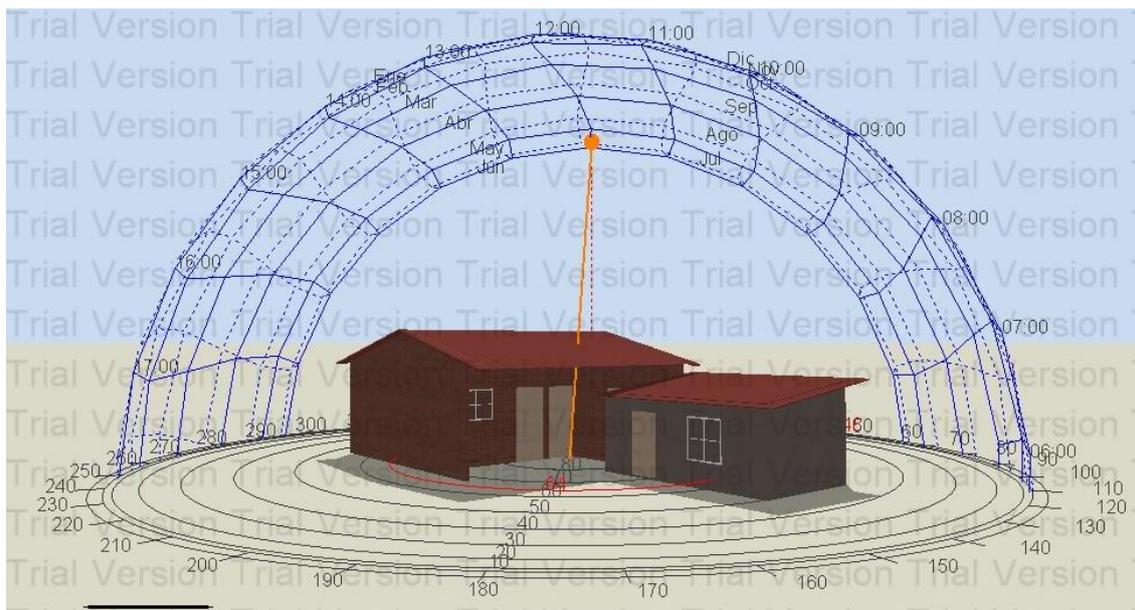


Figura 61. Visualización del modelo tipología ladrillo – teja y recorrido del sol 15 de julio

Fuente: DesignBuilder 4.5

Elaboración: Autor

Como se constató en la primera simulación los días con extremas temperaturas son el 11 de octubre y 9 de junio, como la más cálida y más fría respectivamente. Todas las simulaciones restantes se harán en estos días.

La simulación del 11 de octubre nos muestra que la vivienda se encuentra mayormente dentro del rango de confort, sobrepasando ligeramente el nivel máximo con 24.5°C desde las 14:00 hasta las 20:00, lo que indica de manera general que la vivienda tiene una temperatura agradable en su día más cálido.

Si extendemos el análisis por zonas se observa que la zona la **cocina – comedor** se eleva ligeramente del límite máximo de confort desde las 12:00 hasta las 18:00, debido a las horas de cocción de alimentos y al uso constante que tiene.

El **dormitorio** se mantiene dentro del rango de confort todo el día incluso durante las horas en las que el sol es más fuerte, esto debido a que mayormente a lo largo del día pasa desocupado.

La **bodega** al igual que la cocina sobrepasa los 24°C durante la tarde porque su ubicación le proporciona ganancias de calor, primero desde la cocina por las actividades que se realizan aquí y por la habitación de adobe que esta adyacente a él.

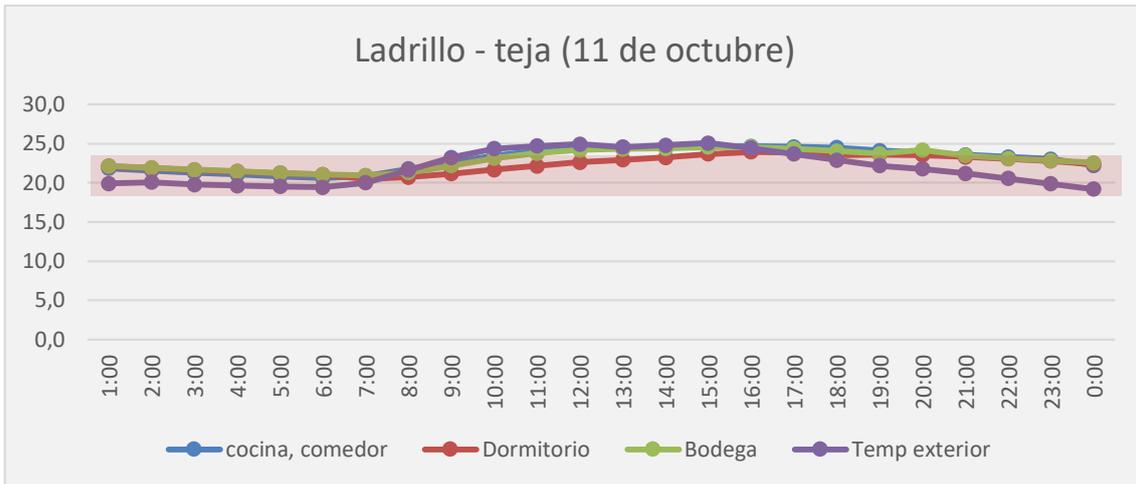


Figura 62. Temperatura interna el 11 de octubre – tipología ladrillo - teja  
Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

La simulación realizada el 8 de junio indica que la temperatura interna de la vivienda oscila desde los 15°C hasta los 20°C, presenta horas en la mañana en las que se aleja del rango de confort, que concuerdan con las horas con menos temperaturas exteriores.

La **cocina** se encuentra por debajo de los 19°C en las horas que no es ocupada con temperaturas de 16°C a los 18°C, mientras que en la tarde cuando su uso es constante mantiene temperaturas agradables.

El **dormitorio** se encuentra casi todo el día fuera del rango excepto en la tarde por el sol que recibe y se intensifica en la tarde, de todas maneras, la temperatura no dista demasiado del límite inferior del rango de confort (19°C).

La **bodega** debido a la escasa utilización se encuentra todo el día fuera de confort a excepción de las 14:00 hasta las 16:00 en que el sol está en su máxima intensidad, a partir de estas horas las temperaturas decrecen hasta llegar a su mínima de 15°C.

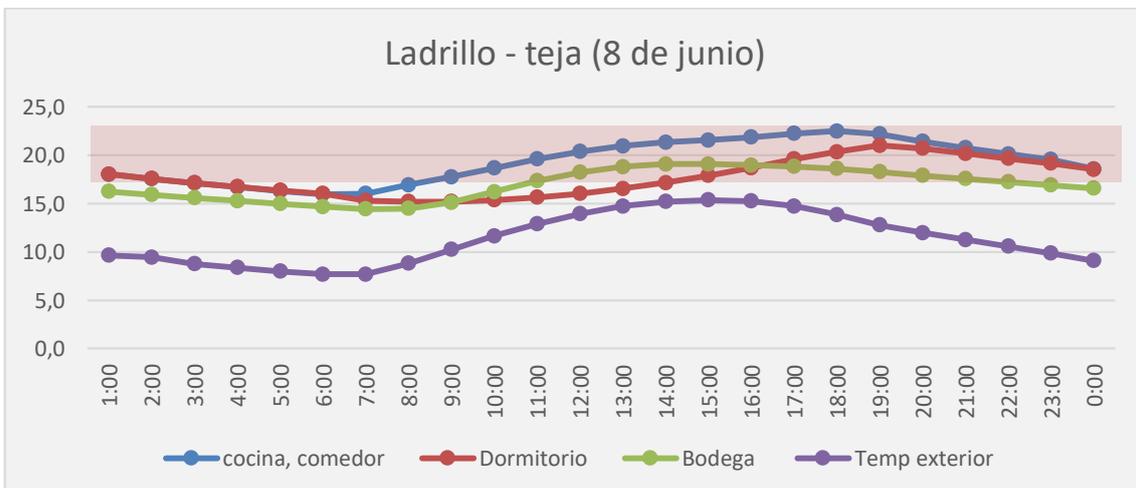


Figura 63. Temperatura interna el 8 de junio – tipología ladrillo - teja  
Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

Para conocer a lo largo de un año el porcentaje total en que la vivienda se encuentra por debajo de los 19°C y por encima de los 24°C, nos ayudamos de la herramienta de DesignBuilder “distribución de temperaturas” que permite conocer en cada zona el porcentaje total en que la temperatura dista de los límites mencionados. Haciendo un promedio en cada zona, se conocerá el porcentaje total en que la vivienda se encuentra por debajo de los 19 o encima de los 24°C.

Estudiando la vivienda a lo largo del año para temperaturas por debajo de los 19°C tenemos que, el 12,23% del 100% de las temperaturas anuales, se encuentra por debajo del límite inferior, cuya zona con mayor porcentaje fuera de confort es la bodega con 15,77% (Tabla 29).

Tabla 29. Horas y porcentajes anuales de temperatura por debajo del límite mínimo de confort, tipología ladrillo - teja

ZONA INTERIOR	TEMPERATURA CON MÁS HORAS AL AÑO	HORAS EN O DEBAJO 19°C	HORAS EN 19°C	HORAS FUERA DE CONFORT	PORCENTAJE %
<b>Cocina - comedor</b>	22	1826,0	1183,0	643,0	7,34
<b>Dormitorio</b>	20	2647,0	1458,0	1189,0	13,57
<b>Bodega</b>	20	2915,5	1533,5	1382,0	15,77

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

Por otro lado, analizando el total de las horas por encima del límite máximo (24°C) tenemos que la vivienda posee 2,12% de temperaturas que sobrepasan los 24°C anualmente, cuya zona con mayor porcentaje corresponde a la cocina – comedor con 2,83% (Tabla 30).

Tabla 30. Horas y porcentajes anuales de temperatura por encima del límite máximo de confort, tipología ladrillo - teja

ZONA INTERIOR	TEMPERATURA CON MÁS HORAS AL AÑO	HORAS EN O ARRIBA 24°C	HORAS EN 24°C	HORAS FUERA DE CONFORT	PORCENTAJE %
<b>Cocina - comedor</b>	22	1070,5	822,5	248,0	2,83
<b>Dormitorio</b>	20	756,0	476,5	279,5	3,19
<b>Bodega</b>	20	303,5	272,5	31	0,35

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

### 5.4.3. Simulación tipología ladrillo – losa

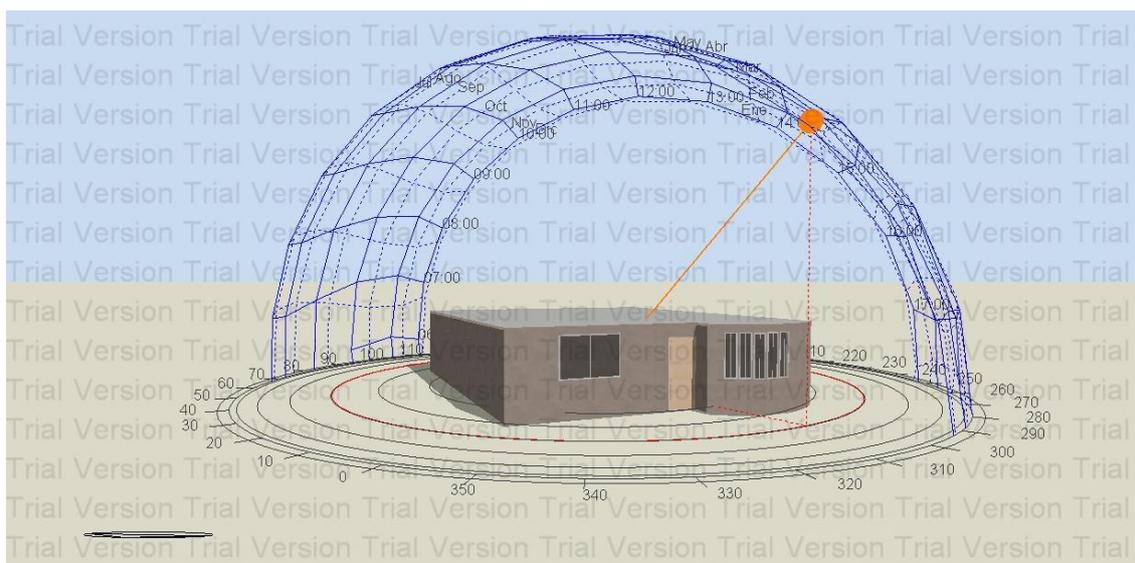


Figura 64. Visualización del modelo tipología ladrillo – losa y recorrido del sol 15 de junio

Fuente: DesignBuilder 4.5

Elaboración: Autor

El análisis del comportamiento higrotérmico durante el 11 de octubre (día más cálido del año) muestra que la vivienda se encuentra casi todo el tiempo fuera de confort. Únicamente alcanza el límite máximo desde las 5:00 hasta las 8:00, que es cuando la temperatura exterior alcanza su nivel más bajo. Las temperaturas internas siguen la misma curva que la temperatura exterior.

Si extendemos el análisis por zonas, el fenómeno es el mismo. Las zonas como **sala – comedor y cocina** poseen mejores temperaturas internas entre las 5:00 y las 8:00 respecto a los demás espacios debido a que son más amplios y durante estas horas no son ocupadas y en estas horas la temperatura exterior es la más baja.

Los cuatro **dormitorios** de la misma manera se encuentran dentro de los límites de confort durante las 5:00 y las 8:00 de la mañana, al igual que la sala – comedor y cocina, aunque con unos gados de más, por estar ocupados, pero en actividad pasiva.

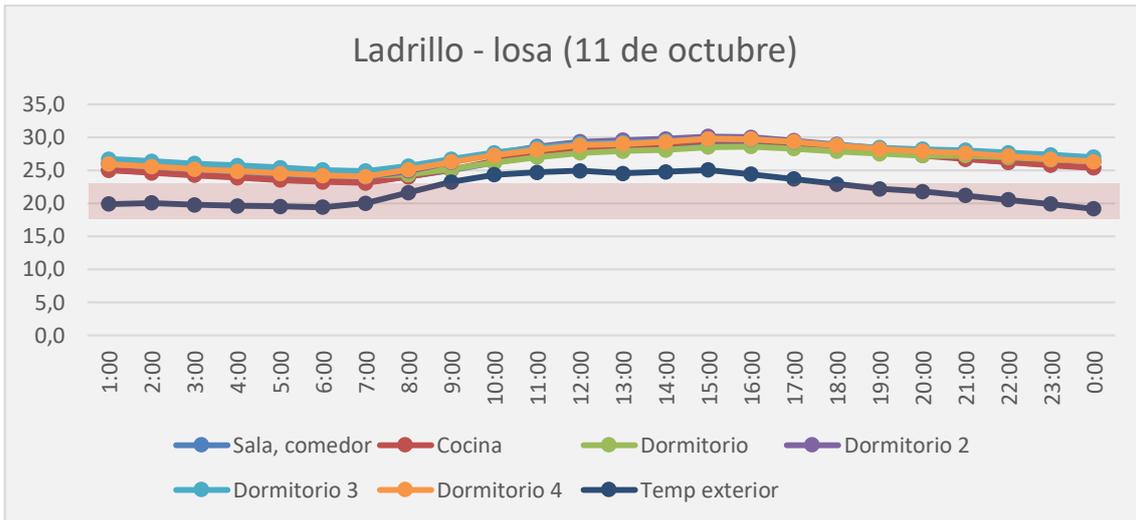


Figura 65. Temperatura interna el 11 de octubre – tipología ladrillo - losa  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

Esta tipología de vivienda el 8 de junio (el día más frío del año) se encuentra dentro de la zona de confort en ciertos periodos a lo largo del día.

