



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR SEDE – LOJA

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO CIPARQ

ESTRATEGIAS DE DISEÑO SOLAR PASIVO PARA BRINDAR CONFORT
TÉRMICO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE LOJA, SECTOR AMABLE
MARÍA.

**TRABAJO DE FIN DE CARRERA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTA**

AUTORA:

XIMENA CAROLINA LEIVA PALADINES

DIRECTOR:

MGS. ARQ. FREDY SALAZAR

JULIO - 2017

LOJA – ECUADOR

Yo, Ximena Carolina Leiva Paladines, declaro bajo juramento, que el trabajo de fin de carrera, aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que hagan el uso que estimen pertinente del mismo, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Ximena Carolina Leiva Paladines

Yo, Arq. Fredy Salazar, certifico que conozco a la autora del presente trabajo siendo la responsable exclusiva tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Arq. Fredy Salazar

Dedico este proyecto de tesis a Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar. A mis padres, quienes con su paciencia han sido un apoyo fundamental, a lo largo de mi vida; depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. A mis abuelitos, quienes han sabido llenarme de amor y me han enseñado a preservar a través de sus sabios consejos. A mis tíos Sandra, Diego y Diana, por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora. A Camila, porque te amo infinitamente hermanita, y porque en tu corta edad has sido para mí, un ejemplo de perseverancia y dedicación.

Este trabajo investigativo ha requerido voluntad, dedicación, esfuerzo, la guía y apoyo de mi director de tesis, Arq. Fredy Salazar, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación lograron que yo pueda desarrollar y culminar el mismo.

Finalmente agradezco a la Universidad Internacional en general por haberme permitido estudiar esta grandiosa carrera, la cual me brinda y me seguirá brindando incomparables oportunidades de superación y de crecimiento personal y profesional.

Resumen

.Los ambientes interiores de las viviendas pueden resultar más contaminados que el aire exterior; debido a la existencia de fuentes contaminantes internas, la falta de ventilación adecuada, la orientación, el aislamiento, el uso de materiales tóxicos, son conceptos que se deben tener en cuenta al momento de proyectar viviendas.

Se realizó un análisis del confort térmico a un grupo de viviendas para determinar la satisfacción e insatisfacción térmica de sus usuarios. También se hizo un análisis físico natural del sector con la finalidad de generar viviendas que se acoplen al entorno físico.

El TFC está realizado con el propósito de desarrollar estrategias de diseño que permitan proyectar viviendas con ambientes óptimos, temperaturas agradables, para que puedan realizar sus actividades.

Los sistemas solares pasivos que se han propuesto como estrategias, están diseñados para un clima templado, con el objetivo de abrigar el interior de la vivienda pero sin llegar a un sobrecalentamiento por lo que se también se proponen sistemas de control solar.

PALABRAS CLAVES: Sistemas solares pasivos, vivienda, confort, estrategias.

Abstract

Indoor environments in homes may be more polluted than outside air; Due to the existence of internal sources of pollution, lack of adequate ventilation, orientation, isolation, and the use of toxic materials are concepts that must be taken into account when designing homes.

An analysis of the thermal comfort was carried out to a group of dwellings to determine the satisfaction and thermal dissatisfaction of its users. A physical and socioeconomic physical analysis of the sector was also carried out in order to generate housing that would be compatible with both the physical environment and society.

The TFC is designed to develop design strategies that allow the design of homes with optimal environments, pleasant temperatures, so that they can carry out their activities.

The passive solar systems that have been proposed as strategies, are designed for a temperate climate, with the objective of sheltering the interior of the house but without reaching overheating so that solar control systems are also proposed.

KEYWORDS: Passive solar systems, housing, comfort, strategies.

**ESTRATEGIAS DE DISEÑO SOLAR PASIVO PARA BRINDAR CONFORT
TÉRMICO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE LOJA, SECTOR AMABLE
MARÍA.**

CERTIFICACIÓN Y ACUERDO DE ORIGINALIDAD.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiii
ÍNDICE DE MAPAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
PROBLEMÁTICA	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
OBJETIVOS.....	4
HIPOTESIS.....	4
CAPITULO 1: MARCO CONTEXTUAL	5
1.1. Contexto histórico.....	5
1.1.1. Antecedentes	5
1.2. Contexto geográfico.....	7
1.2.1. Localización geografía	7
1.3. Contexto socio-económico	9
1.3.1. Población.....	9
1.3.1.1. Tamaño, Crecimiento y distribución de la Población.....	9
1.3.2. Economía.....	11
1.3.3.1. Población económicamente activa.....	11
1.3.3.2. Categoría de ocupación.....	12
1.3.3. Vivienda.....	13
1.3.3.1. Tipología de vivienda	13
1.3.3.2. Tenencia de vivienda	13
1.3.3.3. Materialidad de la vivienda.....	14
1.4. Contexto ambiental	16
1.4.1. Clima.....	16

1.4.1.1. Temperatura de aire	17
1.4.1.2. Heliofanía.....	18
1.4.1.3. Humedad del aire	19
1.4.1.4. Velocidad del aire	20
1.4.2. Vegetación.....	21
1.5. Contexto Legal.....	24
1.5.1. Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011.....	24
Capítulo 13: Eficiencia energética en la construcción en Ecuador.....	24
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.....	34
2.1. El clima y la arquitectura	34
2.1.1. Clima.....	34
2.1.1.1. Factores del clima	35
2.1.1.1.1. Latitud (°, ', ")	36
2.1.1.1.2. Altitud (msnm).....	37
2.1.1.1.3. Relieve	37
2.1.1.1.4. Distribución de tierra y agua.....	38
2.1.1.2. Elementos del clima.....	38
2.1.1.2.1. Temperatura (°C, K, °F)	39
2.1.1.2.2. Humedad (%).....	40
2.1.1.2.3. Precipitación (mm)	40
2.1.1.2.4. Viento (m/s).....	41
2.1.1.2.5. Radiación (Wh/m ²).....	42
2.1.1.3. Análisis e interpretación del clima.....	44
2.1.1.3.1. Cálculo de la temperatura confort.....	44
2.1.1.3.2. Köppen, modificada por García.....	44
2.1.2. Geometría solar.....	45
2.1.2.1. Trayectoria solar	46
2.1.2.2. Métodos de análisis solar	48
2.1.2.3. Tipos de radiación.....	50
2.1.2.3. Formas de transmisión del calor	51
2.2. Arquitectura bioclimática	53
2.2.1. Arquitectura bioclimática pasiva 0982764695.....	53
2.2.1.1. Sistemas Pasivos	53
2.2.1.1.1. Sistemas de calentamiento pasivo.....	53
2.2.1.2. Parámetros de energía solar pasiva.....	55

2.2.1.2.1. Topografía.....	56
2.2.1.2.2. Orientación.....	56
2.2.1.2.3. Materiales que se deben usar	56
2.2.1.2.4. Proyecto arquitectónico y sus recomendaciones en zonas distintas	58
2.2.1.2.5. Ubicación en el terreno	58
2.2.1.2.6. Vegetación	59
2.2.1.3. Elementos de protección solar	59
2.2.1.3.1. Elementos horizontales	59
2.2.1.3.2. Elementos Verticales	60
2.2.1.3.3. Aislamiento y Masa Térmica.....	61
2.3. Confort.....	61
2.3.1. Confort térmico.....	62
2.3.1.1. Parámetros que determinan el confort térmico.....	62
2.3.1.1.1. Parámetros ambientales interiores	62
2.3.1.1.2. Parámetros personales.....	63
2.3.1.2. Evaluación de la sensación térmica	64
2.3.1.2.1. Método de Fanger	64
2.3.1.2.2. Procedimiento de aplicación del Método de Fanger.....	67
2.4. Proyecto referente de arquitectura solar pasiva	76
2.4.1. Referente internacional	76
Casa tempero, sistemas bioclimáticos pasivos en viviendas sociales.....	76
2.4.2. Referente nacional.....	80
Vivienda bioclimática	80
CAPITULO 3: ANÁLISIS DEL SITIO Y ENTORNO.....	84
3.1. Ubicación	84
3.2. Análisis físico natural	84
3.2.1. Topografía	84
3.2.3. Climatología.....	85
3.2.3.1. Cálculo de la temperatura confort.....	85
3.2.3.2. Soleamiento y vientos dominantes	87
3.3. Análisis del confort térmico de una muestra de viviendas	90
3.3.1. Planeamiento del método de análisis y muestreo.....	90
3.3.1.1. Equipos de medición.....	91
3.4.1.2. Diseño de fichas.....	91

3.4.2. Valoración de la sensación térmica de las viviendas seleccionadas	92
3.4.2.1. Ubicación	92
J Vivienda 1 – adobe	92
J Vivienda 2-madera	97
J Vivienda 3-bloque	102
J Vivienda 4-ladrillo.....	107
3.4.3. Resultados del análisis de confort térmico en las viviendas	112
3.4. Diagnóstico del sitio y entorno	116
3.4.1. Matriz FODA	116
CAPITULO 4: ESTRATEGIAS DE DISEÑO SOLAR PASIVO.....	117
4.1. Orientación.....	119
4.2. Forma y volumen	125
4.3. Distribución de espacios	126
4.4. Ventanas.....	128
4.5. Ventilación.....	139
4.6. Protección solar.....	141
4.7. Colores	144
4.8. Invernadero y Muro trombe	144
CONCLUSIONES	148
RECOMENDACIONES	150
ANEXOS.....	151
BIBLIOGRAFÍA	152

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1. Vista central de la ciudad de Loja siglo XX	6
Ilustración 1.2. Curva de confort (P.O Fanger)	27
Ilustración 2.3. Latitudes y longitudes del Ecuador.....	36
Ilustración 2.4. Altitudes de la provincia de Loja.....	37
Ilustración 2.5. Relieve continental	38
Ilustración 2.6. Agua y tierra	38
Ilustración 2.7. Mapa Isotermas Media Anual del Ecuador 1981-2010	40
Ilustración 2.8. Mapa pluviométrico de la provincia de Loja.....	41
Ilustración 2.9. Tipos de viento del planeta.....	42
Ilustración 2.10. Radiación difusa y directa promedio del Ecuador	43
Ilustración 2.11. Movimiento aparente del sol	47
Ilustración 2.12. Zonas de latitud en función de la insolación. Las líneas rojas discontinuas indican los paralelos notables.....	47
Ilustración 2.13. Grafica estereográfica.....	50
Ilustración 2.14. Tipos de radiación	51
Ilustración 2.15. Mecanismos de transferencia de calor	52
Ilustración 2.16. Construcción con ganancia solar directa	54
Ilustración 2.17. Construcción por ganancia solar indirecta (muro trombe)	55
Ilustración 2.18. Construcción por ganancia solar aislada (invernadero).....	55
Ilustración 2.19. Casa tempero, sistemas bioclimáticos pasivos en viviendas sociales.....	76
Ilustración.2.20. Casa tempero, sistemas bioclimáticos pasivos en viviendas sociales.....	78
Ilustración.2.21. Vivienda bioclimática.....	82
Ilustración 3.22. Ubicación del terreno.....	84
Ilustración 3.23. Elementos de control solar.....	118
Ilustración 4.24. Grafica estereográfica con la orientación óptima para el sector amable María de la ciudad de Loja.	120
Ilustración 4.25. Grafica de la radiación solar para una superficie orientada 50°	121

Ilustración 4.26. Óptima orientación de las viviendas para el sector Amable María - Ciudad de Loja	125
Ilustración 4.27. Forma y volumen para las viviendas en el sector Amable María - Ciudad de Loja	126
Ilustración 4.28. Análisis de insolación anual en el sector Amable María - Ciudad de Loja ..	127
Ilustración 4.29. Simulación durante el solsticio de verano en el sector Amable María - Ciudad de Loja.....	128
Ilustración 4.30. Simulación durante el solsticio de invierno en el sector Amable María - Ciudad de Loja.....	129
Ilustración 4.31. Funcionamiento de ventana con doble acristalamiento para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja	131
Ilustración 4.32. Simulación térmica de ventana con doble acristalamiento para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja	131
Ilustración 4.33. Detalle de ventana con doble acristalamiento para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja.....	132
Ilustración 4.34. Funcionamiento de ventana con cristal simple para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja.....	133
Ilustración 4.35. simulación térmica de ventana con cristal simple para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja.....	133
Ilustración 4.36. Detalle de ventana con cristal simple para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja	134
Ilustración 4.37. Detalle y simulación térmica de cubierta inclinada para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja.....	136
Ilustración 4.38. Detalle y simulación térmica de cubierta plana para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja.....	137
Ilustración 4.39. Detalle de pared + aislamiento para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja	138
Ilustración 4.40. Ventilación en planta para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja	140
Ilustración 4.41. Ventilación en elevación para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja.....	140

Ilustración 4.42. Ventilación en jardín central para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja.....	140
Ilustración 4.43. Simulación durante el solsticio de verano en el sector Amable María - Ciudad de Loja.....	141
Ilustración 4.44. Simulación durante el solsticio de invierno en el sector Amable María - Ciudad de Loja.....	142
Ilustración 4.45. Dimensionamiento de protección solar de acuerdo a los ángulos solares del sector Amable María - Ciudad de Loja	143
Ilustración 4.47. Validación de protección solar durante el solsticio de verano en el sector Amable María - Ciudad de Loja.....	143
Ilustración 4.48. Detalle y simulación térmica de invernadero	145
Ilustración 4.49. Detalle y simulación térmica de muro trombe.....	146
Ilustración 4.50. Funcionamiento muro trombe.....	147

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1. Dinámica poblacional del cantón Loja.....	9
Gráfico 1.2. Distribución poblacional del cantón Loja por área	10
Gráfico 1.3. Pirámide poblacional del Cantón Loja 2001-2010.....	10
Gráfico 1.4. Tasa global de fecundidad.....	11
Gráfico 1.5. Población económicamente activa y población económicamente inactiva 2010..	12
Gráfico 1.6. Categoría de ocupación del cantón Loja - 2010.....	12
Gráfico 1.7. Material del techo o cubierta 2010.....	14
Gráfico 1.8. Material del piso 2010.....	15
Gráfico 1.9. Material de paredes exteriores 2010.....	15
Gráfico 1.10. Temperatura media mensual 1930-2014	17
Gráfico 1.11. Heliofanía relativa Media Mensual 1930-2014.....	18
Gráfico 1.12. Humedad relativa Media Mensual 1930-2014	19
Gráfico 1.13. Velocidad del viento 1970 – 2014.....	20
Gráfico 1.14. Relación área verde habitante promedio	21
Gráfico 2.15. Factores y elementos del clima	35
Gráfico 3.16. Temperatura confort (zona límite superior e inferior).....	86

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.1. Ubicación Zonal del Cantón Loja	7
Mapa 1.2. Ubicación de la Provincia de Loja, Cantón Loja, Ciudad de Loja.	8
Mapa 1.3. Cantón Loja, División Parroquial Rural.....	8
Mapa 1.4. Mapa de Temperatura Media Multianual (1965 - 1999).....	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Tipo de Vivienda del cantón Loja 2001-2010.....	13
Tabla 1.2. Tenencia de Vivienda 2010.....	14
Tabla 1.3. Temperatura media mensual 1930-2014	17
Tabla 1.4. Heliofanía relativa Media Mensual 1930-2014.....	18
Tabla 1.5. Humedad relativa Media Mensual 1930-2014	19
Tabla 1.6. Velocidad del viento – dirección predominante 1970 – 2014.....	20
Tabla 1.7. Especies vegetales nativas e introducidas de la ciudad de Loja.....	21
Tabla 1.8. Rangos de temperatura de acuerdo a las zonas climáticas, según el mapa del INHAMI	25
Tabla 1.9. Índice de reflexión de algunos colores usados en edificios.....	31
Tabla 2.10. Clasificación climatológica köppen-García	44
Tabla 2.11. Factores y parámetros que determinan el confort térmico.	62
Tabla 2.12. Valoración de vestimenta según la ISO 7730 – 1984.....	67
Tabla 2.13. Métodos principales de estimación del metabolismo.....	68
Tabla 2.14. Valores metabólicos por tipo de actividad desarrollada.....	69
Tabla 2.15. Escala de sensación térmica en función del valor del Voto medio estimado	73
Tabla 2.16. Datos técnicos – Casa tempero, sistemas bioclimáticos pasivos en viviendas sociales	76
Tabla 2.17. Datos técnicos – Vivienda bioclimática	80
Tabla 3.18. Temperatura confort (zona límite superior e inferior) para viviendas de modo pasivo	86
Tabla 4. 19. Estrategia 1 de diseño solar pasivo.....	117
Tabla 4. 20. Estrategia 2 de diseño solar pasivo.....	118

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 – Ficha.....	151
-----------------------------	-----

PROBLEMÁTICA

“Según datos del Ministerio Coordinador de Desarrollo Social (2010), el denominado déficit habitacional en el Ecuador asciende al 33,1%”; así mismo en la ciudad de Loja tiene un aproximado de 25.000 viviendas, se estima que crece al 3,5% al año (VIVEM-Loja).

La necesidad de vivienda en Loja ha crecido debido a la migración campo – ciudad y al crecimiento poblacional; según datos tomados del censo 2010 de población y vivienda del INEC, la ciudad de Loja en el año 1990 tenía una población de 94.305 hab. y en el año 2010 asciende a 170.280 hab.; cómo se puede apreciar la población ha crecido significativamente en los últimos 11 años.

En cuanto a la tenencia de vivienda en la ciudad de Loja el 33.10% de la población tiene vivienda propia mientras que el 66.89% posee vivienda arrendada, prestada, propia y la están pagando, por servicios y anticresis (INEC 2010), lo que nos afirma la necesidad de vivienda provocando invasiones y hacinamiento.

Actualmente con el afán de cubrir esta demanda inmobiliaria, se ha concebido la planificación de viviendas únicamente con fines comerciales para obtener ganancias económicas, más no viviendas que aseguren la calidad de vida a sus usuarios. El proceso de planificación arquitectónica no prioriza la interacción de los habitantes con la vivienda, asociado al clima.

Los ambientes interiores de las viviendas pueden resultar más contaminados que el aire exterior; debido a la existencia de fuentes contaminantes internas, la falta de ventilación adecuada, la orientación, el aislamiento, el uso de materiales tóxicos que son conceptos que se deben tener en cuenta al momento de proyectar viviendas.

La organización Mundial de la Salud desde el 1982 ha reconocido como Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) el conjunto de enfermedades originadas o estimuladas por la contaminación del aire en espacios cerrados. El tipo de malestares que producen y estimulan estas situaciones es variado: jaquecas, náuseas, mareos, resfriados persistentes, irritaciones de las vías respiratorias, piel y ojos, etc. Entre estos malestares, las alergias ocupan un papel importante.

En la ciudad de Loja no existe la práctica habitual de incorporar las condiciones climáticas en los proyectos de vivienda. Debido al desconocimiento o a la falta de aplicación del código de la construcción NEC–2011: Capítulo.13., los usuarios no exigen las condiciones adecuadas para mejorar el confort de los espacios que habitan.

JUSTIFICACIÓN

En la ciudad de Loja es indudable la falta de vivienda debido al crecimiento poblacional, como producto del mismo se han generado viviendas que han dejado de lado las necesidades de confort de los usuarios, y se han convertido en viviendas únicamente comerciales; por ello se tiene la necesidad de implementar estrategias de diseño que nos permitan mejorar la calidad de vida de sus usuarios, generando viviendas confortables térmicamente.

En el objetivo 1 del Plan Nacional del Buen Vivir, se menciona; garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas. Dentro de este objetivo encontramos el El presente proyecto contribuye a garantizar el acceso a una vivienda adecuada que se vincule a su hábitat.

A continuación se mencionan dos artículos de la Constitución del Ecuador que sugieren al derecho a la vivienda.

En el Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Y el Art. 30.- Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica.

En base a lo antes mencionado se pretende proveer de espacios que favorezcan una vida sana mediante estrategias de diseño en las viviendas.

Las estrategias de diseño se basarán en el uso apropiado de la energía solar para generar confort térmico en las viviendas, es muy importante ya que nos brinda un mayor bienestar ambiental, buena temperatura, luz natural agradable y benéfica que reduce el estrés de las personas.

Es importante que los usuarios conozcan los beneficios que tienen al aplicar estrategias de diseño solar pasivo en sus viviendas.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar las estrategias de diseño solar pasivo que permitan generar confort térmico en las viviendas de la ciudad de Loja, sector Amable María.

Objetivos específicos

-) Efectuar un análisis y diagnóstico del confort térmico de las viviendas seleccionadas en el sector Amable María, para determinar la situación térmica de sus usuarios
-) Desarrollar un análisis e interpretación del clima a fin de establecer si el diseño solar pasivo es el adecuado para la ciudad de Loja.
-) Identificar las estrategias para el diseño de viviendas en la ciudad de Loja.

HIPOTESIS

¿Los sistemas solares pasivos son los más recomendables para el diseño de viviendas en la ciudad de Loja?

CAPITULO 1: MARCO CONTEXTUAL

1.1. Contexto histórico

1.1.1. Antecedentes

Las tribus de los Paltas eran conocidas por su bravura en la defensa de su tierra ante la amenaza conquistadora; en sus valles de Cuxibamba y Garrochamba, realizaban asaltos a los que pasaban por allí, sin que sean excepción las tolderías de Huayna Cápac y la de los españoles. Debido a la dificultad del paso libre y para proteger el camino incaico de Quito al Cuzco se constituyó la ciudad de Loja que se denominaba inicialmente La Zarza. (Jaramillo. Pio, 1955).

La ciudad de Loja tuvo dos fundaciones: I) La primera en el valle de Garrochamba, al margen izquierdo del río Catamayo, con el nombre de La Zarza, en el año 1546, por el capitán español Alonso de Mercadillo; II) la segunda, definitiva y oficial, en el valle Cuxibamba, el 8 de diciembre de 1548, por el mismo capitán Mercadillo [...]. (Geo Loja, 2007, pág. 35).

Una vez resuelta la primera fundación de Loja en 1546, se habían edificado los conocidos Tambos reales¹ en el camino real incaico que unía la Audiencia de Quito y la ciudad de Lima.

Tras la fundación definitiva de Loja en 1548, Juan de Salinas suscribe un documento de los inicios de la población lojana en el que hace referencia a la traza de la ciudad calificándola como muy buena por su trazado en damero que organiza la ciudad mediante

¹ Albergues o centros de acopio que se repartían a lo largo del camino del inca cada 20 o 30 kilómetros.

el diseño de sus calles en ángulo recto, creando manzanas rectangulares. (Jaramillo. Pio, 1955, pág. 74).

Una vez que se pobló la ciudad se repartieron los solares para construir sus casas, tierras para sembrar, huertas y estancias; conforme a la disposición de la tierra, cada solar era de ciento cincuenta pies en cuadrado.

Los materiales que utilizaban eran piedra en los cimientos y lo demás de adobes, ladrillos, tapias. La cubierta solía ser comúnmente de paja y en algunos casos se observaban cubiertas de teja.

Las casas y edificios no eran de lujo, su función principal era vivir y aposentar muchos huéspedes, tenían edificados dos o tres cuartos entre altos y bajos; aunque existían los materiales necesarios, les costaba mucho edificar sus casas.

La plaza principal se estableció con la supresión de uno de los módulos de la cuadrícula que no se construyó. Alrededor de la misma se ubicaron los edificios más importantes de carácter civil y religioso: cabildo, gobernación e iglesia. En un sector intermedio los conventos de Santo Domingo y San Francisco.

Ilustración 1.1. Vista central de la ciudad de Loja siglo XX



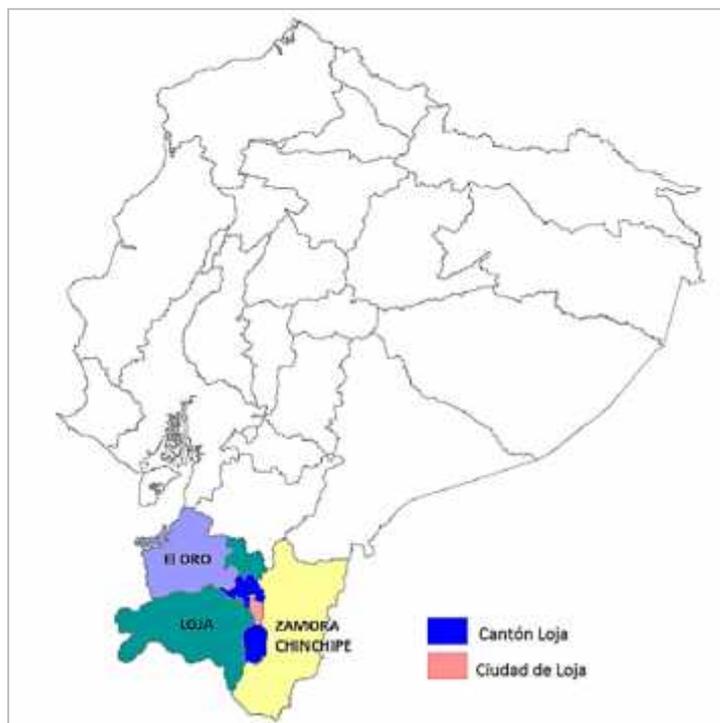
Fuente: <https://centrohistorico.wordpress.com/area-de-centro-historico/>

1.2. Contexto geográfico

1.2.1. Localización geografía

El cantón Loja se encuentra ubicada al Sur del Ecuador en la provincia de Loja; es parte de la Zona 7 del Distrito de planificación, junto con las provincias de El Oro y Zamora Chinchipe.

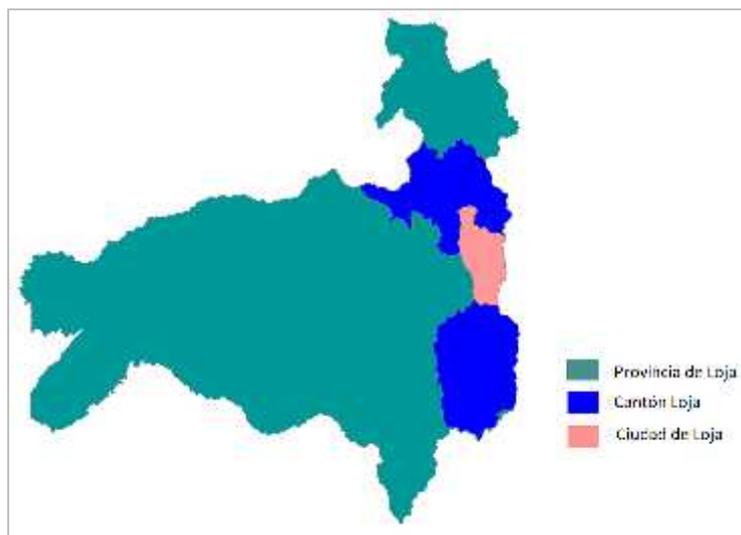
Mapa 1.1.Ubicación Zonal del Cantón Loja



Fuente: GVSIG
Elaboración: La autora

El cantón Loja es uno de los 16 cantones de la provincia de Loja, cuya cabecera cantonal es la ciudad de Loja, situada a 2.100 m s.n.m. y a 4° de latitud Sur. Tiene una extensión de 57km².

Mapa 1.2. Ubicación de la Provincia de Loja, Cantón Loja, Ciudad de Loja.



Fuente: GVSIG

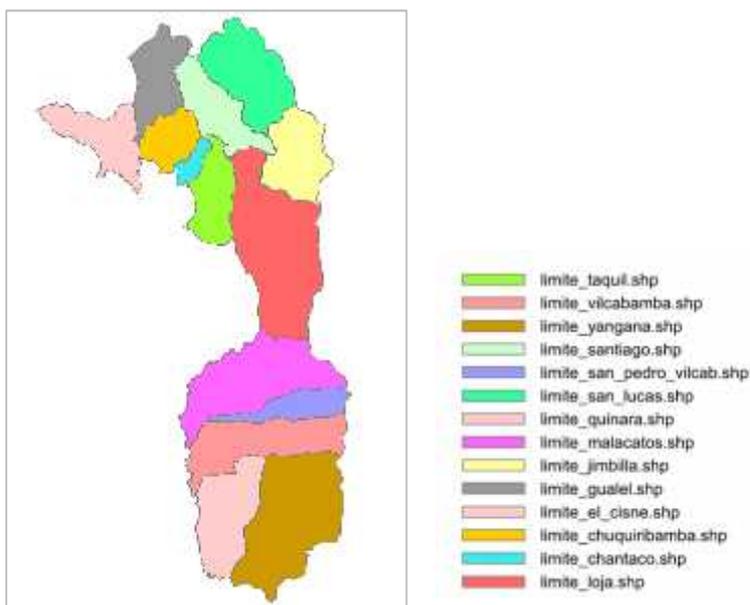
Elaboración: La autora

La División Política Administrativa del Ecuador establece que el cantón Loja está conformado por:

Parroquias urbanas: El Sagrario, San Sebastián, Sucre, El Valle, Carigán, Punzara.

Parroquias rurales: Chuquiribamba, Chantaco, el Cisne, Gualiel, Jimbilla, Malacatos, Quinara, Santiago, San Pedro de Vilcabamba, San Lucas, Taquil, Vilcabamba, Yangana.

Mapa 1.3. Cantón Loja, División Parroquial Rural



Fuente: GVSIG

Elaboración: La autora

El cantón Loja limita, al norte con el cantón Saraguro, al sur y al este con la Provincia de Zamora Chinchipe y al Oeste con parte de la Provincia de El Oro y los cantones de Catamayo, Gonzanamá y Quilanga.

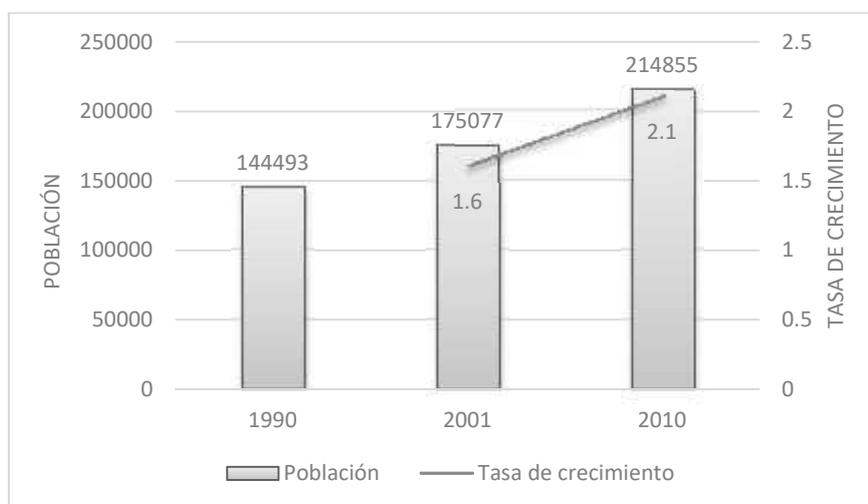
1.3. Contexto socio-económico

1.3.1. Población

1.3.1.1. Tamaño, Crecimiento y distribución de la Población

La población total del cantón, según resultados del último Censo de Población realizado en el país en el año 2010, alcanzó la cantidad de 214.855 habitantes con una tasa de crecimiento anual 2001-2010 del 2.1%.

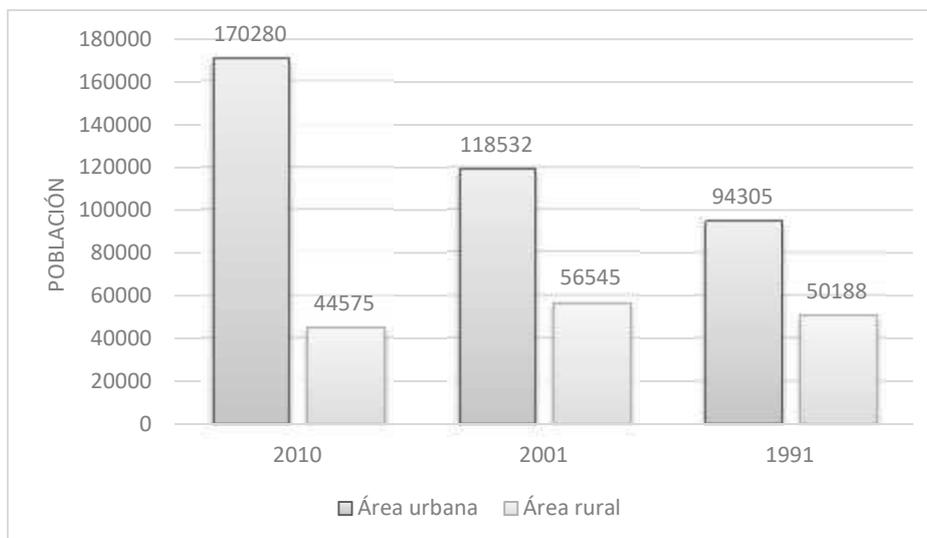
Gráfico 1.1. Dinámica poblacional del cantón Loja



Fuente: CEPAL/CELADE Redatam+SP

Elaboración: La autora

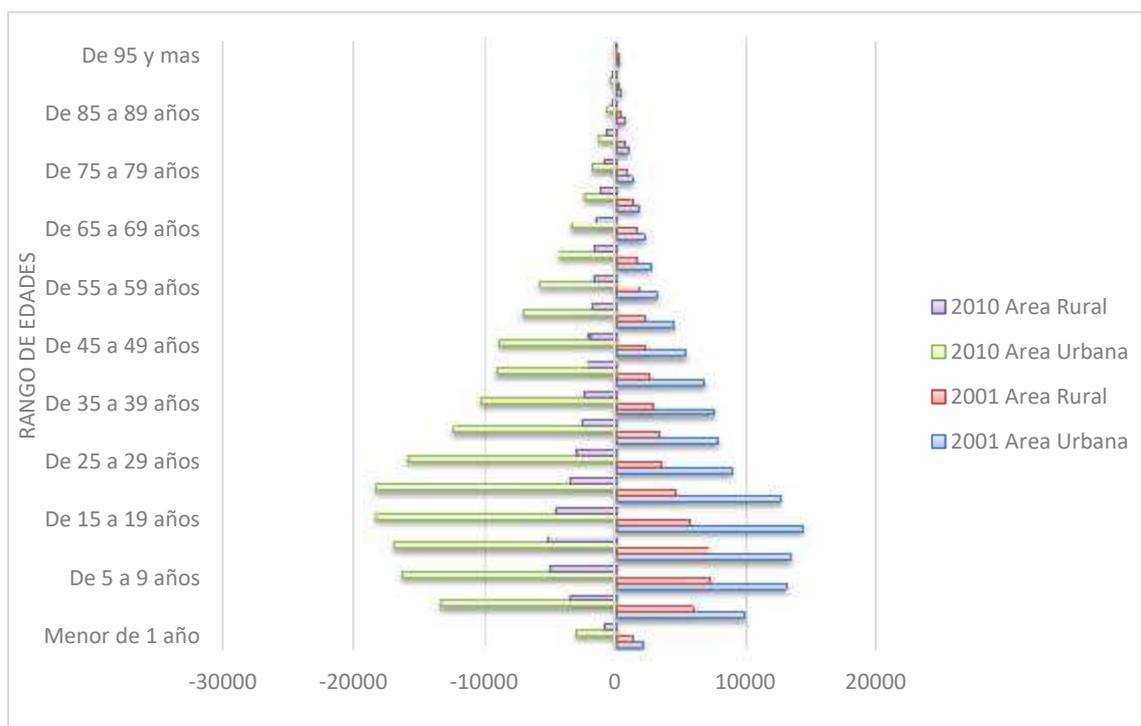
La población del cantón Loja se encuentra distribuida en área urbana y rural; el gráfico nos muestra la reducción de la población rural en el año 2010 lo que nos permite determinar una migración campo – ciudad.

Gráfico 1.2. Distribución poblacional del cantón Loja por área

Fuente: CEPAL/CELADE Redatam+SP

Elaboración: La autora

Con respecto a la composición por edades y observando las Pirámides de Población, se puede establecer el tipo de estructura por edad que tiene la sociedad; en el caso del cantón Loja la población se concentra en las edades jóvenes.

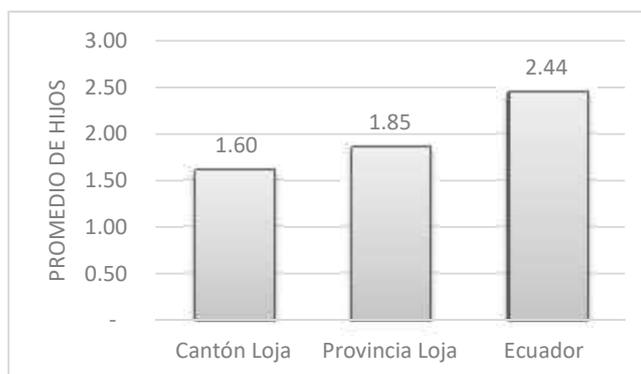
Gráfico 1.3. Pirámide poblacional del Cantón Loja 2001-2010

Fuente: CEPAL/CELADE Redatam+SP

Elaboración: La autora

La tasa global de fecundidad del cantón para el año 2010, revela una cifra promedio de 1,60 hijos, cifra baja al promedio provincial 1,85 hijos e inferior a los promedio nacionales 2,44 hijos.

Gráfico 1.4. Tasa global de fecundidad



Fuente: CEPAL/CELADE Redatam+SP

Elaboración: La autora

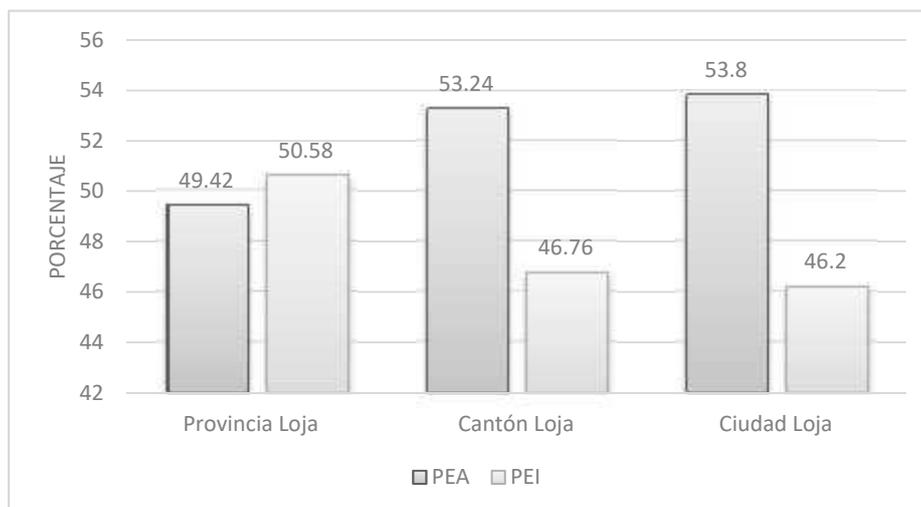
1.3.2. Economía

1.3.3.1. Población económicamente activa

La población económicamente inactiva (menores de 15 años y más los de 65 años), expresa el porcentaje de personas que deben ser sostenidas económicamente por las personas en edades activas (15 a 64 años).

La dependencia demográfica alta de la provincia de Loja, aumenta la necesidad de ingresos de la población potencialmente activa para que la población inactiva pueda mantener su calidad de vida.

Gráfico 1.5. Población económicamente activa y población económicamente inactiva 2010



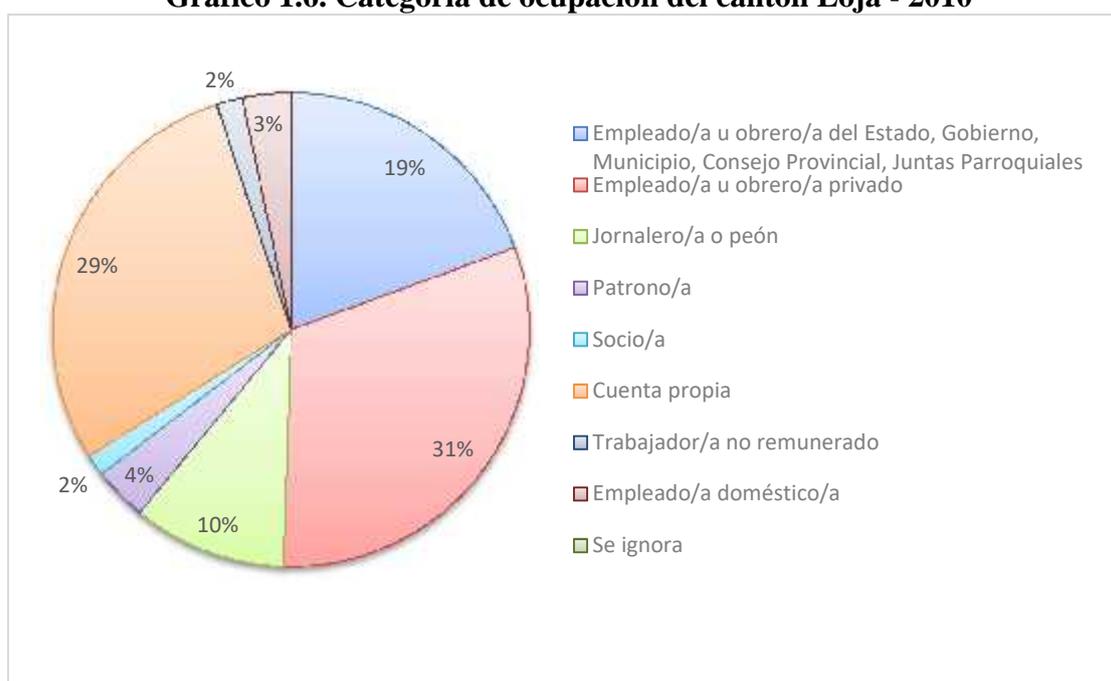
Fuente: CEPAL/CELADE Redatam+SP

Elaboración: La autora

1.3.3.2. Categoría de ocupación

La distribución de la población económicamente activa, permite caracterizar su estructura económica, los lojanos trabajan principalmente en empresas privadas (31%) y por cuenta propia (29%).

Gráfico 1.6. Categoría de ocupación del cantón Loja - 2010



Fuente: CEPAL/CELADE Redatam+SP

Elaboración: La autora

1.3.3. Vivienda

1.3.3.1. Tipología de vivienda

En el período 2001 -2010, en la ciudad de Loja se observó un incremento significativo en la cantidad de viviendas tipo departamento, que pasó de 4509 a 10709 viviendas, mientras que las viviendas tipo casa o villa disminuyeron de 36878 a 33336 viviendas; pero aun así la vivienda predominante en el cantón Loja es la casa o villa.

Tabla 1.1. Tipo de Vivienda del cantón Loja 2001-2010

TIPO DE VIVIENDA	2001		2010	
	URBANO	RURAL	URBANO	RURAL
Casa o Villa	36878	16909	33336	15852
Departamento	4509	96	10709	181
Cuarto	4937	267	5034	244
Mediagua	4055	1829	2039	1779
Rancho	437	364	155	352
Covacha	673	448	278	364
Choza	29	28	78	312
Otra Particular	93	43	170	78

Fuente: CEPAL/CELADE Redatam+SP

Elaboración: La autora

1.3.3.2. Tenencia de vivienda

En la dotación de vivienda ha sido importante la iniciativa de las familias a través de diferentes tipos de organizaciones como la municipalidad, el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) o el Gobierno Central, a través del Banco y la Junta de la Vivienda. Estas iniciativas coincidieron con el período de mayor expansión de la ciudad, es decir las décadas de los años setenta y ochenta.

A ello se debe el gran porcentaje de viviendas propias, las mismas que pasaron del 46.16 % en 1990 al 50.35 % en el 2001 y actualmente de acuerdo al Censo de Vivienda 2010 podemos apreciar un descenso en el porcentaje a 33.10%.

Tabla 1.2. Tenencia de Vivienda 2010

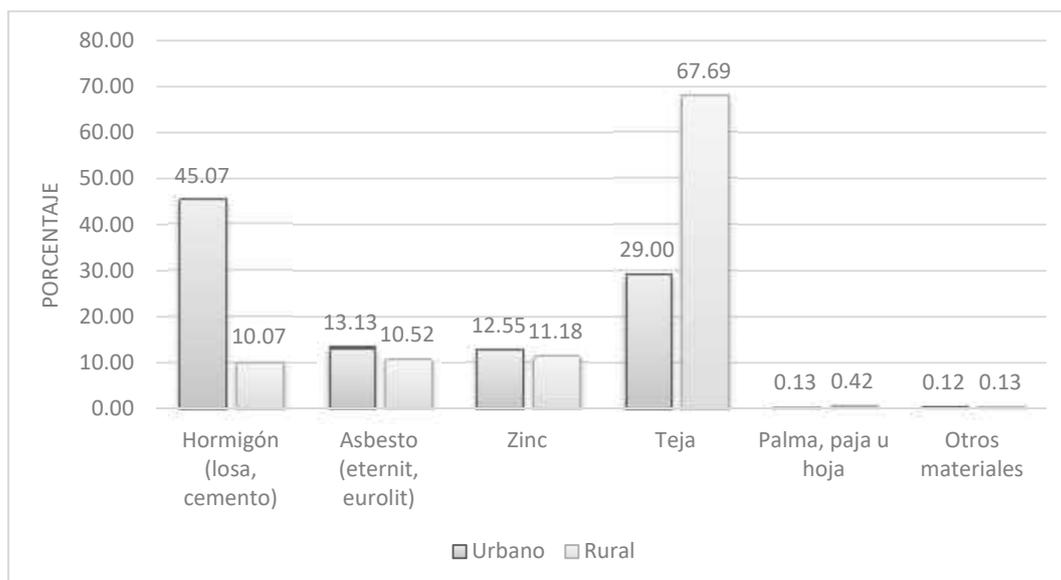
TENENCIA DE VIVIENDA	2010			
	URBANO	%	RURAL	%
Propia y totalmente pagada	14819	33.10	6647	56.47
Propia y la está pagando	4661	10.41	353	2.99
Propia (regalada, donada, heredada o por posesión)	3282	7.33	1647	13.99
Prestada o cedida (no pagada)	5482	12.24	1872	15.90
Por servicios	395	0.88	310	2.63
Arrendada	16069	35.89	937	7.96
Anticresis	64	0.14	4	0.03

Fuente: CEPAL/CELADE Redatam+SP

Elaboración: La autora

1.3.3.3. Materialidad de la vivienda

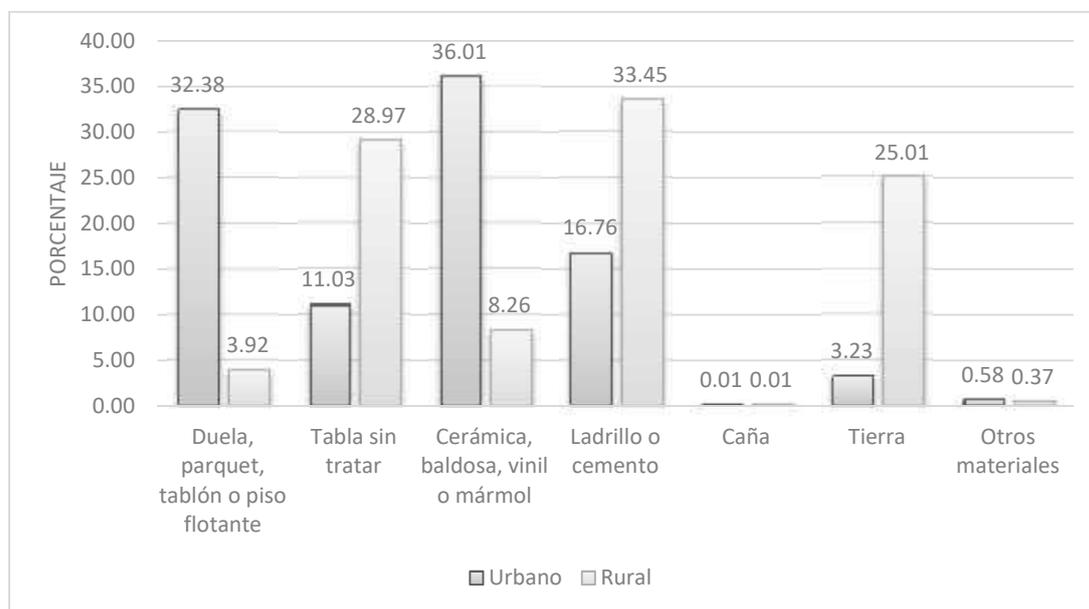
La mayoría de las viviendas en la ciudad de Loja usan en el techo losa de hormigón (45.07 %), los pisos: cerámica baldosa, vinil o mármol (36.01 %), y en las paredes exteriores predomina el ladrillo o bloque (73.00 %).

Gráfico 1.7. Material del techo o cubierta 2010

Fuente: CEPAL/CELADE Redatam+SP

Elaboración: La autora

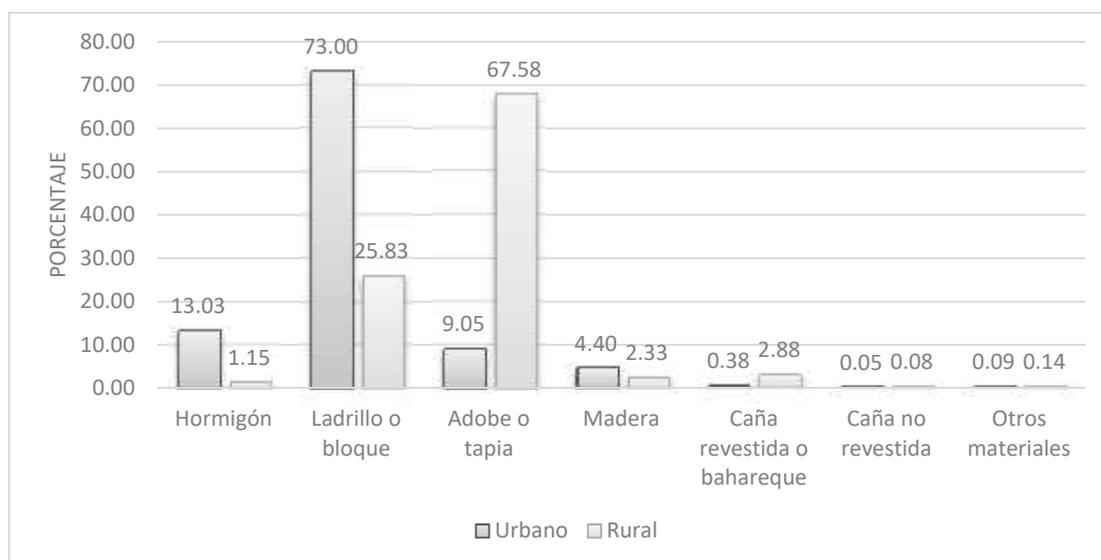
Gráfico 1.8. Material del piso 2010



Fuente: CEPAL/CELADE Redatam+SP

Elaboración: La autora

Gráfico 1.9. Material de paredes exteriores 2010



Fuente: CEPAL/CELADE Redatam+SP

Elaboración: La autora

1.4. Contexto ambiental

1.4.1. Clima

El clima de la ciudad de Loja es temperado–ecuatorial subhúmedo, caracterizado por una temperatura media que fluctúa entre 18°C y 20°C y una lluvia anual de 923 mm; posee un microclima marcado en el sector nororiental, siendo este más cálido que el resto del área urbana.

Las corrientes de viento sobre la ciudad de Loja, derivadas de los Vientos Alisios, sufren modificaciones locales debido a la acción del relieve. El relieve local disminuye la fuerza del viento y contribuye a desviar hacia el Norte la dirección S-E predominante de los vientos alisios altos.

En el valle de Loja predominan los vientos de dirección Norte, Noreste y Este, encausados por la apertura hidrográfica del río Zamora hacia la Amazonia.

El brillo solar del valle de Loja presenta un porcentaje plurianual del 35%.

En consecuencia, considerando los factores fundamentales que generan el clima local (latitud, relieve, circulación general de la atmósfera y ENOS²) y las medias plurianuales de temperatura y lluvia, y de otros meteoros, el clima de la ciudad de Loja se puede clasificar:

-) Bioclimáticamente, como Temperado–subhúmedo; y,
-) Según Köppen, como mesotérmico o Templado húmedo sin estación seca (Cf).

² El Niño – Oscilación del Sur

1.4.1.1. Temperatura de aire

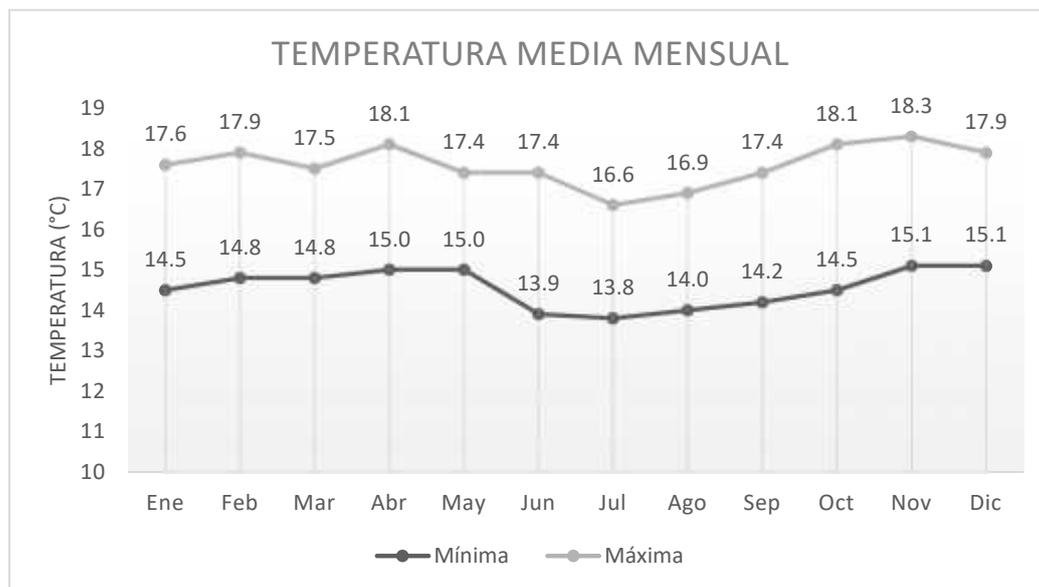
Tabla 1.3. Temperatura media mensual 1930-2014

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA												
Series de mensuales de datos meteorológicos 1930 – 2014												
Temperatura Media Mensual (°C)												
Estación: La Argelia-Loja			Latitud: 4G 2' 11" S			Longitud: 79G 12' 4" W			Altura: 2160.00			
Elementos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura media												
Mínima	14.5	14.8	14.8	15.0	15.0	13.9	13.8	14.0	14.2	14.5	15.1	15.1
Máxima	17.6	17.9	17.5	18.1	17.4	17.4	16.6	16.9	17.4	18.1	18.3	17.9

Fuente: INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Elaboración: La autora

Gráfico 1.10. Temperatura media mensual 1930-2014



Fuente: INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Elaboración: La autora

1.4.1.2. Heliofanía

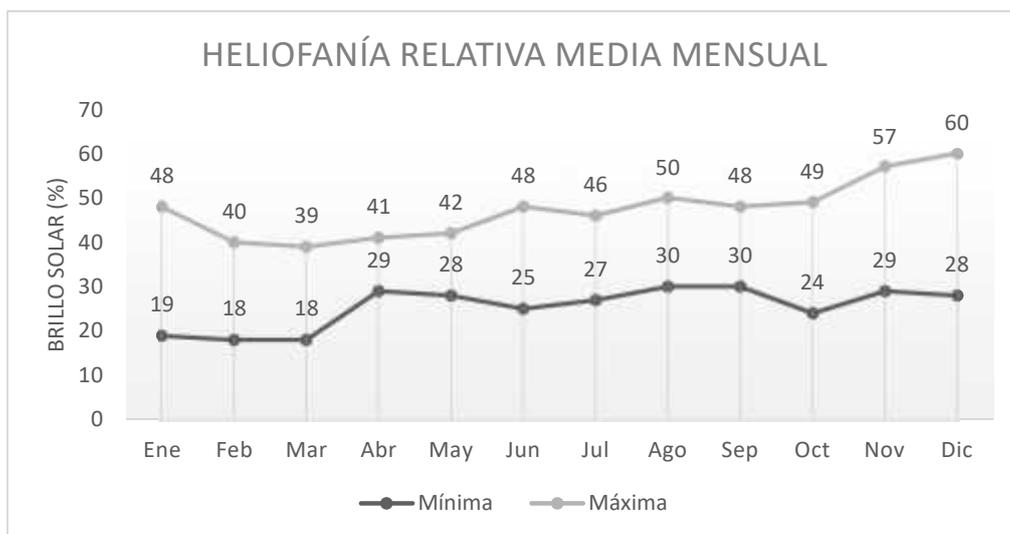
Tabla 1.4. Heliofanía relativa Media Mensual 1930-2014

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA												
Series de mensuales de datos meteorológicos 1930 – 2014												
Heliofanía relativa Media Mensual (%)												
Estación: La Argelia-Loja			Latitud: 4G 2' 11" S			Longitud: 79G 12' 4" W			Altura: 2160.00			
Elementos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Heliofanía media												
Mínima	19	18	18	29	28	25	27	30	30	24	29	28
Máxima	48	40	39	41	42	48	46	50	48	49	57	60

Fuente: INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Elaboración: La autora

Gráfico 1.11. Heliofanía relativa Media Mensual 1930-2014



Fuente: INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Elaboración: La autora

1.4.1.3. Humedad del aire

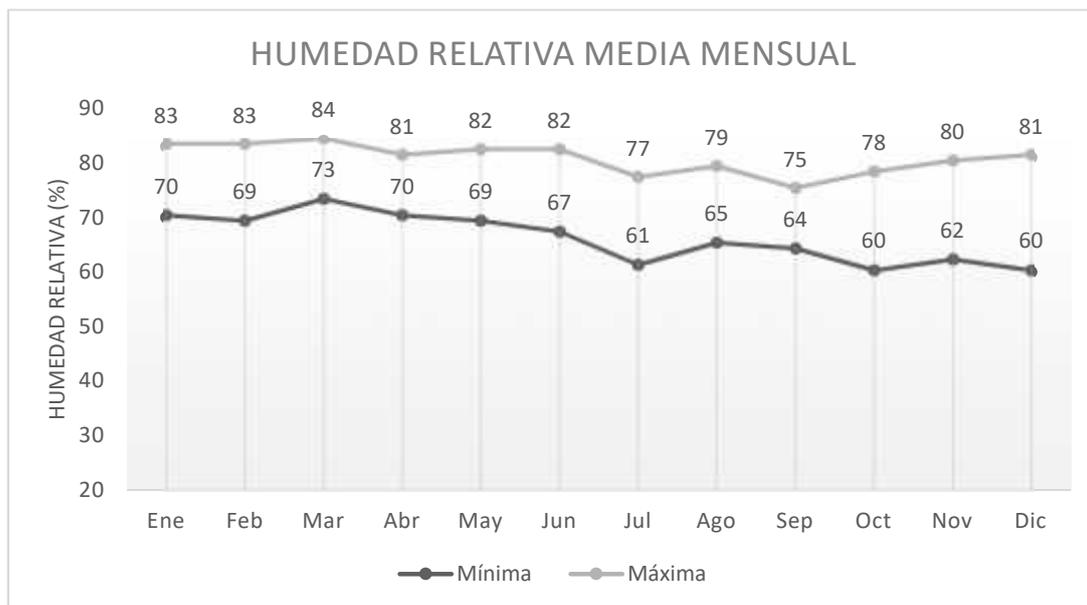
Tabla 1.5. Humedad relativa Media Mensual 1930-2014

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA												
Series de mensuales de datos meteorológicos 1930 – 2014												
Humedad relativa Media Mensual (%)												
Estación: La Argelia-Loja			Latitud: 4G 2' 11" S			Longitud: 79G 12' 4" W			Altura: 2160.00			
Elementos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Humedad relativa media												
Mínima	70	69	73	70	69	67	61	65	64	60	62	60
Máxima	83	83	84	81	82	82	77	79	75	78	80	81

Fuente: INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Elaboración: La autora

Gráfico 1.12. Humedad relativa Media Mensual 1930-2014



Fuente: INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Elaboración: La autora

1.4.1.4. Velocidad del aire

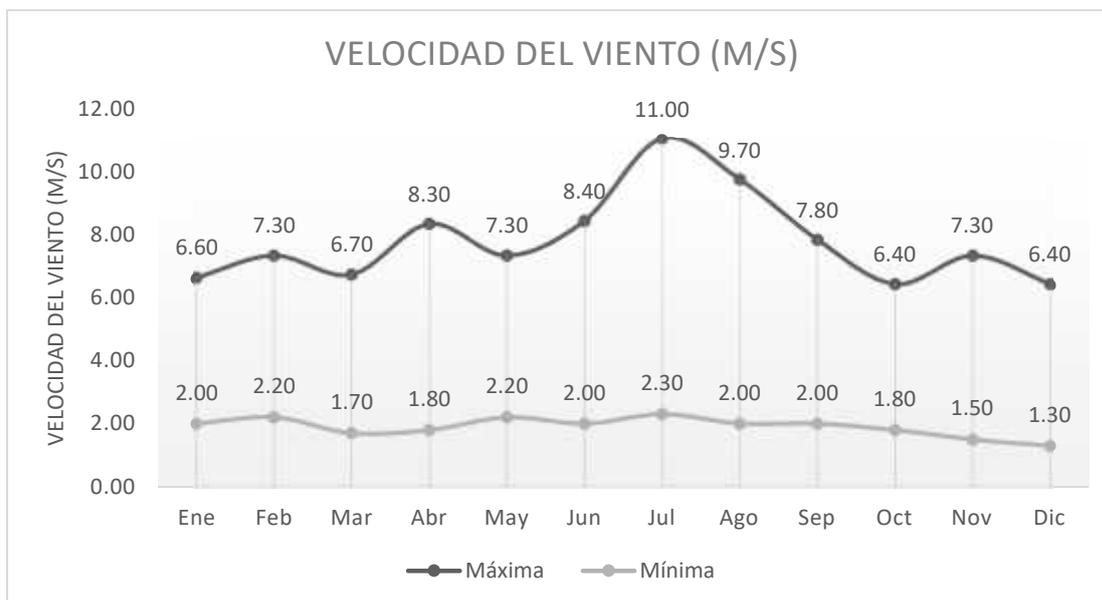
Tabla 1.6. Velocidad del viento – dirección predominante 1970 – 2014

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA												
Series de mensuales de datos meteorológicos 1970 – 2014												
Velocidad del viento – dirección predominante (m/s)												
Estación: La Argelia-Loja	Latitud: 4G 2' 11" S				Longitud: 79G 12' 4" W				Altura: 2160.00			
Elementos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Velocidad del viento												
Mínima	2.0	2.2	1.7	1.8	2.2	2.0	2.3	2.0	2.0	1.8	1.5	1.3
Máxima	6.6	7.3	6.7	8.3	7.3	8.4	11.0	9.7	7.8	6.4	7.3	6.4

Fuente: INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Elaboración: La autora

Gráfico 1.13. Velocidad del viento 1970 – 2014



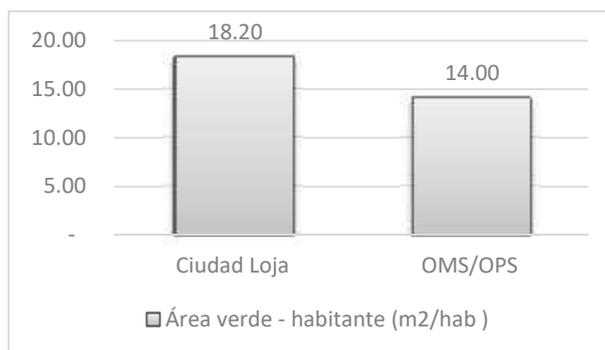
Fuente: INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Elaboración: La autora

1.4.2. Vegetación

La relación área verde/habitante promedio en la ciudad es de 18,2 m²/hab. (Superior a la norma recomendada por la OMS³/OPS⁴, que está entre 10 y 14m²/hab.). En estos valores no se toma en cuenta los jardines y huertas privadas ubicadas especialmente en las áreas residenciales.

Gráfico 1.14. Relación área verde habitante promedio



Fuente: Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: Geo Loja (2007)
Elaboración: La autora

Dentro de las especies vegetales que encontramos en la ciudad, tenemos:

Tabla 1.7. Especies vegetales nativas e introducidas de la ciudad de Loja.

ÁRBOLES		
NATIVOS	INTRODUCIDOS	USOS
Faique	Acacia	Los árboles se los utiliza para producir sombra y disfrutar de un aire fresco, tanto para el bienestar del hombre, como para el desarrollo de especies menores.
Aliso	Acacia mimosa	
Vainillo	Acacia de madera negra	Los árboles de gran altura nos permiten proteger las edificaciones de las inclemencias del tiempo, en cambio los de menor altura nos permite dar protección al usuario y a especies menores.
Caucho	Pino	
Arupo lojano	Calistemo	Como barrera rompe vientos se recomienda el uso de árboles de follaje denso, pues este nos permite detener la fuerza de viento, lo que no ocurre con especies de follaje medio y transparente.
Cascarilla	Casuarina	
Duco	Ceibo	Los árboles recomendados como barrera visual deben tener la característica de ramificar desde la
Laurel	Ciprés	
Guayllo	Eucalipto	
Guato	Ficus	
Guararo	Fresno	
Arrayan	Grevillea	
Pumamaqui	Arabisco	
Romerillo	Nogal - Tocte	

³ Organización Mundial de la Salud

⁴ Organización Panamericana de la Salud

Sauce común	Magnolia	base, pues los de tronco alto nos permiten dejar pasar la vista entre estos.
Sauce real piramidal	Morera	Para áreas de parqueo se recomienda el uso de árboles, lo que permitirá contrarrestar la gran contaminación producida por los automotores, y a la vez proporcionar sombra a los mismos.
Chereco	Palma fénix	Para accesos a áreas verdes se recomienda el uso de árboles de follaje denso, robustos y de fuerte presencia, lo que nos permite jerarquizar los mismos
Molle	Pino	El uso de masas vegetales debe ser de especies que no presenten mucho colorido o que tengan mucho follaje, pues en grupo nos dan la sensación de recargamiento.
Cholan	Sauce llorón	Los árboles se los debe plantar en lugares amplios en donde los mismos puedan desarrollarse adecuadamente, como en parques o áreas deportivas amplias.
Fernán Sánchez	Guayacán	Los árboles nos permiten controlar la erosión del suelo cuando tienen raíces resistentes y profundas.
Cashco	Campanilla amarilla	

ARBUSTOS

Cola de rata	Farolito chino	Los arbustos nos permiten encauzar circulaciones, pues estos son de mediana altura, y así evitar sensaciones de encierro.
Zarzilla	Carrizo variegata	Se recomienda implantar arbustos aislados, cuando estos resaltan por sus cualidades estéticas como: follaje, floración.
Guando blanco	Camaron, zorrillo	Los arbustos son especies de tamaño medio por lo que es recomendable su uso tanto como barrera visual, así como barrera rompe vientos, pero a nivel de usuarios.
Guandos	Buddleja incana	Las masas arbustivas se las debe realizar con aquellas especies que no tengan follaje denso y su floración sea poco significativa.
Calavera	Croto variegado	Los arbustos se los puede complementar con otras especies vegetales, lo que nos permitirá enriquecer el valor estético del paisaje.
Payamo	Flor de Panamá	Los arbustos son especies que no requieren de mucho espacio para su desarrollo, se recomienda plantarlas en los retiros de viviendas.
Salapa	Poncho de indio	
Joyapa	Pena pena	
Motesiso	Hoja de la moneda	
Flor de sol	Guadua	
	Quique	
	Flor de rey	
	Hortensia	
	Lantana	
	Lantana amarilla	
	Costilla de Adán	
	Guineo ornamental	
	Laurel ornamental	
	Rosa	
	Coralillo	
	Llin –llin	
	Retama	
	Tuya	
	Flor de novia	

HIERBAS

Begonia de jardín	Zarpa de oso	Las hierbas se las utiliza en composición con otras especies, para crear variedad y belleza en el diseño de paisaje.
Achira flor roja	Azulina	Las hierbas se las recomienda su uso para dirigir la circulación peatonal.
Pena pena	Pata de paloma	
Lirio rojo	Astromelias	
Zango	Anturio rojo y blanco	

Boca de Dragón	Por no requerir de mucho espacio las hierbas se las utiliza en los retiros de viviendas, e incluso en macetas aisladas.
Margarita	
Manzanillon doble	
Manzanillon enano	Se puede utilizar especies aisladas, cuando se busque realzar alguna cualidad propia de la especie, pero se recomienda más su uso en masas vegetales por ser especies de tallo herbáceo.
Plumilla	
Paleta de pintor	También se las utiliza para crear tapetes vegetales para cubrir áreas.
Caléndula	
Crisantemo	
No me olvides	
Dalia	
Amapola	
Califórnica	
Corona de Cristo	
Gladiolo	
Jazmín del río	
Girasol	
Lirio común	
Gresta de gallo	
Margarita	
Azucena blanca	
Granizo	
Malva olorosa	
Geranio	
Correas	
Buquesitos	
Lengua de suegra	
Cardo azul	
Chavela	
Violeta de campo	
Pensamiento	
Cartucho Blanco	

TREPADORAS

Patito	
Buganvilla	Las trepadoras se las utiliza para enmarcar accesos, puertas, ventanas.
Enredadera rosada	
Hiedra	Este tipo de vegetación se lo usa para cubrir muros, taludes, cerramientos, dándoles a estos un aspecto más natural.
Enredadera morada	
Jazmín	
Madre selva	Las trepadoras requieren de un soporte para su crecimiento.
Geranio hiedra	
Trepadora amarilla	
Ojo de poeta	

Fuente: Plan de ordenamiento urbano de la ciudad de Loja (2007).

Elaboración: La autora

1.5. Contexto Legal

1.5.1. Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011

Es muy importante analizar la siguiente normativa ya que nos va a permitir cumplir uno de los objetivos del proyecto; y a su vez nos va a dar posibles soluciones arquitectónicas tomando en cuenta las zonas climáticas del Ecuador. Así mismo más adelante en el proceso de diseño se desarrollaran tablas con la normativa específica que se empleara en el proyecto.

Capítulo 13: Eficiencia energética en la construcción en Ecuador

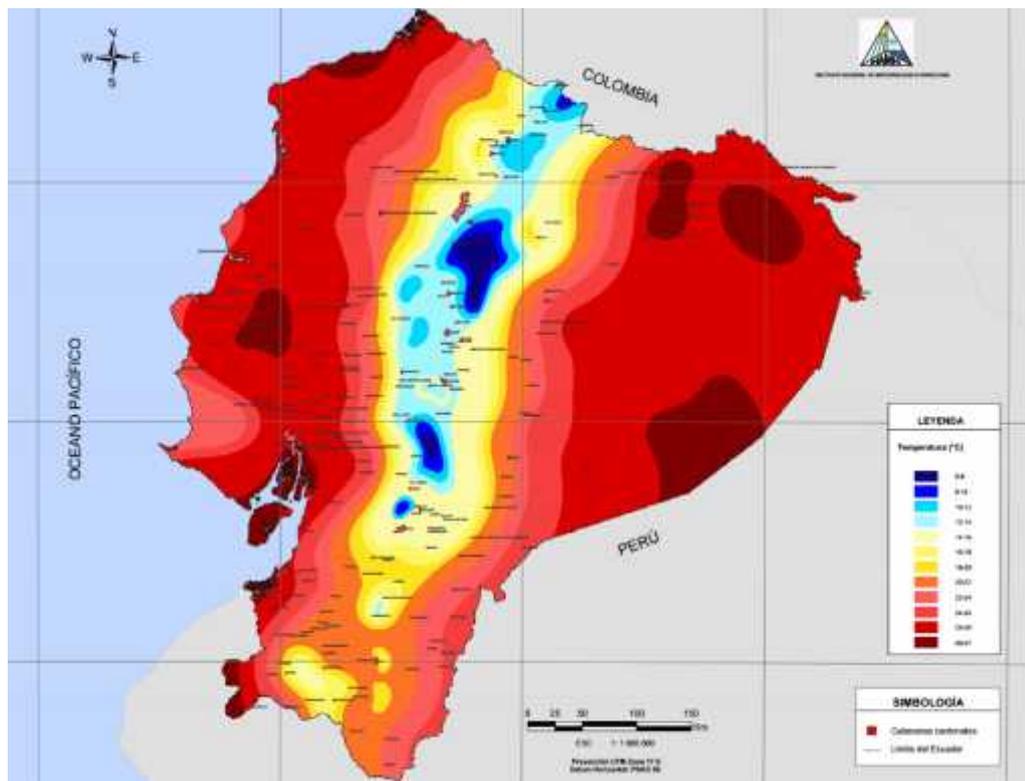
Consideraciones generales

Zonas climáticas

Las zonas climáticas es una aproximación del posible entorno natural que encontrara el proyectista en el diseño de una edificación.

Con datos climatológicos propios el INAMHI ha desarrollado un mapa de isotermas del país que es recogido en esta normativa. El mapa del INAMHI divide al país en 12 zonas térmicas de acuerdo a la temperatura media anual registrada. (Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011, pág. 9)

Mapa 1.4. Mapa de Temperatura Media Multianual (1965 - 1999)



Fuente: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wpcontent/MapasBiblioteca/6%20TemperaturaA0.pdf>

Se ha agrupado al país en seis zonas térmicas de acuerdo al mapa proporcionado por el INHAMI. Los rangos de temperatura para estas zonas térmicas se los puede a continuación:

Tabla 1.8. Rangos de temperatura de acuerdo a las zonas climáticas, según el mapa del INHAMI

Zona Climática	Rango de temperatura Según datos del INHAMI
ZT1	6 – 10 °C
ZT2	10 – 14 °C
ZT3	14 – 18 °C
ZT4	18 – 22 °C
ZT5	22 – 25 °C
ZT6	25 – 27 °C

Fuente: NEC-11 - Capítulo 13 - Eficiencia energética en la construcción en Ecuador

Criterios arquitectónicos preliminares

En este bloque de la normativa se establecerán los parámetros de confort térmico necesarios para determinar la sensación térmica en el interior de las viviendas en estudio.