La zona de la **sala – comedor** se encuentra dentro de la zona de confort desde la 13:00 hasta las 21:00, momento en que se realizan actividades de estancia y se encuentran todas las personas dentro del espacio, también producto el sol que recibe la casa durante toda la tarde. Fuera de estas horas la vivienda se encuentra en disconfort. La **cocina** permanece dentro de los límites de confort durante la cocción de los alimentos, pasadas estas horas el espacio térmicamente no es agradable. Los cuatro **dormitorios** permanecen fuera de los límites de confort cuando están ocupados (tabla 19) con temperaturas que oscilan entre 14 y 18°C.

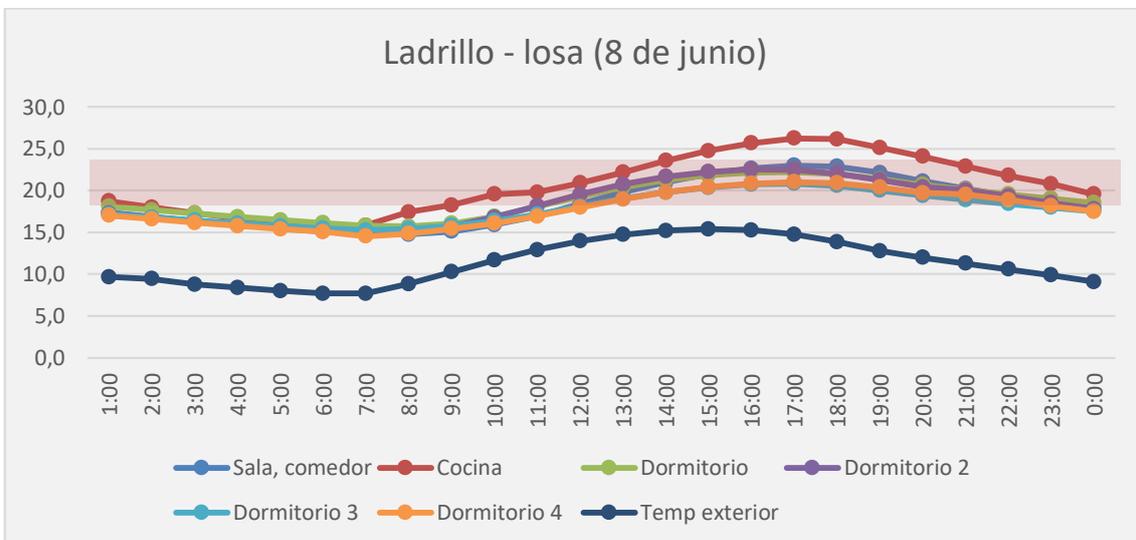


Figura 66. Temperatura interna el 8 de junio – tipología ladrillo - losa  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

Analizando esta tipología anualmente tenemos que la vivienda mantiene un elevado porcentaje fuera del rango de confort, tanto sobrepasando los límites establecidos como por debajo de ellos (19 y 24 °C).

En la Tabla 29 el porcentaje de la zona **sala – comedor** tiene más horas por debajo de los 19°C debido al área que tiene, aunque pase ocupada el mayor tiempo, además porque los materiales empleados no almacenan demasiado calor. En la Tabla 30, para porcentajes de temperatura por encima de los 24°C, el mayor valor lo tiene la **cocina**, debido a la cantidad de personas que lo ocupan y a la cocción de los alimentos que se llevan en esta zona. Más información de los valores se encuentran en el Anexo 4.

Tabla 29. Horas y porcentajes anuales de temperatura por debajo del límite mínimo de confort, tipología ladrillo - losa

ZONA INTERIOR	TEMPERATURA CON MÁS HORAS AL AÑO	HORAS EN O DEBAJO 19°C	HORAS EN 19°C	HORAS FUERA DE CONFORT	PORCENTAJE %
<b>Sala comedor</b>	19	2606,5	1239,0	1367,5	15,61
<b>Cocina</b>	20	1922,0	1064,5	867,5	9,90
<b>Dormitorio 1</b>	21	1753,5	1100,0	653,5	7,46
<b>Dormitorio 2</b>	20	2056,0	1084,0	972,0	11,09
<b>Dormitorio 3</b>	21	1565,5	963,0	602,5	6,88
<b>Dormitorio 4</b>	21	1828,0	978,5	849,5	9,68

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

Tabla 30. Horas y porcentajes anuales de temperatura por encima del límite máximo de confort, tipología ladrillo - losa

ZONA INTERIOR	TEMPERATURA CON MÁS HORAS AL AÑO	HORAS EN O ARRIBA 24°C	HORAS EN 24°C	HORAS FUERA DE CONFORT	PORCENTAJE %
<b>Sala comedor</b>	19	2126,0	777,5	1348,5	15,40
<b>Cocina</b>	20	2833,0	834,5	1998,5	22,81
<b>Dormitorio 1</b>	21	1563,5	761,0	802,5	9,16
<b>Dormitorio 2</b>	20	2367,5	817,0	1550,5	17,70
<b>Dormitorio 3</b>	21	2028,0	771,5	1256,5	14,34
<b>Dormitorio 4</b>	21	2394,0	760,0	1634,0	18,65

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

#### 5.4.4. Simulación tipología bloque – zinc

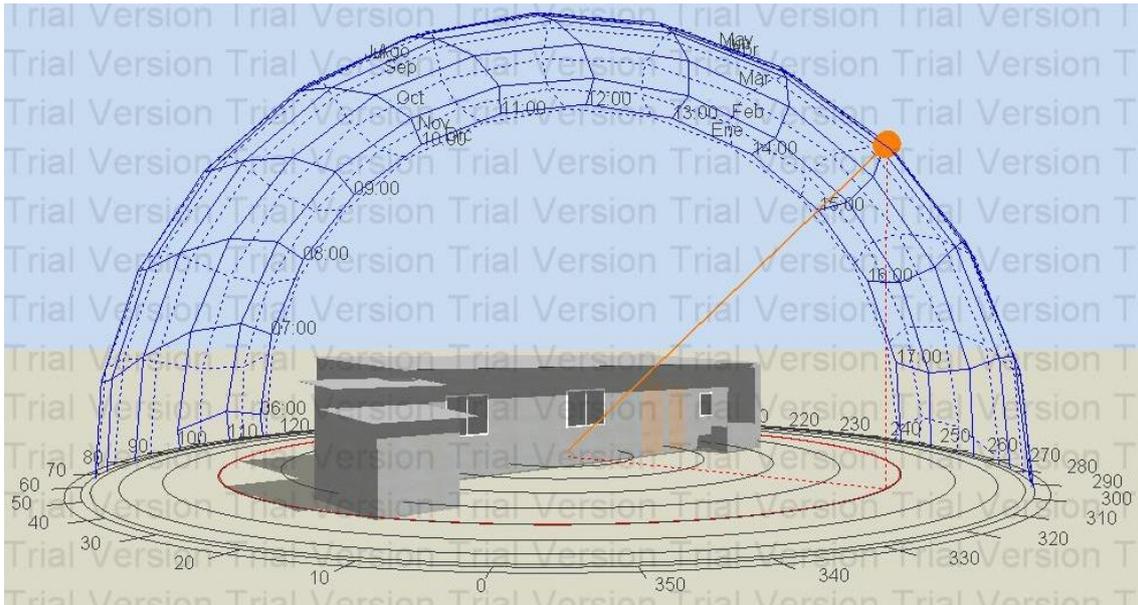


Figura 67. Visualización del modelo tipología bloque - zinc y recorrido del sol 15 de julio

Fuente: DesignBuilder 4.5

Elaboración: Autor

Los análisis realizados en el día más caluroso del año (11 de octubre) indican que, en la zona de **cocina** las temperaturas se elevan sobrepasando los 24° C desde las 9:00 de la mañana hasta bordeando las 23:00, alcanzando la temperatura más alta durante la cocción de los alimentos entre las 12:00 y las 16:00 con 26°C, coincidiendo también cuando el sol tiene más fuerza.

Por su parte la zona del **dormitorio principal** también sobrepasa la temperatura límite de confort durante casi todo el día, esto debido a la ocupación constante que tiene, ya que es utilizado también como una zona de permanencia a lo largo del día. Desde las 6:00 hasta las 8:00 se encuentra por debajo de los 24°C a partir de estas horas asciende progresivamente hasta llegar a los 26°C a las 16:00.

Por último, la zona **dormitorio 2** se encuentra casi en las mismas condiciones que el dormitorio principal, pero con temperaturas con un grado menos. Cabe mencionar que estas temperaturas elevadas también son producto de la utilización de láminas de zinc en la cubierta que permiten que el calor ingrese con la misma fuerza con la que irradia el sol.

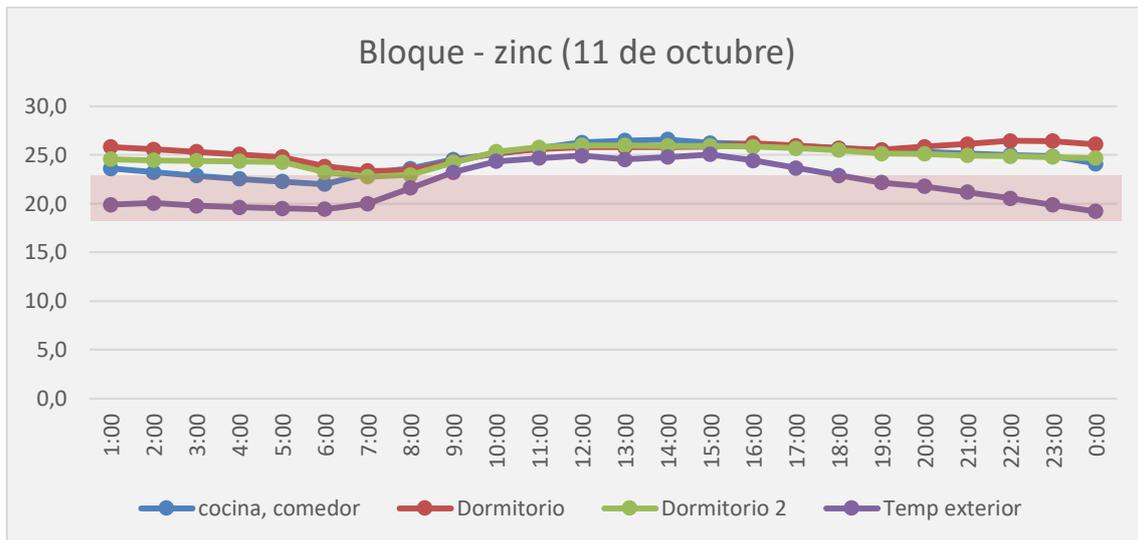


Figura 68. Temperatura interna el 11 de octubre – tipología bloque - zinc

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

En cuanto al análisis para el día más frío, que corresponde al 8 de junio tenemos que, la zona **cocina – comedor** tiene temperaturas por debajo del límite inferior que llegan hasta los 15°C, a partir de la 1:00 hasta las 10:00 esta asciende progresivamente por la cocción de los alimentos y ocupación del espacio, en la tarde la temperatura exterior aumenta por la intensidad del sol y la temperatura de la zona se mantiene dentro del rango.

La zona del **dormitorio principal** está fuera del rango con temperaturas que llegan hasta los 17°C durante la mañana en que la ocupación es casi nula, en horas de la tarde esta se mantiene entre los 19°C y 24°C debido al aumento de temperatura exterior y a las actividades realizadas por casi todos los miembros de la familia, puesto que la zona no solo es ocupada como lugar de descanso sino también como estancia y de actividades manuales ligeras.

En la zona **dormitorio 2** las temperaturas se mantienen dentro del rango a excepción de las 4:00 hasta las 11:00 de la mañana, horas en que la ocupación es nula, a partir de estas horas la temperatura asciende hasta su máxima temperatura a las 17:00 con 23°C.

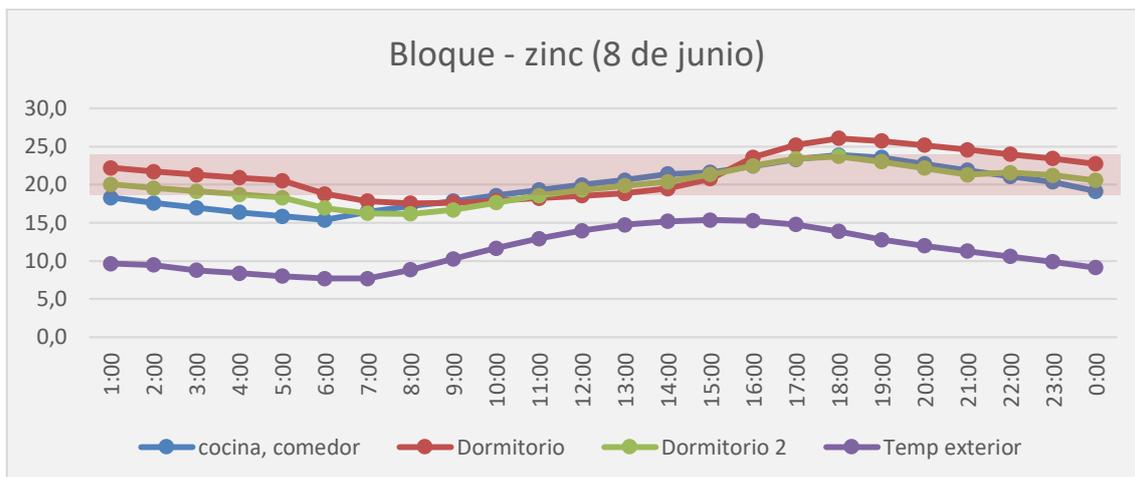


Figura 69. Temperatura interna el 8 de junio – tipología bloque - zinc

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

Estudiando los valores anuales tenemos que el 26,35% de los 365 días del año la vivienda mantiene temperaturas inferiores a los 19°C de los cuales la zona con más horas por debajo de los 19°C es la cocina – comedor con 32,2%.

Tabla 35. Horas y porcentajes anuales de temperatura por debajo del límite mínimo de confort, tipología adobe - teja

ZONA INTERIOR	TEMPERATURA CON MÁS HORAS AL AÑO	HORAS EN O DEBAJO 19°C	HORAS EN 19°C	HORAS FUERA DE CONFORT	PORCENTAJE %
<b>Cocina comedor</b>	19	4026,0	1202,0	2824,0	32,2
<b>Dormitorio 1</b>	22	2473,0	962,0	1511,0	17,24
<b>Dormitorio 2</b>	20	4068,0	1479,0	2589,0	29,6

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

Por otra parte, para temperaturas que sobrepasa los 24°C anualmente tenemos un total de 3,48% de horas al año que la vivienda se encuentra fuera de confort. De las tres zonas, el dormitorio principal es el que presenta mayor porcentaje con 5,87 %.