Confort

Se deben tener en cuenta las siguientes condiciones:

Confort térmico

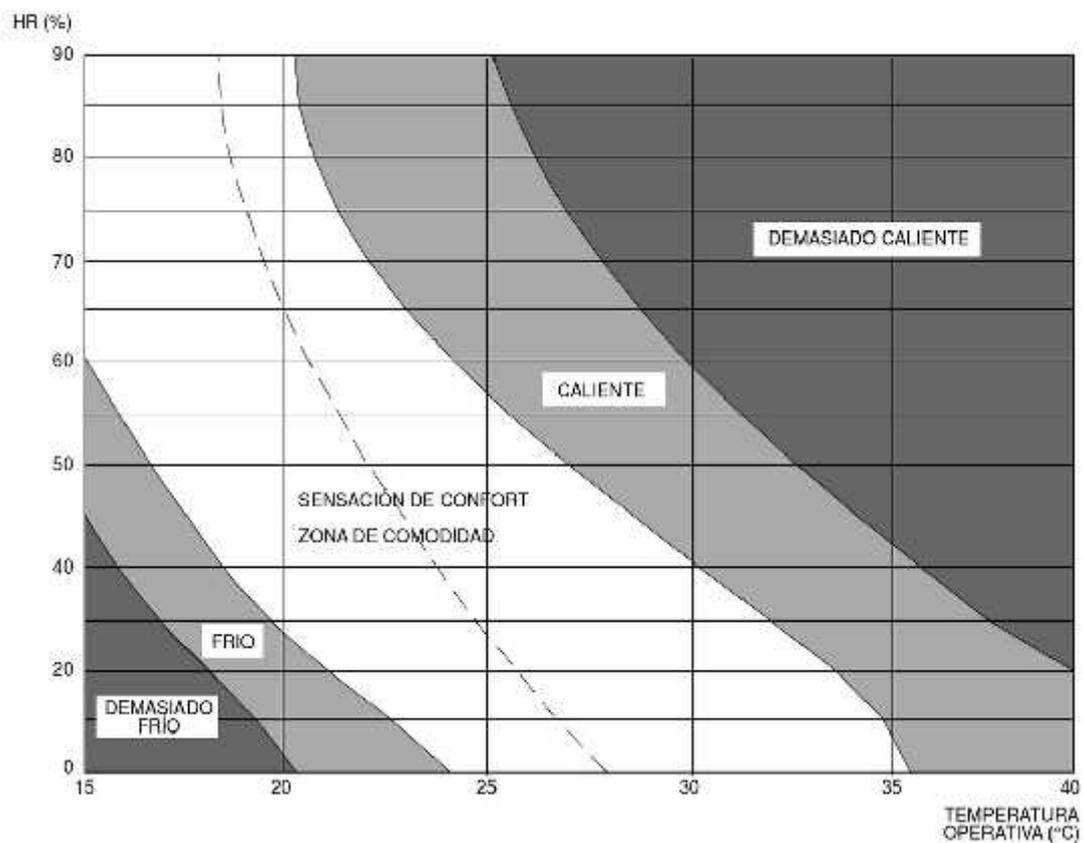
El confort térmico es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado. Según la norma ISO 7730 el confort térmico “es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”. El confort térmico depende de varios parámetros ambientales, como la temperatura del aire, la velocidad del mismo, la humedad relativa y la temperatura radiante media, y otros personales como la actividad física desarrollada, la cantidad de ropa o el metabolismo de cada individuo.

Para que exista confort térmico, las edificaciones deben mantenerse dentro de los siguientes rangos

-) Temperatura del aire ambiente: entre 18 y 26 °C
-) Temperatura radiante media de superficies del local: entre 18 y 26 °C
-) Velocidad del aire: entre 0,05 y 0,15 m/s
-) Humedad relativa: entre el 40 y el 65 %

Estos valores pueden ser variados siempre y cuando se demuestre mediante estudio técnico que el conjunto de variables mencionadas anteriormente se encuentra dentro de los rangos de confort del diagrama de Fanger.

Ilustración 1.2. Curva de confort (P.O Fanger)



Fuente: Ergonomía 2: confort y estrés térmico. Mondelo, P. R., Gregori Torada, E., & Comas Úriz, S.

Consideraciones constructivas de diseño

Al momento de realizar el diseño de una edificación o conjunto de edificaciones se debe tomar en cuenta los siguientes criterios constructivos.

Forma

La superficie exterior es un indicador de las pérdidas y ganancias de calor con relación al ambiente, mientras el volumen contiene la cantidad de energía del edificio.

La forma de edificio aconsejable teniendo en cuenta el clima de la región y el microclima derivado de la ubicación del edificio sería la siguiente:

-) En climas cálidos y húmedos se recomienda formas elevadas, con grandes aberturas que faciliten la ventilación y la sombra del edificio.

-) En climas cálidos y secos es mejor la construcción compacta y pesada, con gran inercia térmica, para amortiguar las variaciones exteriores de temperatura.
-) En climas fríos los edificios deben ser compactos, bien aislados constructivamente y con reducidas infiltraciones de aire.

Orientación de la edificación

La orientación geográfica determina la exposición a la radiación solar y al viento, que afectan a la temperatura y humedad de los ambientes habitables de la edificación.

También es conveniente ubicar los espacios interiores según la orientación de las fachadas, agrupándolos de acuerdo a los usos y horas de ocupación.

Ganancia y protección solar

El nivel de asoleamiento a través de las superficies vidriadas y de la envoltura de la edificación determina la ganancia térmica dentro de la misma; así, en zonas climáticas frías se debe favorecer la incidencia de la radiación sobre las superficies vidriadas, mientras que en las zonas climáticas cálidas se debe usar elementos de protección sobre las superficies vidriadas.

El diseño arquitectónico no debe verse condicionado en su aspecto estético formal, ya que dependerá del diseñador la elección del elemento constructivo de protección.

Optimización de radiación Solar

Zonas Frías

-) Almacenar la radiación solar en elementos macizos de materiales como hormigón, piedra o arcilla cuya inercia permita la acumulación de calor en la fachada o muros interiores. Este calor se restituye paulatinamente por convección y radiación en las horas nocturnas.

-) Limitar los intercambios de temperatura con el exterior reduciendo la superficie en la envolvente, reforzando el aislamiento térmico y disminuyendo el movimiento del aire.

Zonas Cálidas

-) Controlar la radiación directa mediante elementos constructivos de protección solar (aleros, persianas, pérgolas, batientes), superficies acristaladas con coeficientes de transmisión bajos para limitar los aportes energéticos externos. Se puede complementar con uso de textiles o protección vegetal.
-) Disipar el calor con ventilación natural.

Ventilación y calidad de aire

La ventilación disminuye la sensación de calor debido a su efecto evaporativo sobre la piel. El intercambio de aire entre el interior y exterior es la herramienta básica para regular la temperatura en los interiores del edificio. En las zonas climáticas frías se procura que no haya pérdida de calor en los espacios interiores por efecto de infiltraciones de aire, mientras que en las zonas climáticas cálidas se debe favorecer los intercambios de aire para poder mantener más frescos los interiores.

Materiales de construcción

En la selección de los materiales de construcción para una edificación, se debe tomar en cuenta la energía incorporada, sus propiedades térmicas, acústicas, químicas y la disposición final o reutilización de los mismos.

Elementos arquitectónicos

Accesos

Se recomienda, según el clima, que el acceso principal sea un espacio cerrado que se constituya en una esclusa de separación, creando un pequeño colchón de aire inmóvil que disminuya las pérdidas de aire caliente o frío del interior del edificio.

Muros y fachadas

Se debe diseñar los muros y fachadas de tal manera que cumplan las funciones de transmisión térmica, inercia térmica y permeabilidad dispuestos en esta normativa considerando la ganancia o la pérdida de energía de acuerdo a la zona climática.

Pisos y cubiertas

Se debe tomar en cuenta la capacidad de transmisión térmica de los materiales de pisos y cubiertas para regular la pérdida o ganancia de calor. Se debe considerar el uso de cámaras de ventilación, cubiertas ajardinadas o la integración de elementos de captación de energía solar para aplicaciones térmicas o fotovoltaicas.

Paredes Interiores

Se debe procurar el uso de sistemas constructivos con particiones versátiles que permitan de forma fácil su montaje y desmontaje y el paso de las instalaciones en su interior, de modo que la vivienda pueda adaptarse a las necesidades cambiantes de sus usuarios. Se recomienda el uso de divisiones interiores que garanticen los criterios de confort mínimo (aislamiento acústico, térmico, etc.)

Ventanas y lucernarios

Se debe considerar la proporción de ventanas y lucernarios de acuerdo a la zona climática, orientación, uso de los espacios, direcciones del viento, que cumplan con las disposiciones de ganancia o protección térmica, iluminación natural y ventilación.

Color

En las edificaciones se debe considerar la calidad de la luz (natural o artificial) y la reflexión que esta tiene sobre las superficies coloreadas evitando así los efectos de deslumbramiento.

En interiores se recomienda el uso de colores contrastantes para evitar la fatiga visual. Como ejemplo si los pisos y elementos de equipamiento son de color oscuro (reflexión entre el 25% y 40%) las partes superiores del ambiente deben tener una capacidad de reflexión del 50% al 60%. Se preferirán los colores claros para los cielos rasos para aumentar la luminosidad interior.

Se recomienda que en las zonas térmicas ZT1, ZT2 y ZT3 el color usado en las paredes exteriores tenga índices de reflexión no mayores al 60%, mientras que para las zonas térmicas ZT4, ZT5 y ZT6 sean ser inferiores al 40%.

Tabla 1.9. Índice de reflexión de algunos colores usados en edificios

Reflexión de radiación solar en función del color de la superficie

Color	% reflejado
Blanco cal	80
Amarillo limón	70
Amarillo Oro	60
Azul claro	40-50
Rosa salmón	40
Gris cemento	32

Anaranjado	25-30
Beige	25
Verde vegetal	20
Ladrillo	18
Rojo	16
Negro	5

(Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011, págs. 13-16)

Clasificación de espacios

Se clasifica los espacios de acuerdo al uso. Se toman en consideración dos tipos de espacio, espacios de uso activo y espacios de uso pasivo. Entre los espacios de uso activo se incluyen.

-) Cocinas.
-) Áreas sociales y de trabajo: incluye salas, comedores, circulaciones, oficinas, talleres, locales comerciales, aulas, bibliotecas, auditorios, guardianías, etc.
-) Áreas de descanso: incluye dormitorios, habitaciones, salas de espera, etc.

Entre los espacios de uso pasivo se incluyen.

-) Áreas húmedas: incluye baños, piscinas, turcos, saunas, lavanderías, jardines y patios interiores, etc.
-) Áreas no habitables: incluyen bodegas, parqueaderos, cuartos de máquinas, etc.

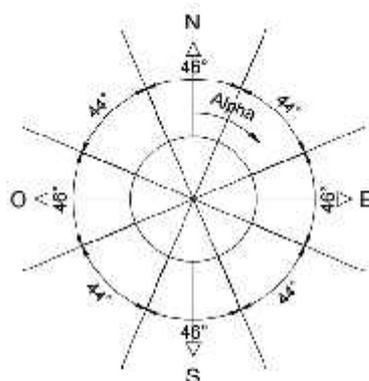
Exigencias de diseño

Orientación de la edificación

Se orientara la edificación de acuerdo a las necesidades de ganancia o protección solar y de ventilación, calidad de aire y aislamiento acústico.

Para efectos térmicos, en las zonas térmicas ZT1, ZT2 y ZT3 se recomienda que las fachadas principales tengan orientaciones Este y Oeste ya que maximizan la ganancia

solar directa en la mañana o en la tarde; para las zonas térmicas ZT4, ZT5 y ZT6 se recomienda las orientaciones Norte y Sur ya que evitan exposición directa solar en la mañana y en la tarde y son susceptibles de manera fácil de ser protegidas de la insolación de mediodía.



Angulo	$-23 < \alpha < 23$	$23 < \alpha < 67$	$67 < \alpha < 113$	$113 < \alpha < 157$	$157 < \alpha < 157$	$-157 < \alpha < -113$	$-113 < \alpha < -67$	$-67 < \alpha < -23$
Orientación	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste

Ganancia y protección solar

En las zonas ZT4, ZT5 y ZT6 se recomienda el uso de cubiertas inclinadas para minimizar la ganancia solar en dicha cubierta. En caso de que se construya una cubierta plana esta debe ser de color blanco o en su defecto debe estar protegida de la radiación solar (protección arquitectónica, cubiertas verdes, colectores solares, etc.). (Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011, págs. 19,20)

Exigencias arquitectónicas

Agrupación de espacios

Se recomienda ubicar los espacios de uso activo en los lugares de mejor radiación solar e iluminación natural, mientras que los espacios de uso pasivo pueden ubicarse en lugares de baja radiación solar e iluminación natural. (Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011, pág. 23)

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. El clima y la arquitectura

El clima caracteriza e identifica a una región por el comportamiento de sus elementos y factores; esto da lugar a una forma de vida en los grupos humanos.

En las distintas civilizaciones de la humanidad, la arquitectura se ha expresado como una respuesta al tiempo, a la cultura y a las condiciones físicas y ambientales del sitio en el que se desarrolla.

Cuando en el diseño del espacio se dejan de considerar las condiciones del clima local, se pierde una parte de esta esencia forjada durante mucho tiempo, ya que sustrae la arquitectura de un contexto que le es propio.

El clima es uno de los principios más importantes en el diseño de espacios. De las condiciones atmosféricas depende que la arquitectura sea de muros pesados o ligeros, de cubiertas inclinadas o planas, de color oscuro o claro, con grandes vanos o pequeñas ventanas, entre otras características; es decir la vivienda será un elemento protector y regulador que rehace o transforma la acción de los elementos ambientales naturales de un lugar. (Lacomba R. , Arquitectura Solar y Sustentabilidad, 2012)

2.1.1. Clima

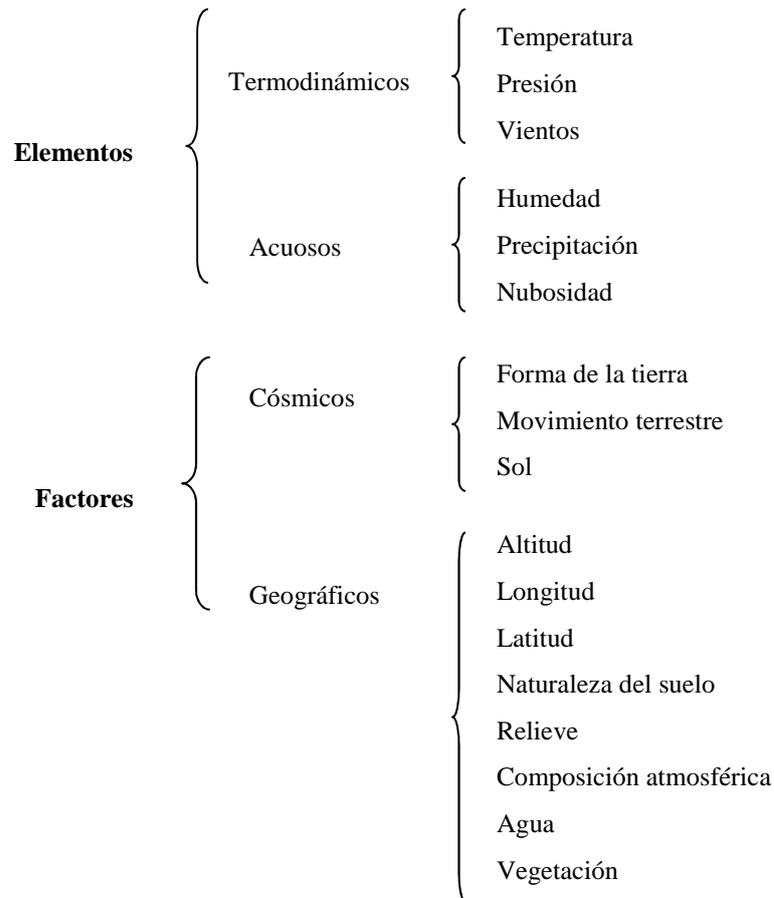
La palabra clima, de origen griego, significa etimológicamente “pendiente o inclinación”, la palabra alude a la inclinación de los rayos solares al incidir sobre la superficie del planeta.

El clima se define como la combinación particular de elementos como la radiación solar, temperatura del aire, precipitación, humedad, vientos, entre otros; que dan

individualidad a una región geográfica. (Lacomba R. , Manual de Arquitectura Solar , 1991)

La clasificación de elementos y factores que conforman las singularidades de los climas se sintetizan a continuación:

Gráfico 2.15. Factores y elementos del clima



Fuente: Manual de arquitectura solar. Lacomba, R.

Elaboración: La autora

2.1.1.1. Factores del clima

Los factores climáticos son las condiciones físicas que identifican a una región o a un lugar particular, y determinan su clima. Los factores que se tomaran en cuenta para el diseño del proyecto son:

) Latitud

) Altitud

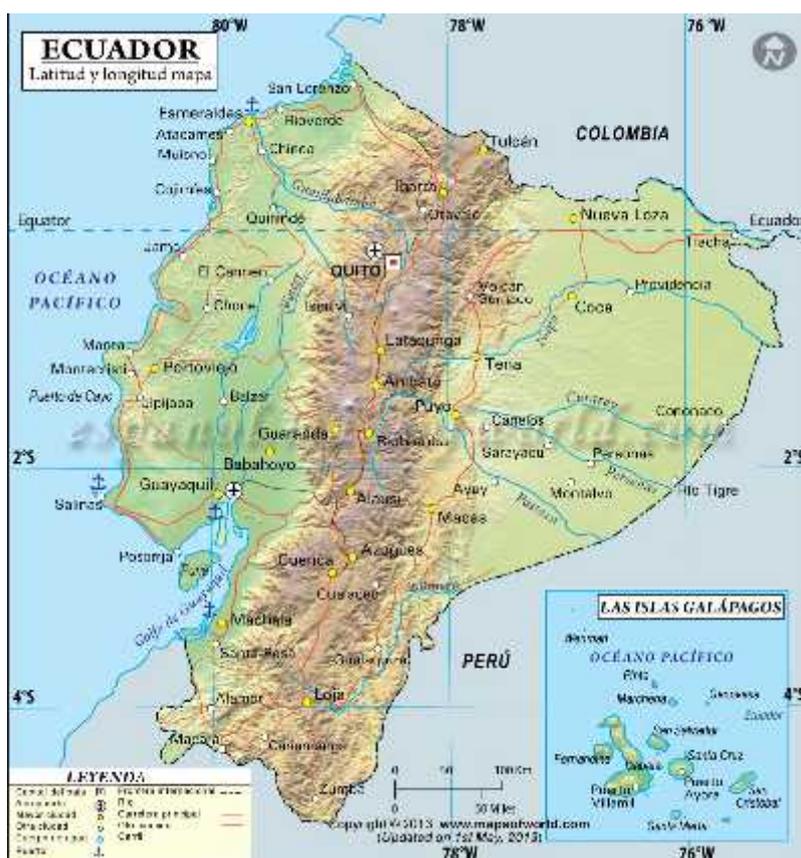
-) Relieve
-) Distribución de tierra y agua

2.1.1.1.1. Latitud (°, ', ")

Es la distancia angular de un punto sobre la superficie terrestre al Ecuador; se mide en grados, minutos y segundos. Mediante este factor del clima se determina la incidencia de los rayos solares sobre la tierra en un punto determinado.

Esta define los factores térmicos que condicionan la forma, color, textura, proporción y relación de vanos y muros ciegos; así como las colocación de los sistemas solares pasivos. (Arredondo Zambrano, 2013)

Ilustración 2.3. Latitudes y longitudes del Ecuador

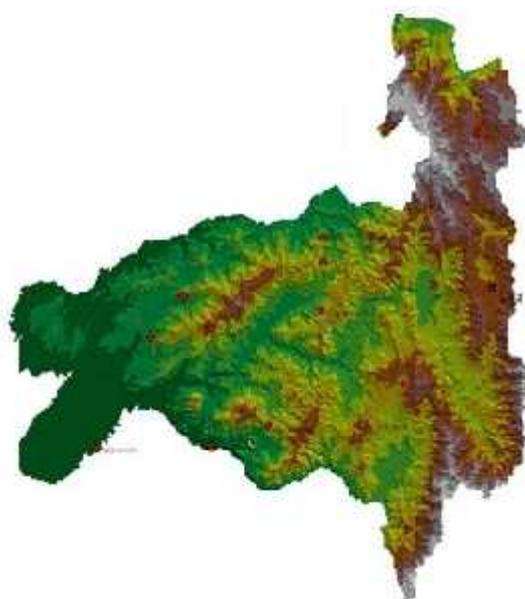


Fuente: <http://espanol.mapsofworld.com/continentes/sur-america/ecuador/latitud-y-longitud-de-ecuador.html>

2.1.1.1.2. Altitud (msnm)

Es la distancia vertical de un plano horizontal al nivel del mar; se mide en metros sobre el nivel medio del mar. Este factor determina el clima de un lugar, porque al aumentar la altitud desciende la temperatura de la atmosfera. Por ello, los sitios más altos tienen menor temperatura que otros en la misma latitud pero con menor altura. De este factor depende el tamaño de los vanos y la forma de los techos. (Lacomba R. , Arquitectura Solar y Sustentabilidad, 2012)

Ilustración 2.4. Altitudes de la provincia de Loja



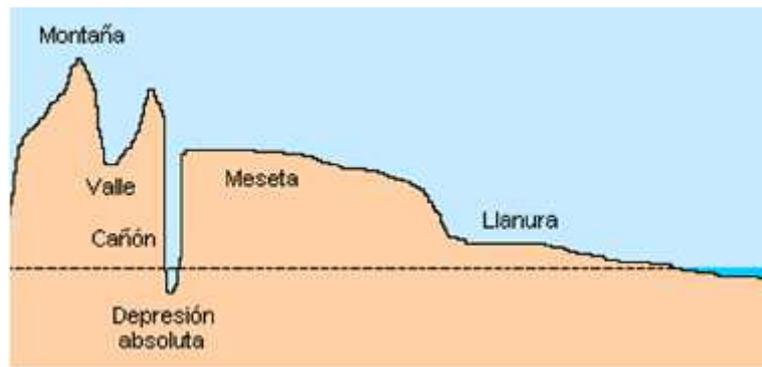
LEYENDA		
Rangos de elevación		
3400	3800	
3000	3400	
2600	3000	
2200	2600	
1800	2200	
1400	1800	
600	1000	
200	600	

Fuente: <http://casadelaculturaloja.gob.ec/>

2.1.1.1.3. Relieve

Es la forma que tiene la superficie de la tierra. Este es otro factor clave para el clima, ya que debido a su rugosidad modifican las corrientes de aire, la insolación de un lugar, su vegetación, el contenido de humedad del aire, entre otros elementos.

Ilustración 2.5. Relieve continental

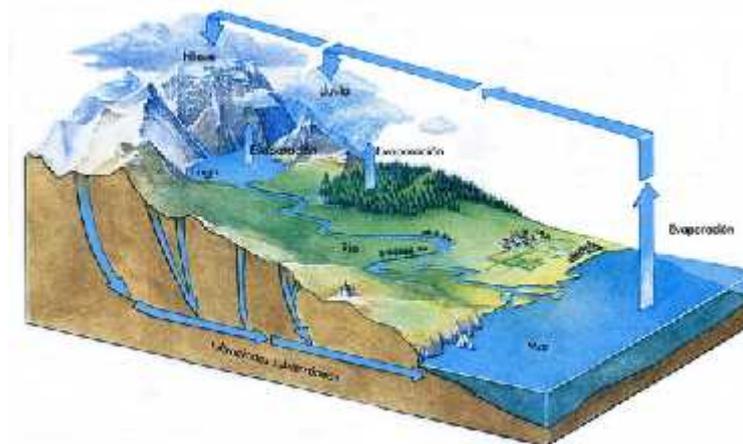


Fuente: <http://www.escolar.com/avanzado/geografia014.htm>

2.1.1.1.4. Distribución de tierra y agua

Es la relación entre los cuerpos de agua y la tierra firme de un lugar. El agua, debido a su gran capacidad de almacenamiento de energía, es un importante elemento regulador del clima. Los cuerpos naturales de agua requieren condiciones de diseño muy particulares. Cualquier cuerpo de agua incrementara la humedad del aire, lo que ocasionara una reducción de la temperatura.

Ilustración 2.6. Agua y tierra



Fuente: <http://clasesconarte.blogspot.com/p/3-eso.html>

2.1.1.2. Elementos del clima

Los elementos del clima son las propiedades físicas de la atmosfera. Hay una gran cantidad de elementos; los más importantes para el análisis del proceso de diseño arquitectónico son:

-) Temperatura
-) Humedad
-) Precipitación
-) Viento
-) Radiaciones

2.1.1.2.1. Temperatura (°C, K, °F)

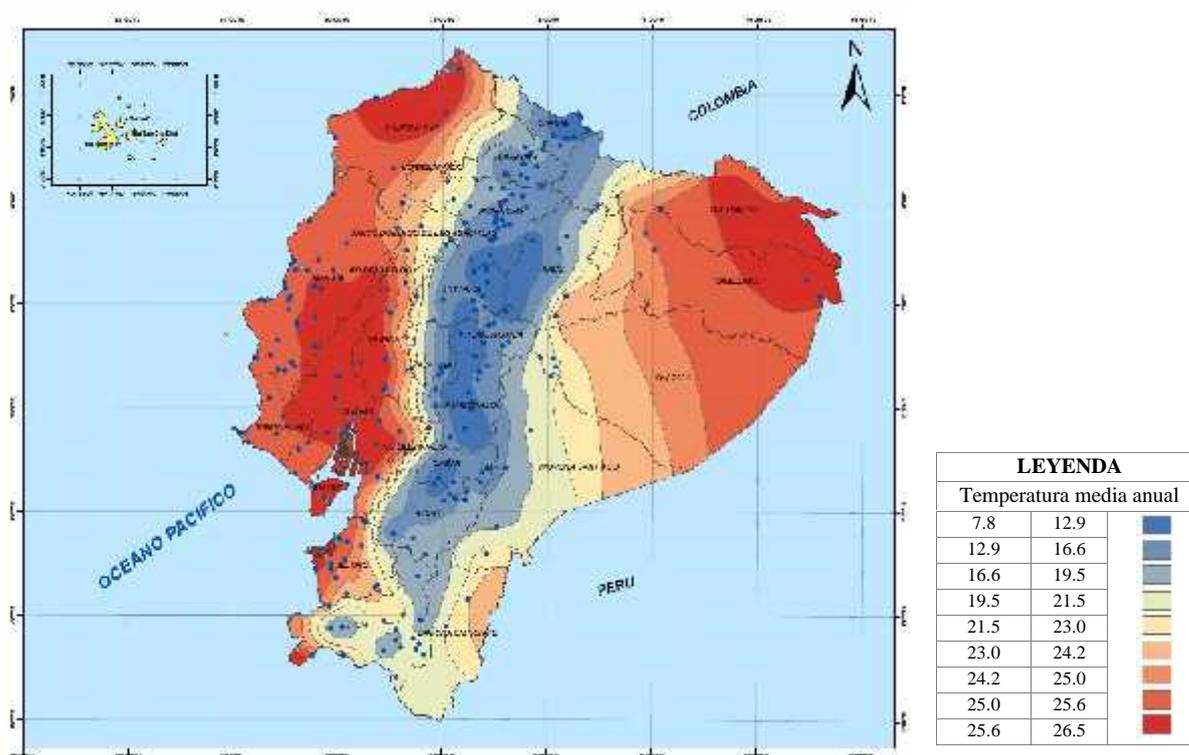
Es un parámetro que establece la transmisión de calor de un cuerpo a otro, por medio de una escala. Se utilizan en general tres tipos de escalas termométricas: la centígrada o Celsius, Fahrenheit y la absoluta o kelvin.

Mediante la temperatura media se establece el rango térmico de un lugar, y las temperaturas máximas y mínimas establecen las variaciones de temperatura en un periodo determinado. Para que tengan validez se requiere que sean datos normalizados, es decir, datos promedio en un mínimo de 20 años de registro.

En términos de diseño estos datos permiten conocer los límites a los que se puede enfrentar los habitantes de una región y prever los sistemas de climatización necesarios para conservar las condiciones de habitabilidad en el interior de los espacios.

Las temperaturas se miden con diversos tipos de termómetros. Los más usados para fines arquitectónicos son: de bulbo seco, de bulbo húmedo, de globo, de máximas y mínimas.

Ilustración 2.7. Mapa Isotermas Media Anual del Ecuador 1981-2010



Fuente: https://issuu.com/inamhi/docs/atlas_estudiantil/6

2.1.1.2.2. Humedad (%)

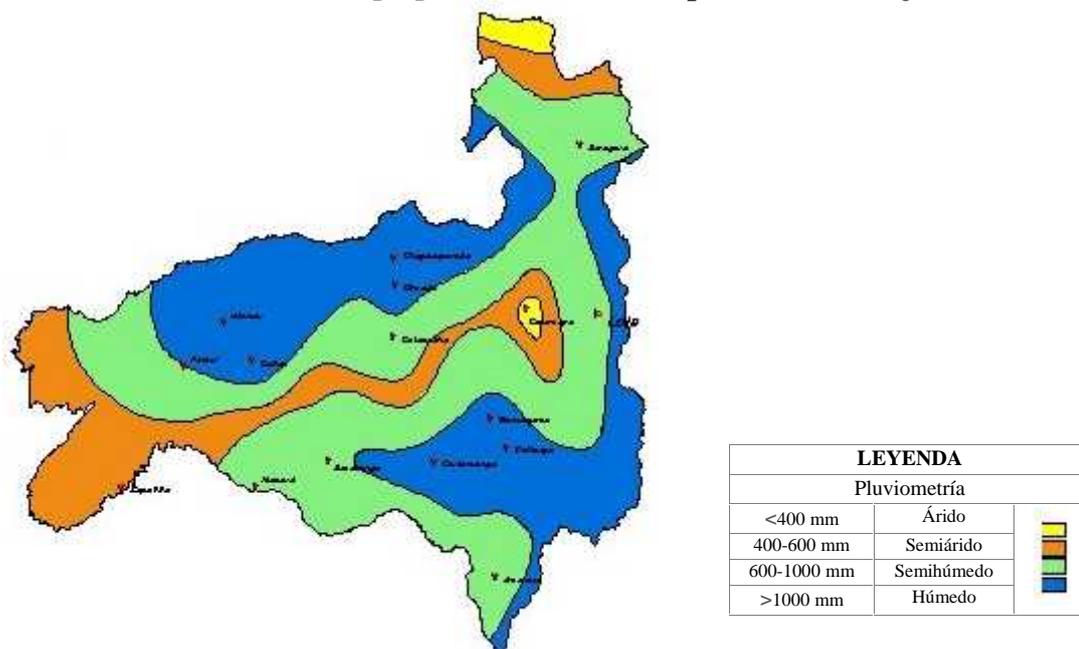
Es la cantidad de agua en el aire. Existen diversas escalas para medirla la más utilizada es el %, pudiéndose expresar como humedad relativa o humedad absoluta.

El manejo de la humedad en el diseño es una herramienta básica de la climatización pasiva, debido a su bajo costo y enorme efecto en los espacios. Esta se mide sacando una relación entre el termómetro de bulbo seco y el bulbo húmedo, o con un higrómetro.

2.1.1.2.3. Precipitación (mm)

Es el agua procedente de la atmosfera, en forma sólida o líquida, depositada sobre la superficie de la tierra. La precipitación se mide con un pluviómetro y en milímetros de precipitación en un periodo determinado, en el que el milímetro equivale a un litro por metro cuadrado.

Ilustración 2.8. Mapa pluviométrico de la provincia de Loja



Fuente: <http://casadelaculturaloja.gob.ec/>

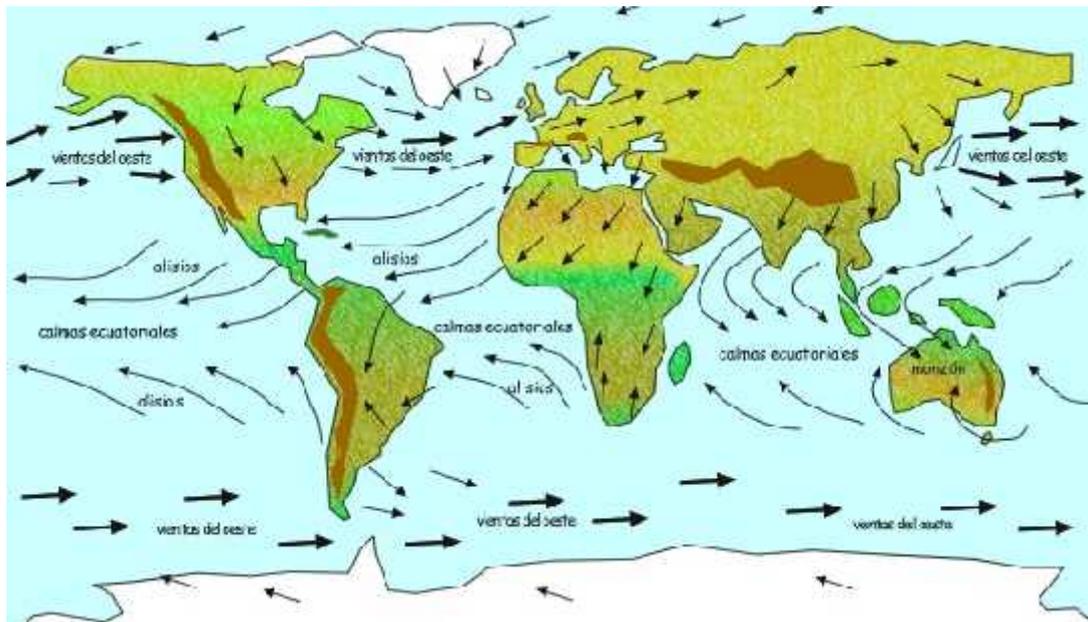
La precipitación incide en la forma y extensión de las cubiertas, en su grado de inclinación y materiales. Adicionalmente puede proveer un suministro de agua no potable, el cual es posible destinar a diferentes usos en los espacios, en especial a riego y limpieza.

2.1.1.2.4. Viento (m/s)

Se forma por corrientes de aire producidas en la atmósfera por causas naturales. Se mide en la horizontal. El viento tiene diferentes atributos que lo caracterizan entre ellos la dirección (respecto al norte), frecuencia (%) y la velocidad (m/s).

El viento es otro parámetro de gran importancia para el diseño. En algunos climas, como los cálidos y húmedos, es la principal forma de climatización. Su uso adecuado puede provocar sensaciones agradables en espacios que de otro modo serían inhabitables.

Ilustración 2.9. Tipos de viento del planeta



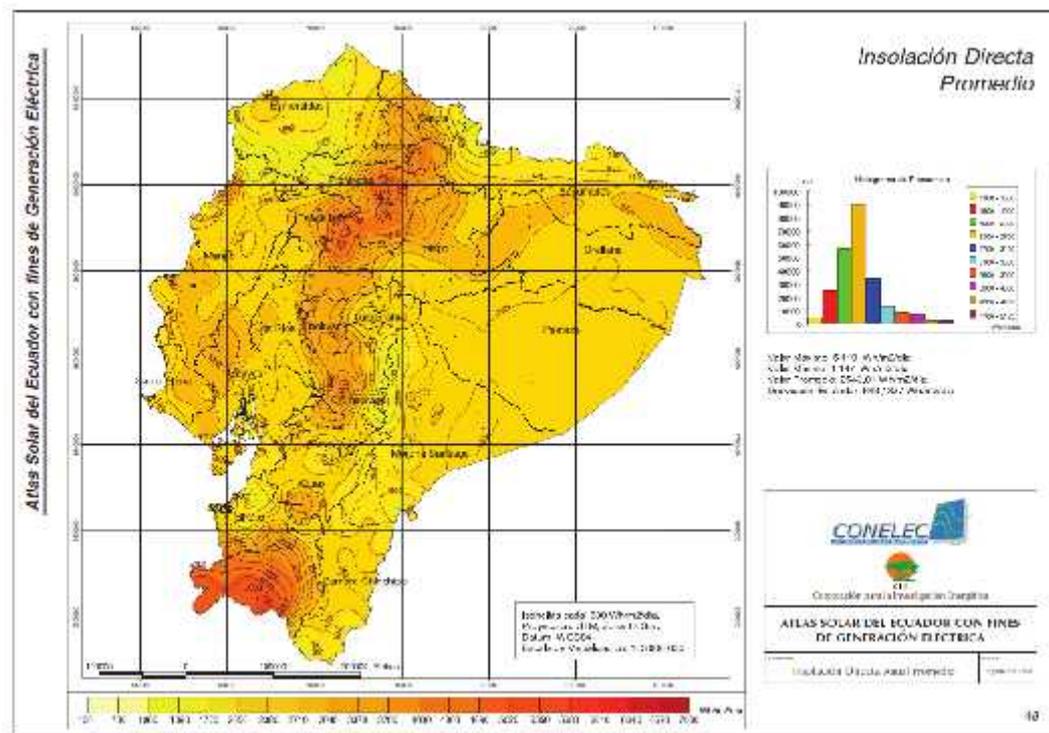
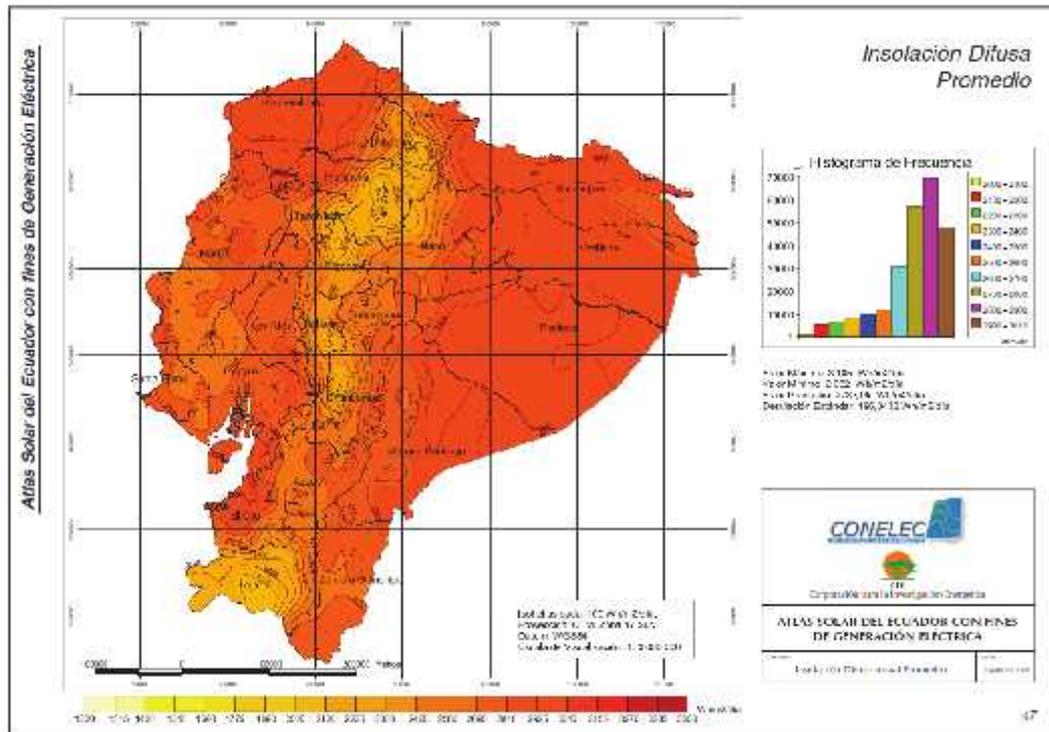
Fuente: <http://www.teinteresasaber.com/2011/07/cuantos-tipos-de-viento-conocemos.html>

2.1.1.2.5. Radiación (Wh/m²)

La radiación global es la cantidad total de la energía solar que alcanza una fracción de superficie terrestre en un plano horizontal. La radiación global se forma por dos componentes: la radiación directa (*I*) y la radiación difusa (*D*).

Al ser la radiación solar la forma más abundante de energía disponible, puede usarse para calentar el aire o el agua en formas sencillas y eficientes. En los lugares con temperaturas elevadas, se debe evitar que la radiación solar incida en los espacios interiores y ha de retardarse su efecto sobre muros y cubiertas mediante una adecuada selección de materiales y espesores de los muros.

Ilustración 2.10. Radiación difusa y directa promedio del Ecuador



Fuente: CONELEC

2.1.1.3. Análisis e interpretación del clima

2.1.1.3.1. Cálculo de la temperatura confort

Este es un cálculo importante de incluir en los elementos del clima, con fines arquitectónicos y de diseño, ya que estos valores determinan los requerimientos de calentamiento, enfriamiento o de bienestar del hombre.

De acuerdo con lo propuesto por Humphreys & Nicol (2000), dos de los investigadores más destacados en este campo, determinan la temperatura de confort, para viviendas en modo pasivo, con la siguiente fórmula:

$$T_c = 12.9 + (0.54 * T_{prom})$$

Dónde:

T_c = Temperatura de confort

T_{prom} = Temperatura promedio exterior

Mediante la fórmula aplicada, se calcularán las temperaturas de confort para los doce meses del año, las mismas que definirían la zona de confort (zona límite superior e inferior), considerando un rango de $\pm 2^\circ\text{C}$ respecto a las temperaturas de confort.

2.1.1.3.2. Köppen, modificada por García

La clasificación internacional propuesta por Köppen en 1936 tiene aceptación internacional sin embargo E. García la modificó en 1964. Esta clasificación considera cuatro grupos básicos, que son:

Tabla 2.10. Clasificación climatológica Köppen-García

Grupo	Subgrupo	Clima
A		Tropical
	Af	Tropical con lluvias todo el año

Am	Tropical húmedo con lluvias en verano
Aw	Tropical subhúmedo con lluvias en verano
B	Seco
Bw	Seco desértico
Bs	Seco estepario
C	Templado lluvioso
Cf	Templado húmedo con lluvias todo el año
Cm	Templado húmedo con lluvias en verano
Cw	Templado subhúmedo con lluvias todo el año
AC	Transición
A(C)	Semicálido del grupo A
(A)C	Semicálido del grupo A

Fuente: Arquitectura Solar y Sustentabilidad. Lacomba, R.

Elaboración: La autora

2.1.2. Geometría solar

El sol es el que influye de manera más importante en el proceso de diseño. La localización, orientación y forma de una edificación deben analizarse cuidadosamente para obtener el máximo provecho de los beneficios solares.

Desde el punto de vista térmico, el control de la radiación solar es el factor más importante. Los rayos solares deben penetrar y ser absorbidos en las edificaciones cuando se requiere, y deben ser rechazados cuando resultan indeseables.

El diseño solar pasivo busca mantener un equilibrio entre las temperaturas bajas mediante el aprovechamiento del sol y durante las temperaturas altas evitando el sobrecalentamiento mediante el uso de elementos de sombreado y control solar. Aquí se presentaran las principales características que se deben tomar en cuenta para el diseño solar pasivo orientado a obtener confort térmico.

2.1.2.1. Trayectoria solar

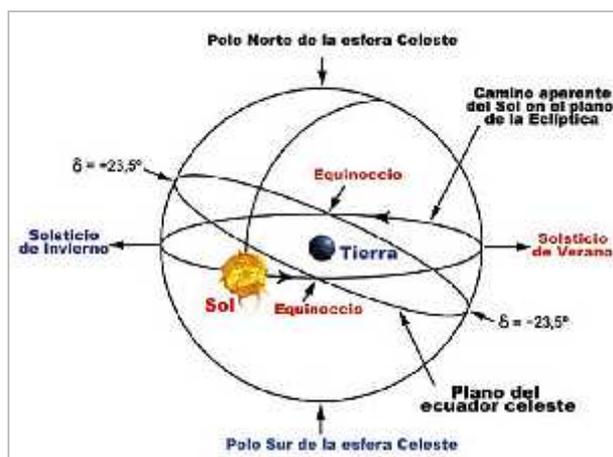
La tierra presenta varios movimientos con respecto al sol, dos de ellos son los más significativos: el de traslación y el de rotación.

El movimiento de traslación alrededor del sol transcurre en un año de 365d 5h 48m 45.19s con una velocidad media de 107.229 km/h. El segundo es el movimiento de rotación que transcurre en un día solar medio de 23h 56m 4.0989s a una velocidad de 465 m/s. (Arquitectura Solar y Sustentabilidad, 2012, pág. 329)

La existencia de las estaciones está motivada porque el eje de rotación de la tierra, que no es siempre perpendicular al plano de su trayectoria de traslación con respecto al sol, sino que forma un ángulo variable dependiendo del momento del año en que nos encontremos. (Admin, 2009)

El eje de rotación de la Tierra forma un ángulo de inclinación de 23.5° con la normal al plano de la eclíptica. El ángulo de inclinación no cambia a lo largo del movimiento anual de traslación de la Tierra alrededor del Sol. Desde un punto de vista situado en el Sol, la Tierra en su movimiento pasa por un punto llamado solsticio de verano, en el que el eje de rotación alcanza la máxima inclinación respecto a Sol. Esta inclinación respecto al Sol va disminuyendo hasta llegar a otro punto, el solsticio de invierno, en el que es el Polo Sur el que mira hacia el Sol. Entre ambos puntos hay otros dos puntos llamados equinoccios en los que el eje no está inclinado hacia el Sol. (Zúñiga López & Crespo del Arco, 2010, págs. 51,52)

Ilustración 2.11. Movimiento aparente del sol

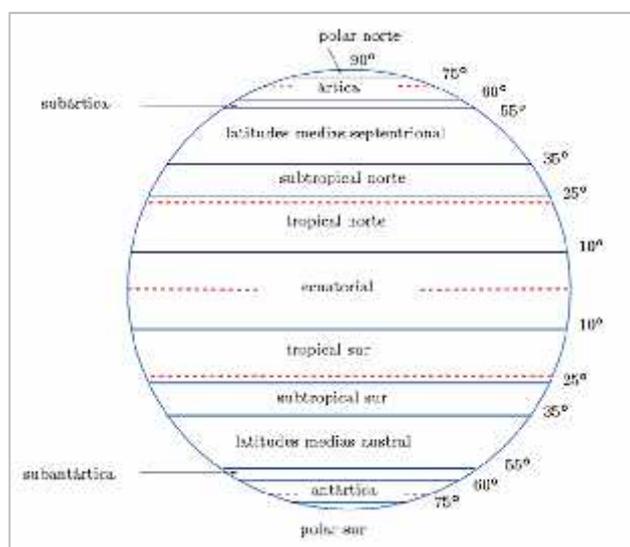


Fuente: Las agujas del tiempo. Barbas Nieto, Ricardo

Según la insolación media anual el globo terrestre se puede dividir en las zonas en:

La zona ecuatorial, centrada en el ecuador, se extiende entre los 10° de latitud norte y latitud sur. En esta zona la insolación es intensa y uniforme con días y noches de parecida duración. Hay dos zonas tropicales que se extienden entre los 10° y los 25° de latitud norte y sur. A continuación, se encuentran las dos zonas subtropicales (25° - 35° N y S), las zonas de latitudes medias (35° - 55° N y S), las zonas subártica y subantártica (55° - 60° N y S), las zonas ártica y antártica (60° - 75° N y S), y las zonas polares (75° - 90° N y S). (Zúñiga López & Crespo del Arco, 2010, pág. 56).

Ilustración 2.12. Zonas de latitud en función de la insolación. Las líneas rojas discontinuas indican los paralelos notables.



Fuente: Meteorología y climatología. Zúñiga López, Ignacio; Crespo del Arco, Emilia

2.1.2.2. Métodos de análisis solar

Existen tres formas de conocer y analizar el comportamiento solar. La primera es a través de métodos gráficos, que son los más prácticos para los arquitectos, ya que a pesar de que no proporcionan información precisa o exacta, si se presentan en forma clara, fácilmente traducible en términos de diseño y con la aproximación necesaria para los fines arquitectónicos. Encontramos varios tipos de diagramas, cada uno de ellos con distinta finalidad; diagramas de trayectoria y posición solar: diseño, análisis de obstrucciones etc. Y diagramas para la estimación cuantitativa de la energía solar.

La segunda es a través de métodos matemáticos, los cuales nos proporcionan información precisa, utilizada principalmente para fines técnicos como lo son: balances de energía, análisis y evaluación de materiales constructivos y su transferencia térmica, diseño de sistemas y dispositivos solares activos, etc.

La tercera es a través de modelos físicos de simulación; maquetas y heliodones, que nos dan únicamente una visión cualitativa del comportamiento del edificio.

Modelos gráficos

Diagramas solares de trayectoria y posición

-) Grafica solar de proyección ortogonal
-) Grafica solar de proyección estereográfica
-) Grafica solar de proyección equidistante
-) Proyección sobre ejes cartesianos
-) Proyección gnomónica

Diagramas solares energéticos

-) Cardiodos de asoleamiento

-) Diagramas de control solar (mascarilla de sombreado)
-) Diagramas de radiación solar
-) Diagramas de iluminación natural

Modelos matemáticos

-) De trayectoria y posición
-) De energía

Modelos físicos de simulación

-) Proyección gnomónica
-) Heliodes
-) Helioscopios
-) Termoheliódón

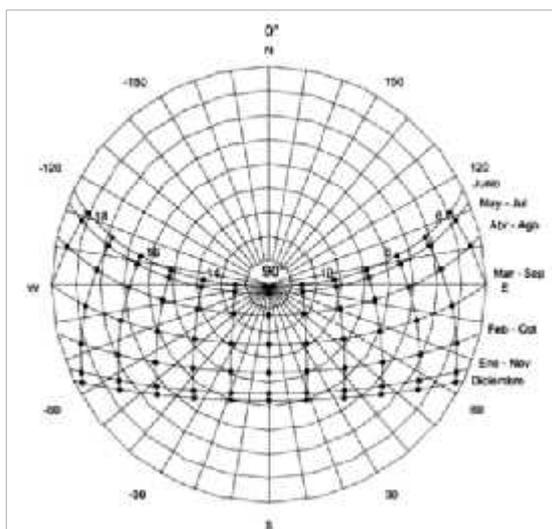
El método de análisis solar que se empleara, es la gráfica solar de proyección estereográfica.

La proyección estereográfica es una representación de la trayectoria solar basada en la proyección ortogonal, que consiste en trasladar la ruta del sol, descrita sobre la bóveda celeste, sobre el plano del horizonte.

El procedimiento consiste en proyectar cada uno de los puntos hacia el zénit de la esfera celeste; en la intersección de las líneas de proyección con el plano horizontal quedan definidas las proyecciones estereográficas de estos puntos. Este método tiene la ventaja de no producir distorsión en el contorno de la gráfica, debido a que no es una proyección ortogonal, sino una representación "plana" de la trayectoria solar. La lectura de los ángulos de acimut y altura solar se facilita ya que se encuentran concentrados en una misma carta.

Esta grafica es muy útil para el análisis y evaluación de dispositivos de control solar y para tomar decisiones sobre la orientación del edificio y ubicación de los espacios, ya que sobre ella se pueden sobreponer diagramas de sombreado, diagramas energéticos de radiación o iluminación, o simplemente expresar sobre ella los rangos y variaciones de temperatura ambiente de la localidad en estudio. (Geosol, 2015).

Ilustración 2.13. Grafica estereográfica



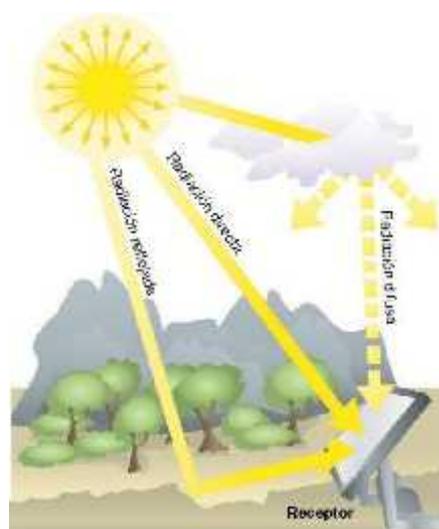
2.1.2.3. Fuente: Modelo Para Diseño Y Evaluación Del Control Solar en Edificios (Morillón Gálvez & Mejía Dominguez, 2004)

La energía solar incidente en una superficie terrestre se manifiesta de tres maneras diferentes:

-) La **radiación directa** es, como su propio nombre indica, la que proviene directamente del sol.
-) La **radiación difusa** es aquella recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la semiesfera celeste, mientras que las superficies verticales reciben menos porque solo ven la mitad de la semiesfera celeste.

) La **radiación reflejada** es, como su propio nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Por otra parte, las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven superficie terrestre, mientras que las superficies verticales son las que más reciben. (Admin, 2009, pág. 5)

Ilustración 2.14. Tipos de radiación



Fuente: <http://www.temis.nl/uvradiation/UVindex.html>

2.1.2.3. Formas de transmisión del calor

Es importante tener presentes los mecanismos de transmisión del calor para comprender el comportamiento térmico de las edificaciones. El calor es un estado de agitación molecular que se transmite de unos cuerpos a otros de tres formas diferentes:

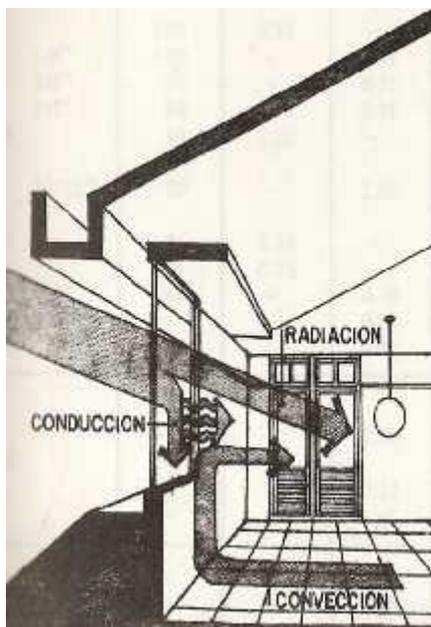
Conducción. El calor se transmite a través de la masa del propio cuerpo. La facilidad con que el calor viaja a través de un material lo define como conductor o como aislante térmico. Ejemplos de buenos conductores son los metales, y de buenos aislantes, los plásticos, maderas, aire. Este es el fenómeno por el cual las viviendas pierden calor en invierno a través de las paredes, lo que se puede reducir colocando un material que sea

aislante. El coeficiente de conducción térmica de un material es una medida de su capacidad para conducir el calor.

Convección. Si consideramos un material fluido (en estado líquido o gaseoso), el calor, además de transmitirse a través del material (conducción), puede ser "transportado" por el propio movimiento del fluido. Si el movimiento del fluido se produce de forma natural, por la diferencia de temperaturas (aire caliente sube, aire frío baja), la convección es natural, y si el movimiento lo produce algún otro fenómeno (ventilador, viento), la convección es forzada.

Radiación. Todo material emite radiación electromagnética, cuya intensidad depende de la temperatura a la que se encuentre. La radiación infrarroja provoca una sensación de calor inmediata. El sol nos aporta energía exclusivamente por radiación.

Ilustración 2.15. Mecanismos de transferencia de calor



Fuente: http://green.uprm.edu/pres/pres_WSantiago.pdf

2.2. Arquitectura bioclimática

La arquitectura bioclimática es una arquitectura adaptada al medio ambiente, sensible al impacto que provoca en la naturaleza, y que intenta minimizar el consumo energético y, con él, la contaminación ambiental.

La arquitectura bioclimática es la que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort térmico interior de la vivienda. Juega exclusivamente con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin utilizar elementos mecánicos, que son considerados como sistemas de apoyo. (Elías Castells, 2012)

2.2.1. Arquitectura bioclimática pasiva 0982764695

2.2.1.1. Sistemas Pasivos

Los sistemas pasivos son aquellos que utilizan el sol, las brisas, la vegetación y el manejo del espacio arquitectónico para adecuar una construcción al ambiente y lograr una arquitectura eficaz y confortable, con una temperatura entre los 18°C y los 24°C sin depender de sistemas electromecánico para crear un microclima en el interior con confort ambiental.

Existen dos tipos de sistemas pasivos:

-) Sistemas de enfriamiento pasivo
-) Sistemas de calentamiento pasivo

Los sistemas que se manejan en el presente proyecto son los sistemas de calentamiento pasivo que se menciona a continuación.

2.2.1.1.1. Sistemas de calentamiento pasivo

Los sistemas solares pasivos se utilizan principalmente para captar y acumular el calor proveniente de la energía solar. Se los llama pasivos ya que no se utilizan dispositivos

electromecánicos para recolectar el calor. Esto sucede por principios físicos básicos como la conducción, radiación y convección del calor.

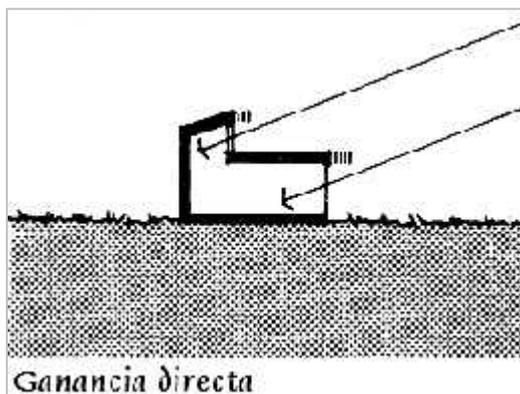
Para calentar una construcción por medio de energía solar pasiva, se pueden emplear los métodos siguientes:

- a) Por ganancia solar directa
- b) Por ganancia solar indirecta
- c) Por ganancia solar aislada

2.2.1.1.1. Por ganancia solar directa

En el sistema por ganancia solar directa se hace que el sol no solo fluya directamente y se acumule en la masa térmica, en muros, pisos y techos que irradian calor al interior, sino también que penetre directamente a través de ventanas o domos al interior de la construcción.

Ilustración 2.16. Construcción con ganancia solar directa



Fuente: <http://energiaslimpiasyrenovables.blogspot.com/2010/07/energia-solar-pasiva.html>

2.1.1.1.2. Por ganancia solar indirecta

El calor en los sistemas de radiación indirecta es captado a través de cualquier elemento arquitectónico (tanques de agua o en cavas de piedra), que es diseñado como una masa térmica, para luego ser transmitido al interior de la construcción.

En latitudes que tienen temperaturas más frías, el uso del muro trombe, en la pared sur que recibe el sol, permitirá calentar la construcción al forzar la entrada de aire frío por la parte inferior de dicho muro, calentando ese aire por convección, para luego introducirlo por la parte superior, ya calentado.

Ilustración 2.17. Construcción por ganancia solar indirecta (muro trombe)

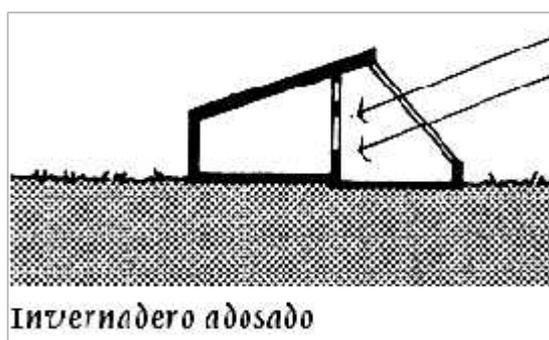


Fuente: <http://energiaslimpiasyrenovables.blogspot.com/2010/07/energia-solar-pasiva.html>

2.1.1.1.3. Sistemas aislados

La captación solar y su acumulación están separados de las estancias a calentar, como pueden ser los invernaderos adosados. (Certificación energética Salamanca, 2015)

Ilustración 2.18. Construcción por ganancia solar aislada (invernadero)



Fuente: <http://energiaslimpiasyrenovables.blogspot.com/2010/07/energia-solar-pasiva.html>

2.2.1.2. Parámetros de energía solar pasiva

Los sistemas pasivos se relacionan con los parámetros que se mencionan a continuación:

1. Topografía
2. Orientación

3. Materiales que se deben usar
4. Proyecto arquitectónico y sus recomendaciones en zonas distintas
5. Ubicación en el terreno
6. Vegetación y arboles

2.2.1.2.1. Topografía

- a) Si el terreno es plano, no hay problema y se procede con el punto 2.
- b) Si hay diferencias en el terreno, hay que obtener curvas de nivel para construir, adaptándose al mismo.

2.2.1.2.2. Orientación

La orientación que se debe dar a una construcción ubicada en zonas frías, para calentarla por medio de la energía solar, es el sur mediodía. Por el contrario, si se desea enfriar una casa situada en una zona de clima cálido húmedo, la orientación adecuada será hacia el Norte, para evitar los rayos solares. En zonas desérticas debe orientarse al norte también, para no sobrecalentar la casa.

2.2.1.2.3. Materiales que se deben usar

Para calentar una construcción o para enfriarla durante el día y calentarla en la noche, lo ideal es usar materiales que produzcan retardo térmico, como tierra, adobe, piedras, tabicón de centro, tabique rojo o ladrillo. Estos materiales contienen mucha masa térmica. (Lacomba R. , Arquitectura Solar y Sustentabilidad, 2012)

Estructura y piel

Adobe: Está formado por una masa de barro (arcilla, arena y agua) mezclada con paja, estiércol o fibra de coco, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol durante 25-30 días.

La mezcla principal lleva un 20% de arcilla y un 80% de arena y agua.

El adobe es un buen aislamiento acústico y tiene una gran inercia térmica, por lo que sirve de regulador de la temperatura interna, en verano conserva el frescor y durante el invierno, el calor.

Tapia: Es una pieza grande de barro compactado a golpes dentro de un molde de madera que se usa para hacer muros. El molde que se utiliza para hacer tapias, está formado por dos tableros paralelos a cierta distancia; las dimensiones más habituales del molde son 1,5 m de largo, 1 m de altura y 0,5 de espesor.

Piedra: Es el material de construcción noble por excelencia. Como material estructural las más utilizadas son el granito, el gneis, la arenisca, la caliza, el mármol, la pizarra. Son usadas para cimentaciones, paredes, fachadas y como elemento arquitectónico. A piedra porosa es menos durables que la piedra densa.

Ecoclinker: Ladrillo cerámico cara vista fabricado con biogás como fuente de energía. Usando este tipo de calor, el producto tiene una energía incorporada menor respecto a otro tipo de ladrillos. Se comercializa en dos medidas: 27,6 x 13,3 x 4,8 cm y 24 x 11,5 x 5cm.

Pisos y carpintería

Para las puertas y ventanas de una vivienda la mejor opción es la madera se la puede considerar adecuada para un hogar ecológico. La madera aísla mejor el ruido y mantiene el calor de la casa. (Cristina Paredes Benitez, Lorena Farraz Perez, Sergi Costa Duran, 2014)

2.2.1.2.4. Proyecto arquitectónico y sus recomendaciones en zonas distintas

La manera de proyectar influye significativamente en el aprovechamiento de la energía solar para calentar una casa en climas fríos, o para enfriar una casa en climas cálido-secos y cálido-húmedos.

Zonas templadas

Calentamiento pasivo

En las zonas templadas se recomienda que el proyecto sea abierto, simplemente para dejar fluir el aire, y que la construcción promueva el bienestar, la comodidad y la salud de sus habitantes.

- a) Se recomienda emplear colores neutros que permitan ganancia ni pérdida de la energía solar.
- b) Se sugiere crear espacios hacia el exterior que permitan el paso de la luz natural, para ahorrar energía eléctrica e iluminar naturalmente la construcción.
- c) Se recomienda usar jardines, patios y espacios abiertos centrales, para cultivar flores y plantas.
- d) Se sugiere airear espacios abiertos con arremetidas, en especial los que están orientados al poniente, para impedir el deslumbramiento.
- e) Como no hay problemas de pérdida ni de ganancia de calor el espacio puede fluir hacia el exterior y generar una arquitectura que integre el exterior con el interior.
- f) Combinar el uso de jardines con el de espacios interiores.

2.2.1.2.5. Ubicación en el terreno

Sí que quiere calentar una casa en la zona fría templada, lo ideal será encontrar una colina y poner la pared norte hacia ella y dejar la que da al sur para ventanas e invernadero. Al

respecto, cabe señalar que los vientos del norte llegarán a la colina y no enfriarán la casa, pues la tierra servirá de protección; a la vez, el jardín se dejara hacia el sur para recibir el sol.

El jardín orientado hacia el sur permitirá que crezcan vegetales. De este modo, la casa se protege de los vientos del norte, además de un jardín con buena orientación calentara la casa al irradiar el sol hacia el interior, por la ventanas que dan al sur, las cuales recibirán la radiación de la tierra.

2.2.1.2.6. Vegetación

La elección de tipo de vegetación para el entorno de una edificación es muy importante, no solo por razones estéticas, sino por también ser la barrera directa al asoleamiento, influyen en el confort térmico y hacen barreras a los vientos. El crecimiento del arbolado, de tipo de hoja y caducidad son elementos que hay que tener en cuenta en la plantación. La buena elección del tipo de árboles puede cambiar y afectar mucho las condiciones micro climáticas y tener buenos resultados. (Lacomba R. , Manual de Arquitectura Solar , 1991)

2.2.1.3. Elementos de protección solar

El sol es el mejor aliado de la arquitectura bioclimática en invierno pero no en verano. Para evitar el sobrecalentamiento es necesaria la disposición de elementos de sombreado como volados, toldos, persianas, porches, etc.; evitando la ganancia innecesaria de calor.

2.2.1.3.1. Elementos horizontales

) El **toldo** es un elemento muy eficiente, económico y fácil de instalar. Su eficiencia radica en que al mismo tiempo que proporciona sombra, permite la llegada de la luz natural. Los modelos de toldos más baratos son manuales, pero también hay

programables para que bajen en las horas de sol y para que vuelvan a plegarse cuando este ya no sea una molestia. (Martinez Alonso, 2014)

- J) El **volado o voladizo** se refiere a cualquier elemento que sobresale del parámetro vertical o de la fachada, mientras que el alero normalmente se forma por la extensión del techo que rebasa los muros. Los **aleros** se construyen con fines de protección del sol o de la lluvia.
- J) **Corredor** es el espacio o galería cubierta, sostenida por columnas, ubicado a lo largo de una fachada. El **pórtico** forma un espacio de transición entre los espacios abiertos y cerrados, y puede ser un espacio de circulación o utilitario.
- J) **Pérgola** es un enrejado abierto a manera de techo, generalmente asociada con vegetación de enredaderas o trepadoras. En la actualidad este concepto se emplea ampliamente con pergolados tipo persiana o rejilla.
- J) **Techo escudo** consiste en un doble techo con el espacio interior o cámara de aire ventilada. Tiene por objeto sombrear la totalidad del techo y así evitar ganancia térmica por radiación solar.

2.2.1.3.2. Elementos Verticales

- J) **Partesol** es un elemento vertical saledizo de la fachada que bloquea los rayos solares. Puede estar colocado perpendicular u oblicuo con respecto a la fachada, y también puede ser parte de ella o un elemento separado.
- J) **Persiana vertical** es un dispositivo formado por tablillas verticales que permite el paso de la luz y el aire pero no del sol. Las persianas pueden ser exteriores o interiores y fijas o giratorias en su eje vertical.
- J) **Doble muro** con el espacio interior o cámara de aire ventilada. Tiene por objeto sombrear la totalidad del muro y así evitar la ganancia térmica por radiación solar.

- J) Las **lamas orientables** son otra opción para proteger la vivienda del sol. Al poder regular la inclinación, se pueden colocar las lamas de modo que estas permitan la entrada de luz y al mismo tiempo evitar la entrada de los rayos de sol directos. (Martinez Alonso, 2014)

2.2.1.3.3. Aislamiento y Masa Térmica

Durante el día la masa térmica almacena calor y lo libera durante la noche; en verano esta función se cumple igualmente, pero el calor acumulado es el de la casa de forma que la mantiene fresca. La masa térmica es capaz de equilibrar las diferencias bruscas de temperatura.

Para defender la casa del calor y del frío el aislamiento térmico es básico. Los materiales muy aislantes para los recubrimientos son efectivos, aunque no se debe exagerar su uso para evitar las infiltraciones.

El aislamiento del vidrio o acristalamientos es otro procedimiento necesario: doble vidrio son elementos adicionales que ayudan a preservar la vivienda del calor o del frío.

2.3. Confort

La vivienda modifica el entorno natural exterior, modera el clima y proporciona protección y abrigo, y los proyectistas deben entender como interactúa el clima exterior con la vivienda y el cuerpo humano. El confort es subjetivo y depende de la edad, el sexo, peso, etc. En la práctica se intenta crear condiciones que resulten aceptables para la mayoría de los usuarios.

2.3.1. Confort térmico

El confort térmico puede definirse como una sensación de bienestar en lo que se refiere a la temperatura. Se basa en conseguir el equilibrio entre el calor producido por el cuerpo y su disipación en el ambiente. (Hernández Pezzi, 2007)

El confort que el ser humano percibe en un lugar determinado, en la práctica resulta un fenómeno mucho más complejo de lo que pretenden hacernos creer muchos especialistas. La causa está en que intervienen a la vez parámetros y factores diversos, cosa que normalmente se olvida y que resulta decisiva para este tema. (Serra, 1999)

Tabla 2.11. Factores y parámetros que determinan el confort térmico.

FACTORES	Ambientales Exteriores	Temperatura del aire
		Temperatura radiante
		Humedad del aire
		Velocidad del aire
	Personales	Sexo
		Edad
		Peso
PARÁMETROS	Ambientales Interiores	Temperatura del aire
		Temperatura radiante
		Humedad relativa
		Velocidad del aire
	Personales	Actividad metabólica
		Vestimenta

Fuente: Arquitectura y climas, Un Vitrubio ecológico, Ergonomía 2.

2.3.1.1. Parámetros que determinan el confort térmico

2.3.1.1.1. Parámetros ambientales interiores

) Temperatura del aire (t_a)

La temperatura atmosférica es el indicador de la cantidad de energía calorífica acumulada en el aire. La temperatura del aire se suele medir en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$) y, para ello, se usa un instrumento llamado termómetro.

) **Temperatura radiante (TRM)**

La temperatura radiante tiene en cuenta el calor emitido por radiación de los elementos del entorno.

Se toma con un termómetro de globo, que tiene el depósito de mercurio o bulbo, encerrado en una esfera o globo metálico de color negro, para asemejarlo lo más posible a un cuerpo negro y así absorber la máxima radiación.

Las medidas se pueden tomar bajo el sol o bajo la sombra. En el primer caso se tendrá en cuenta la radiación solar, y se dará una temperatura bastante más elevada.

También sirve para dar una idea de la sensación térmica.

) **Humedad relativa (HR)**

La humedad relativa de una masa de aire es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene y la que tendría si estuviera completamente saturada; así cuanto más se aproxima el valor de la humedad relativa al 100% más húmedo está.

) **Velocidad Relativa del aire (V_{ar})**

Velocidad del aire es uno de los parámetros que se incluye en los cálculos de la sensación térmica. Se expresa en m/s (metro/segundo) y se mide con diversos tipos de anemómetros.

2.3.1.2.2. Parámetros personales

) **Actividad metabólica (M)**

Podemos definir el metabolismo como la suma de las reacciones químicas que se producen en todas las células del organismo para mantener una temperatura corporal de 36.7° y compensar la pérdida de calor hacia el ambiente.

El límite mínimo del metabolismo está determinado por la actividad fisiológica básica para mantenerse vivo, por lo que recibe el nombre de metabolismo basal (M_B). El metabolismo basal varía con la edad, el sexo, el peso y por otras causas de origen psicofisiológico. Mientras el metabolismo de un niño de dos años puede alcanzar los 60W por metro cuadrado de superficie corporal, al cumplir los 25 años estará en 44W por metro cuadrado, y a los 80 años su metabolismo basal habrá descendido a 38W por metro cuadrado de superficie corporal.

La diferenciación entre sexos, a los efectos del microclima, comienza a edad bien temprana, se acentúa partir de los 10 años y las diferencias se mantienen más o menos constantes hasta la vejez. Se puede estimar de una manera muy práctica y suficientemente precisa para trabajos ergonómicos si se considera que el metabolismo basal de las mujeres es aproximadamente de 40,6W/m² y el de los hombres 42,9W/m².

J Vestimenta (I_{clo})

Otro factor muy importante es el vestido que modifica la interrelación entre el organismo y el medio al formar una frontera de transición entre ambos que amortigua o incrementa los efectos del ambiente térmico sobre la persona.

2.3.1.2. Evaluación de la sensación térmica

2.3.1.2.1. Método de Fanger

De los métodos existentes para la valoración del confort térmico, uno de los más completos, prácticos y operativos es el de Fanger, que aparece en su libro Thermal Confort 1973. (Mondelo, Gregori Torada, & Comas Úriz, Ergonomía 2: confort y estrés térmico, 2013)

A partir de la información relativa a la vestimenta, la tasa metabólica, la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la velocidad relativa del aire y la humedad relativa, el método calcula dos índices denominados:

) **Voto medio estimado** (PMV-predicted mean vote) y

) **Porcentaje de personas insatisfechas** (PPD-predicted percentage dissatisfied).

Los desarrollos ofrecidos por Fanger se basan en un muestreo sobre 1300 sujetos, y demuestran que el mejor resultado posible conlleva la insatisfacción del 5% del grupo, es decir, es imposible conseguir unas condiciones ideales en el mismo lugar para la totalidad de las personas. (Soto, 2008)

EL Voto medio estimado es un índice que refleja el valor de los votos emitidos por un grupo de personas respecto de una escala de sensación térmica de 7 niveles (frio, fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente caluroso, caluroso, muy caluroso).

El Voto medio estimado (PMV) predice el valor medio de la sensación térmica. No obstante, los votos individuales se distribuirán alrededor de dicho valor medio, por lo que resulta útil estimar el Porcentaje de personas insatisfechas (PPD) para expresar demasiado frio o calor, es decir aquellas personas que considerarían la sensación térmica provocada por el entorno como desagradable.

El procedimiento de aplicación del método se resume en los siguientes pasos:

1. Recopilación de información, que incluirá:

1.1. El Aislamiento de la ropa.

1.2. La Tasa metabólica.

1.3. Características del ambiente, definida por:

) La Temperatura del aire.