Tabla 36. Horas y porcentajes anuales de temperatura por encima del límite máximo de confort, tipología adobe - teja

ZONA INTERIOR	TEMPERATURA CON MÁS HORAS AL AÑO	HORAS EN O ARRIBA 24°C	HORAS EN 24°C	HORAS FUERA DE CONFORT	PORCENTAJE %
<b>Cocina comedor</b>	19	780,0	442,0	338,0	3,86
<b>Dormitorio 1</b>	22	1315,0	800,5	514,5	5,87
<b>Dormitorio 2</b>	20	241,0	178,5	62,5	0,71

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

### 5.4.5. Simulación tipología adobe – teja

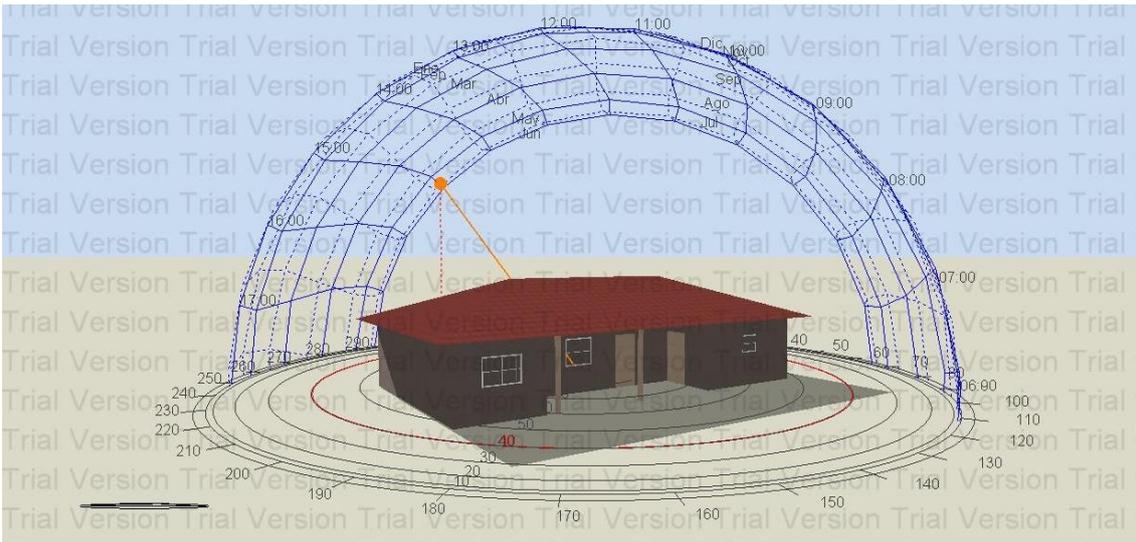


Figura 70. Visualización del modelo tipología adobe - teja y recorrido del sol 15 de junio

Fuente: DesignBuilder 4.5

Elaboración: Autor

El análisis del 11 de octubre muestra que la vivienda permanece mayormente entre los límites de confort, con temperaturas internas que oscila entre los 21 a 25°C.

Las zonas como el **cuarto de oración** y el **dormitorio principal** son las únicas zonas que salen levemente de la zona de confort desde las 12:00 hasta las 21:00 y desde las 16:00 hasta las 21:00 respectivamente con temperaturas que van desde los 24°C hasta los 25°C. esto debido a que estas zonas se encuentran más expuestas al sol con respecto a las demás que están retranqueadas por el portal, elemento común en las viviendas tradicionales. Las demás zonas que son los: la **sala** y **dormitorios**, se encuentran dentro de los límites de confort a lo largo del día.

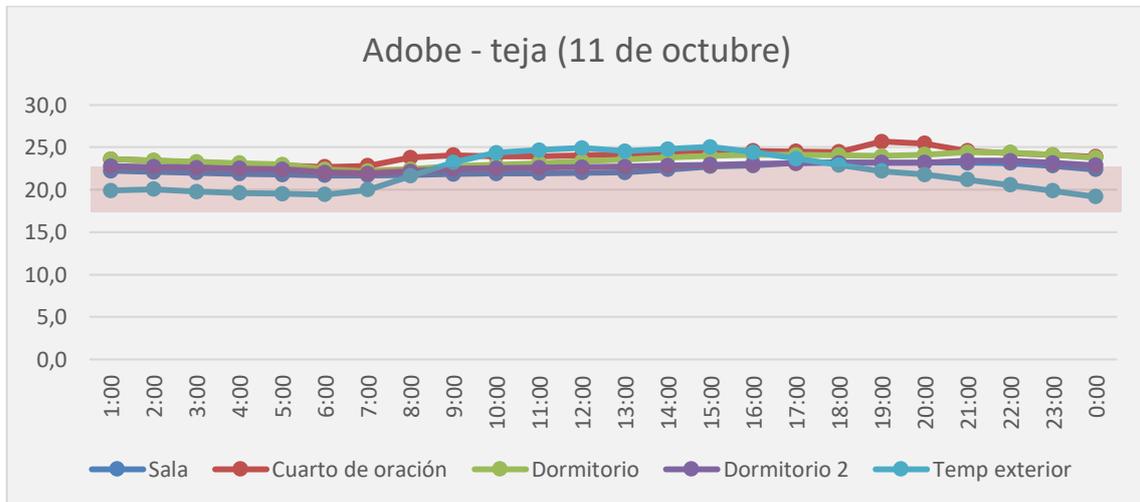


Figura 71. Temperatura interna el 11 de octubre – tipología adobe - teja

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

El análisis del 8 de junio muestra que la vivienda presenta temperaturas que se aproximan al límite inferior del confort. Aunque al exterior se encuentre temperaturas que oscilan entre los 7°C a 15°C, internamente se cuenta con temperaturas que van desde los 17°C hasta los 19°C.

En esta época del año la vivienda entra en la zona de confort conforme sus espacios son ocupados y de acuerdo a las horas del día en que el sol va tomando fuerza. Todos los espacios como la **sala**, **cuarto de oración** y los dos **dormitorios** se alejan del límite inferior de la zona de confort entre las 5:00 y las 10:00 con temperaturas interiores que oscilan de 15 a 17 °C que coincide cuando las temperaturas exteriores bajan. Desde las 11:00 hasta las 16:00 se aproximan aún más al límite confort con temperaturas que oscilan de 18 a 19°C. Desde las 17:00 hasta las 2:00 se presencian temperaturas de 19°C.

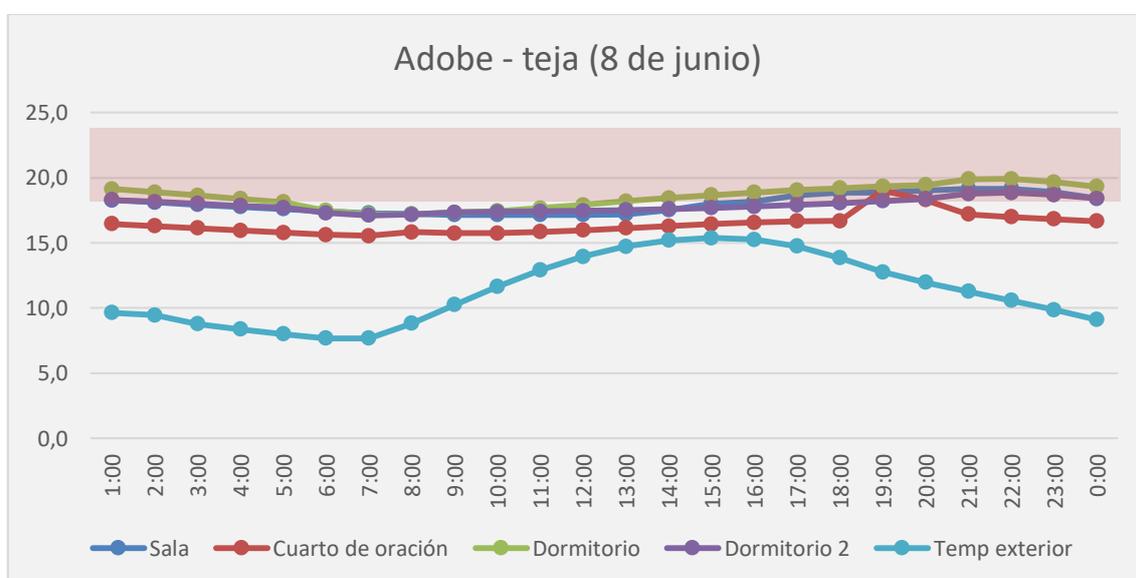


Figura 72. Temperatura interna el 8 de junio – tipología adobe - teja

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

Analizando a lo largo del año las zonas de la vivienda, tenemos que los porcentajes de incomodidad térmica no superan el 5% tanto para los límites máximos y mínimos, lo que indica que la vivienda con esta materialidad se adapta al lugar y mantiene una temperatura interna cómoda.

En la Tabla 35 y 36 se muestra los porcentajes de temperatura por debajo del límite de confort (19°C), y los porcentajes de temperatura por encima del límite máximo de confort (24°C) respectivamente, el único valor que sobresale de los demás es el cuarto de oración que bien sabemos su uso es de una hora y media por lo que no tiene un aporte de calor por sus habitantes.

El promedio de los porcentajes para temperaturas que están por debajo de los 19°C es de 2.22%.

Tabla 35. Horas y porcentajes anuales de temperatura por debajo del límite mínimo de confort, tipología adobe - teja

ZONA INTERIOR	TEMPERATURA CON MÁS HORAS AL AÑO	HORAS EN O DEBAJO 19°C	HORAS EN 19°C	HORAS FUERA DE CONFORT	PORCENTAJE %
Sala	21	1388,0	1166,5	221,5	2,53
Dormitorio 1	21	560,0	488,0	72,0	0,82
Dormitorio 2	21	745,0	659,5	85,5	0,98
Cuarto de oración	21	1316,0	918,0	398,0	4,54

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

El promedio de los porcentajes para temperaturas que están por encima de los 24°C es de 1.32%.

Tabla 36. Horas y porcentajes anuales de temperatura por encima del límite máximo de confort, tipología adobe - teja

ZONA INTERIOR	TEMPERATURA CON MÁS HORAS AL AÑO	HORAS EN O ARRIBA 24°C	HORAS EN 24°C	HORAS FUERA DE CONFORT	PORCENTAJE %
Sala	21	-	-	-	-
Dormitorio 1	21	369,5	349,0	20,5	0,23
Dormitorio 2	21	172,0	158,5	13,5	0,15
Cuarto de oración	21	1179,5	747,5	432	4,93

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

## 5.5 Discusión de resultados

Se analizaron cinco tipologías, de las cuales en orden descendente desde las que poseen menos horas fuera del rango de confort hasta las que poseen mayor porcentaje de incomodidad térmica tenemos: adobe – teja, ladrillo – teja, ladrillo – losa, ladrillo – zinc y bloque – zinc. (Figura 73)

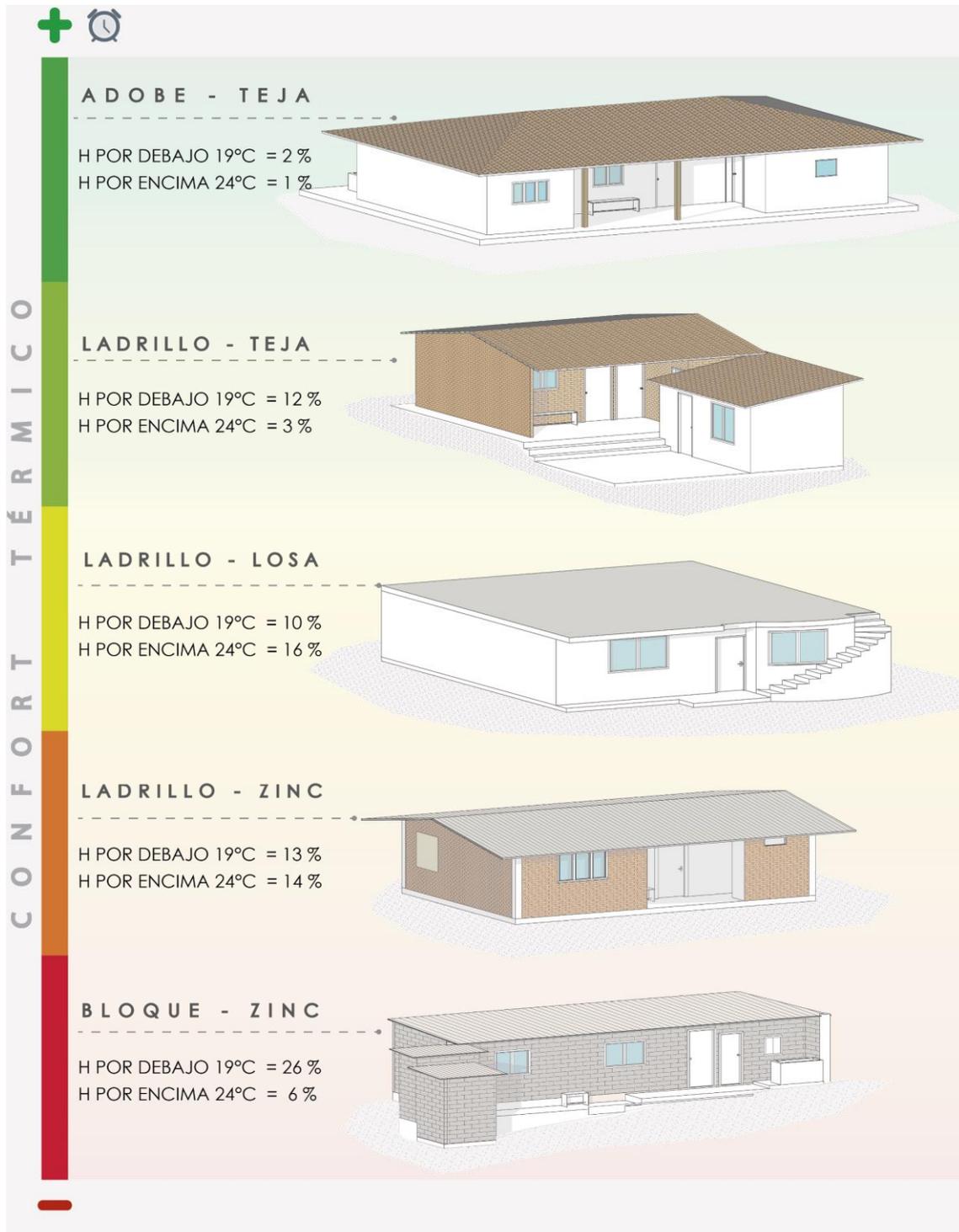


Figura 73. Resultados del total de horas anual fuera de confort expresadas en porcentaje.

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

- En las tipologías **adobe – teja** y **ladrillo - teja**, el total de horas anuales en las que se encuentran fuera de confort en la primera son casi nulas, pero en la segunda aumenta considerablemente, aunque el material de envolvente utilizado sea el mismo: tierra, la una es cruda y la otra cocida, lo que las diferencia son los espesores. Se conoce por varios autores que la tierra es un material que tiene una buena capacidad de almacenar el calor. La *inercia térmica* se cuantifica por la densidad y el calor específico, ambos materiales (ladrillo cocido y bloques de adobe) poseen inercia térmica, la una mejor que la otra en relación al espesor, esto sumado a la capacidad de almacenar asegura que el calor se vaya cediendo al interior poco a poco de manera que no hay cambios de temperatura bruscos. La baja conductividad térmica afirma este hecho; el material utilizado en la techumbre, en ambas es la teja de barro cocido que sigue siendo tierra, con las mismas propiedades. La velocidad de calentamiento de la tierra es baja (*difusividad* baja) por ello la intensidad de radiación que el sol mantenga será la determinante dentro de los flujos de calor, aquí es donde entran las propiedades adaptativas de las personas para mantener su confort.