-) La Temperatura radiante.
 -) La Humedad relativa.
 -) La Velocidad relativa del aire.
2. Cálculo del Voto medio estimado (PMV).
 3. Obtención de la sensación térmica global a partir del Voto medio estimado, según la escala de 7 niveles definida por Fanger.
 4. Cálculo de Porcentaje estimado de insatisfechos (PPD) a partir del valor del PMV.
 5. Análisis de resultados: (estos puntos se proponen como complemento a la aplicación del método propiamente dicho).
 -) Valoración de la situación (satisfactoria o no adecuada) en función del valor del PMV y del PPD.
 -) Análisis del balance térmico correspondiente a las condiciones evaluadas.

Consideraciones previas a la aplicación del método

Según las recomendaciones de la norma ISO 7730 "Ergonomía del ambiente térmico", el índice del Voto medio estimado (PMV) sólo debería utilizarse para evaluar ambientes térmicos en los que las variables implicadas en el cálculo permanecieran comprendidas dentro de los siguientes intervalos, (que equivalen a ambientes térmicos entre frescos (-2) y calurosos (2)):

- Tasa metabólica comprendida entre 46 y 232 W/m² (0,8 met. a 4 met).
- Aislamiento de la ropa entre 0 y 0,31 m² K/W (0 clo. y 2 clo).
- Temperatura del aire entre 10 °C y 30 °C.
- Temperatura radiante media entre 10 °C y 40 °C.
- Velocidad del aire entre 0m/s y 1 m/s.

- Humedad relativa entre 0 y 2700 Pa.

2.3.1.2.2. Procedimiento de aplicación del Método de Fanger

1. Recopilación de datos necesarios para el cálculo:

El método comienza con la recogida de datos necesarios para los cálculos posteriores:

1.1. El Aislamiento de la ropa:

El valor del aislamiento térmico proporcionado por la ropa puede estimarse mediante la consulta de tablas. Estas tablas permiten el cálculo a partir de combinaciones habituales de ropa o bien mediante la selección personalizada de las prendas.

Las unidades para medir el aislamiento térmico de la ropa son el clo. y los metros cuadrados kelvin por vatio (m^2K/W).

La siguiente tabla nos orientara sobre el rango de valores que se puede tomar para la variable de aislamiento térmico de la ropa:

Tabla 2.12. Valoración de vestimenta según la ISO 7730 – 1984

TIPO DE ROPA	clo	m^2K/W
Desnudo	0	0
Ropa ligera		
En pantalones cortos	0,1	0,016
Camisa abierta con mangas cortas, pantalones cortos, calcetines finos y sandalias.	0,3	0,047
Camisa ligera de mangas cortas, pantalones largos, calcetines finos y zapatos.	0,5	0,078
Ropa media		
Camiseta, camisa con mangas largas, pantalones de vestir, calcetines y zapatos	0,8	0,124
Camiseta, camisa manga larga, pantalones, calcetines de lana y zapatos	1,0	0,155
Ropa pesada		
Camiseta y camisa de manga larga, chaleco, corbata, pantalones de lana, calcetines de lana y zapatos.	1,5	0,233

Fuente: Ergonomía 4: el trabajo en oficinas

Para la obtención del Voto Medio Estimado se requiere el valor del Aislamiento de la ropa medido en m^2K/W , si se dispone de la medida en unidades clo. se aplicará la siguiente conversión: 1 clo. = 0,155 m^2K/W .

1.2. La Tasa metabólica:

La tasa metabólica mide el gasto energético muscular que experimenta la persona cuando desarrolla una tarea, gran parte de dicha energía es transformada directamente en calor. Aproximadamente sólo el 25% de la energía es aprovechada en realizar el trabajo, el resto se convierte en calor, circunstancia observada por Fanger e incluida en su análisis del confort térmico.

El valor de la tasa metabólica puede estimarse mediante la aplicación de los siguientes métodos, clasificados en 4 niveles según su precisión:

Tabla 2.13. Métodos principales de estimación del metabolismo

NIVEL	MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DEL METABOLISMO
Nivel 1 Tanteo	Estimación de la tasa metabólica en función la profesión . (ISO 8996)
	Estimación de la tasa metabólica en función del tipo de actividad . (ISO 8996 - ISO 7730)
Nivel 2 Observación	Estimación de la tasa metabólica a partir de los componentes de la actividad (ISO 8996, INSHT- NTP 323)
	Estimación de la tasa metabólica por actividad-tipo (ISO 8996, INSHT- NTP 323).
Nivel 3 Análisis	Estimación de la tasa metabólica en función del ritmo cardiaco bajo condiciones determinadas ISO 8996.
Nivel 4 Actuación Experta	Medida del consumo de oxígeno.
	Método del agua doblemente marcada
	Calorimetría directa.

Fuente: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php>

El método que emplearemos para obtener los valores metabólicos es el nivel 1 - Tanteo que se refiere a la estimación de la tasa metabólica en función del tipo de actividad, para

ello utilizaremos la siguiente tabla que muestra los valores de la tasa metabólica en función de la actividad desarrollada.

Tabla 2.14. Valores metabólicos por tipo de actividad desarrollada

TIPO DE ACTIVIDAD		W/m2	Met.
Nivel sedentario	Dormir	40	0.7
	Estar tumbado	46	0.8
	Leer, sentado	55	0.9
	Estar sentado quieto	58	1.0
	Escribir	60	1.0
	Escribir a maquina	65	1.1
	Estar de pie, relajado	70	1.2
Nivel medio	Cocinar	95 - 115	1.6 - 2.0
	Afeitarse, lavarse, vestirse	100	1.7
	De pie, trabajo domestico	116	2.0
Nivel alto	Bailando	140 - 255	2.4 - 4.4
	De pie lavando platos	145	2.5
	Rastrillando hojas de césped	170	2.9
	Lavando y planchando a mano	170	2.9
	Ejercicio	175 - 235	3.0 - 4.0

Fuente: Un Vitrubio ecológico - <http://editorial.cda.ulpgc.es/ftp/icaro/Anexos/2-%20CALOR/1Comodidad/C.6.1%20La%20Comodidad%20Termica-INNOVA.pdf>

Para el cálculo del Voto Medio Estimado la variable Tasa metabólica deberá estar medida en W/m², si se dispone de la medida en unidades met. Se aplicará la siguiente conversión: (1 met. = 58.15W/m²)

1.3. Características del ambiente

Para finalizar con la recopilación de datos se registrarán las características del ambiente mediante la medición o cálculo de las siguientes variables:

-) La Temperatura del aire medida en grados Celsius. Si se dispone de la medida en Kelvin se aplicará la siguiente conversión: $T(^{\circ}\text{C}) = (T(\text{K}) - 273)$

-) La Temperatura radiante media que se corresponde con el intercambio de calor por radiación entre el cuerpo y las superficies que lo rodean. Dicha variable deberá indicarse en grados Celsius, si se dispone de la medida en Kelvin se aplicará la siguiente conversión: $T (^{\circ}\text{C}) = (T (\text{K}) - 273)$.

La temperatura radiante media se puede calcular a partir de los valores medidos de la temperatura seca, la temperatura de globo y la velocidad relativa del aire mediante la siguiente ecuación:

$$T_{ra} \text{ (}^{\circ}\text{C)} = T_{dg} \text{ (}^{\circ}\text{C)} + 1.9 \sqrt{\text{velocidad del aire (m/s)} [T_{ra} \text{ (}^{\circ}\text{C)} - T_{ds} \text{ (}^{\circ}\text{C)}]}$$

Donde:

T^a radiante media = Temperatura radiante media

T^a de globo = Temperatura de Globo

T^a seca = Temperatura seca

-) La Humedad relativa medida en porcentaje o la Presión parcial del vapor de agua medida en Pa. El método permite realizar los cálculos en función de ambas variables siendo éstas excluyentes.
-) La Velocidad relativa del aire medida en m/s.

2. Cálculo del Voto medio estimado (PMV).

Una vez finalizada la fase de recogida de información se procederá al cálculo del Voto Medio Estimado (PMV) mediante alguno de los siguientes procedimientos:

- Mediante la resolución de la "ecuación de confort" propuesta por Fanger.
- Consultando tablas normalizadas (ISO 7730).

El cálculo del Voto medio estimado (PMV) que se utilizara en la evaluación térmica de las viviendas en estudio, es mediante la ecuación del confort definida por Fanger que relaciona entre sí las variables recopiladas hasta el momento: aislamiento de la ropa, tasa metabólica y características del ambiente. (Universidad Politécnica de Valencia, 2006-2015)

Voto medio estimado	Valor
PMV	$t_s \cdot (M - W - E_d - E - E_{res} - C_{res} - R - C)$

Donde:

Variables que intervienen en el balance térmico

Var.	Descripción	Valor	Unidad
t_s	Coef. de transferencia de sensación térmica	$0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028$	m^2/W
W	Energía metabólica producida por el organismo	W	W/m^2
M	Trabajo mecánico externo	M	W/m^2
E_d	Pérdida de calor por difusión de agua por la piel	$3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W) - p_a]$	W/m^2
E	Pérdida de calor por evaporación del sudor	$0,42 \cdot [(M - W) - 58,15]$	W/m^2
E_{res}	Pérdida de calor latente por respiración	$1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a)$	W/m^2
C_{res}	Pérdida de calor sensible por respiración	$0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a)$	W/m^2
R	Pérdida de calor por radiación	$3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{clo} \cdot [(t_{clo} + 273)^4 - (TRM + 273)^4]$	W/m^2
C	Pérdida de calor por convección	$f_{clo} \cdot h_c \cdot (t_{clo} - t_a)$	W/m^2

Si trasladamos el desarrollo de todos estos parámetros a la ecuación inicial, obtenemos:

Voto medio estimado	Valor (---)
PMV	$(0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028) \cdot \{(M-W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M-W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M-W) - 58,15] - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{clo} \cdot [(t_{clo} + 273)^4 - (TRM + 273)^4] - f_{clo} \cdot h_c \cdot (t_{clo} - t_a)\}$

Siendo:

Variables que intervienen en la ecuación de Fanger

Var.	Descripción	Unidad
PMV	índice de valoración medio o voto medio estimado	
M	producción de energía metabólica	W/m ²
W	trabajo externo, nulo en la mayoría de los casos	W/m ²
I_{clo}	resistencia térmica de la ropa	clo
f_{clo}	relación entre el área del cuerpo vestido y el área del cuerpo desnudo	%
t_a	temperatura del aire	°C
TRM	temperatura radiante media	°C
v_{ar}	velocidad relativa del aire (relativa al cuerpo humano)	m/s
	$V_{ar} = V_a + 0.0052(M - 58)$	
p_a	presión parcial del vapor de agua o humedad relativa %	Pa
h_c	coeficiente de convección	W/(m ² K)
t_{clo}	temperatura superficial de la ropa	°C

Veamos el sistema de obtención de alguno de estos parámetros:

Temperatura superficial de la ropa	Valor (°C)
t_{clo}	$35,7 - 0,028 \cdot (M - W) - 0,155 I_{clo} \cdot [3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{clo} \cdot \{(t_{clo} + 273)^4 - (TRM + 273)^4\} + f_{clo} \cdot h_c \cdot (t_{clo} - t_a)]$

Coef. de convección	Valor (W/m ² K)	Condición
h_c	$2,38 \cdot (t_{clo} - t_a)^{0,25}$	si: $2,38 \cdot (t_{clo} - t_a)^{0,25} > 12,1 \cdot v_{ar}^{0,5}$
	$12,1 \cdot v_{ar}^{0,5}$	si: $2,38 \cdot (t_{clo} - t_a)^{0,25} < 12,1 \cdot v_{ar}^{0,5}$

Factor de vestimenta	Valor (%)	Condición
f_{clo}	$1,00 + 1,290 \cdot I_{clo}$	si: $I_{clo} < 0,5 \text{ clo}$
	$1,05 + 0,645 \cdot I_{clo}$	si: $I_{clo} > 0,5 \text{ clo}$

3. Obtención de la sensación térmica global a partir del Voto medio estimado, según la escala de 7 niveles definida por Fanger.

Seguidamente, el valor obtenido para el Voto medio estimado (PMV) se comparará con la siguiente escala de sensación térmica organizada en siete niveles, con el fin de determinar la sensación térmica global percibida por la mayoría de los trabajadores correspondiente a las condiciones evaluadas.

Tabla 2.15. Escala de sensación térmica en función del valor del Voto medio estimado

ESCALA DE SENSACIÓN TÉRMICA

PMV	Sensación
+3	Muy caluroso
+2	Caluroso
+1	Ligeramente caluroso
0	Confort (neutro)
-1	Ligeramente frío
-2	Frió
-3	Muy frío

Fuente: http://tecnosostenibilidad.org/index.php?option=com_content&task=view&id=424&Itemid=5

4. Cálculo de Porcentaje estimado de insatisfechos (PPD) a partir del valor del PMV.

El método completa su análisis con la estimación del Porcentaje de personas insatisfechas (PPD) a partir del Voto medio estimado (PMV). Dicho índice analiza aquellos votos dispersos alrededor del valor medio obtenido, y representa a las personas que considerarían la sensación térmica como desagradable, demasiado fría o calurosa.

La siguiente fórmula representa el cálculo del Porcentaje de personas insatisfechas (PPD):

Porcentaje estimado de insatisfechos	Valor (%)
PPD	$100 - 95 \cdot e^{-(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2)}$

5. Análisis de resultados: (estos puntos se proponen como complemento a la aplicación del método propiamente dicho).

Voto medio estimado (PMV):

Si el valor del Voto medio estimado (PMV) pertenece al rango de valores comprendidos entre -0,5 y 0,5, reflejará una situación térmica satisfactoria, confortable para la mayoría de las personas.

Se recomienda la utilización del índice del Voto medio estimado (PMV) para el estudio de condiciones térmicas cuyo resultado esté comprendido entre -2 (ambiente fresco) y +2 (ambiente caluroso).

Los valores del Voto medio estimado (PMV) cercanos a 0 indican condiciones en las que la sensación térmica se considera neutra, lo que equivale a afirmar que existe confort térmico.

Porcentaje de personas insatisfechas (PPD):

Valores del Porcentaje de personas insatisfechas (PPD) de hasta 10% reflejarán una situación satisfactoria para la mayoría de las personas (90% satisfechos), mientras que valores superiores indicarán una situación de inconfort térmico. Dicho valor se corresponde con los límites -0,5 y 0,5 indicados para el PMV.

El mejor valor del Porcentaje de personas insatisfechas (PPD) que se puede obtener es de un 5%, correspondiente a una situación de neutralidad térmica, o lo que es lo mismo, con un valor cero del Voto medio estimado (PMV). (Universidad Politécnica de Valencia, 2006-2015)

Cuadro de unidades de medida

Descripción	Unidad
Índice de indumento	clo.
Metro cuadrado por kelvin sobre vatio	m^2K/W
Cantidad de calor emitida por una persona por metro cuadrado de piel	met.
Vatio sobre metro cuadrado	W/m^2
Metro cuadrado sobre vatio	m^2/W
Grados centígrados	$^{\circ}C$
Vatio sobre metro cuadrado por kelvin	$W/(m^2K)$
Metro sobre segundo	m/s
Pascal: presión que ejerce la fuerza de 1 newton sobre 1 metro cuadrado	Pa

2.4. Proyecto referente de arquitectura solar pasiva

2.4.1. Referente internacional

Casa tempero, sistemas bioclimáticos pasivos en viviendas sociales

Tabla 2.16. Datos técnicos – Casa tempero, sistemas bioclimáticos pasivos en viviendas sociales

Datos técnicos

Área: 62 m² útiles / 93 m² interior + exterior

Año del Proyecto: 2014

Ubicación: Parque O'Higgins, Santiago de Chile

Docentes guías:

Juan Baixas, Sebastian Sauma, Gonzalo Escobar

Estudiantes:

Javier Abarca, Daniela Ahumada, Fernanda Cifuentes, Javiera Díaz, Dan Husid, Joaquín Larrain, Camila Mercado, Camilo Meneses, Riccardo Miccoli, Mari Melendez, Daniela Poblete.

Constructor Civil:

Francisco Prado

Agrónomo:

Sebastián Sunnah V.

Asesores Energéticos:

Waldo Bustamante, Felipe Encinas

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/761370/construye-solar-casa-tempero-sistemas-bioclimaticos-pasivos-en-viviendas-sociales>

La casa tempero fue tomada como referente por la similitud con el presente trabajo de fin de carrera, está incorpora sistemas bioclimáticos pasivos en su diseño, permitiendo conseguir un alto grado de confort.

Ilustración 2.19. Casa tempero, sistemas bioclimáticos pasivos en viviendas sociales



Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/761370/construye-solar-casa-tempero-sistemas-bioclimaticos-pasivos-en-viviendas-sociales>

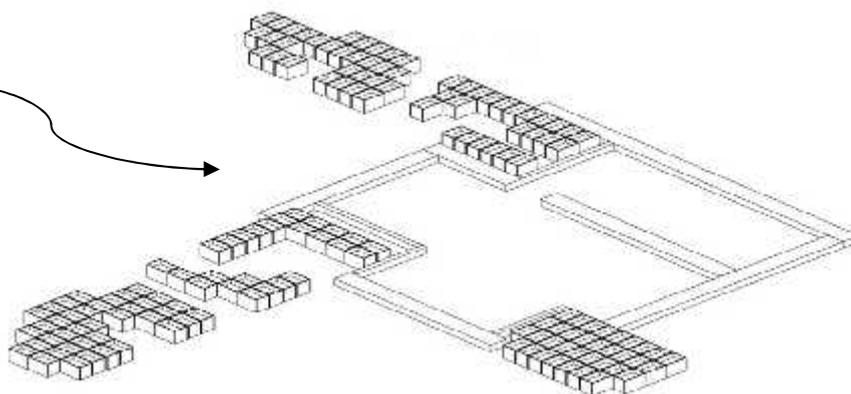
A continuación se mencionara algunas particularidades importantes del proyecto:

Tres patios

El proyecto se organiza en torno a tres patios. De este modo permite el control de temperatura de forma ecológica, además de generar recursos como cultivos propios para la vivienda.

Jardineras:

La vegetación de las jardineras permite enfriar el interior de la casa a través de la evapotranspiración, además de proveer a sus ocupantes con comida fresca.



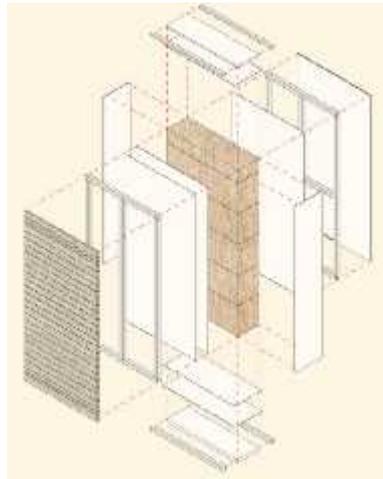
Envolvente

En cuanto a la envolvente, se desarrolla un panel modulado de paja y madera de bajo costo, prefabricable, de fácil armado, transporte y con una baja energía incorporada.

Aislación

El espesor y calidad de los muros permite una óptima aislación térmica interior-exterior, a lo cual se suma la aislación del suelo y del cielo y el uso de ventanas de PVC o madera con termo-paneles y cortinas térmicas. Todo esto más el uso de una estructura de madera, genera una caja perfectamente aislada y sin puentes térmicos.

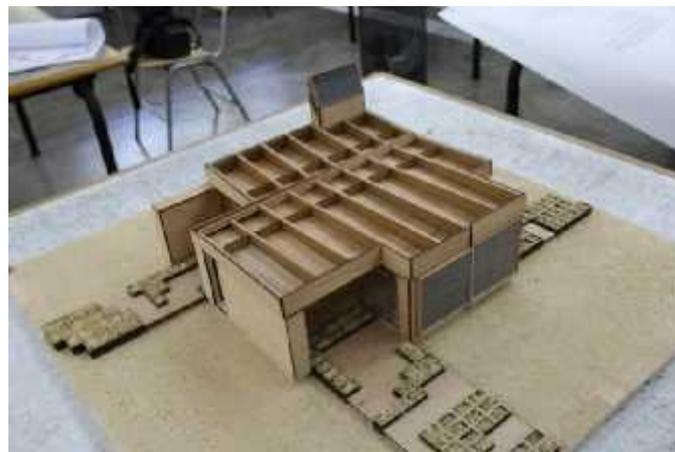
Aislación acústica y térmica eficiente con bajo impacto ambiental, de rápido montaje y bajo costo: **PANEL PAJA**



Ventilación

El techo siendo la superficie que más capta calor en verano, considera una cámara que permite la ventilación cruzada sobre la aislación.

Ilustración.2.20. Casa tempero, sistemas bioclimáticos pasivos en viviendas sociales



Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/761370/construye-solar-casa-tempero-sistemas-bioclimaticos-pasivos-en-viviendas-sociales/54cbd045e58ece5c5e000366>

También los muros consideran una cámara exterior de ventilación para evitar el sobrecalentamiento y la humedad. Por último, el interior de la vivienda considera una ventilación cruzada controlada, apoyada por una chimenea solar la cual permite, en verano, ingresar aire fresco desde los patios verdes.

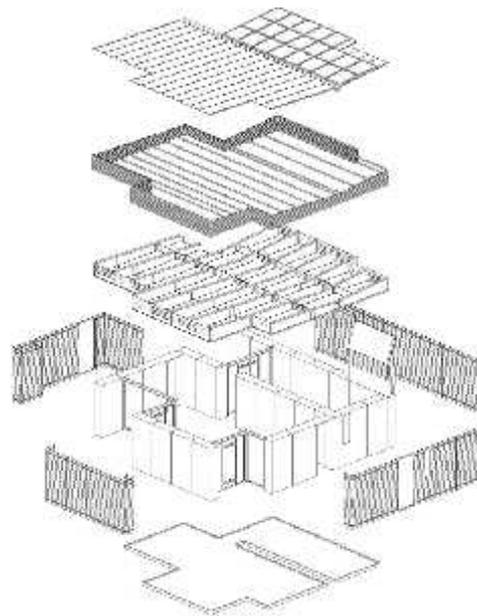
Cubierta:

Vigas de madera que entre ellas conforman un espacio ventilado que evita el sobrecalentamiento del techo, superficie con mayor exposición al sol.

Muros:

Paneles gruesos evitan el ingreso del calor en verano y el frío en invierno, con alta resistencia acústica.

Cuentan con una cámara ventilada que ayuda a evacuar la humedad superficial del panel y otorga sombra a su cara expuesta.

**Acumulación**

Todo el piso de la casa considera una masa térmica de bloques de hormigón de 7 cm. de espesor, aislados del suelo y capaces de acumular calor para regularizar el ciclo día-noche, evitando en lo posible el uso de sistemas activos.

Sol-Sombra

Por medio de aleros, quiebra soles y vegetación, se regula la entrada de sol al interior de la casa, evitándola en verano y permitiéndola en invierno. En el proyecto se han considerado 2 sistemas activos de captación de energía solar: Paneles fotovoltaicos para generar energía eléctrica y colectores para calentar agua, siendo pivotantes para adaptarse a los ángulos solares de cada estación. (Valencia, 2015).

- **Conclusión:** Este referente está basado en tres componentes fundamentales que son cubierta, muros y vegetación. La cubierta ventilada que evita el sobrecalentamiento de la vivienda, los muros aislados con paneles de paja que ayudan a evacuar la humedad y conservar el calor y la vegetación que enfría la vivienda. Estos tres componentes son consideraciones importantes en el diseño solar pasivo que se

tomaran en cuenta al momento de plantear las estrategias de diseño solar pasivo del presente TFC.

2.4.2. Referente nacional

Vivienda bioclimática

Tabla 2.17. Datos técnicos – Vivienda bioclimática

Datos Técnicos

Autores

Arq. Douglas Dreher
Arq. **Jackeline Fabre**

Ubicación

Urbanización Lomas del Bosque, vía autopista
Guayaquil - Salinas

Fecha del proyecto

Diciembre del 2005

Asesoría metalmecánica

Ing. Mecánico Carlos Ordóñez

Diseño Estructural

Ing. Ricardo Armijos

Diseño Sanitario

Ing. Fernando Gonzáles

Diseño Eléctrico

Ing. Víctor Ramírez

Fuente: http://www.douglasdreher.com/proyectos/vivienda_bioclimatica.asp#14

La vivienda se encuentra ubicada al suroeste de la ciudad de Guayaquil, en dirección a la península de Santa Elena, fuera de los límites urbanos de la ciudad. El terreno está inserto en las colinas de la cordillera Chongón Colonche, teniendo como paisaje una topografía ondulante y el bosque seco.

Se ha priorizado el uso de materiales de la zona como la piedra caliza, utilizada en muros de contención y revestimientos, o los bloques de arcilla cocida de las

mamposterías. En el caso de la madera, ésta proviene de bosques de explotación sostenible de la región andina.

Características bioclimáticas

El Ecuador se encuentra en el centro de las inclinaciones del sol (23° 27') y por esto es la parte de la tierra que conserva más calor durante todo el año (un rayo de sol que incide más inclinado sobre una superficie produce menos calor) por lo tanto los cambios de temperatura no son bruscos, no obstante, su proximidad al Océano Pacífico hace que las corrientes de Humboldt (fría) y de El Niño (cálida) marquen dos periodos climáticos bien diferenciados. Uno lluvioso y húmedo, con calor típico del trópico, que se extiende diciembre a abril y el otro seco y un poco más fresco, que va desde mayo a diciembre. Entre ambos periodos la temperatura promedio oscila entre los 20°C y 27°C.

La vivienda tiene su lado más largo orientado en sentido oeste – este, siendo las fachadas con menor cantidad de vanos las de mayor incidencia solar, para contrarrestar esto, se propone un masa arbórea a todo lo largo de ambos linderos del terreno. Las fachadas principales orientadas hacia el sur y norte, están perforadas en un 60% aproximadamente por vanos, que permiten el ingreso de abundante luz natural a todos ambientes interiores durante las horas de luz solar.

Las ventanas son de vidrio con capa de filtro solar que aísla la radiación al interior de la vivienda y adicionalmente se han diseñado protectores solares a manera de celosías fijas de madera ubicados en los sitios de mayor exposición, los cuales tamizan el 80% de la radiación hacia el interior.

Los vientos que predominantemente van en dirección suroeste – noreste, ingresan y salen por toda la vivienda con una ventilación cruzada, lográndose que el 100% de la superficie de ésta tenga ventilación natural.

Con la finalidad de conseguir los mejores niveles de confort de temperatura los ambientes están provistos de buena altura y adicionalmente las cubiertas se diseñaron con desniveles cuyo propósito es el de crear vanos que permitan la salida del aire caliente acumulado en el interior a través de celosías de vidrio ajustables. La sala y comedor son volúmenes de cristal con solo un 20% de paredes de mampostería, la mayor superficie está ocupada por ventanas que permiten el ingreso del viento, y la salida del aire caliente por las ventanas altas ubicadas en todo el perímetro.

Los paneles de las cubiertas son de un acero base recubierto de una aleación de aluminio y zinc, lo cual permite una inmejorable resistencia al tiempo y a todo tipo de condiciones. El panel tiene la ventaja de reflejar hacia el exterior un 85% de la incidencia de sol, lo que permite que la temperatura bajo la parte inferior del panel disminuya aproximadamente 8 a 10 grados centígrados. (Dreher, 2005)

Ilustración.2.21. Vivienda bioclimática



Fuente: http://www.douglasdreher.com/proyectos/vivienda_bioclimatica.asp#1

Medidas ecológicas tomadas para la vivienda

-) Riego de jardines captación de agua de pozo
-) Porcentaje aproximado de superficie útil que necesita luz artificial durante el día
0%

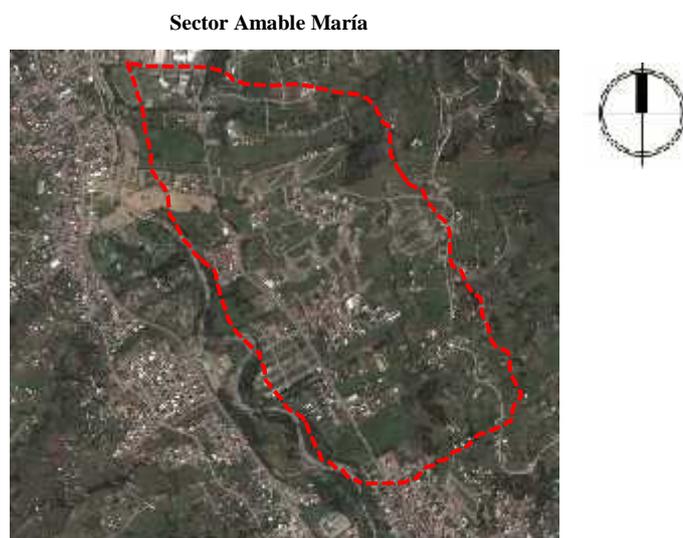
-) Porcentaje aproximado de superficie construida ventilada de forma natural 100 %
-) Sistemas de control solar quiébrasoles, aleros.
- **Conclusión:** Después de realizar un breve análisis podemos determinar que si bien no es un referente que se ajusta a nuestro clima, podemos observar el uso de sistemas pasivos y su funcionamiento; tales como dimensionamiento y orientación de vanos, ventilación y las protecciones solares que se emplean.

CAPITULO 3: ANÁLISIS DEL SITIO Y ENTORNO

3.1. Ubicación

El sector Amable María ha sido elegido de forma discrecional, tomando en cuenta que la temperatura se encuentra a $+1^{\circ}$ de la temperatura de la ciudad; se encuentra ubicado en el norte de la ciudad de Loja en la Parroquia El Valle, limitado al Norte y Este con el área rural, al Sur con el sector La Paz y al Oeste con los sectores Motupe, La Banda y Saucos Norte. El área del sector es de 3043808.29 m^2 .

Ilustración 3.22. Ubicación del terreno



Fuente: Sigierras

3.2. Análisis físico natural

3.2.1. Topografía

La pendiente del sector es media va del 12% al 35% Tiene una altitud de 2034 m, latitud de $3^{\circ} 57' 45.057'' \text{ S}$ y una longitud de $79^{\circ} 12' 32.635'' \text{ W}$.

3.2.3. Climatología

Para el análisis climático del área del proyecto se recopiló y sistematizó la información meteorológica existente en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI por un periodo de 80 años.

El clima en el sector Amable María es Templado húmedo con lluvias todo el año (Cf). Los meses de menor temperatura fluctúan entre junio y agosto con temperaturas desde 13.8°C a 16.9 °C siendo julio el mes más frío con una temperatura mínima de 13.8°C y máxima de 16.6 °C. De septiembre a diciembre se presentan las temperaturas más altas que van desde los 17.6°C hasta los 19.8°C.

El brillo solar tiene un mayor porcentaje en los últimos cuatro meses del año con un mínimo del 24% y máximo del 60 %.

El primer semestre del año presentan el mayor porcentaje de humedad que van desde el 67% al 84%.

3.2.3.1. Cálculo de la temperatura confort

Este cálculo nos permitirá fijar los requerimientos de calentamiento, enfriamiento o de bienestar para la ciudad de Loja. Para el cálculo se emplearán los datos de la temperatura expuestos en la Tabla 1.1.

Aplicaremos la fórmula propuesta por Humphreys & Nicol (2000), que determinan la temperatura de confort, para viviendas en modo pasivo:

$$T_c = 12.9 + (0.54 * T_{prom})$$

Dónde:

T_c = Temperatura de confort

T_{prom} = Temperatura promedio exterior

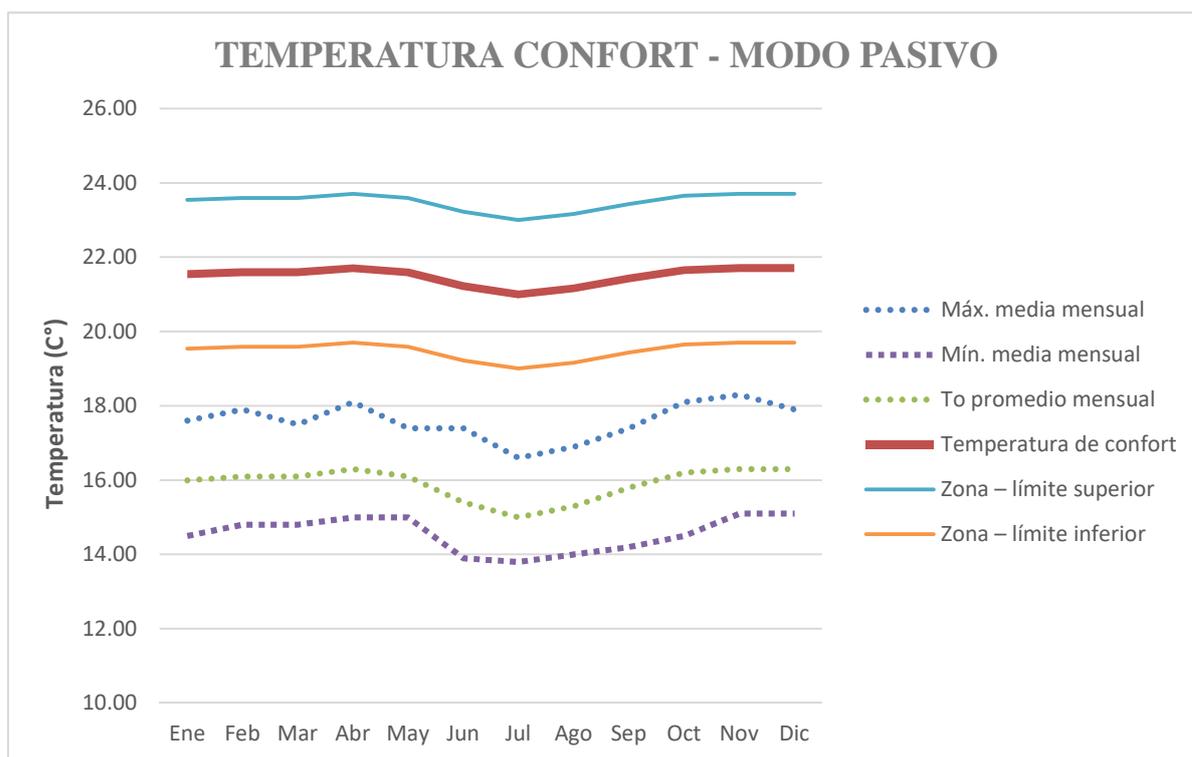
Una vez definida la zona de confort, se calculara la zona límite superior e inferior, considerando un rango de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ respecto a las temperaturas de confort.

Tabla 3.18. Temperatura confort (zona límite superior e inferior) para viviendas de modo pasivo

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máx. media mensual	17.6	17.9	17.5	18.1	17.4	17.4	16.6	16.9	17.4	18.1	18.3	17.9
Mín. media mensual	14.5	14.8	14.8	15.0	15.0	13.9	13.8	14.0	14.2	14.5	15.1	15.1
T_o promedio mensual	16.0	16.1	16.1	16.3	16.1	15.4	15.0	15.3	15.8	16.2	16.3	16.3
Temperatura de confort	21.54	21.59	21.59	21.7	21.59	21.22	21.0	21.16	21.43	21.65	21.7	21.7
Zona – límite superior	23.54	23.59	23.59	23.7	23.59	23.22	23.0	23.16	23.43	23.65	23.7	23.7
Zona – límite inferior	19.54	19.59	19.59	19.7	19.59	19.22	19.0	19.16	19.43	19.65	19.7	19.7

Fuente: La autora

Gráfico 3.16. Temperatura confort (zona límite superior e inferior)



Fuente: La autora

En el gráfico (3.16.) observamos que la temperatura máxima y mínima media mensual de la ciudad de Loja se ubica por debajo de la zona de confort lo que determina la necesidad de calentamiento en las viviendas, basándonos en el diagrama psicrométrico

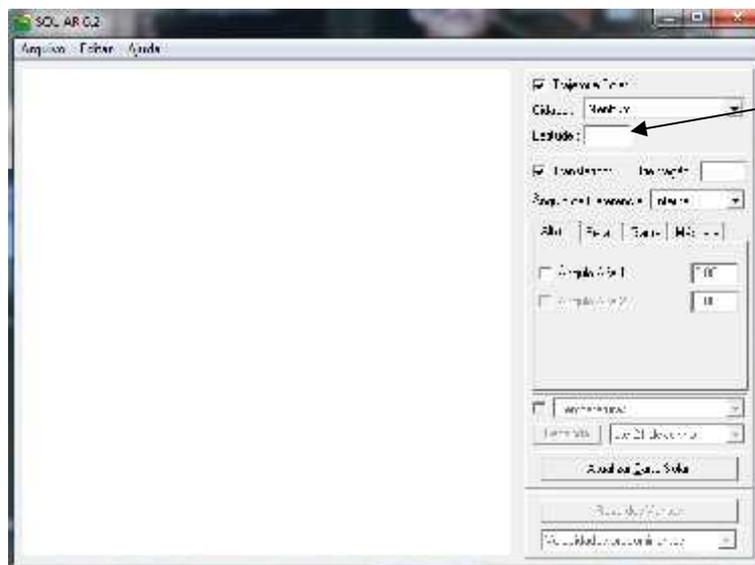
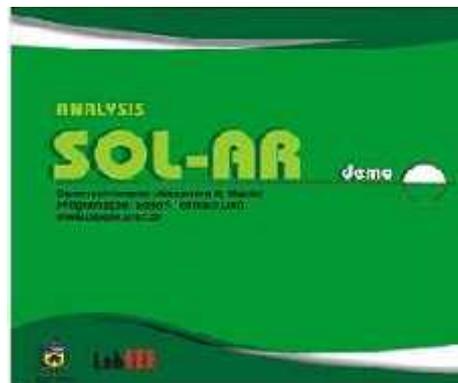
general podemos determinar que es conveniente el uso de sistemas solares pasivos ya que la temperatura mínima está por encima de los 10°C.

Sistemas solares activos < 10°C < Sistemas solares pasivos

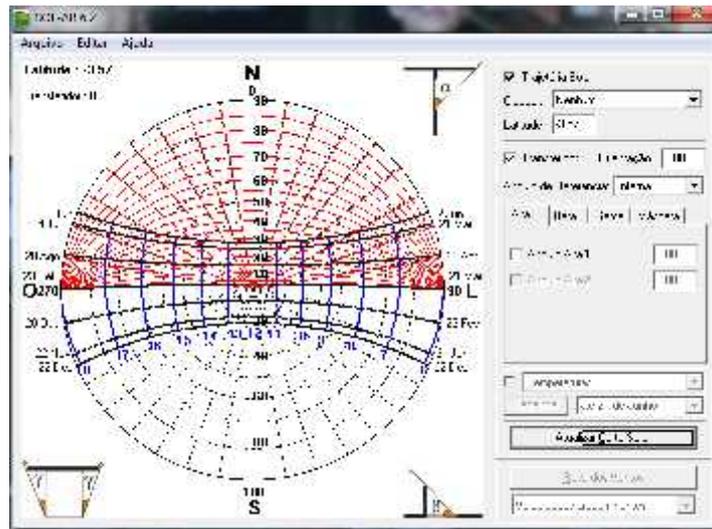
3.2.3.2. Soleamiento y vientos dominantes

Los vientos predominantes son Norte y Noreste.

Para prescribir el soleamiento se utilizara el software SOL-AR, que es un programa de gráficos que permite obtener la carta solar, a través de la latitud del sector.

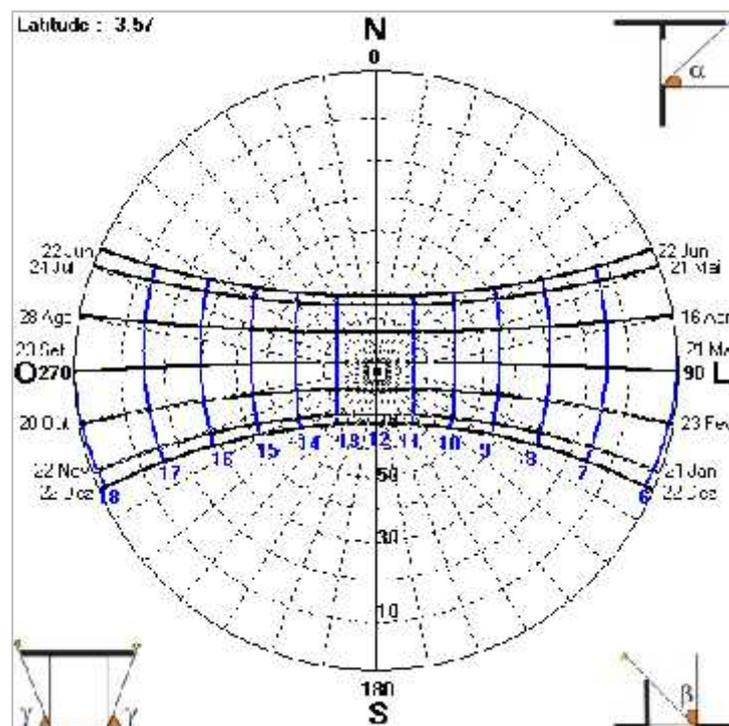


Latitud



La carta solar del sitio nos indica la trayectoria solar durante todo el año las fechas más relevantes son:

-) Solsticio de verano 22 de diciembre (trópico de capricornio)
-) Solsticio de invierno 22 de junio (trópico de cáncer)
-) Equinoccio de otoño 21 de marzo
-) Equinoccio de primavera 23 de septiembre



A continuación se presentan las tablas que contienen la elevación y azimut de las fechas

más relevantes antes mencionadas:

Fecha:	Solsticio de verano 22 de diciembre	
Coordenadas:	-3° 57' 45.057" 79° 12' 32.635"	
Ubicación:	Salvador Bustamante Celi, Ecuador	
Hora	Elevación	Azimut
6:04:58	-0.833	113.56
7:00:00	11.77	113.13
8:00:00	25.49	114.12
9:00:00	39.00	117.18
10:00:00	51.93	123.92
11:00:00	63.31	138.56
12:00:00	70.17	169.38
13:00:00	67.78	207.81
14:00:00	58.17	229.89
15:00:00	45.85	239.94
16:00:00	32.57	244.61
17:00:00	18.93	246.57
18:00:00	5.18	246.8
18:26:18	-0.833	246.44

Fecha:	Solsticio de invierno 22 de junio	
Coordenadas:	-3° 57' 45.057" 79° 12' 32.635"	
Ubicación:	Salvador Bustamante Celi, Ecuador	
Hora	Elevación	Azimut
6:22:08	-0.833	66.57
7:00:00	7.8	65.68
8:00:00	21.3	62.95
9:00:00	34.34	57.99
10:00:00	46.45	49.36
11:00:00	56.52	34.18
12:00:00	62.22	9.37
13:00:00	60.84	340.41
14:00:00	53.17	319.23
15:00:00	42.16	306.89
16:00:00	29.62	299.86
17:00:00	16.37	295.83
18:00:00	2.78	293.73
18:15:47	-0.833	293.43

Fecha:	Equinoccio de otoño 21 de marzo	
Coordenadas:	-3° 57' 45.057" 79° 12' 32.635"	
Ubicación:	Salvador Bustamante Celi, Ecuador	
Hora	Elevación	Azimut
6:20:44	-0.833	89.64
7:00:00	8.96	88.94
8:00:00	23.92	87.76
9:00:00	38.86	86.21
10:00:00	53.77	83.77
11:00:00	68.57	78.47
12:00:00	82.54	53.32
13:00:00	79.93	296.25
14:00:00	65.57	280.1
15:00:00	50.73	275.75
16:00:00	35.81	273.57
17:00:00	20.86	272.15
18:00:00	5.9	271.02
18:27:00	-0.833	270.56

Fecha:	Equinoccio de primavera 23 de septiembre	
Coordenadas:	-3° 57' 45.057" 79° 12' 32.635"	
Ubicación:	Salvador Bustamante Celi, Ecuador	
Hora	Elevación	Azimut
6:05:44	-0.833	90.31
7:00:00	12.7	89.38
8:00:00	27.67	88.23
9:00:00	42.62	86.75
10:00:00	57.55	84.33
11:00:00	72.36	78.52
12:00:00	85.73	32.12
13:00:00	76.78	285.5
14:00:00	62.06	276.69
15:00:00	47.15	273.7
16:00:00	32.2	272.02
17:00:00	17.24	270.79
18:00:00	2.27	269.72
18:12:27	-0.833	269.5

3.3. Análisis del confort térmico de una muestra de viviendas

3.3.1. Planeamiento del método de análisis y muestreo

El método de análisis que se empleara para la valoración del confort térmico en las viviendas, es el método de Fanger, este calcula dos índices denominados **Voto medio estimado** (PMV - predicted mean vote) y el **Porcentaje de personas insatisfechas** (PPD – predicted percentage dissatisfied).

Este método ha sido recogido por la norma ISO 7730, el mismo que se encuentra en los criterios de diseño arquitectónico de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 13. Eficiencia energética en la construcción en el Ecuador.

La recopilación de los datos para el desarrollo de los cálculos del PMV Y PPD, será mediante fichas; los datos se tomaran en diferentes horas del día 23 de septiembre durante el equinoccio de primavera dentro de los siguientes periodos de tiempo:

) 9:30 - 10:30 am.

) 2:30 - 3:30 pm.

) 6:30 - 7:30 pm.

Para la selección de las viviendas se utilizará el muestreo discrecional, es decir a criterio del investigador las viviendas serán elegidas sobre lo que se cree que pueden aportar al estudio; en este caso las viviendas serán seleccionadas por la materialidad de cubiertas, paredes y pisos.

La herramienta que se empleara para el cálculo del PMV y el PPD, es una calculadora de sensación térmica tomada de la página S. LOW. ENERGY (www.tecnosostenibilidad.org); que es una asociación sin fines de lucro, creada para el fomento de la cultura energética.



Calculadora de Sensación Térmica v1.5 UNE EN ISO 7730	
Aislamiento térmico de la ropa	1.2 [clo]
Producción de energía metabólica	1.2 [met]
Temperatura del aire	26 [°C]
Temperatura media de radiación	26 [°C]
Velocidad absoluta del aire	0.19 [m/s]
Humedad relativa	60 [%]
<input type="button" value="calcular"/>	
Valor medio estimado PMV	0.02 []
% estimado de insatisfechos PPD	5.108 [%]
Velocidad relativa del aire	0.25 [m/s]
Temperatura operativa	26 [°C]

3.3.1.1. Equipos de medición

Los equipos que se emplearan para tomar los datos ambientales de las viviendas son:

Termo higrómetro



Anemómetro



Termómetro infrarrojo



3.4.1.2. Diseño de fichas.

La elaboración de las fichas para conseguir la información en campo (ver anexo 1), se basan en los datos necesarios para aplicar el método de Fanger.

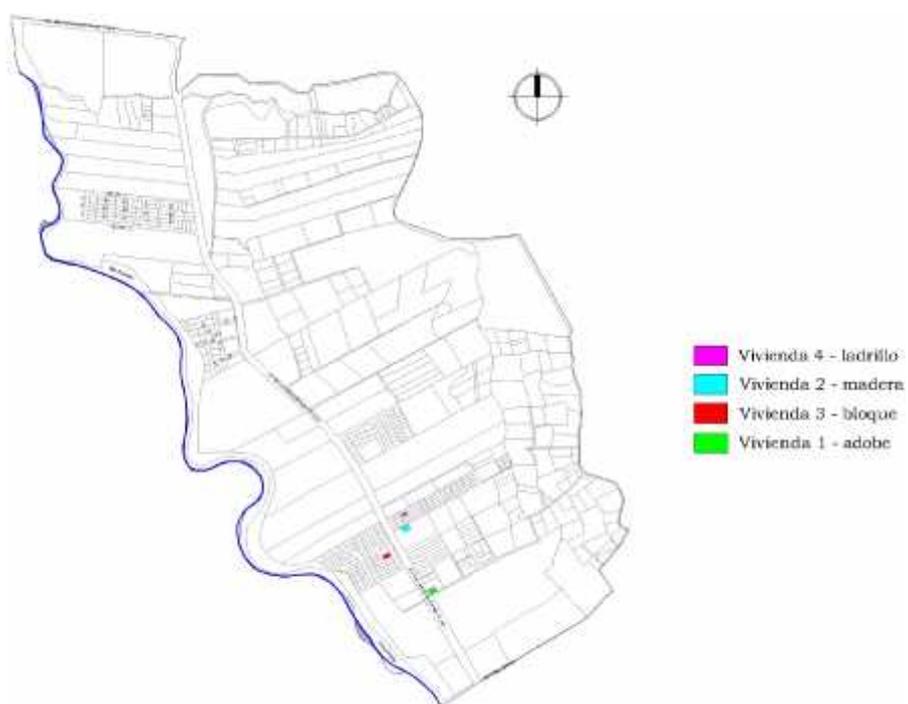
La ficha se divide en cinco grupos:

- I. Datos generales
- II. Datos temporales

- III. Información de la vivienda
- IV. Información del habitante
- V. Datos de monitoreo físico

3.4.2. Valoración de la sensación térmica de las viviendas seleccionadas

3.4.2.1. Ubicación



) Vivienda 1 – adobe

Fachada Principal - Oeste



Características de la vivienda

- Tipo de vivienda:** Casa
- Material de la cubierta:** Teja
- Material de piso:** Cerámica
- Material de las paredes:** Adobe

- Periodo de tiempo: 9:30 - 10:30 am.

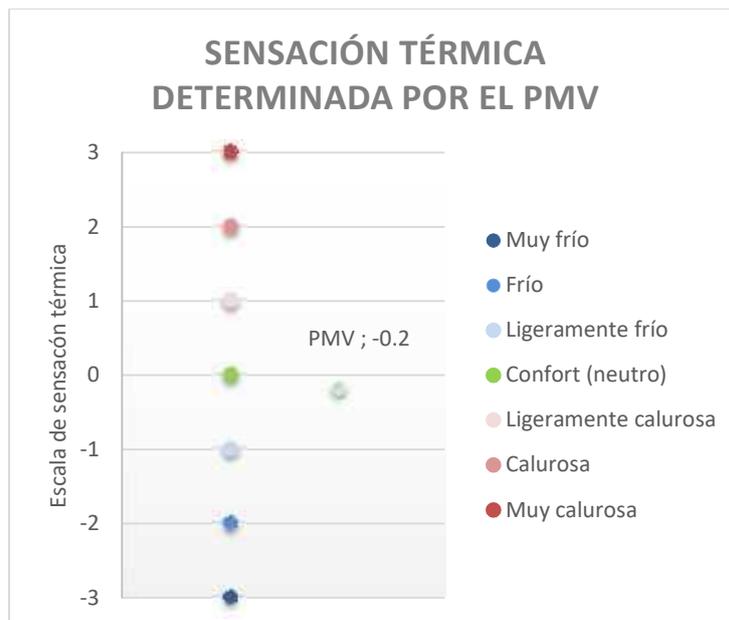
Datos recopilados para el cálculo

Características ambientales interiores de la vivienda Características personales

Temperatura del aire: 21 °C	Aislamiento de la ropa:
Temperatura radiante: 19 °C	0.078 m ² k/W – 0.5 clo
Humedad relativa: 48 %	Actividad metabólica:
Velocidad del viento: 0.0 m/s	116 W/m ² – 2.0 met

Voto medio estimado

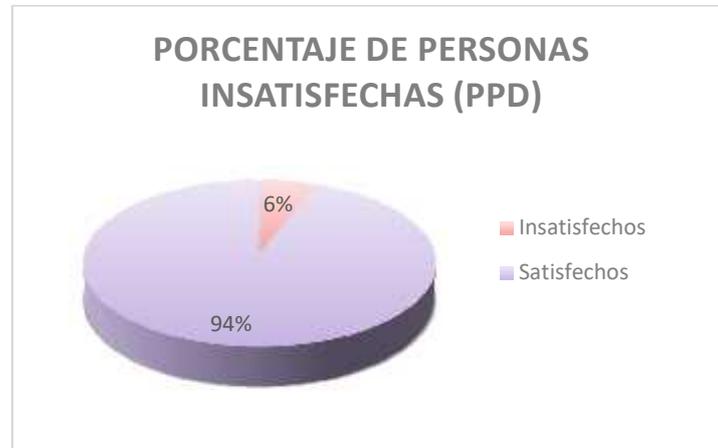
PMV= -0,2



En el gráfico de la escala de sensación térmica podemos observar que el voto medio estimado de -0,2 calculado con las condiciones ambientales y personales de la mañana, determina una sensación térmica ligeramente fría, la misma que al encontrarse dentro del rango establecido como sensación térmica confortable (-0,5 y 0,5), refleja una situación térmica satisfactoria.

Porcentaje de insatisfechos

PPD = 6 %



El gráfico circular nos muestra un porcentaje del 6% de personas insatisfechas para las condiciones ambientales evaluadas; este porcentaje al encontrarse dentro del valor aceptable de PPD (10%) refleja una situación térmica satisfactoria.

- Periodo de tiempo: 2:30 - 3:30 pm.

Datos recopilados para el cálculo

Características ambientales interiores de la vivienda

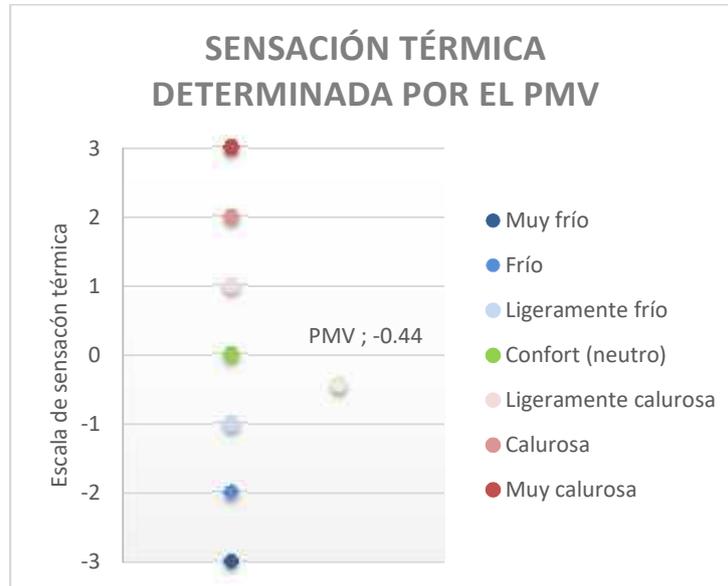
Temperatura del aire: **25 °C**
 Temperatura radiante: **21 °C**
 Humedad relativa: **47 %**
 Velocidad del viento: **0.0 m/s**

Características personales

Aislamiento de la ropa:
 0.078 m²k/W – 0.5 clo
Actividad metabólica:
 70W/m² – 1.2 met

Voto medio estimado

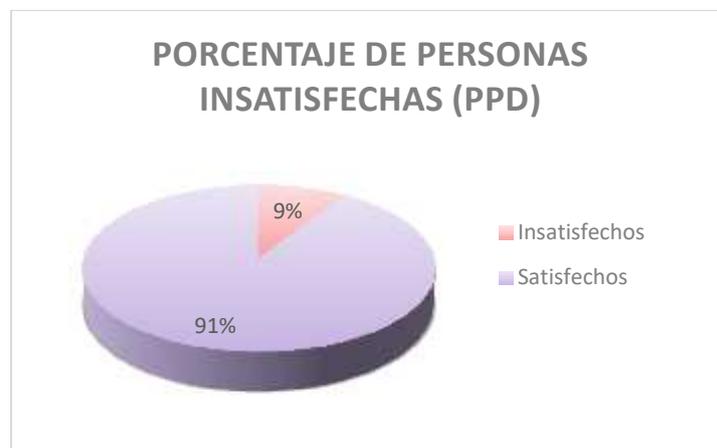
PMV= -0,44



En el gráfico de la escala de sensación térmica el PMV de -0,44 calculado con las condiciones ambientales y personales de la tarde, determina una sensación térmica ligeramente fría, la misma que al encontrarse dentro de los rangos aceptables (-0,5 y 0,5), refleja una situación térmica satisfactoria.

Porcentaje de insatisfechos

PPD = 9%



El gráfico circular nos muestra un porcentaje del 9% de personas insatisfechas para las condiciones ambientales evaluadas; este porcentaje al encontrarse dentro del valor aceptable de PPD (10%) refleja una situación térmica satisfactoria.

- Periodo de tiempo: 6:30 - 7:30 pm

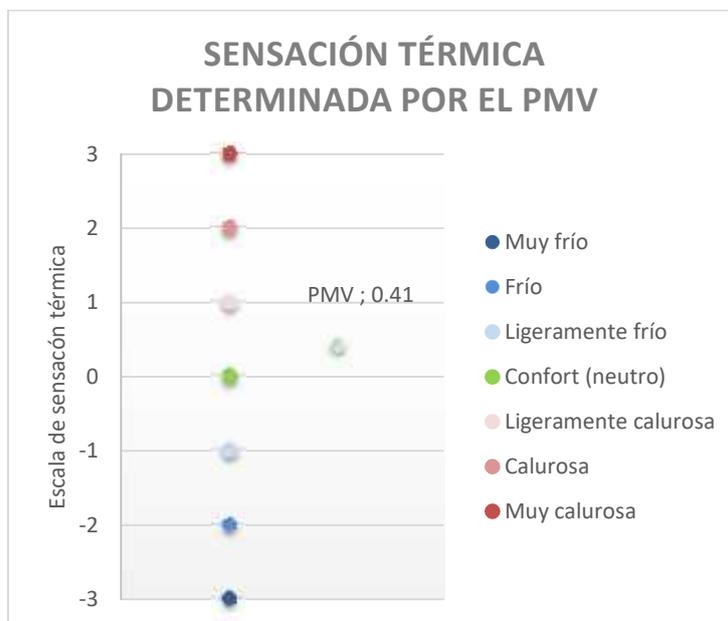
Datos recopilados para el cálculo

Características ambientales interiores de la vivienda	Características personales
--	-----------------------------------

Temperatura del aire: 20 °C	Aislamiento de la ropa:
Temperatura radiante: 18 °C	0.155 m ² k/W – 1.0 clo
Humedad relativa: 45 %	Actividad metabólica:
Velocidad del viento: 0.0 m/s	116 W/m ² – 2.0 met

Voto medio estimado

PMV= 0.41

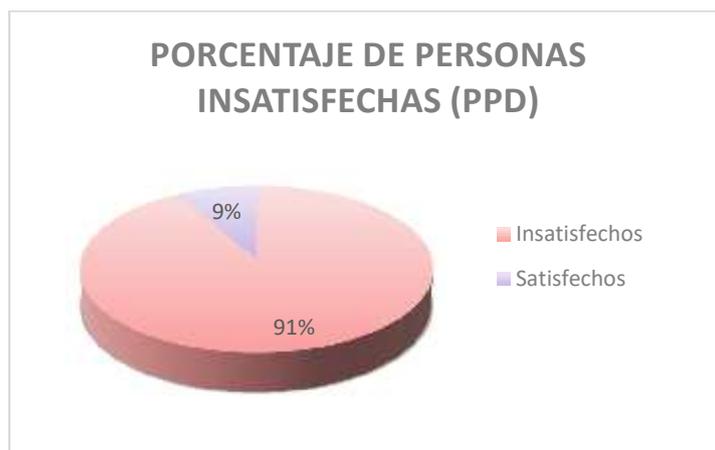


En el gráfico de la escala de sensación térmica el PMV de 0,41 calculado con las condiciones ambientales y personales de la noche determina una sensación térmica

ligeramente calusora, la misma que al encontrarse dentro del rango establecido como sensacion térmica confortable (-0,5 y 0,5), refleja una situacion termica satisfactoria.

Porcentaje de insatisfechos

PPD = 9 %



El gráfico circular nos muestra un porcentaje del 9% de personas insatisfechas para las condiciones ambientales evaluadas; este porcentaje al encontrarse dentro del valor aceptable de PPD (10%) refleja una situación térmica satisfactoria.

) Vivienda 2-madera

Fachada Principal - Norte

Características de la vivienda



Tipo de vivienda: Mediagua
Material de la cubierta: Zinc
Material de piso: Madera
Material de las paredes: Madera

- Periodo de tiempo: 9:30 - 10:30 am.

Datos recopilados para el cálculo

Características ambientales interiores de la vivienda

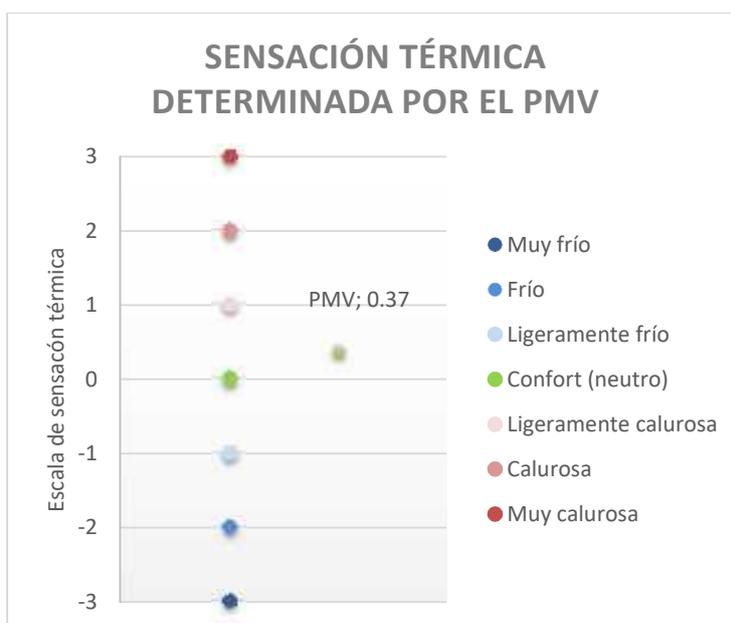
Temperatura del aire: **23°C**
 Temperatura radiante: **26°C**
 Humedad relativa: **55 %**
 Velocidad del viento: **0.0 m/s**

Características personales

Aislamiento de la ropa:
 0.155 m²k/W – 1.0 clo
Actividad metabólica:
 60 W/m² - 1.0 met.

Voto medio estimado

PMV= 0,37



En la escala de sensación térmica el PMV de 0,37 calculado con las condiciones ambientales y personales de la mañana, determina una sensación térmica ligeramente calurosa, la misma que al encontrarse dentro de los rangos aceptables (-0,5 y 0,5), refleja una situación térmica satisfactoria.

Porcentaje de insatisfechos

PPD = 8%



El gráfico circular nos muestra un porcentaje del 8% de personas insatisfechas para las condiciones ambientales evaluadas; este porcentaje al encontrarse dentro del valor aceptable de PPD (10%) refleja una situación térmica satisfactoria.

- Periodo de tiempo: 2:30 - 3:30 pm.

Datos recopilados para el cálculo

Características ambientales interiores de la vivienda

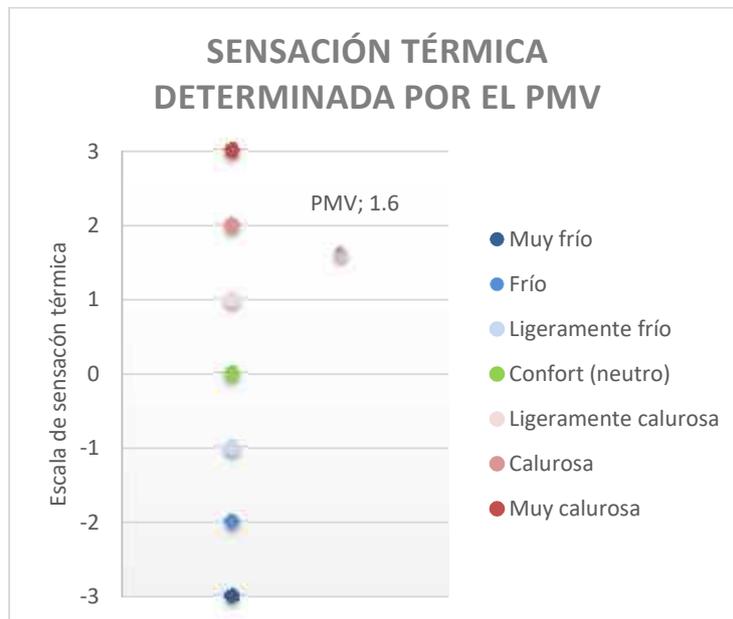
Temperatura del aire: **25°C**
 Temperatura radiante: **23°C**
 Humedad relativa: **50 %**
 Velocidad del viento: **0.0 m/s**

Características personales

Aislamiento de la ropa:
 0.155 m²k/W – 1.0 clo
Actividad metabólica:
 145 W/m² - 2.5 met.

Voto medio estimado

PMV= 1,6



En el gráfico de la escala de sensación térmica podemos observar que el PMV de 1,6 calculado con las condiciones ambientales y personales de la tarde, determina una sensación térmica ligeramente calurosa, la misma que al encontrarse fuera del rango establecido como sensación térmica confortable (-0,5 y 0,5), refleja una situación térmica inadecuada.

Porcentaje de insatisfechos

PPD = 57%



El gráfico circular nos muestra un porcentaje del 57% de personas insatisfechas para las condiciones ambientales evaluadas; este porcentaje al encontrarse fuera del valor aceptable de PPD (10%) refleja una situación térmica inadecuada.

- Periodo de tiempo: 6:30 - 7:30 pm.

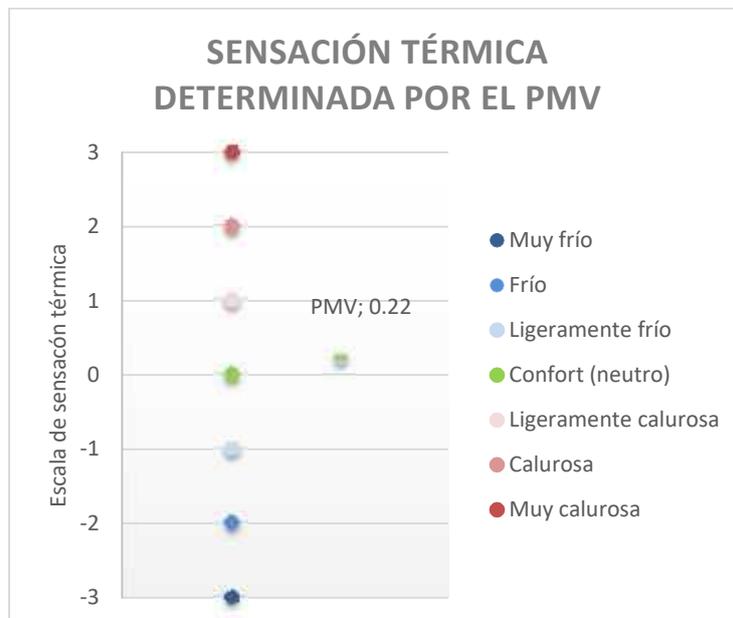
Datos recopilados para el cálculo

Características ambientales interiores de la vivienda	Características personales
---	----------------------------

Temperatura del aire: 20°C	Aislamiento de la ropa:
Temperatura radiante: 21°C	0.155 m ² k/W – 1.0 clo
Humedad relativa: 44%	Actividad metabólica:
Velocidad del viento: 0.0 m/s	95 W/m ² - 1.6 met.

Voto medio estimado

PMV= 0,22



En el gráfico de la escala de sensación térmica podemos observar que el PMV de 0,22 calculado con las condiciones ambientales y personales de la noche, determina una

sensacion termica ligeramente calusora, la misma que al encontrarse dentro del rango establecido como sensacion térmica confortable (-0,5 y 0,5), refleja una situacion termica satisfactoria.

Porcentaje de insatisfechos

PPD = 6%



El gráfico circular nos muestra un porcentaje del 6% de personas insatisfechas para las condiciones ambientales evaluadas; este porcentaje al encontrarse dentro del valor aceptable de PPD (10%) refleja una situación térmica satisfactoria.

) Vivienda 3-bloque

Fachada Principal - Oeste



Características de la vivienda

- Tipo de vivienda:** Casa
- Material de la cubierta:** Hormigón
- Material de piso:** Cemento
- Material de las paredes:** Bloque

- Periodo de tiempo: 9:30 - 10:30 am.

Datos recopilados para el cálculo

Características ambientales interiores de la vivienda

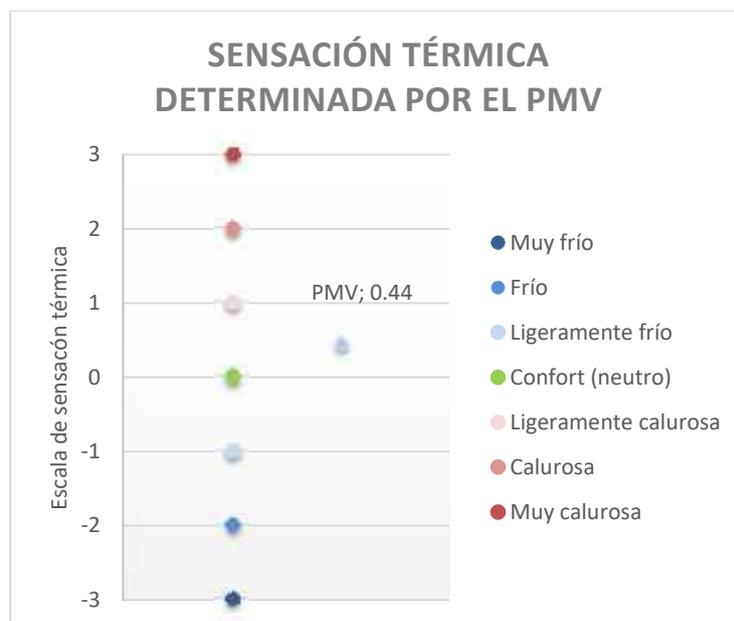
Temperatura del aire: **21°C**
 Temperatura radiante: **19°C**
 Humedad relativa: **47 %**
 Velocidad del viento: **0.0 m/s**

Características personales

Aislamiento de la ropa:
 0.124 m²k/W – 0.8 clo
Actividad metabólica:
 116W/m² - 2.0 met.

Voto medio estimado

PMV= 0.44



En el gráfico de la escala de sensación térmica podemos observar que el PMV de 0,44 calculado con las condiciones ambientales y personales de la mañana, determina una sensación térmica ligeramente calurosa, la misma que al encontrarse dentro del rango establecido como sensación térmica confortable (-0,5 y 0,5), refleja una situación térmica satisfactoria.

Porcentaje de insatisfechos

PPD = 9%



El gráfico circular nos muestra un porcentaje del 9% de personas insatisfechas para las condiciones ambientales evaluadas; este porcentaje al encontrarse dentro del valor aceptable de PPD (10%) refleja una situación térmica satisfactoria.

- Periodo de tiempo: 2:30 - 3:30 pm.

Datos recopilados para el cálculo

Características ambientales interiores de la vivienda

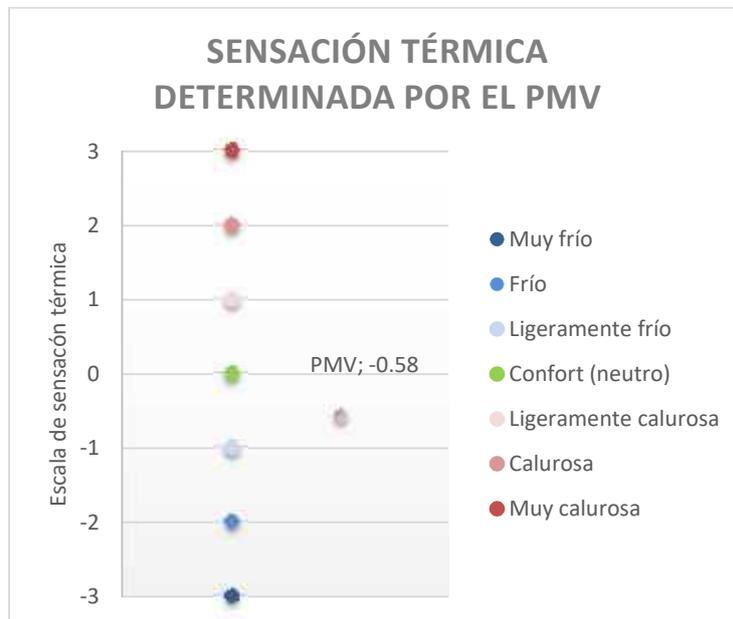
Temperatura del aire: **23°C**
 Temperatura radiante: **22°C**
 Humedad relativa: **41%**
 Velocidad del viento: **0.0 m/s**

Características personales

Aislamiento de la ropa:
 0.124 m²k/W – 0.8 clo
Actividad metabólica:
 58 W/m² - 1.0 met.

Voto medio estimado

PMV= -0.58



En el gráfico de la escala de sensación térmica podemos observar que el PMV de -0,58 calculado con las condiciones ambientales y personales de la tarde, determina una sensación térmica ligeramente fría, la misma que al encontrarse fuera del rango establecido como sensación térmica confortable (-0,5 y 0,5), refleja una situación térmica inadecuada.

Porcentaje de insatisfechos

PPD = 12%



El gráfico circular nos muestra un porcentaje del 12% de personas insatisfechas para las condiciones ambientales evaluadas; este porcentaje al encontrarse excediendo el valor aceptable de PPD (10%) refleja una situación térmica inadecuada.

- Periodo de tiempo: 6:30 - 7:30 pm.

Datos recopilados para el cálculo

Características ambientales interiores de la vivienda

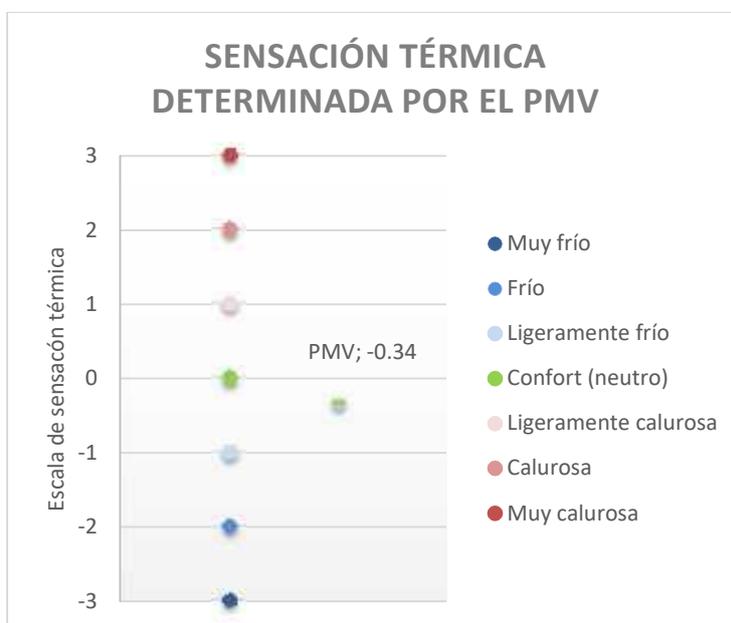
Temperatura del aire: **20°C**
 Temperatura radiante: **20°C**
 Humedad relativa: **45 %**
 Velocidad del viento: **0.0 m/s**

Características personales

Aislamiento de la ropa:
 0.155 m²k/W – 1.0 clo
Actividad metabólica:
 70W/m² - 1.2 met.