Cabe mencionar que la tipología adobe – teja no posee la zona cocina en su interior a diferencia de la tipología ladrillo – teja que sí, y aun así la tipología adobe – teja sigue siendo mejor.

- Luego de aquello tenemos a la tipología de **ladrillo – losa** con más horas fuera de confort a lo largo del año respecto a las dos anteriores, esto debido a que, aunque su envolvente también sea de ladrillo cocido está recubierta por dos capas de enlucido, dentro y fuera de la vivienda. Autores mencionan que el hormigón posee una buena transferencia del calor por *conductividad*, lo que hace que el ladrillo este constantemente recibiendo calor en mayores proporciones que si no estuviera cubierto con las capas de enlucido.

Por su parte la techumbre es una losa construida con nervaduras de acero y bloques, cubiertas con capas de hormigón. Los bloques de hormigón por su característica física son porosos, lo que hace que su *conductividad térmica* sea más baja que la del ladrillo cocido. También son huecos, esto genera una cámara de aire dentro de ellos funcionando a manera de barrera.

Sumado a ello su orientación no es la óptima ya que da cara frontal a los vientos predominantes del sector, por lo que en épocas frías hace que las temperaturas no estén entre los rangos de confort.

- Seguidamente tenemos la tipología de **ladrillo – zinc**, esta con la misma envolvente de tierra cocida de la cual ya conocemos sus propiedades, pero con la variante en su techumbre que es de láminas de zinc, entre sus propiedades, posee una alta efusividad, es decir se calienta muy rápido con la presencia del sol y se enfría de igual manera cuando las temperaturas bajan, por lo que no se puede controlar la temperatura interna, aunque la estadía en esta tipología no es pésima puesto que conserva los beneficios de las propiedades de la envolvente.
- Por ultimo tenemos la tipología **bloque – zinc** que posee mayores horas fuera de confort anualmente, la envolvente de esta tipología es de bloque de hormigón prefabricado que contiene burbujas de aire (poroso), esta característica física le confiere dos problemas: la primera la de alta absorción de agua que da lugar al segundo problema de la resistencia a la compresión reducida. La resistencia a la compresión de los bloques es más pequeña que la del ladrillo quemados. Y la absorción de agua de los bloques es mayor a la de los ladrillos quemados (Pezeshki et al., 2018). Debido a la característica porosidad que mantiene el material posee una densidad muy baja en comparación al ladrillo de arcilla quemada. Que, además, influye en la conductividad térmica de los bloques, a mayor porosidad menor conductividad térmica y viceversa (Jiménez, 2014). Otra característica del material utilizado es que es hueco, con lo que genera una cámara de aire, impidiendo aún más la transferencia del calor.  
 Por tanto, esta tipología en épocas cálidas de la ciudad, hace que el calor de fuera no ingrese rápidamente por la envolvente, y el calor de dentro se mantenga dentro de la vivienda, sumado a la techumbre que es con láminas de zinc cuya propiedad es de rápida conducción hará que el calor ingrese todo lo que pueda durante el día y se quede allí, haciendo que las temperaturas suban hasta rebasar el rango de confort. Caso contrario en épocas de frío, en que, de igual manera por el material de envolvente utilizado, el calor de dentro no saldrá con facilidad, pero el material de cubierta al ser de zinc permitirá el rápido enfriamiento del lugar por lo que también se experimentarían una incomodidad térmica, aunque no tan alta al de los días más cálidos ya que el consecuente uso de las zonas permitirá un constante intercambio de calor interno.

La **orientación de la vivienda** también es un factor importante para la determinación del confort térmico de los materiales, es así que se realizó una simulación extra en la tipología **ladrillo – teja**, que de todas las tipologías contemporáneas seleccionadas era la que mantenía una buena orientación (su fachada frontal no daba la cara a los vientos predominantes). En la simulación de distribución de temperatura anual se determinaron los siguientes resultados:

Tenemos que, para temperaturas por debajo de los 19°C, el 13,60% del 100% de las temperaturas anuales, se encuentra por debajo del límite inferior, cuya zona con mayor porcentaje fuera de confort es la bodega con 2.82% (Tabla 37).

Tabla 37. Horas y porcentajes anuales de temperatura por debajo del límite mínimo de confort, tipología ladrillo - teja

ZONA INTERIOR	TEMPERATURA CON MÁS HORAS AL AÑO	HORAS EN O DEBAJO 19°C	HORAS EN 19°C	HORAS FUERA DE CONFORT	PORCENTAJE %
<b>Cocina comedor</b> -	21	2079,5	1232,5	847,0	9,66
<b>Dormitorio</b>	21	2371,5	1348,0	1023,5	11,68
<b>Bodega</b>	20	3360,0	1653,0	1707,0	19,48

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

Por otro lado, analizando el total de las horas por encima del límite máximo (24°C) tenemos que la vivienda posee 2,33% de temperaturas que sobrepasan los 24°C anualmente, cuya zona con mayor porcentaje corresponde a la cocina – comedor con 4,14% (Tabla 38).

Tabla 38. Horas y porcentajes anuales de temperatura por encima del límite máximo de confort, tipología ladrillo - teja

ZONA INTERIOR	TEMPERATURA CON MÁS HORAS AL AÑO	HORAS EN O ARRIBA 24°C	HORAS EN 24°C	HORAS FUERA DE CONFORT	PORCENTAJE %
<b>Cocina comedor</b> -	21	1108,0	745,0	363,0	4,14
<b>Dormitorio</b>	21	491,5	458,0	33,5	0,38
<b>Bodega</b>	20	560,5	343,5	217,0	2,47

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

Con este análisis entendemos que la orientación también tiene un papel importante sobre el confort térmico interno, puesto que los porcentajes de horas fuera de confort aumentaron, pero lo que mayor peso tiene en cuantificación de pérdida o ganancia de calor interno sigue siendo el material utilizado por las propiedades térmicas que estos contengan en la transferencia de calor.

Según vemos con los resultados obtenidos, la capacidad de una vivienda para mantenerse mucho más tiempo entre el rango de confort está altamente relacionada con la utilización adecuada de materiales constructivos que respondan favorablemente al entorno externo. Entendiendo que, todo se centra en la facilidad que tiene el material para transferir el calor, esta transferencia es una combinación de componentes, conductivos, convectivos y radiativos (Pezeshki et al., 2018) (Figura 74). Que puede ser rápida o lenta de acuerdo a las propiedades térmicas que los materiales posean como: la inercia térmica, la conductividad térmica, la difusividad o efusividad, entre otras más.

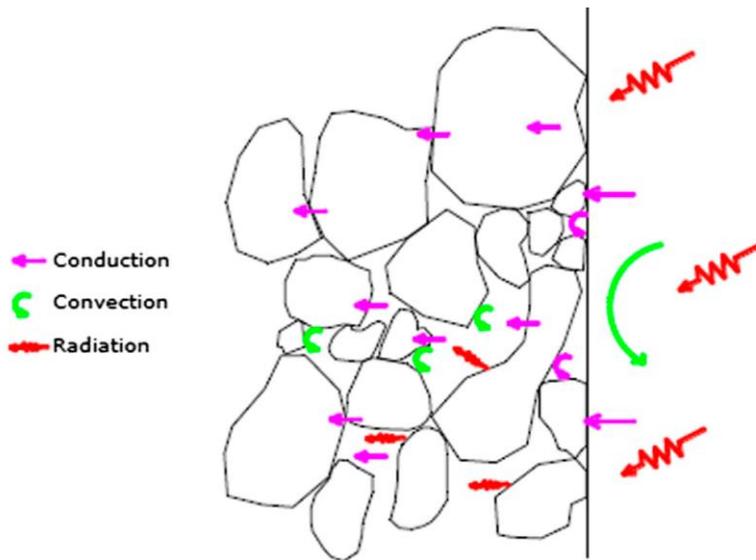


Figura 74. Mecanismos de transferencia de calor a través del material de construcción poroso.  
Fuente: (Pezeshki et al., 2018)  
Elaboración: (Pezeshki et al., 2018)

Para un mejor entendimiento de lo descrito anteriormente se hará un recordatorio de la información presentado en el Capítulo IV, explicando brevemente los componentes de transferencia de calor.

La transferencia de calor se puede dar de tres maneras: conducción, convección y radiación. Cuando el sol calienta emite energía radiante, esta energía al ser captada por el movimiento de alguna sustancia calentada, y al contacto con una superficie (pared) se va a transferir por convección, convirtiéndose en energía electromagnética o térmica, así calentará la superficie exterior a tal punto que este calor se transferirá al interior del material por conducción, esta energía se absorberá hasta llegar a la superficie interior opuesta, y como un absorbente ideal es también un radiador de energía ideal, una vez saturado el material de calor, esta energía térmica se dispersará al interior del espacio.

## CONCLUSIONES

Los barrios rurales que se ubican en las áreas rururbanas de la ciudad de Loja presentan viviendas con variedad de materiales de construcción, en donde se pueden encontrar dos tipologías: la tradicional y la contemporánea, la primera construida con: tierra, madera, piedra, y la segunda con materiales industrializados como el ladrillo, bloque o láminas de zinc. Con las simulaciones realizadas y la bibliografía de respaldo podemos afirmar que:

- La envolvente de un edificio contiene varias capas, como ladrillo, mortero, acabados y revestimientos externos que actúan como una interfaz que separa el exterior del interior.
- La cantidad de pérdida o ganancia de calor a través de la piel (envolvente) del edificio tiene un efecto directo en el confort higrotérmico de los edificios.
- La transferencia de calor a través de los materiales de construcción se da por conducción, convección y radiación. El mayor o menor flujo de transferencia dependerá de las características físico – térmicas de los materiales.
- El material ideal tendría que tener baja conductividad térmica, una gran inercia térmica que permita una alta acumulación de calor, que pueda calentarse rápidamente y ceder el calor necesario.
- Los materiales que se adaptan mejor al sector son el adobe y el ladrillo cocido en cuanto a envolvente, en cuanto a cubierta, la teja cocida, esto porque la tierra posee una buena inercia térmica, una conductividad térmica regular y una alta capacidad de almacenamiento de calor que asegura que los cambios de temperaturas al interior no sea bruscos.
- El material de la cubierta es de gran importancia para mantener el confort, debido a que recibe la mayor incidencia de energía radiante sobre la vivienda después de la envolvente.
- Se prefiere que los materiales tengan una buena inercia térmica a que sean buenos conductores del calor.
- Estas conclusiones son resultado del análisis del barrio Punzara Chico Alto, pueden servir como guía para lugares con climas similares hay que entender que no hay modelos universales y cada zona genera su propia tipología de construcción en respuesta a su entorno. Ejemplo de ello tenemos las viviendas palafitas en la costa y las construcciones con gran masa térmica en la sierra.
- La orientación de la vivienda también es un factor importante en la determinación del confort.

En el pasado esta variedad de materiales no era visible, esto tiene su origen en **transfiguración de la vivienda tradicional**.

- La transfiguración de la vivienda vernácula es un proceso en cadena. Al estar las áreas rururbanas más próximas a la ciudad, estas zonas se ven atraídas a nuevas actividades económicas que prometen mejores ingresos, la población se dedica a actividades que no son de carácter rural, con ello se alteran los valores, la identidad y las tradiciones de las comunidades, estas se vuelven individualistas, se pierde el sentido de apoyo a la comunidad y cada quien trabaja para lo suyo.

Producto de ello las personas ya no se sienten conformes con las condiciones de su vivienda, buscan renovarlas para obtener mejor “calidad de vida” tal como en la ciudad. La configuración espacial de la vivienda vernácula ahora, no es suficiente, se necesitan nuevos espacios. Para satisfacer estas necesidades se modifica la vivienda, se sustituyen los materiales, se hacen ampliaciones o subdivisiones, en los casos más extremos la construcción de una nueva vivienda. Estos materiales no son utilizados de acuerdo a las características climáticas del lugar, ni los criterios de emplazamiento ancestrales se respetan por lo que la premisa de obtener “mejor calidad de vida” orientada al confort y la salud se ve apagada. Si ampliamos la visión esto también genera un impacto visual paisajístico negativo.

- Las características climáticas difieren de un lugar a otro. Aunque existe una clasificación de pisos climáticos con los que podemos tener una noción de la temperatura por zonas del país, estas no son exactas para cualquier lugar de estudio que se elija, porque, aunque pertenezcan a una misma zona climática las características climáticas difieren así se encuentren a poco kilómetro de distancia. La sensación térmica que se tenga de un lugar no solo tiene que ver con la temperatura, sino también con la humedad, con la radiación, que están relacionadas con la altura respecto al nivel del mar, es decir la topografía, la vegetación existente.

Por ello se escogió al barrio Punzara Chico Alto como zona de estudio, puesto que cercano a esta tenemos una estación meteorológica con registros climáticos mensuales. Más tarde se entendió que para la simulación se necesitaba datos horarios lo que represento una dificultad, encontrándose la solución obteniendo los datos por medio de una interpolación con el software Meteonorm, lo que nos arrojó resultados aproximados.

## RECOMENDACIONES

- Se conoce que uno de los factores que mayormente inciden en el confort de las viviendas son los materiales constructivos, por ello para asegurar una comodidad térmica es necesario conocer las propiedades físico – térmica de los materiales. Entonces sería importante profundizar un estudio de estas propiedades revisando los componentes físicos de los materiales producidos en el medio.
- Rescatar los principios de diseño bioclimático de las viviendas tradicionales, tales como la orientación, flexibilidad y adaptabilidad al medio, sin caer en el romanticismo de querer volver al pasado, sino con la idea de aplicar estos principios en las viviendas contemporáneas.
- Realizar estudios sobre métodos para acondicionar espacios interiores y así alcanzar un confort higrotérmico óptimo. Como la utilización de materiales compuestos en paredes recubiertas con materiales de Cambio de Fase (PCM).
- Estudiar mejores maneras de obtención de datos climáticos de sectores específicos.
- Ampliar conocimientos sobre programas de simulación para el estudio de temperaturas internas de los espacios, así como gastos energéticos que las viviendas generen a lo largo del ciclo de vida (LCA).

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvear, A., Sánchez, H., Tapia, E., & Ordoñez, G. (2016). Declaraciones consensuadas del Seminario-Taller: "Arquitectura Sostenible" Un enfoque sobre estrategias de diseño bioclimático: Caso Ecuador, 5(9), 133–149. <https://doi.org/10.18537/est.v005.n009.11>
- Asadi, I., Shafigh, P., Bin, Z. F., Hassan, A., & Mahyuddin, N. B. (2018). Thermal conductivity of concrete - A review. *Journal of Building Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.07.002>
- Ascencio López, O. (2012). *La evolución de la vivienda vernácula*. México: Plaza y Valdes S.A.
- Castells, X. (2012). La vivienda y el confort. In *Energía, agua, medio ambiente, territorialidad y sostenibilidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Díaz, V., & Raúl, B. (2011). *Acondicionamiento térmico de edificios: eficiencia y uso racional de la energía* (2a ed.). Buenos Aires: Nobuko.
- Dirección Nacional de construcción, M. de vivienda C. y S. (2010). Manual de construcción -Edificaciones antisísmicas de Adobe. Perú. Retrieved from <http://www.vivienda.gob.pe/dnc>
- El Fgaier, F., Lafhaj, Z., Brachelet, F., Antczak, E., & Chapiseau, C. (2015). Thermal performance of un fired clay bricks used in construction in the north of France : Case study, 3, 102–111. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2015.09.001>
- Falagan, D. H., Muxi, Z., & Montaner, J. (2011). *Herramientas para habitar el presente . La vivienda del siglo XXI*. Barcelona: Nobuko.
- Felix, M., & Elsamahy, E. (2017). The Efficiency of Using Different Cooling Materials to Achieve Thermal Comfort in Various Climatic Zones. *Energy Procedia*, 115, 321–331. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.029>
- Gómez, G., Bojoórquez, G., & Ruiz, R. (2007). El confort térmico : dos enfoques teóricos enfrentados, 2, 45–57.
- Guerrero, R. (2013). *Edificación y eficiencia energética en los edificios (UF0569)* (1a ed.). Andalucía: IC Editorial.
- Guzmán, D., & Iñiguez, J. (2015). *Estudio de una propuesta de mejoramiento del sistema constructivo Adobe*. Univesidad de Cuenca.
- INAMHI. (2014). *Anuario Meteorológico 2014*. Ambato - Ecuador.