Voto medio estimado

PMV= -0,34



En el gráfico de la escala de sensación térmica podemos observar que el PMV de -0,34 calculado con las condiciones ambientales y personales de la noche, determina una sensación térmica ligeramente fría, la misma que al encontrarse dentro del rango

establecido como sensación térmica confortable (-0,5 y 0,5), refleja una situación termica satisfactoria.

Porcentaje de insatisfechos

PPD = 7%



El gráfico circular nos muestra un porcentaje del 7% de personas insatisfechas para las condiciones ambientales evaluadas; este porcentaje al encontrarse dentro del valor aceptable de PPD (10%) refleja una situación térmica satisfactoria.

) Vivienda 4-ladrillo

Fachada Principal - Norte

Características de la vivienda



Tipo de vivienda: Casa

Material de la cubierta: Teja

Material de piso: Ceramica

Material de las paredes: Ladrillo

- Periodo de tiempo: 9:30 - 10:30 am.

Datos recopilados para el cálculo

Características ambientales interiores de la vivienda

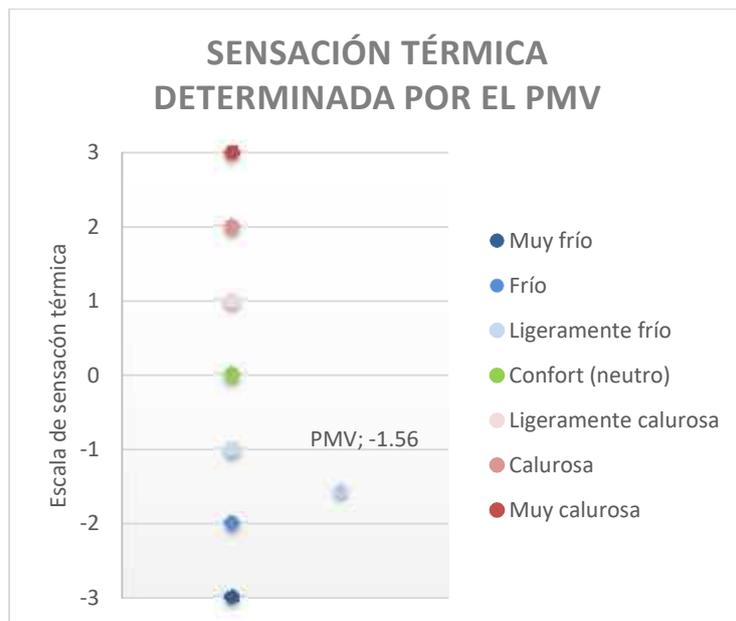
Temperatura del aire: **20°C**
 Temperatura radiante: **19°C**
 Humedad relativa: **49 %**
 Velocidad del viento: **0.0 m/s**

Características personales

Aislamiento de la ropa:
 0.155 m²k/W – 1.0 clo
Actividad metabólica:
 55 W/m² – 0.9 met.

Voto medio estimado

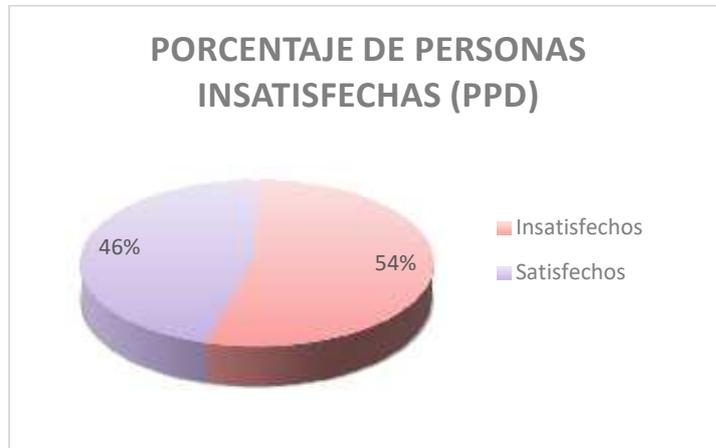
PMV= -1.56



En el gráfico de la escala de sensación térmica podemos observar que el PMV de -1,56 calculado con las condiciones ambientales y personales de la mañana, determina una sensación térmica ligeramente fría, la misma que al encontrarse fuera del rango establecido como sensación térmica confortable (-0,5 y 0,5), refleja una situación térmica inadecuada.

Porcentaje de insatisfechos

PPD = 54%



El gráfico circular nos muestra un porcentaje del 54% de personas insatisfechas para las condiciones ambientales evaluadas; este porcentaje al encontrarse fuera del valor aceptable de PPD (10%) refleja una situación térmica inadecuada.

- Periodo de tiempo: 2:30 - 3:30 pm.

Datos recopilados para el cálculo

Características ambientales interiores de la vivienda

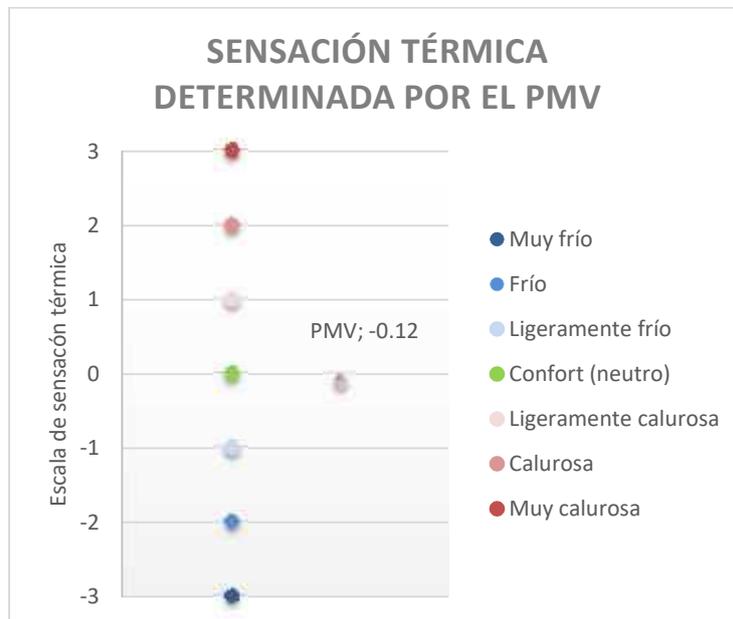
Temperatura del aire: **24°C**
 Temperatura radiante: **24°C**
 Humedad relativa: **44 %**
 Velocidad del viento: **0.0 m/s**

Características personales

Aislamiento de la ropa:
 0.124 m²k/W – 0.8 clo
Actividad metabólica:
 58 W/m² – 1.0 met.

Voto medio estimado

PMV= -0,12



En el gráfico de la escala de sensación térmica podemos observar que el PMV de -0,12 calculado con las condiciones ambientales y personales de la tarde, determina una sensación térmica ligeramente fría, la misma que al encontrarse dentro del rango establecido como sensación térmica confortable (-0,5 y 0,5), refleja una situación térmica satisfactoria.

Porcentaje de insatisfechos

PPD = 5%



El gráfico circular nos muestra un porcentaje del 5% de personas insatisfechas para las condiciones ambientales evaluadas; este porcentaje al encontrarse dentro del valor aceptable de PPD (10%) refleja una situación térmica satisfactoria.

- Periodo de tiempo: 6:30 - 7:30 pm.

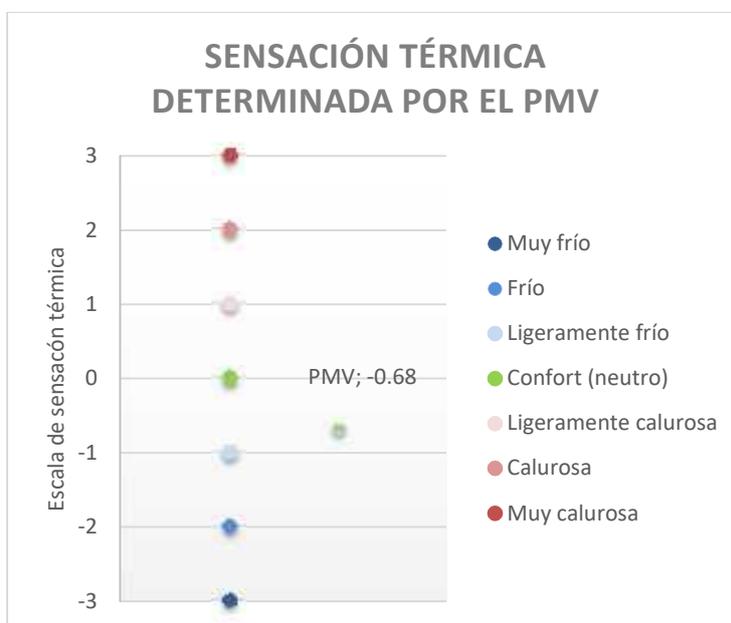
Datos recopilados para el cálculo

Características ambientales interiores de la vivienda Características personales

Temperatura del aire: 21°C	Aislamiento de la ropa:
Temperatura radiante: 21°C	0.124 m ² k/W – 0.8 clo
Humedad relativa: 50 %	Actividad metabólica:
Velocidad del viento: 0.0 m/s	65 W/m ² - 1.1 met.

Voto medio estimado

PMV= -0,68

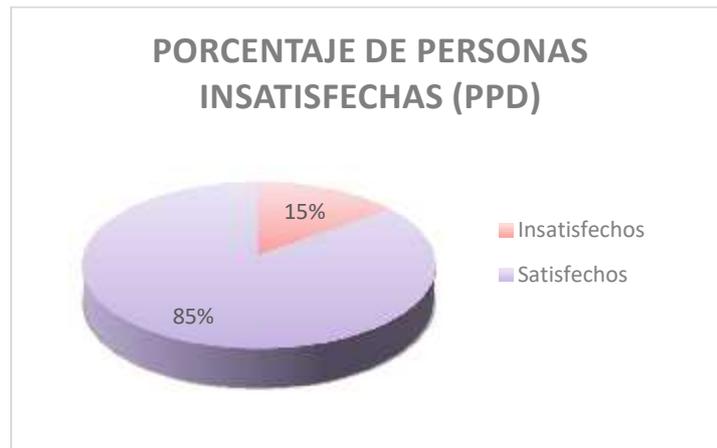


En el gráfico de la escala de sensación térmica podemos observar que el PMV de -0,68 calculado con las condiciones ambientales y personales de la noche, determina una sensación térmica ligeramente fría, la misma que al encontrarse fuera del rango

establecido como sensación térmica confortable (-0,5 y 0,5), refleja una situación termica inadecuada.

Porcentaje de insatisfechos

PPD = 15%



El gráfico circular nos muestra un porcentaje del 15% de personas insatisfechas para las condiciones ambientales evaluadas; este porcentaje al encontrarse fuera del valor aceptable de PPD (10%) refleja una situación térmica inadecuada.

3.4.3. Resultados del análisis de confort térmico en las viviendas

En la siguiente tabla se desarrolla una síntesis de los resultados del estudio de confort térmico de las viviendas seleccionadas.

Situación térmica

Para establecer si la situación térmica es satisfactoria o inadecuada, se tomaron en cuenta los rangos establecidos para el voto medio estimado que es (-0.5 y 0.5) y para el porcentaje de insatisfechos (10%), estos valores han sido determinados tomando en cuenta que aun en las mejores condiciones de confort siempre va a existir un porcentaje mínimo de personas que no estén conformes.

Periodo de tiempo	Viviendas seleccionadas	PMV (-0.5 y 0.5)	PPD (10%)	Situación térmica
9:30 – 10:30 am.	Vivienda 1-adobe	-0.2	6%	Satisfactoria
	Vivienda 2-madera	0.37	8%	Satisfactoria
	Vivienda 3-bloque	0.44	9%	Satisfactoria
	Vivienda 4 -ladrillo	-1.56	54%	Inadecuada
2:30 – 3:30 pm.	Vivienda 1-adobe	-0.44	9%	Satisfactoria
	Vivienda 2-madera	1.6	57%	Inadecuada
	Vivienda 3-bloque	-0.58	12%	Inadecuada
	Vivienda 4 -ladrillo	-0.12	5%	Satisfactoria
6:30 – 7:30 pm.	Vivienda 1-adobe	0.41	9%	Satisfactoria
	Vivienda 2-madera	0.22	6%	Satisfactoria
	Vivienda 3-bloque	-0.34	7%	Satisfactoria
	Vivienda 4 -ladrillo	-0.68	15%	Inadecuada

Simbología

Satisfactoria  Inadecuada  Ligeramente frío  Ligeramente caluroso 

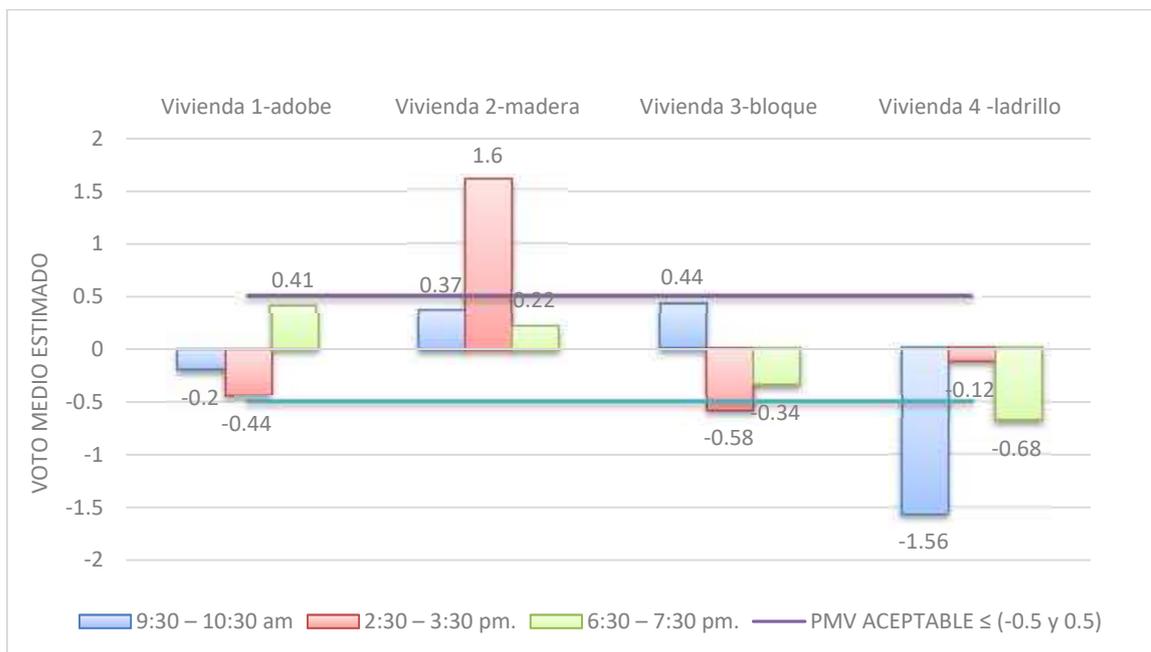
En la tabla observamos el predominio de la situación térmica satisfactoria, esta se presenta principalmente en los periodos de la mañana y noche, así mismo la situación térmica inadecuada se presenta mayoritariamente en la tarde.

Voto medio estimado (PMV)

Los votos medios estimados (PMV) calculados con las condiciones ambientales y personales de cada una de las viviendas en tres periodos de tiempo, determinan dos tipos de sensación térmica ligeramente fría y ligeramente caluroso de acuerdo a la escala de 7 niveles de Fanger.

Con el siguiente grafico podemos determinar que los votos medios estimados que exceden el rango aceptable de PMV (-0.5 y 0.5) presentan una situación térmica

inadecuada; esta situación térmica se presenta en la vivienda de madera y bloque en la tarde y en la de ladrillo en la mañana y noche.



En este caso los valores negativos representan una sensación térmica ligeramente fría y los valores positivos una sensación térmica ligeramente calurosa.

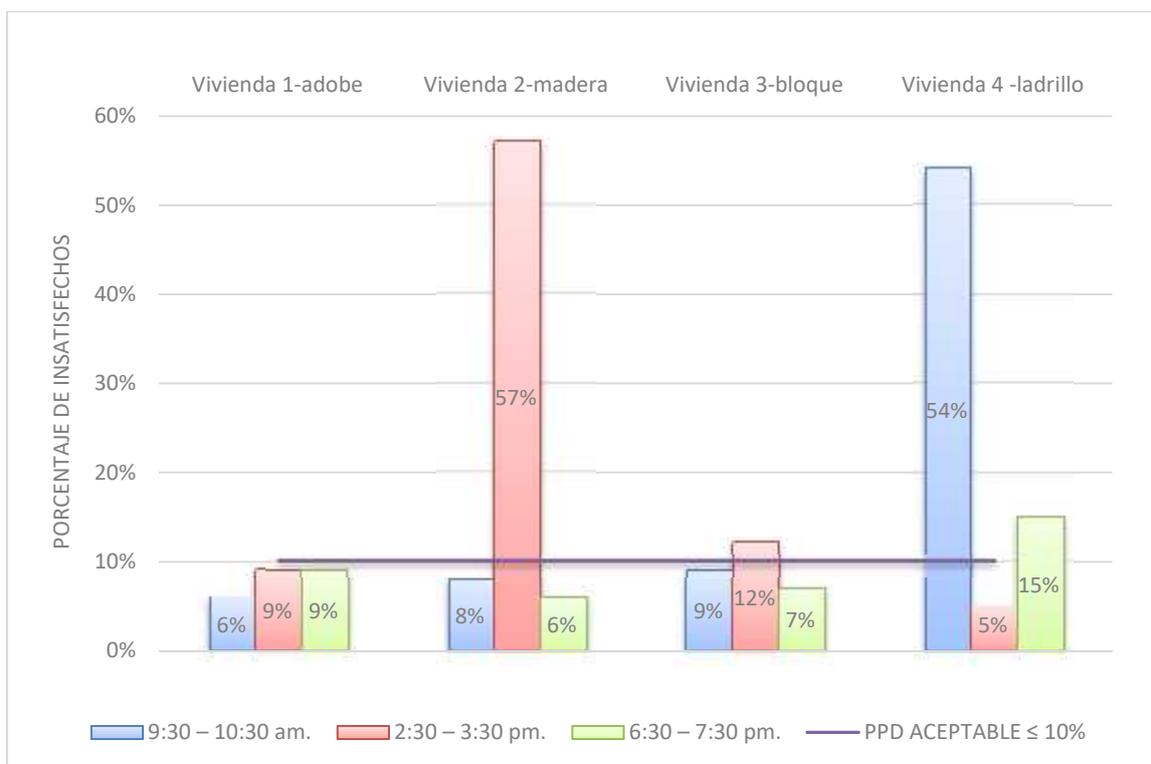
En la vivienda 1-adobe convenimos que la sensación térmica ligeramente fría de la mañana y de la tarde se debe a la presencia de portales en el contorno de la vivienda, lo que no permite el ingreso de los rayos solares directos; y la sensación ligeramente calurosa de la noche se debe a la capacidad del adobe para retener el calor en el día y liberarlo en la noche.

En la vivienda 2-madera la sensación térmica ligeramente calurosa durante los tres periodos de tiempo, se debe a la alta conductividad térmica del techo de zinc y a la baja conductividad térmica de la madera, provocando disconfort en sus habitantes principalmente en la tarde debido a la presencia de mayor radiación solar y ausencia de ventanas.

En la vivienda 3-bloque y 4-ladrillo la sensación térmica ligeramente calurosa y ligeramente fría en cualquiera de sus periodos de tiempo se debe a las condiciones personales como el tipo de ropa que usan y el tipo de actividad que realizan sus habitantes.

Porcentaje de insatisfechos (PPD)

En el siguiente grafico podemos observar que el mayor porcentaje de personas insatisfechas se presenta en la tarde a excepción de la vivienda 4-ladrillo que presenta porcentajes de insatisfacción en la mañana y en la noche.



La vivienda 1-adobe tiene el menor porcentaje de personas insatisfechas en los tres periodos de tiempo, estos están por debajo del PPD aceptable del 10%, lo que nos permite saber que los inconvenientes térmicos de la vivienda son mínimos y que la situación térmica de la vivienda durante el día es satisfactoria.

La vivienda 2-madera y 3-bloque tienen el mayor porcentaje de personas insatisfechas en el tarde excediendo los límites del PPD aceptable del 10%, esto determina una

situación térmica inadecuada; mientras que en la mañana y noche presenta porcentajes inferiores al PPD aceptable, estableciendo una situación térmica satisfactoria.

La vivienda 4-ladrillo tiene el menor porcentaje de personas insatisfechas en la tarde con una situación térmica satisfactoria; mientras que en la mañana y noche al exceder el límite del porcentaje de personas insatisfechas revela una situación térmica inadecuada, siendo la vivienda.

3.4. Diagnóstico del sitio y entorno

3.4.1. Matriz FODA

Matriz FODA del sitio y entorno	
Fortalezas	Pendiente del 12% al 25%.
	Temperatura: 14°C - 20°C, recomendable para el uso de sistemas solares pasivos.
Oportunidades	El análisis de confort térmico evidencia la presencia de situaciones térmicas inadecuadas en las viviendas.
	Aportar estrategias de diseño solar pasivo que brinden confort térmico en las viviendas.
Debilidades	Edificaciones existentes, estas limitaran la aplicación de las estrategias de diseño solar pasivo.
	Planificación de vialidad del GAD de Loja, de la misma manera limitaran la aplicación de las estrategias de diseño solar pasivo.
Amenazas	Falta de conocimiento de la importancia del confort térmico en las viviendas.

CAPITULO 4: ESTRATEGIAS DE DISEÑO SOLAR PASIVO

El TFC consiste en proporcionar estrategias de diseño que nos permitan crear viviendas que brinden confort térmico mediante el uso de sistemas solares pasivos, los mismos que permitirán potenciar la producción de calor sin usar sistemas que signifiquen el uso de herramientas costosas.

Las estrategias que se mencionan a continuación son el resultado tanto de la etapa de investigación como de análisis y diagnóstico, estas dictaminaran los lineamientos de diseño en las viviendas de la ciudad de Loja.

Tabla 4. 19. Estrategia 1 de diseño solar pasivo

<i>Estrategia 1: Maximizar las Ganancias Solares</i>			
Factores influyentes	Objetivo	Sistemas y soluciones	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Orientación ▪ Aislamiento térmico ▪ Distribución de espacios. ▪ Colores ▪ Materiales 	Aumentar ganancias solares	Ganancia solar directa	Ventanas
			<ul style="list-style-type: none"> · Características del hueco · Características del vidrio · Características del marco
		Ganancia solar indirecta	Muro trombe
			Muro macizo, este puede ser de piedra, hormigón, ladrillo macizo, etc., de un espesor entre 25 y 40 cm, con la superficie exterior oscura y protegido con un vidrio.
		Ganancia solar aislada	Invernadero adosado
			Galería acristalada, separada de las estancias interiores por un muro másico de color oscuro.

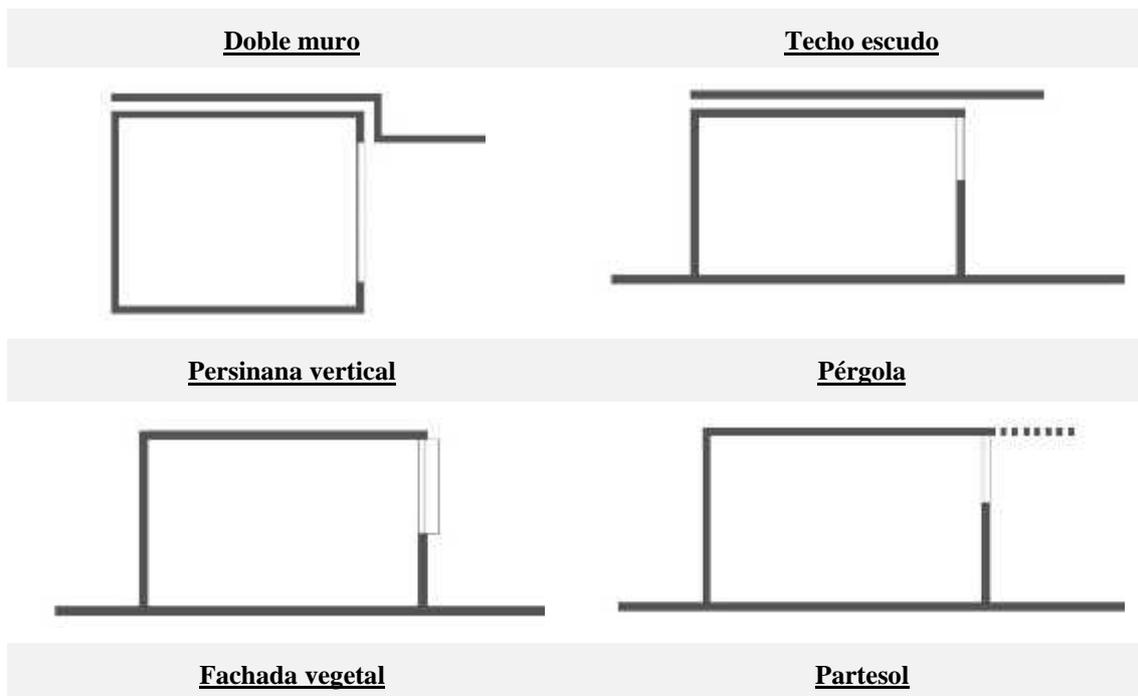
Elaboración: La autora

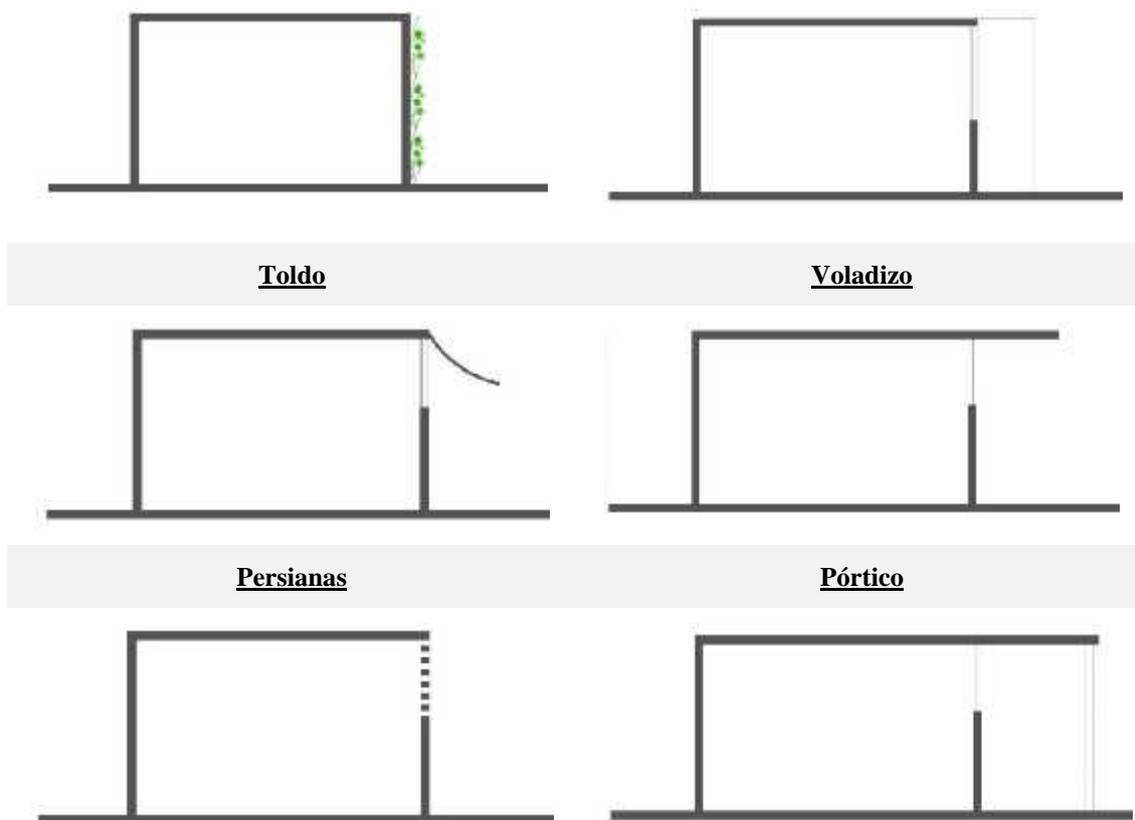
Tabla 4. 20. Estrategia 2 de diseño solar pasivo

<i>Estrategia 2: Control Solar</i>				
Factores influyentes	Objetivo	Sistemas y soluciones		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Orientación ▪ Aislamiento térmico ▪ Ventilación ▪ Forma y volumen ▪ Colores 	Evitar exceso de sol	Protección solar	Elementos horizontales	Aleros, voladizos, pérgola, corredor – pórtico, toldo, techo escudo.
			Elementos verticales	Persianas, partesol, doble muro, lamas orientables.
			Vegetación	Fachada vegetal.

Elaboración: La autora

Ilustración 3.23. Elementos de control solar





Elaboración: La autora

A fin de garantizar el correcto funcionamiento de las estrategias se detallan a continuación los factores influyentes que se deben tomar en cuenta:

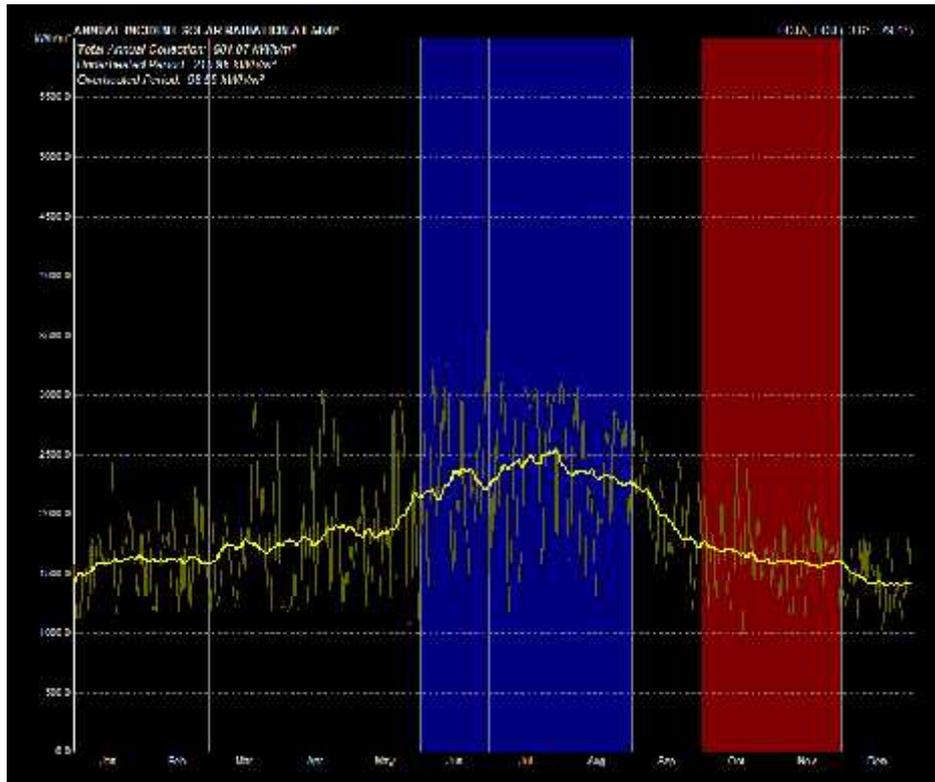
4.1. Orientación

Para determinar la orientación óptima para las viviendas se realizaron dos análisis, para los cuales se empleó el programa ecotect que nos permitió determinar la orientación a partir de los datos de localización (latitud, longitud y altitud); y también a través de la incidencia solar de una superficie en relación a los meses de las cuatro posiciones más relevantes en el año (solsticios y equinoccios).

1. Óptima orientación determinada por el programa ecotect.

En el sector Amable María de la ciudad de Loja, se determinan como meses fríos: junio, julio y agosto; y como meses calientes octubre, noviembre y diciembre. Ecotect realiza

Ilustración 4.25. Grafica de la radiación solar para una superficie orientada 50°



Fuente: Ecotect
 Elaboración: La autora

2. Determinación de óptima orientación por indecencia solar en una superficie.

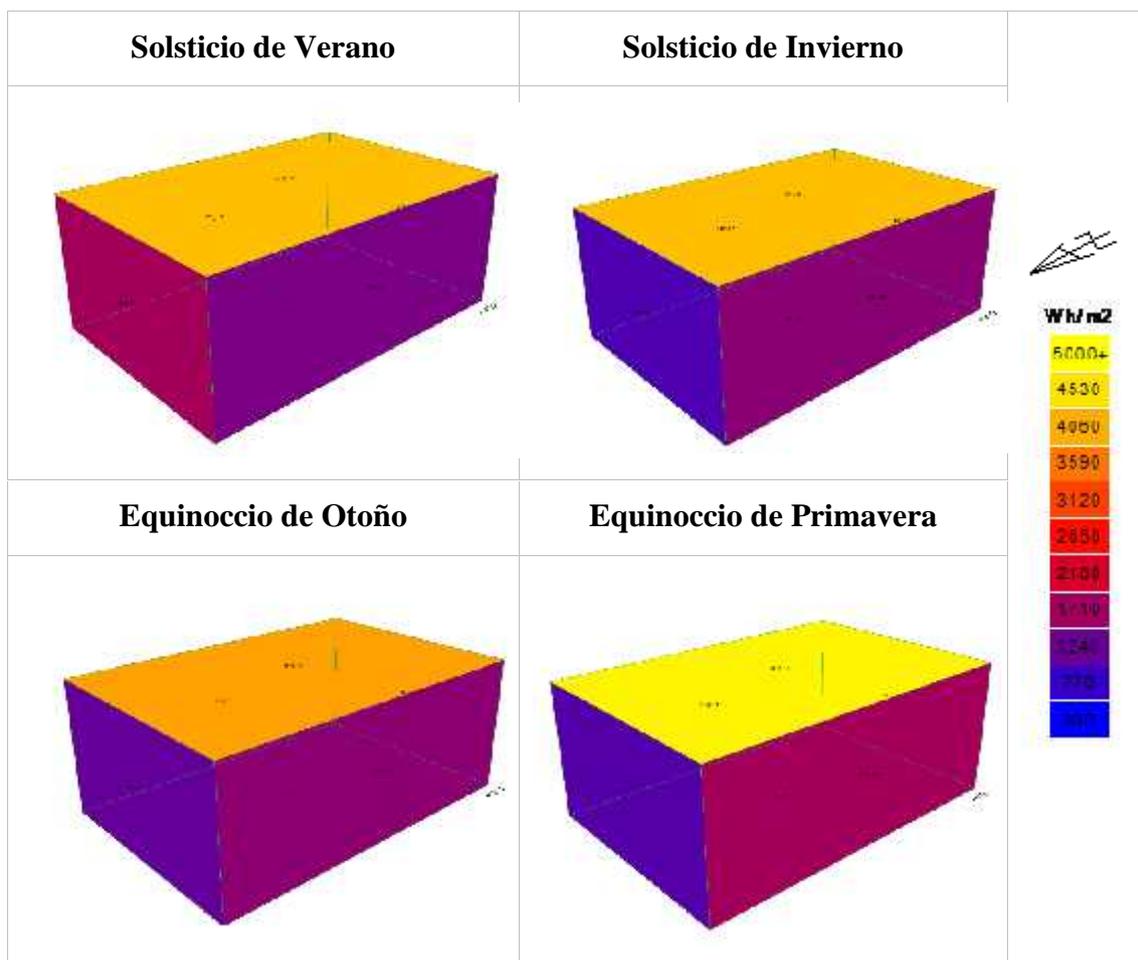
En este proceso se obtienen datos más precisos y detallados de la incidencia solar de superficies horizontales y verticales con relación al norte; este análisis nos permitirá determinar la óptima orientación, también se aplicó este proceso a la orientación de 50° que obtuvimos en el punto 1.