- Jiménez, R. (2014). *Concreto aireado en autoclave, Estado actual de la técnica y perspectivas de futuro*. Universidad Politécnica de Catalunya.
- Lima, C. (2012). *Manual de construcción*. (C. L. S.A.A., Ed.). Lima.
- Meteotest. (2017). *Meteonorm Handbook part II : Theory*. Suiza.
- Miceli, A. (2016). *Arquitectura sustentable: más que una nueva tendencia una necesidad* (1a ed.). Buenos Aires: Diseño Editorial.
- Molina, J. (2017). Realidad Energética Renovable con Tecnologías Limpias. Retrieved from <http://alternativarenovable.blogspot.com/2017/04/que-es-el-confort-termico.html>
- Muñoz, A. G. (2012). *El confort térmico adaptativo Aplicación en la edificación en España*. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Neila, F. J. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*.
- Neila, J., & Montalbán, B. (2016). HYGROTHERMAL BEHAVIOUR AND THERMAL COMFORT OF THE VERNACULAR HOUSINGS IN THE JERTE VALLEY (CENTRAL SYSTEM, SPAIN). *Energy & Buildings*. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.08.045>
- Obaco Díaz, R. F. (2016). *Diseño de equipamiento cultural y recreativo como elemento urbano para una nueva centralidad en la ciudad de Loja, caso de estudio Parroquia Punzara*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Olmos, D. (2013). *“Programas de simulación: análisis comparativo de 3 software de simulación energética aplicados a un proyecto construido y monitorizado.”* Universidad Politécnica de Cataluña.
- OpenStreetmap. (2018). OPEN STREET MAP. Retrieved from <https://www.openstreetmap.org/#map=13/19.7033/-101.1897&layers=CN>
- Ordoñez, A. (2014). Manual de ayuda de DesignBuilder en español. *Versión Programada: 4/Versión Del Manual*.
- Pezeshki, Z., Soleimani, A., Darabi, A., & Mazinani, S. M. (2018). Thermal transport in : Building materials. *Construction and Building Materials*, 181, 238–252. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.230>
- Prado, E. (2018). *Determinación del comportamiento térmico de las viviendas promovidas por el MIDUVI en la zona climática de la parroquia Mercadillo, cantón Puyango*.

- Rodriguez, L. G., Martini, I., & Discoli, C. (2016). Energy storage for residential dwellings . Methodology to improve energy efficiency and habitability. *Journal of Energy Storage*, 8, 99–110. <https://doi.org/10.1016/j.est.2016.09.009>
- San Juan, G. A. (2013). *Diseño bioclimático como aporte al proyecto arquitectónico*. La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Sereno, C. A., Santamaría, M., & Santarelli Serer, S. A. (2010). El rurubano: espacio de contrastes, significados y pertenencia, ciudad de Bahía Blanca , Argentina. *Cuadernos de Geografía*, 19, 41–57.
- Upadhyay, A. K. (2017). Climate information for building designers: a graphical approach *Climate information for building designers: a graphical approach*, 8628(November), 0–10. <https://doi.org/10.1080/00038628.2017.1389690>
- Viegas, G. M. (2011). Desarrollo metodológico a partir de mosaicos urbanos para evaluar la eficiencia energética y el aprovechamiento de la energía solar en el marco de la sustentabilidad urbana, 139–155.
- Wassouf, M. (2014). *De la casa pasiva al estándar: la arquitectura pasiva en climas cálidos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SL.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Rangos de temperatura según datos del INAMHI

Zona Climática	Rangos de temperatura según datos del INAMHI
ZT1	6 -10 °C
ZT2	10 -14 °C
ZT3	14 -18 °C
ZT4	18 -22 °C
ZT5	22 -25 °C
ZT6	25 -27 °C

## Anexo 2. Tablas y gráficas de distribución de temperatura anuales tipología ladrillo – zinc

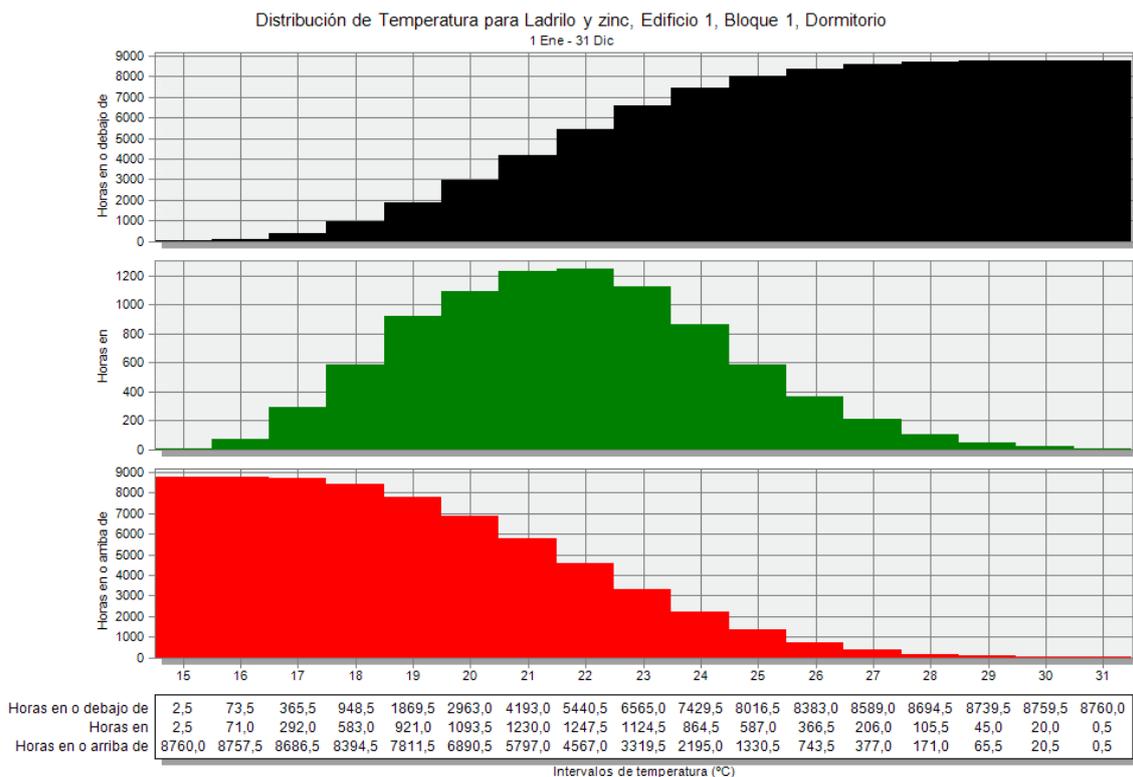


Figura 75. Distribución de temperaturas anuales de Dormitorio – tipología ladrillo - zinc  
Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5  
Elaboración: Autor

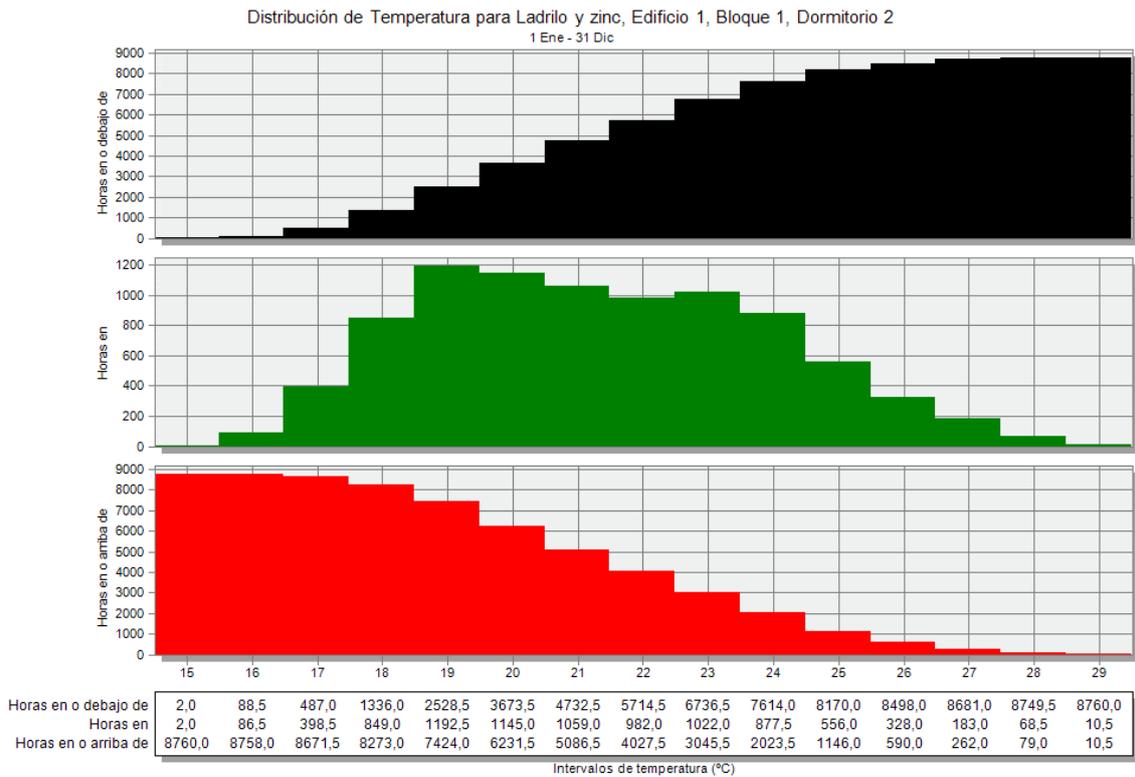


Figura 76. Distribución de temperaturas anuales de Dormitorio 2 – tipología ladrillo - zinc  
Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5  
Elaboración: Autor

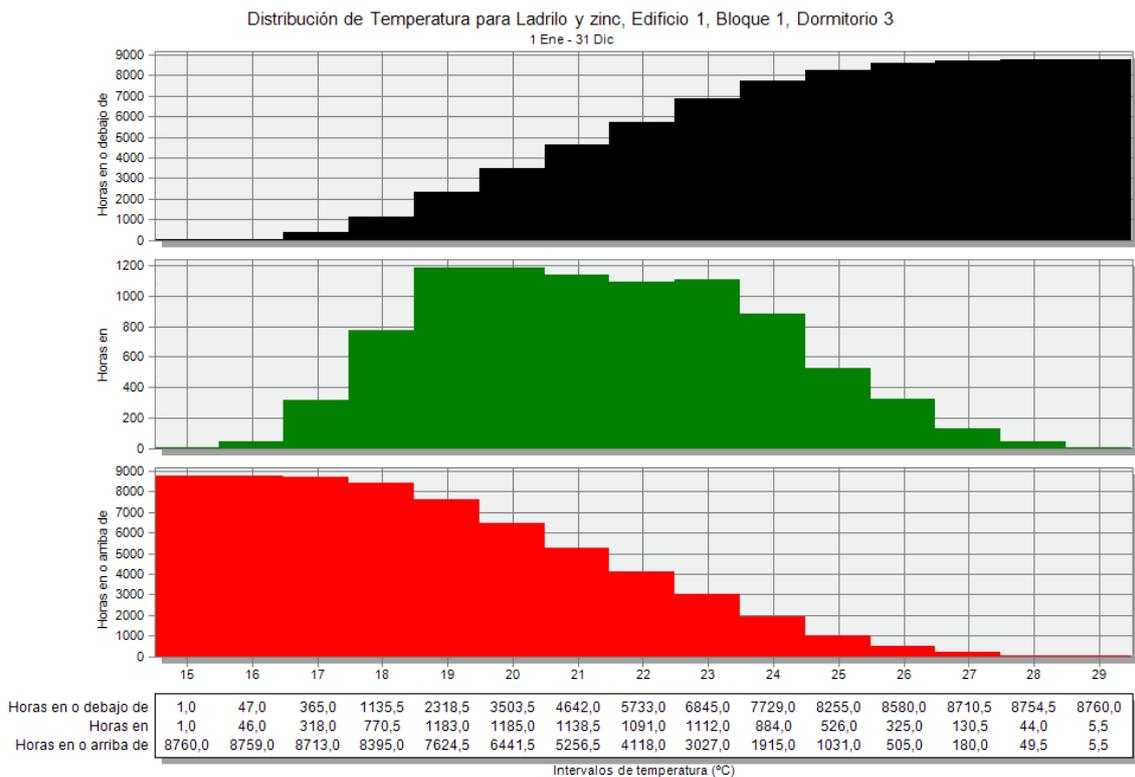


Figura 77. Distribución de temperaturas anuales de Dormitorio 3 – tipología ladrillo - zinc  
Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5  
Elaboración: Autor

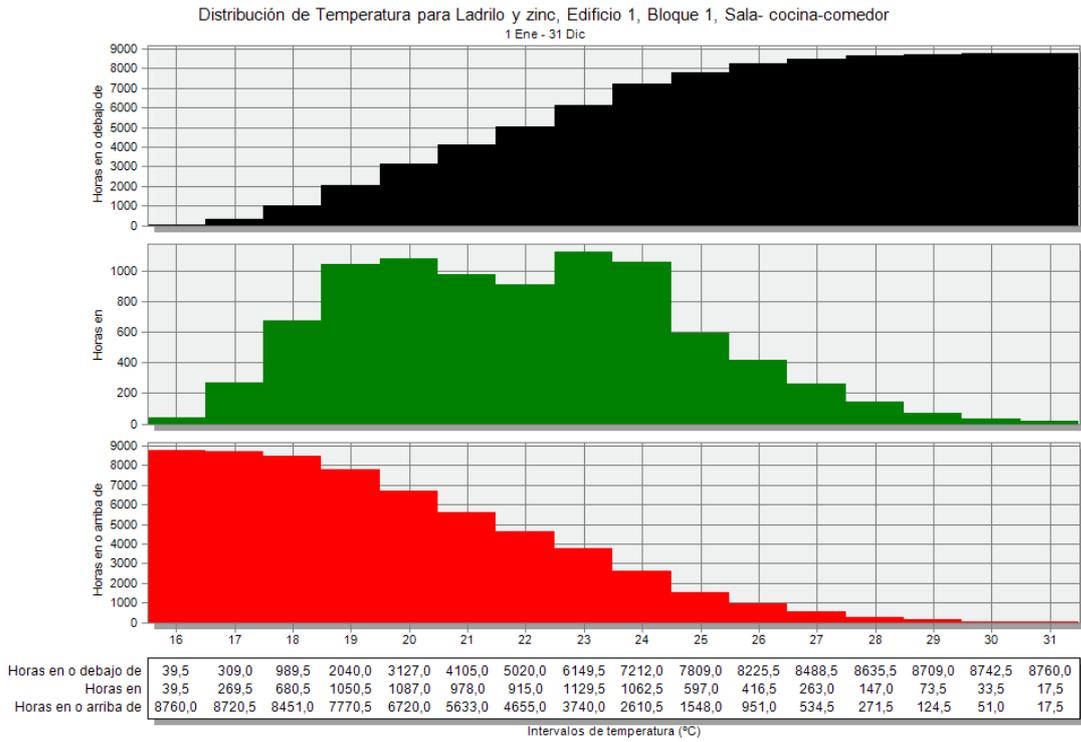


Figura 78. Distribución de temperaturas anuales de Sala – cocina - comedor – tipología ladrillo - zinc

Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5

Elaboración: Autor

### Anexo 3. Tablas y gráficas de distribución de temperatura anuales tipología ladrillo – teja

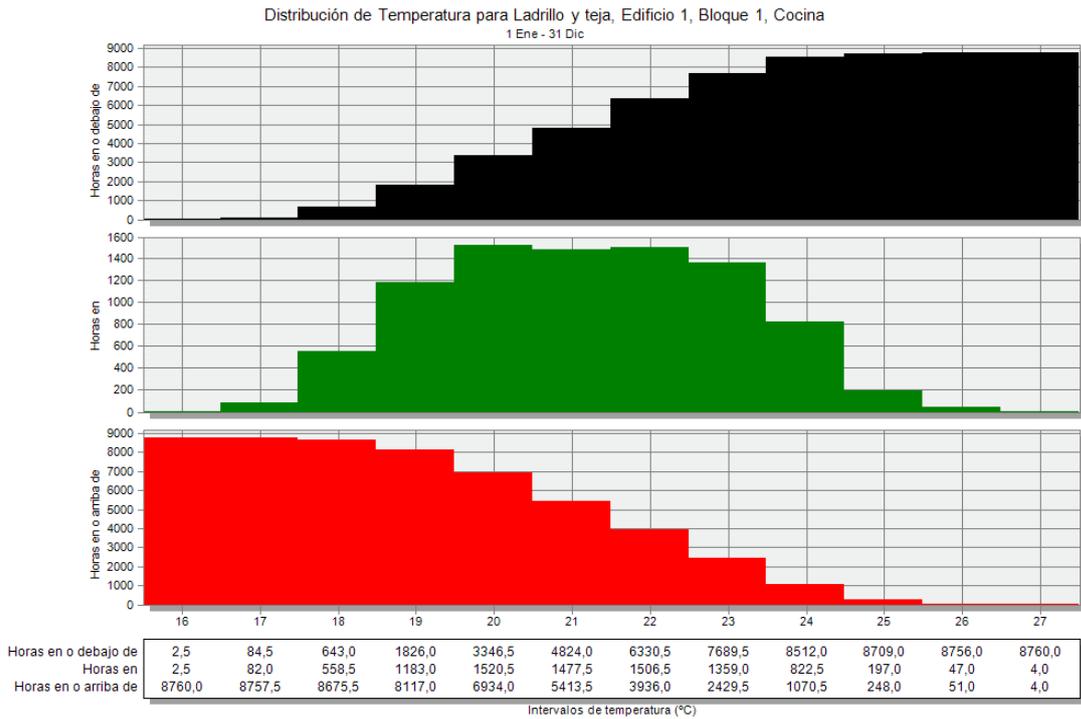


Figura 79. Distribución de temperaturas anuales de Cocina - comedor – tipología ladrillo - teja

Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5

Elaboración: Autor

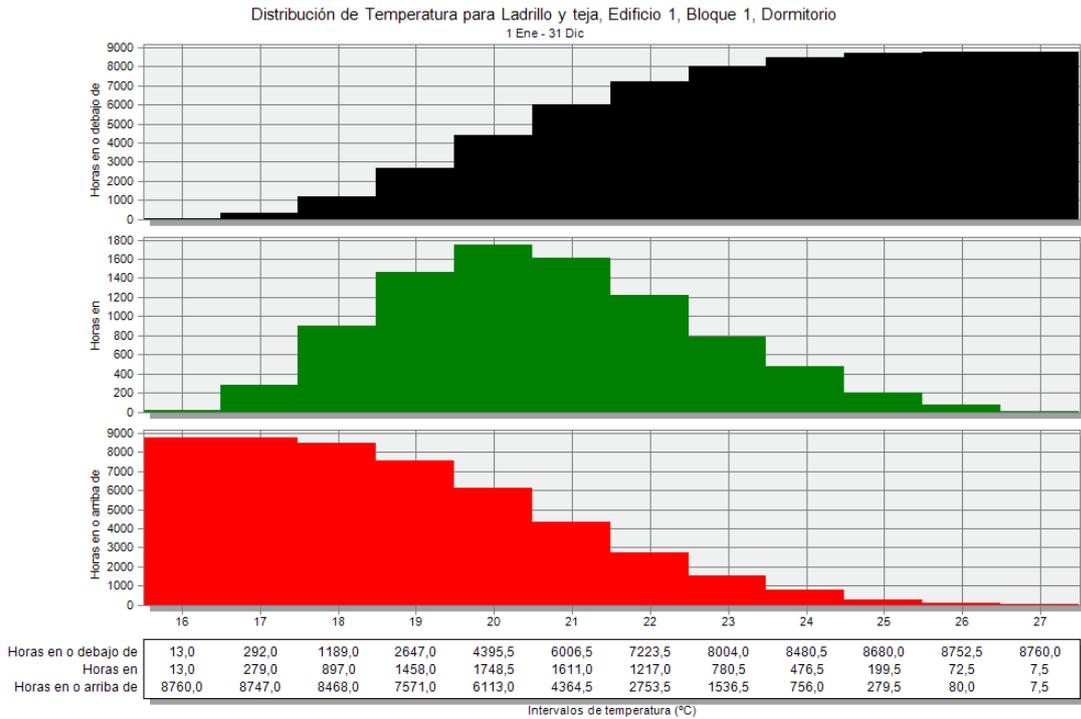


Figura 80. Distribución de temperaturas anuales de Dormitorio – tipología ladrillo - teja  
Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5  
Elaboración: Autor

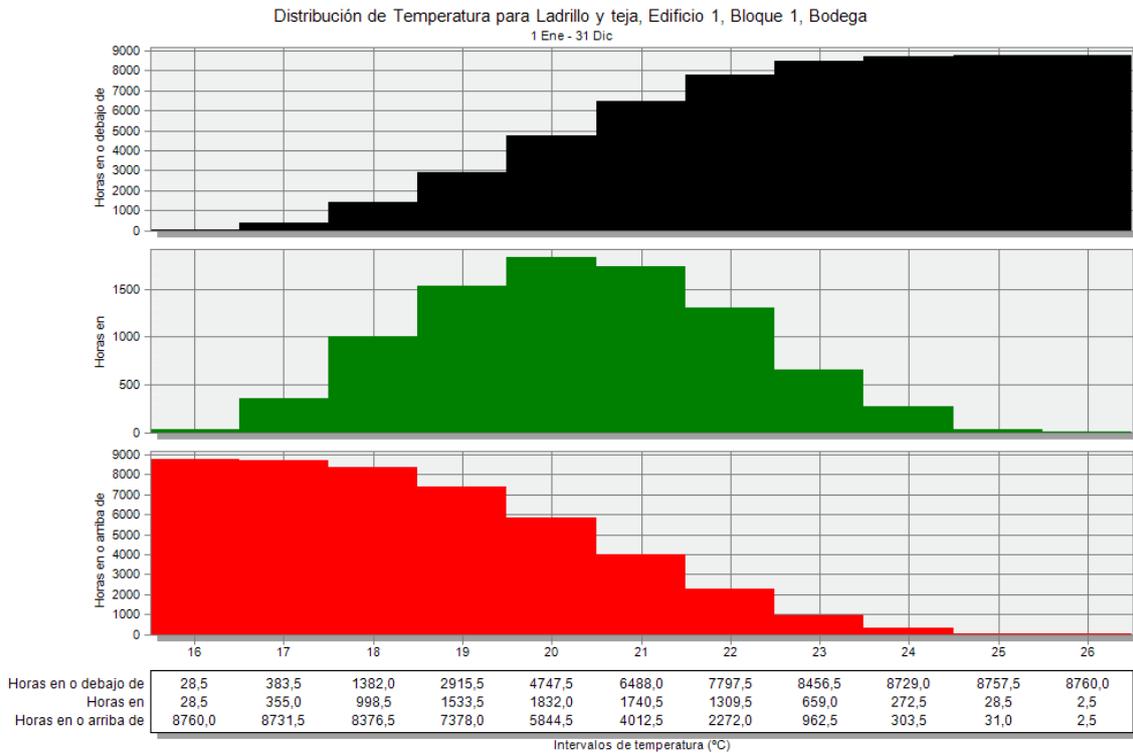


Figura 81. Distribución de temperaturas anuales de Bodega – tipología ladrillo - teja  
Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5  
Elaboración: Autor

## Anexo 4. Tablas y gráficas de distribución de temperatura anuales tipología ladrillo – losa

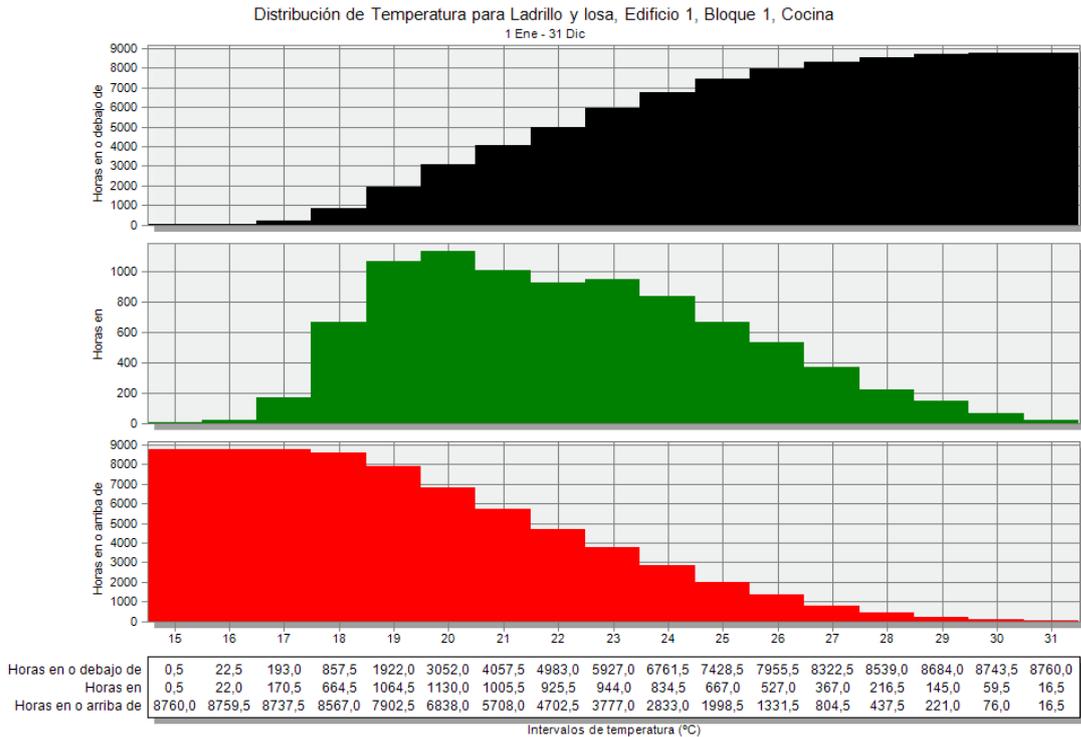


Figura 82. Distribución de temperaturas anuales de Cocina – tipología ladrillo - losa

Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5

Elaboración: Autor

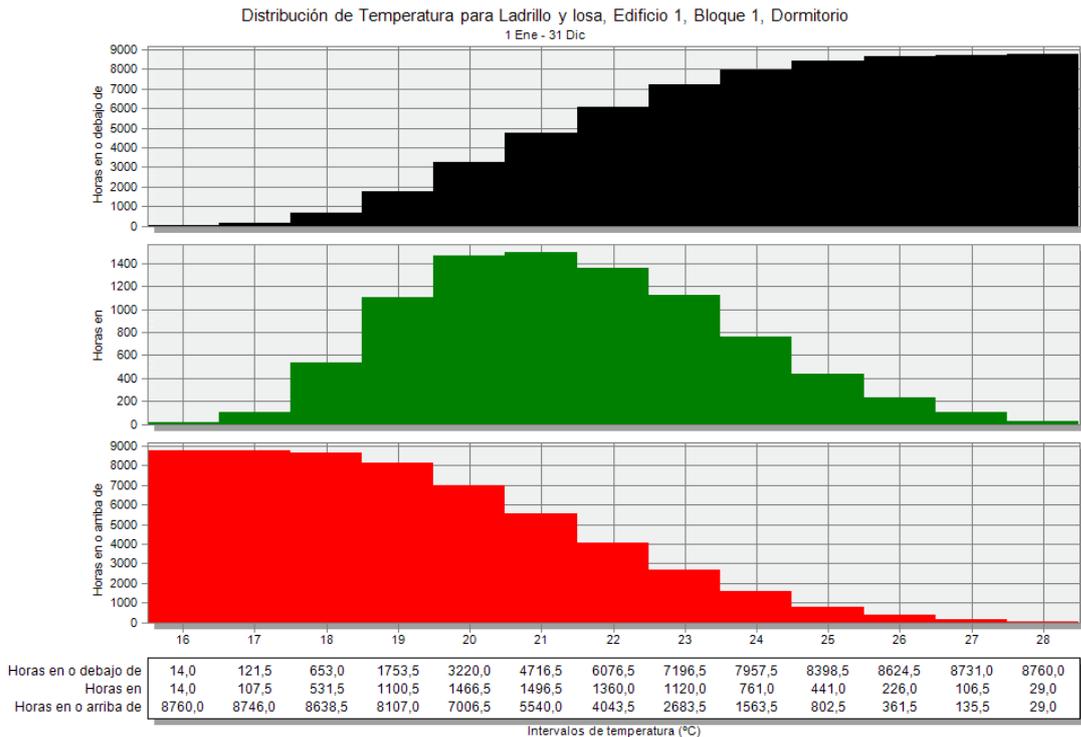


Figura 83. Distribución de temperaturas anuales de Dormitorio – tipología ladrillo - losa

Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5

Elaboración: Autor

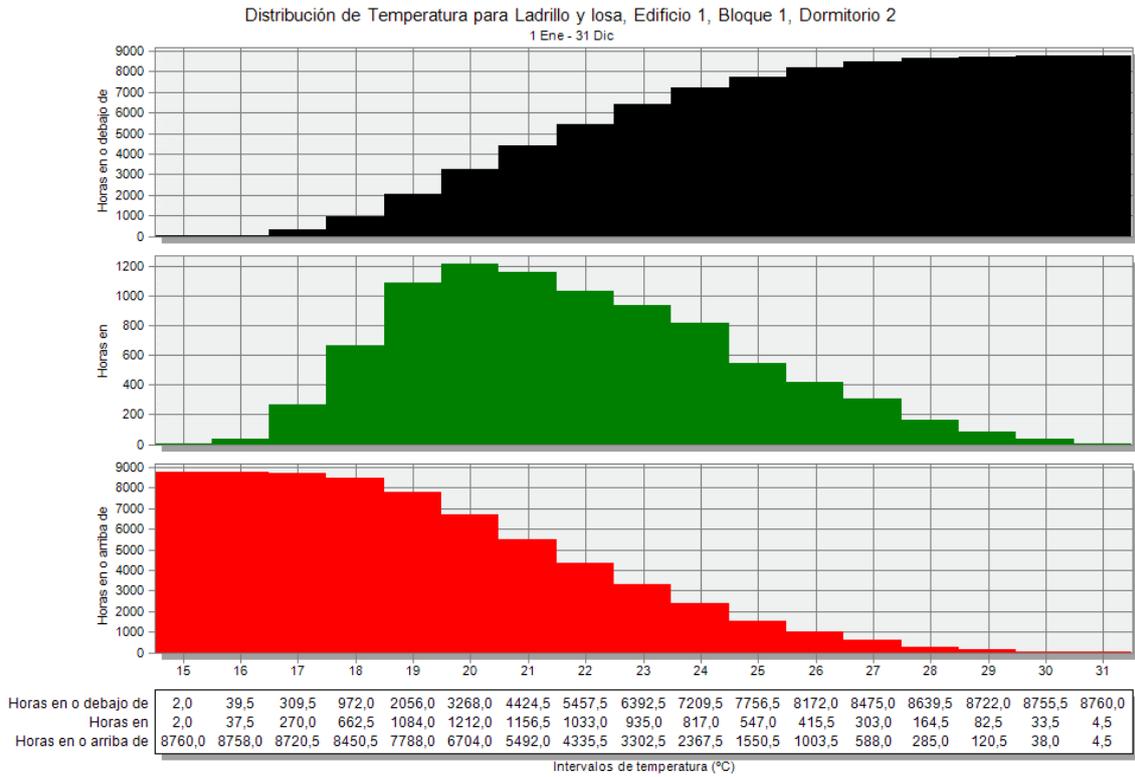


Figura 84. Distribución de temperaturas anuales de Dormitorio 2 – tipología ladrillo - losa  
Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5  
Elaboración: Autor

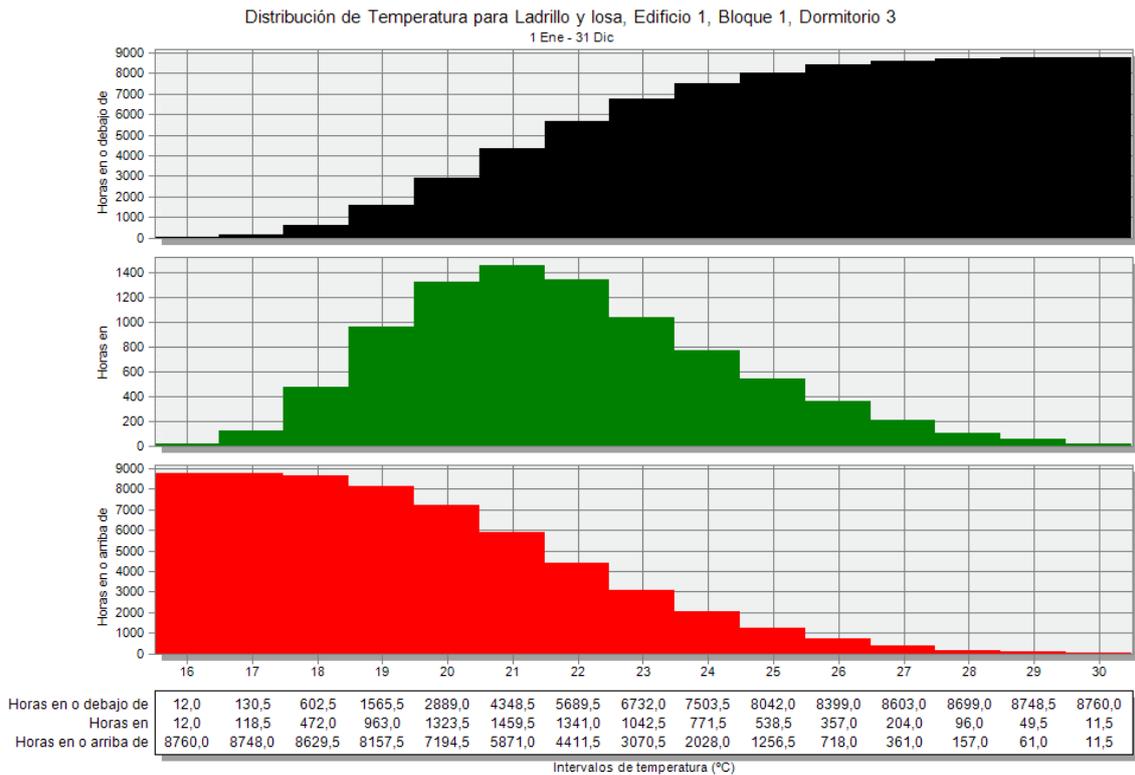


Figura 85. Distribución de temperaturas anuales de Dormitorio 3 – tipología ladrillo - losa  
Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5  
Elaboración: Autor

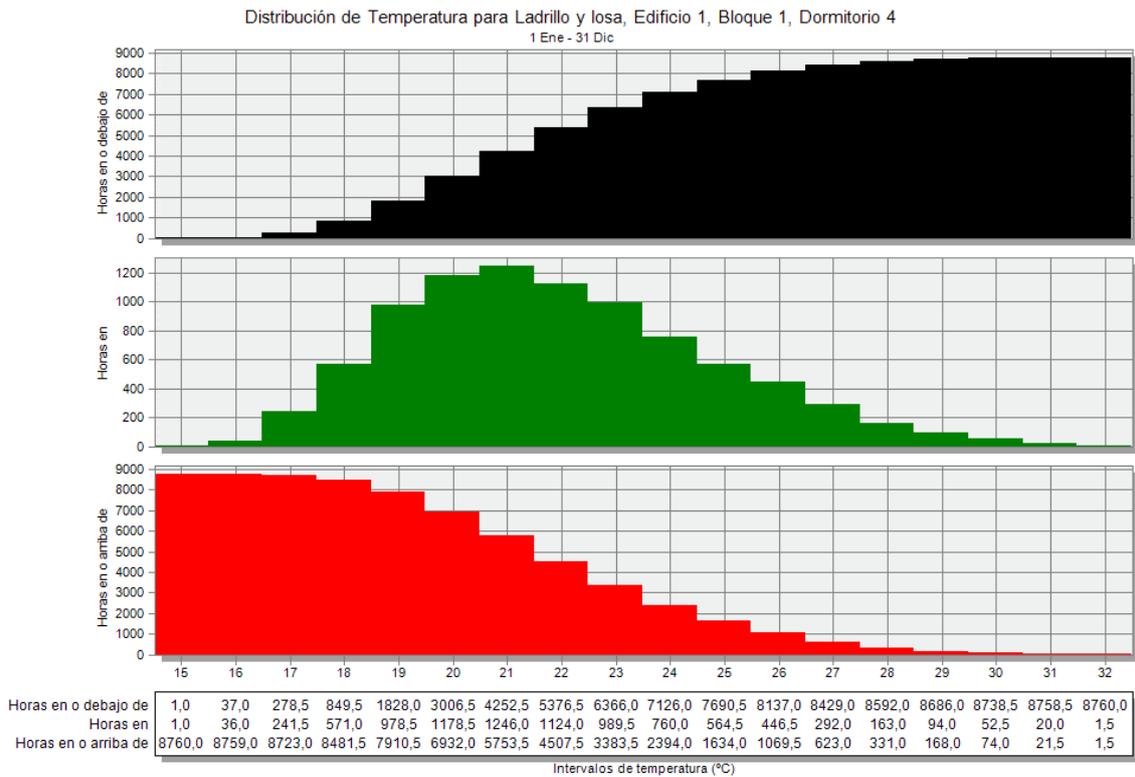


Figura 86. Distribución de temperaturas anuales de Dormitorio 4 – tipología ladrillo - losa  
Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5  
Elaboración: Autor

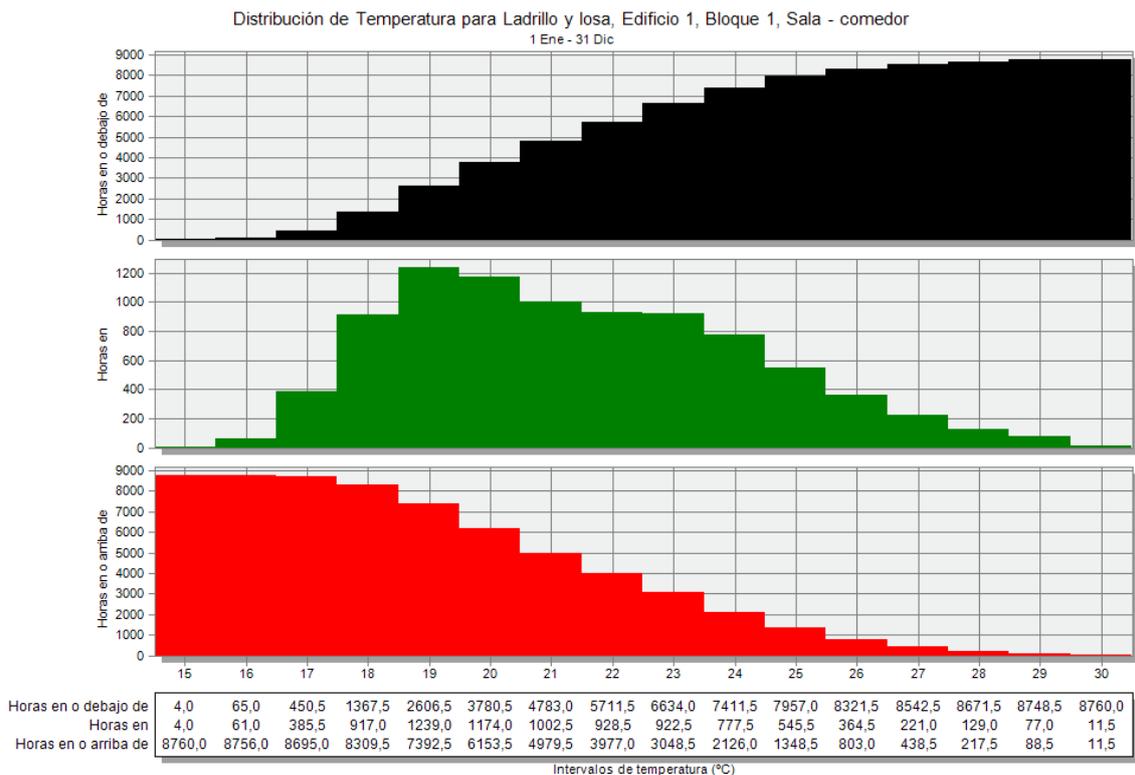


Figura 87. Distribución de temperaturas anuales de Sala comedor – tipología ladrillo - losa  
Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5  
Elaboración: Autor

## Anexo 5. Tablas y gráficas de distribución de temperatura anuales tipología bloque – zinc

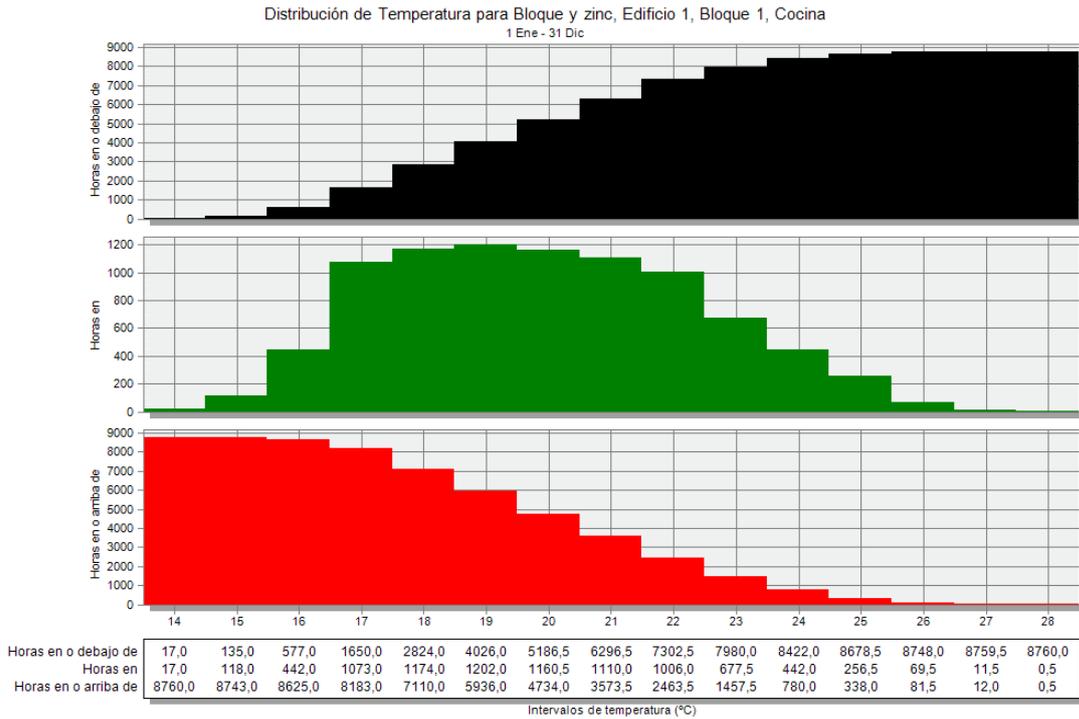


Figura 88. Distribución de temperaturas anuales de la Cocina – tipología bloque - zinc

Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5

Elaboración: Autor

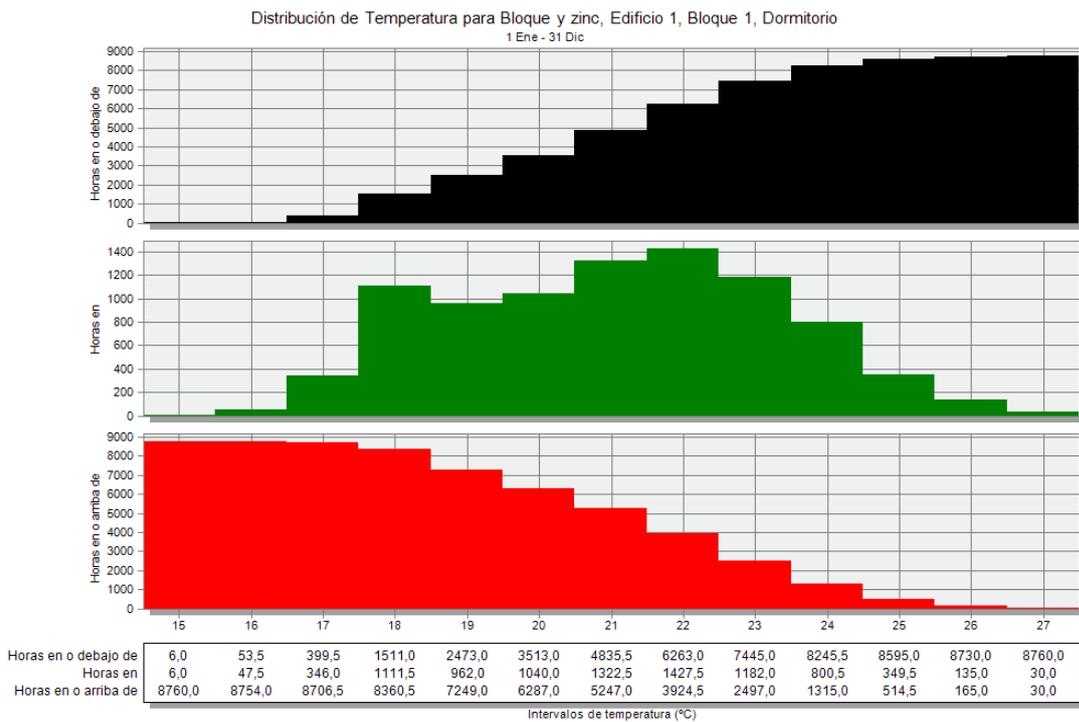


Figura 89. Distribución de temperaturas anuales del Dormitorio – tipología bloque - zinc

Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5

Elaboración: Autor

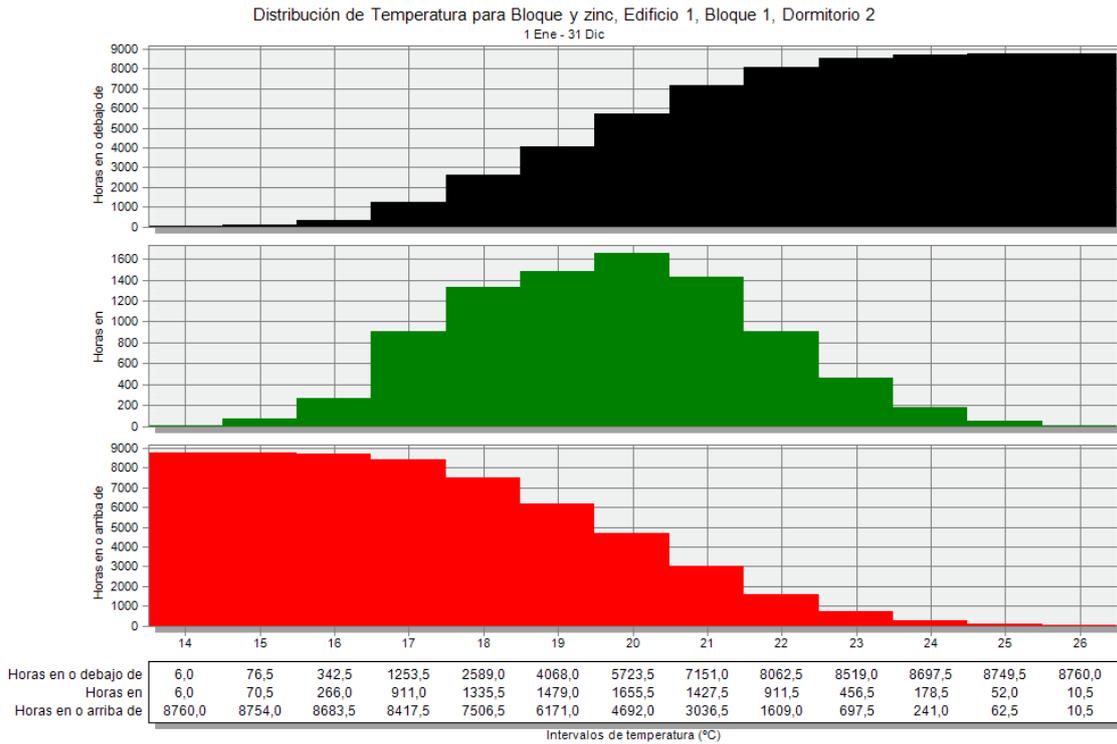


Figura 90. Distribución de temperaturas anuales del Dormitorio 2 – tipología bloque - zinc  
Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5  
Elaboración: Autor

## Anexo 6. Tablas y gráficas de distribución de temperatura anuales tipología adobe – teja

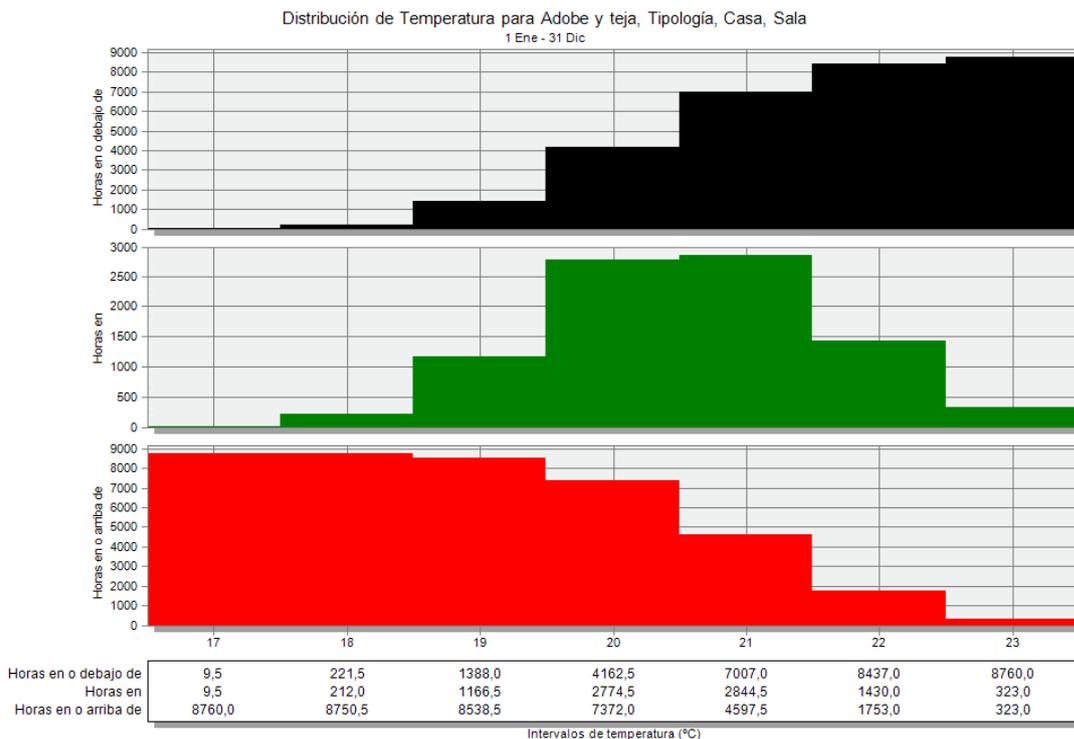


Figura 91 Distribución de temperaturas anuales de la Sala – tipología adobe - teja  
Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5  
Elaboración: Autor

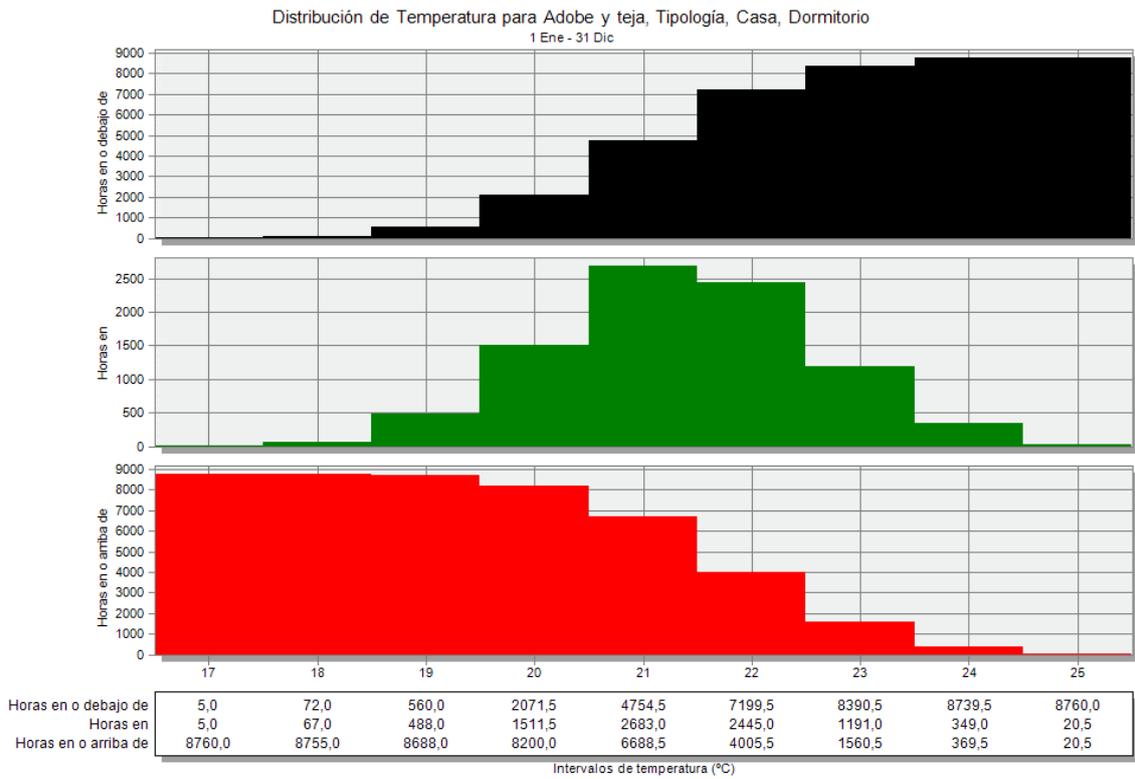


Figura 92. Distribución de temperaturas anuales de la Dormitorio – tipología adobe - teja  
Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5  
Elaboración: Autor

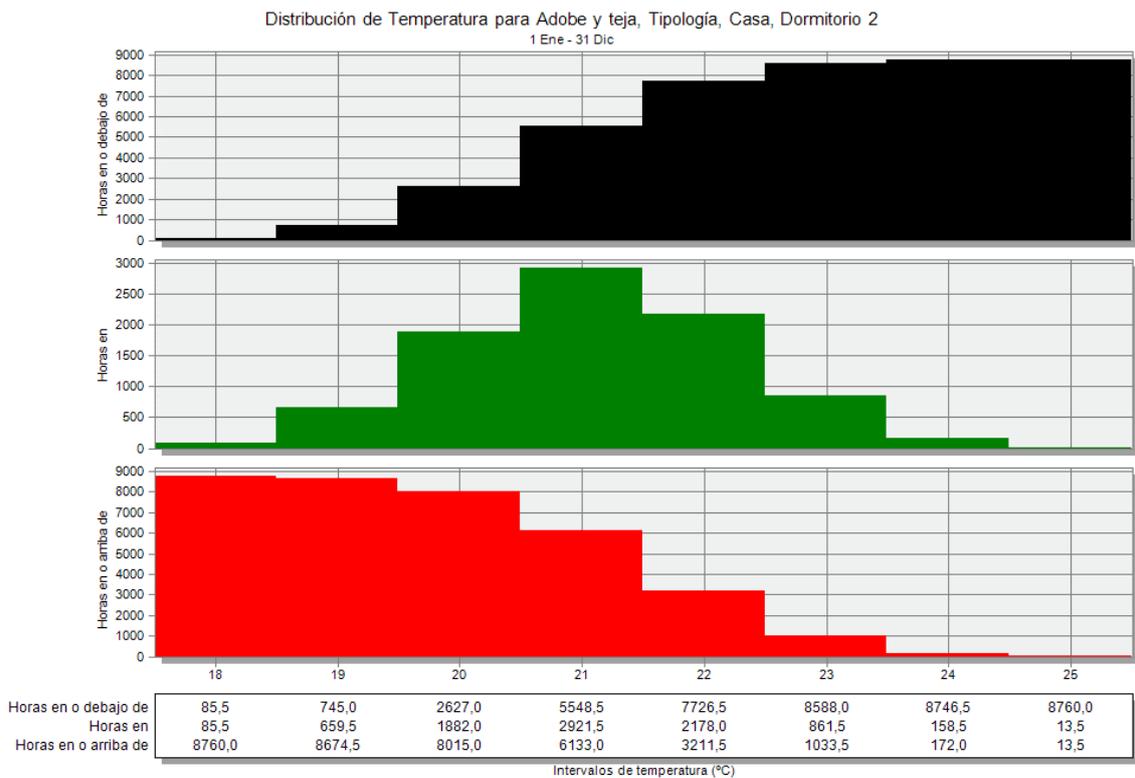


Figura 93. Distribución de temperaturas anuales de la Dormitorio 2 – tipología adobe - teja  
Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5  
Elaboración: Autor

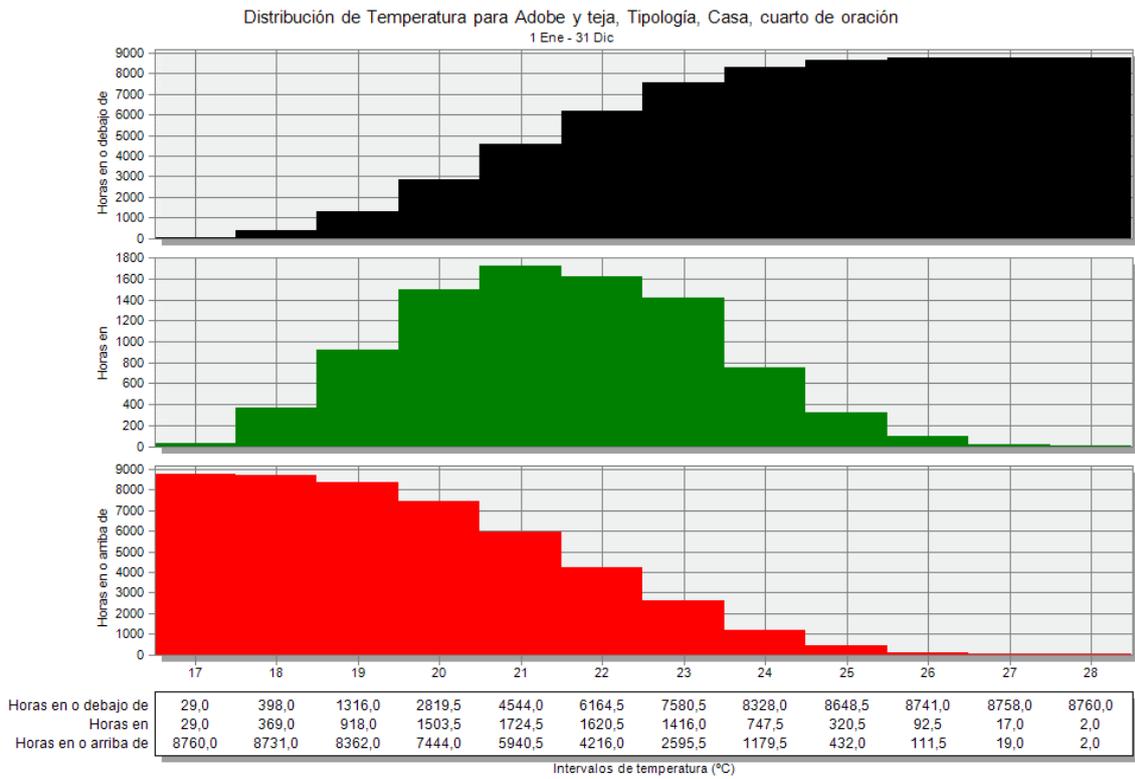


Figura 94. Distribución de temperaturas anuales del Cuarto de Oración – tipología adobe - teja  
Fuente: Resultados de simulación en DesignBuilder 4.5  
Elaboración: Autor