Incidencia solar	Wh/m2	Vatio hora / metro cuadrado
-------------------------	-------	-----------------------------

Los resultados son los siguientes:

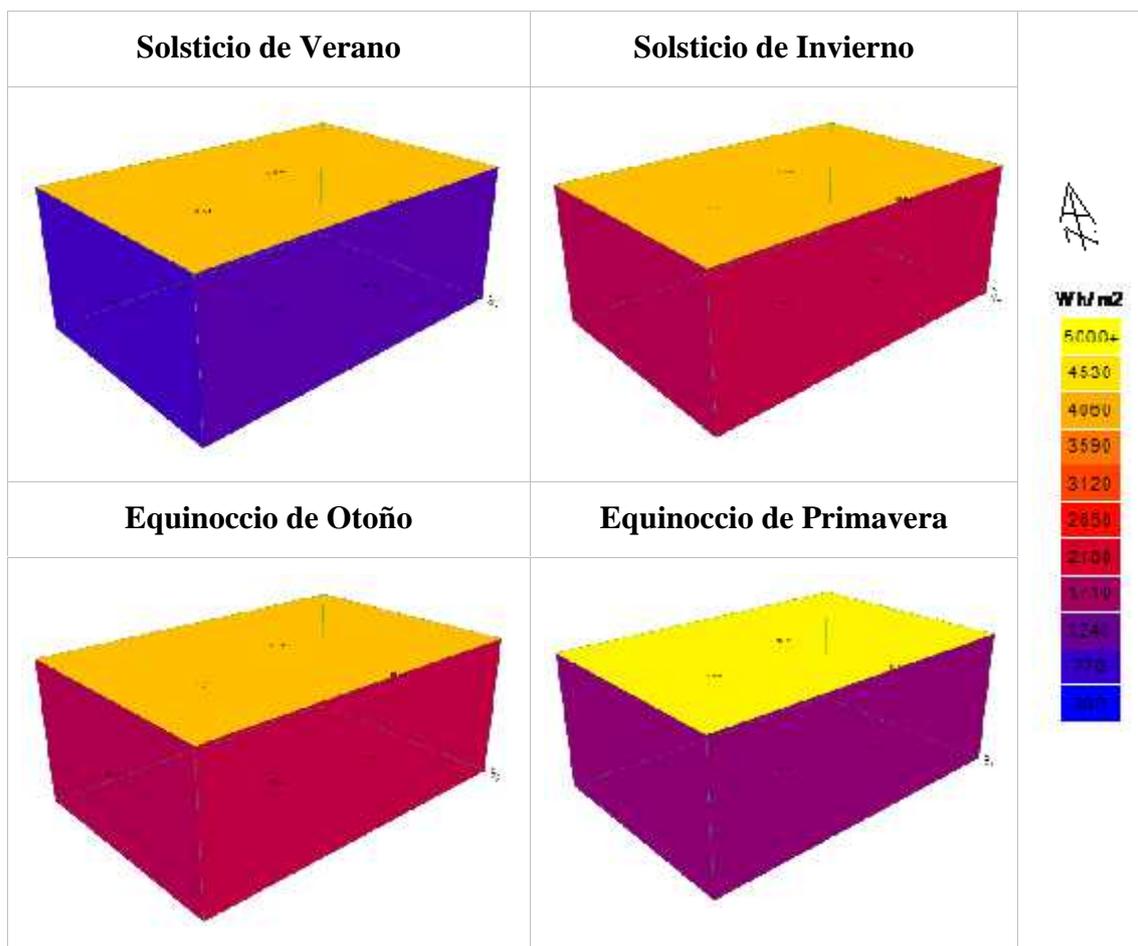
Orientación 90°

	SOLTICIO DE VERANO Wh/m ²	SOLSTICIO DE INVIERNO Wh/m ²	EQUINOCCIO DE OTOÑO Wh/m ²	EQUINOCCIO DE PRIMAVERA Wh/m ²
Cara superior	4.215,57	4.212,41	3.953,79	4.691,15
Cara Inferior	425,58	463,31	542,88	490,02
Cara norte	1.741,83	1.001,84	1.188,90	1.060,65
Cara sur	341,13	500,76	443,26	436,00
Cara este	1.461,29	1.483,77	1.367,70	1.496,45
Cara oeste	1.386,93	1.511,62	1.544,64	1.741,28
TOTAL	9572,34	9173,70	9041,16	9915,54
MAXIMO	9.572,34	4.212,41	3.953,79	4.691,15
MINIMO	4.215,57	463,31	443,26	436,00
PROMEDIO	341,13	1.528,95	1.506,86	1.652,59



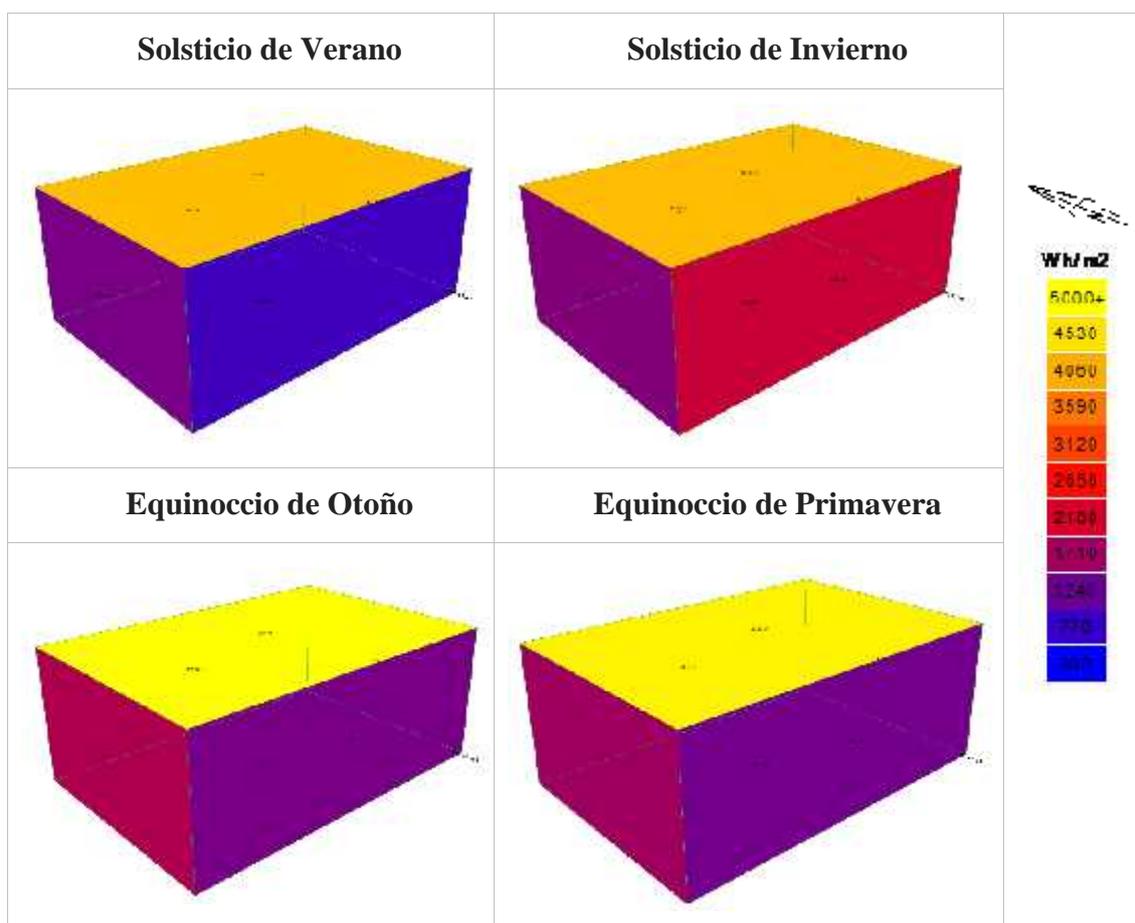
Orientación 50°

	SOLTICIO DE VERANO Wh/m ²	SOLSTICIO DE INVIERNO Wh/m ²	EQUINOCCIO DE OTOÑO Wh/m ²	EQUINOCCIO DE PRIMAVERA Wh/m ²
Cara superior	4.215,57	4.212,41	3.953,79	4.691,15
Cara Inferior	425,58	463,31	542,88	490,02
Cara norte	1.571,89	1.070,82	1.398,43	1.429,96
Cara sur	1.131,32	1.949,53	1.406,53	1.628,24
Cara este	448,91	385,26	462,76	434,67
Cara oeste	969,89	1.839,30	1.408,76	1.605,71
TOTAL	8763,15	9920,63	9173,13	10279,75
MAXIMO	4.215,57	4.212,41	3.953,79	4.691,15
MINIMO	425,58	385,26	462,76	434,67
PROMEDIO	1.460,53	1.653,44	1.528,86	1.713,29



Orientación 0°

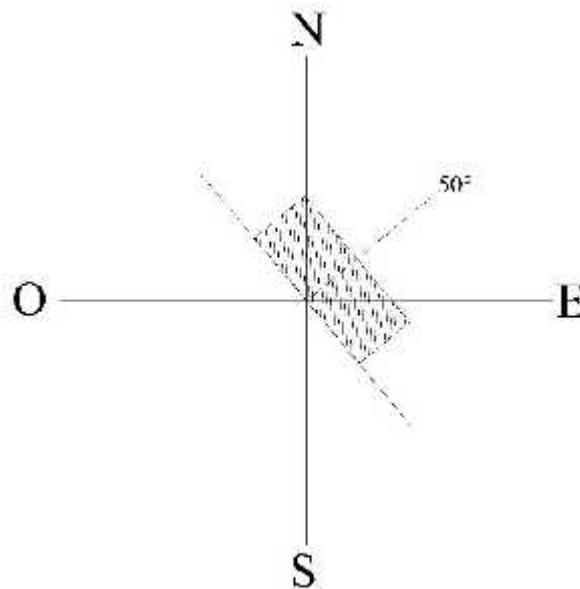
	SOLTICIO DE VERANO Wh/m ²	SOLSTICIO DE INVIERNO Wh/m ²	EQUINOCCIO DE OTOÑO Wh/m ²	EQUINOCCIO DE PRIMAVERA Wh/m ²
Cara superior	4.215,57	4.212,41	3.953,79	4.691,15
Cara Inferior	425,58	463,31	542,88	490,02
Cara norte	1.667,55	940,54	1.116,81	995,82
Cara sur	895,09	2.115,51	1.220,12	1.402,86
Cara este	376,03	495,35	482,55	497,78
Cara oeste	1.378,69	1.538,70	1.576,71	1.770,03
TOTAL	8958,51	9765,83	8892,86	9847,65
MAXIMO	4.215,57	4.212,41	3.953,79	4.691,15
MINIMO	376,03	463,31	482,55	490,02
PROMEDIO	1.493,09	1.627,64	1.482,14	1.641,28



Propuesta de orientación

El punto 2 nos permitió validar que la mejor opción para orientar las viviendas en el sector en estudio, es la orientación de 50° calculada por el programa Ecotect en el punto 1, pero a su vez con el punto 2 también se pudo validar la orientación propuesta por la Norma Ecuatoriana de la Construcción Cap.13 que sugiere una orientación norte - sur (0°).

Ilustración 4.26. Óptima orientación de las viviendas para el sector Amable María - Ciudad de Loja

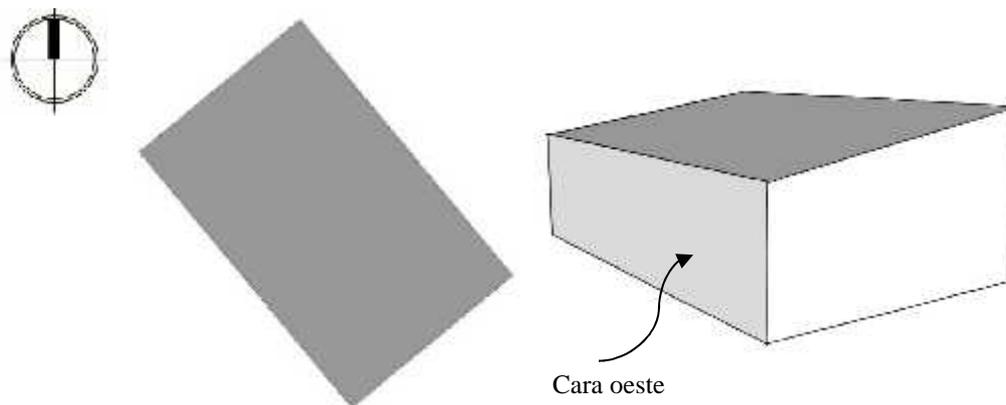


Fuente: La autora
Elaboración: La autora

4.2. Forma y volumen

-) La forma tomando en cuenta la orientación de 50° para nuestro sector, debe ser alargada a fin de evitar el asoleamiento excesivo, también es recomendable en cuanto a volumen reducir el tamaño de la cara oeste.

Ilustración 4.27. Forma y volumen para las viviendas en el sector Amable María - Ciudad de Loja



Fuente: La autora
Elaboración: La autora

4.3. Distribución de espacios

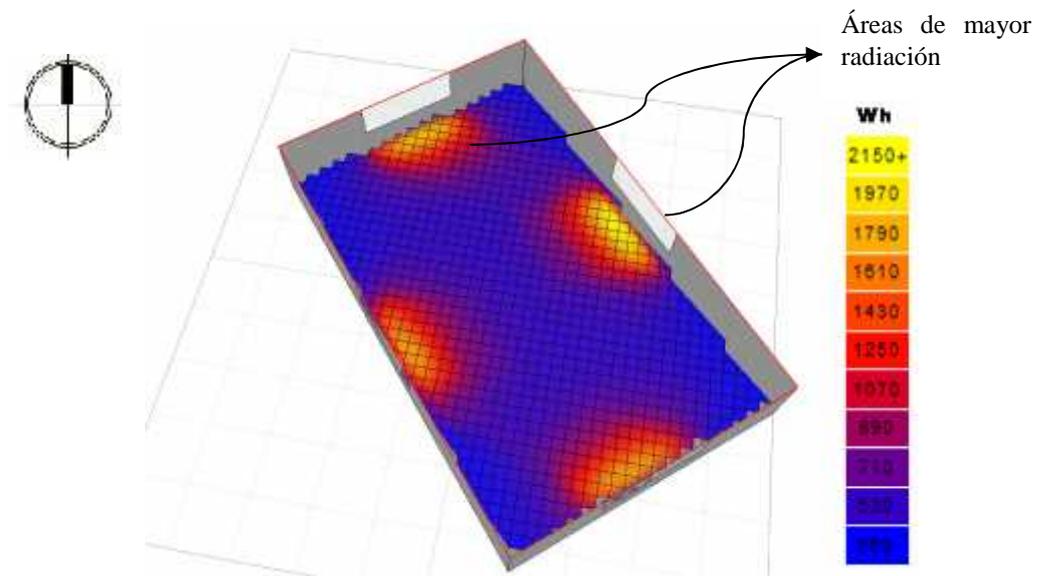
-) Se deberán ubicar los espacios de uso activo en las áreas de mayor radiación solar y los espacios de uso pasivo en las de menor radiación solar, con la finalidad de cumplir las necesidades térmicas.

Espacios de uso activo	Espacios de uso pasivo
) Áreas sociales y de trabajo) Áreas húmedas
) Áreas de descanso) Áreas no habitables

-) Para precisar la distribución de espacios se realizó un análisis de insolación que muestra las áreas de mayor radiación, se lo desarrollo en el software ecotect tomando en cuenta la orientación de 50°, los datos de localización del sector en un periodo de tiempo de 6:00 – 18:00 horas durante un año, lo que nos permitió dictaminar que las áreas que reciben mayor radiación solar durante el año son la NO y NE.

Ilustración 4.28. Análisis de insolación anual en el sector Amable María - Ciudad de Loja

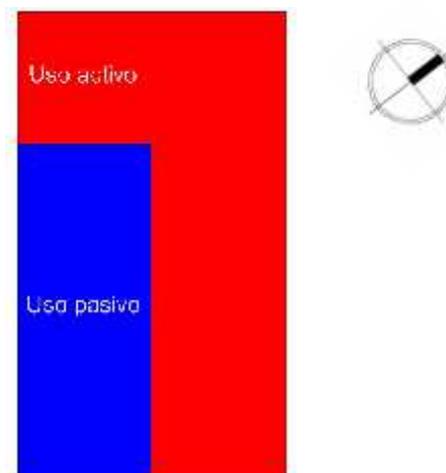
Análisis de Insolación



Fuente: Ecotect
Elaboración: La autora

Propuesta de distribución de espacios

Como se puede apreciar en el esquema, los espacios de uso activo se encuentran de color rojo ubicados en las áreas NE y NO que reciben la mayor cantidad de radiación solar, con la finalidad de captar el calor y mantenerlo durante el día. Así mismo los espacios de uso pasivo se encuentran de color azul en las áreas de menor radiación.



Fuente: La autora
Elaboración: La autora

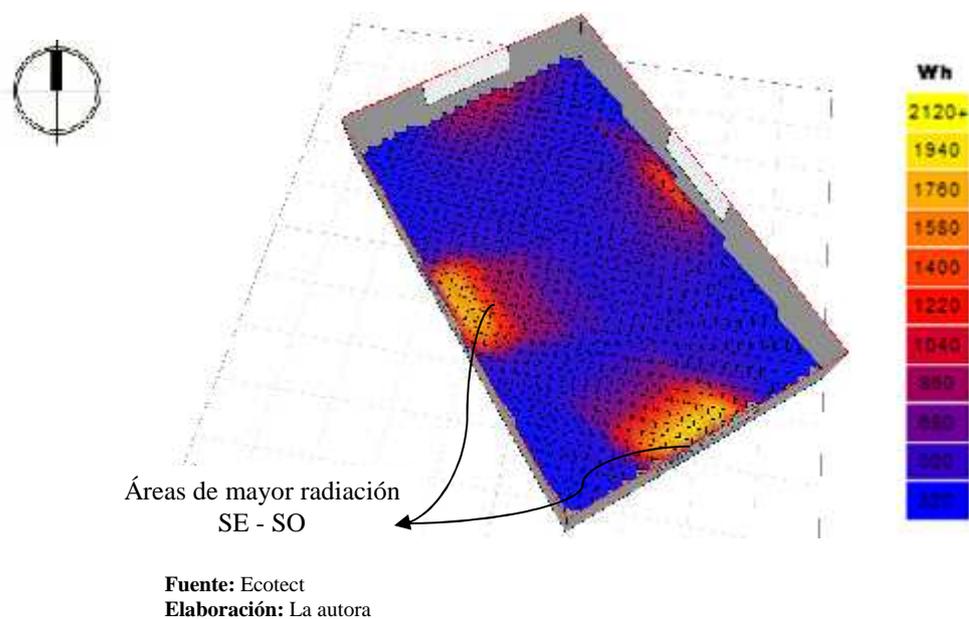
4.4. Ventanas

- **Orientación**

) En el análisis de insolación 4.30 realizado durante los solsticios podemos observar que durante el solsticio de verano las áreas que tienen mayor radiación son las suroeste y sureste lo que nos indica que en estas caras se debe generar la menor cantidad de aberturas a fin de evitar el sobrecalentamiento de la vivienda.

Ilustración 4.29. Simulación durante el solsticio de verano en el sector Amable María - Ciudad de Loja

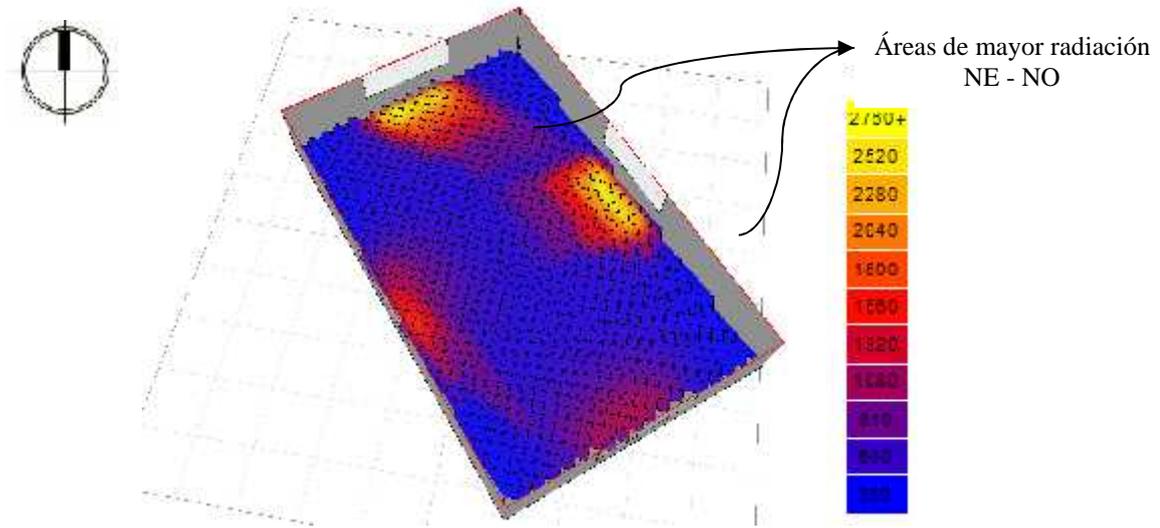
Análisis de Insolación



) Por otra parte en el análisis de insolación durante el solsticio de invierno podemos observar que las áreas que reciben mayor radiación solar son las noreste y noroeste lo que nos indica que en estas caras se debe generar la mayor cantidad de aberturas a fin de calentar la vivienda.

Ilustración 4.30. Simulación durante el solsticio de invierno en el sector Amable María - Ciudad de Loja

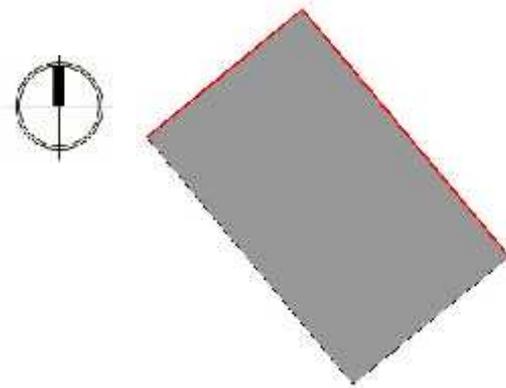
Análisis de Insolación



Fuente: Ecotect
Elaboración: La autora

Propuesta de orientación de ventanas

- La mayoría de ventanas deberán ir orientadas al NE y NO ya que son caras que reciben mayor radiación durante los meses más fríos, permitiéndonos maximizar ganancias solares para calentar la vivienda.



· Dimensionamiento de las ventanas

-) En cuanto a dimensionamiento de ventanas no se condiciona el diseño, únicamente se debe tomar en cuenta que la superficie acristalada represente el

35% con vidrio monolítico y el 60% con vidrio reflectante, de la superficie total de la fachada.

· **Control de pérdidas y ganancia de calor**

-) Las ventanas con doble acristalamiento deberán ir orientadas al SE Y SO a fin de evitar las pérdidas de calor durante los meses fríos que son junio, julio y agosto y a su vez se evitar un recalentamiento excesivo de la vivienda en los meses calurosos que son desde septiembre hasta diciembre.

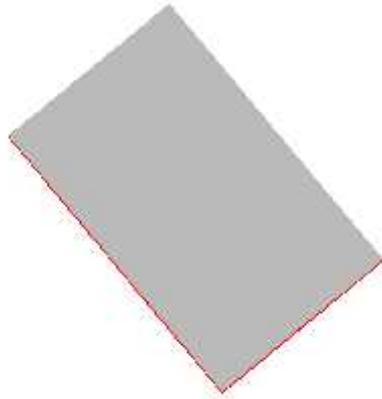
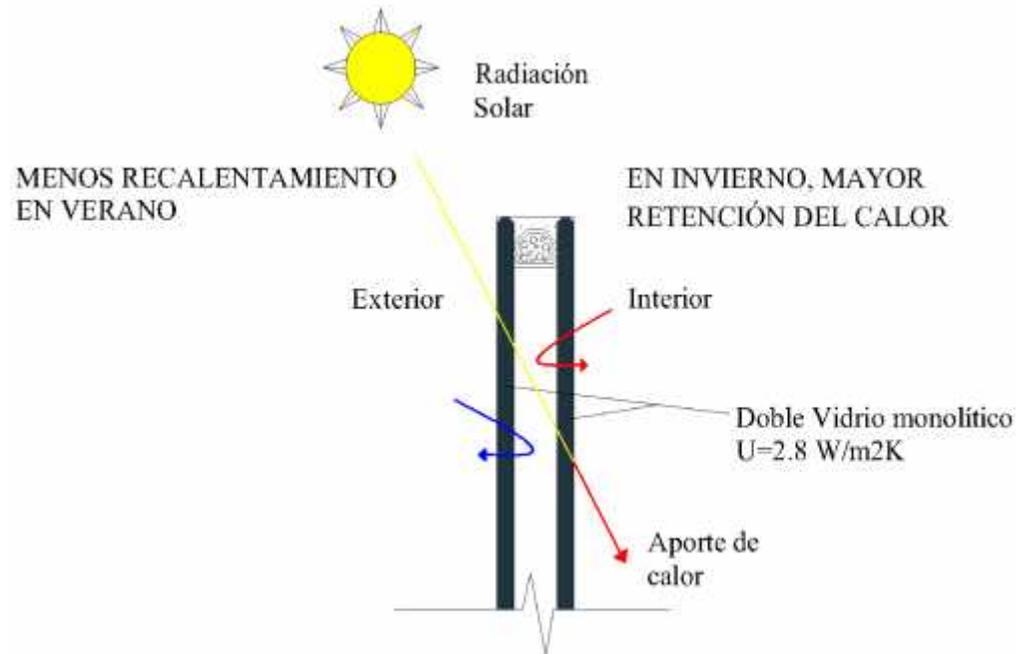


Ilustración 4.31. Funcionamiento de ventana con doble acristalamiento para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja



Fuente: La autora
Elaboración: La autora

Ilustración 4.32. Simulación térmica de ventana con doble acristalamiento para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja

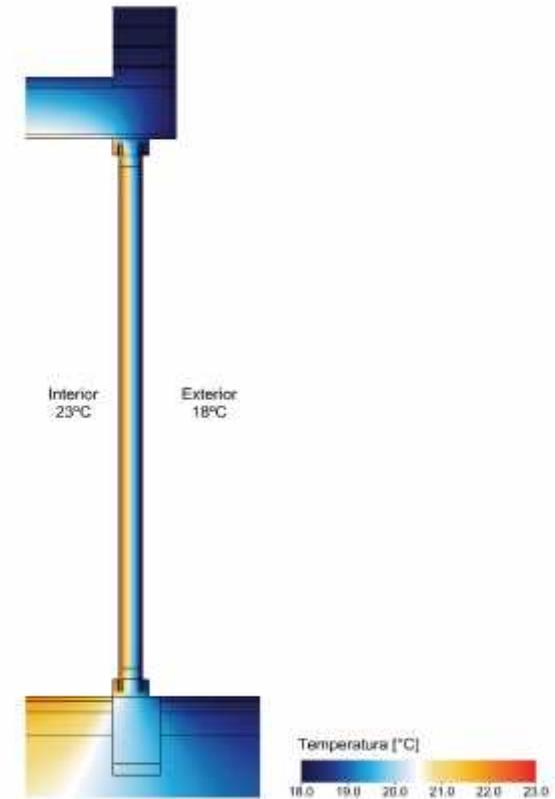
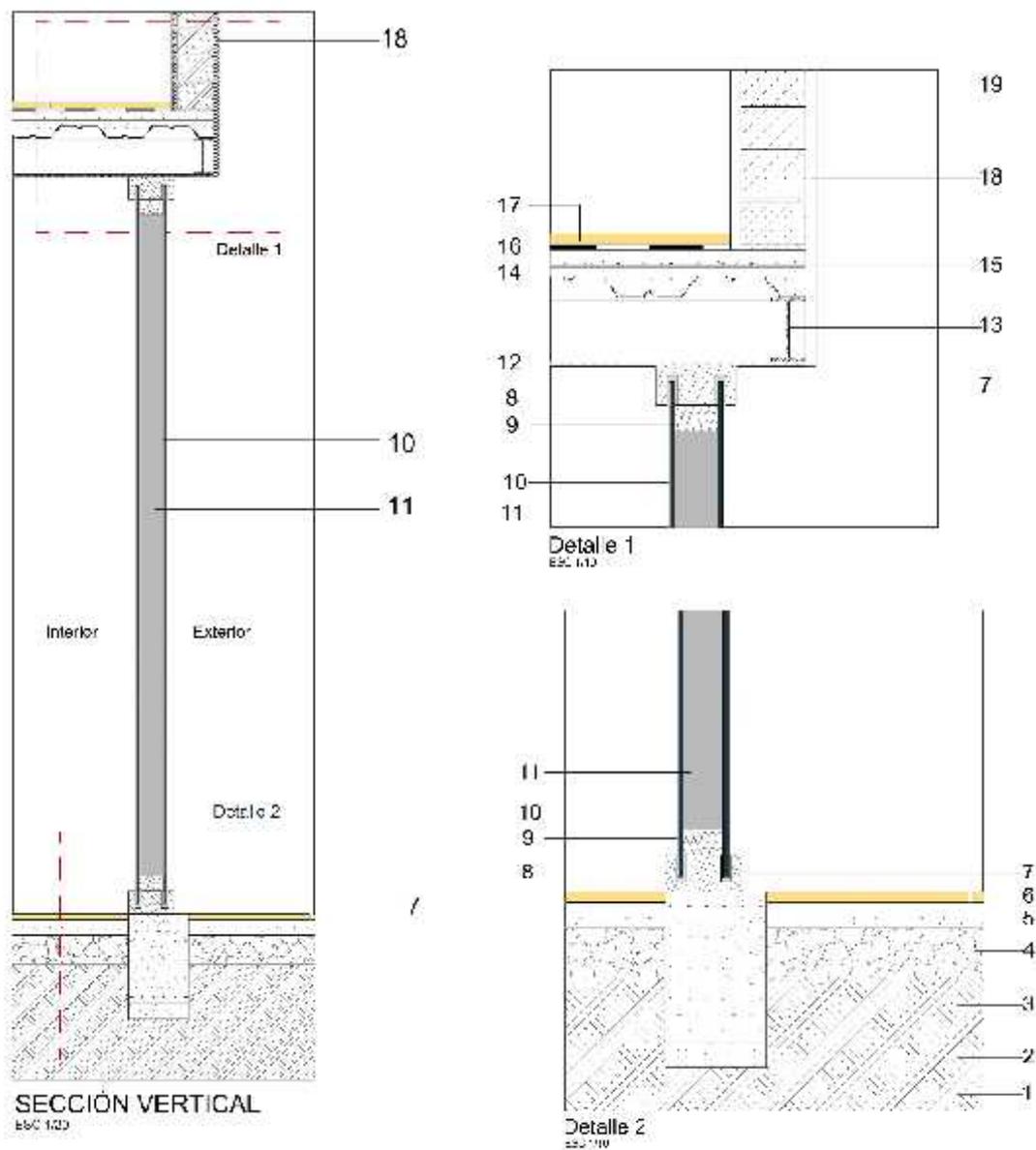


Ilustración 4.33. Detalle de ventana con doble acristalamiento para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja



- 1 Suelo natural
- 2 Replanteo H²S² f_c=180kg/cm², e=5cm
- 3 Fundido H²S² f_c=210kg/cm², h=30cm
- 4 Empedrado h=10cm
- 5 Contrapiso H²S² f_c=180kg/cm², e=5cm
- 6 Piso, baldosa cerámica
- 7 Carpintería de madera 10x5cm
- 8 Sellado, Silicona
- 9 Absorbente, fibra mineral
- 10 Vidrio monolítico e=8mm
- 11 Cámara de aire e=4mm
- 12 Tablero de Gypsum 2.77x1.22m, e=12mm
- 13 Perfil IPE 160mm
- 14 H²S² f_c=210kg/cm²
- 15 Malla electrosoldada
- 16 Aislamiento hidrófugo, membrana PVC
- 17 Porcelanato 40x40cm
- 18 Enlucido, mortero e=2cm
- 19 Ladrillo artesal 24x11.5x7cm

Fuente: La autora

Elaboración: La autora

- J) Las ventanas con cristal simple se deberán emplear en las fachadas NE y NO con la finalidad de obtener mayor ganancia solar durante las épocas de frío (junio, julio y agosto).

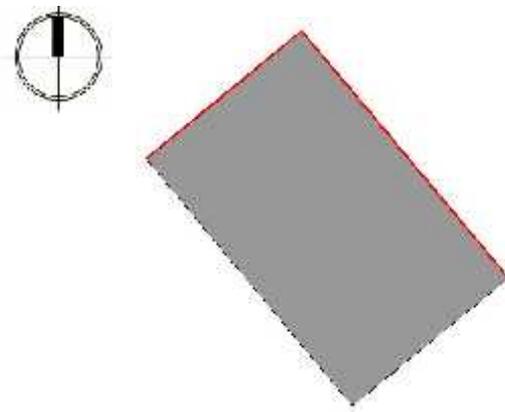
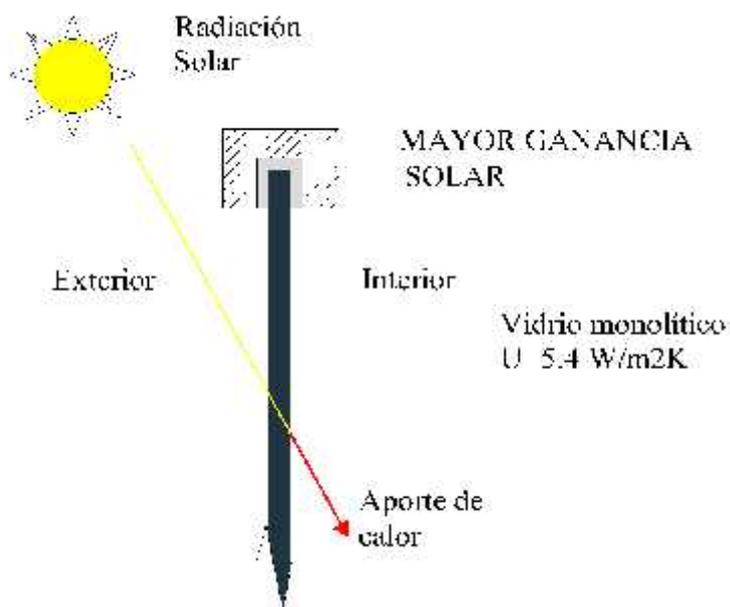


Ilustración 4.34. Funcionamiento de ventana con cristal simple para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja



Fuente: La autora
Elaboración: La autora

Ilustración 4.35. simulación térmica de ventana con cristal simple para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja

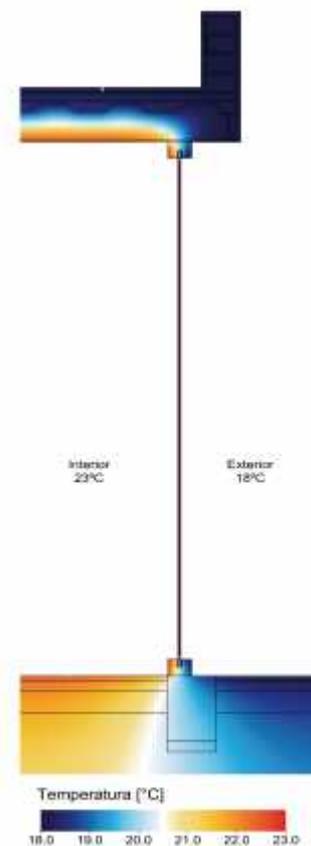
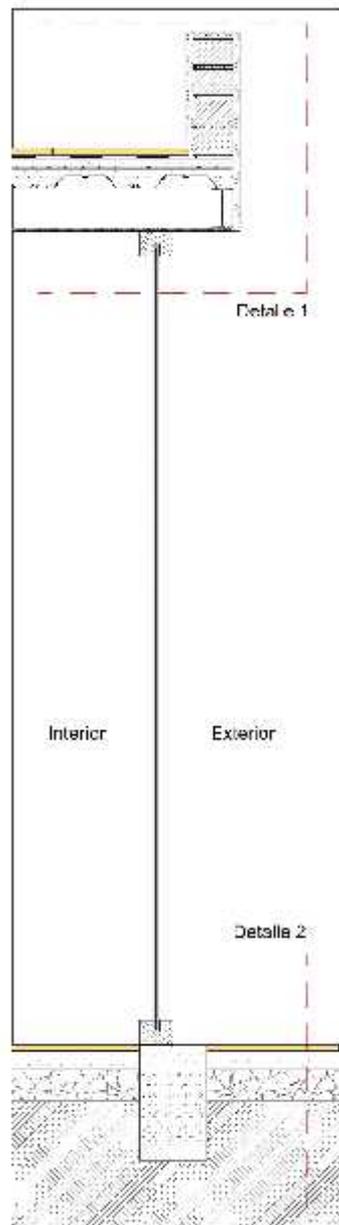
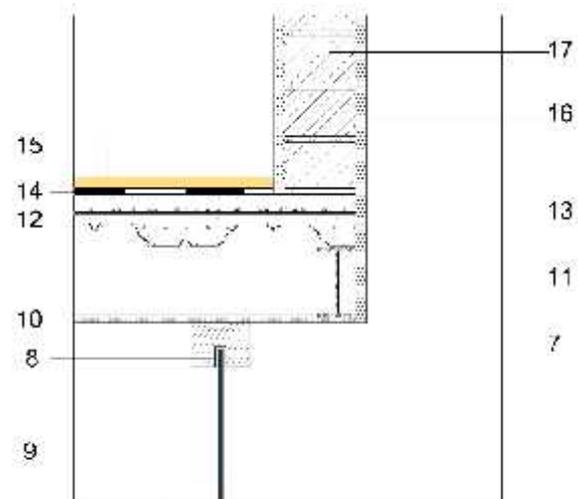


Ilustración 4.36. Detalle de ventana con cristal simple para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja



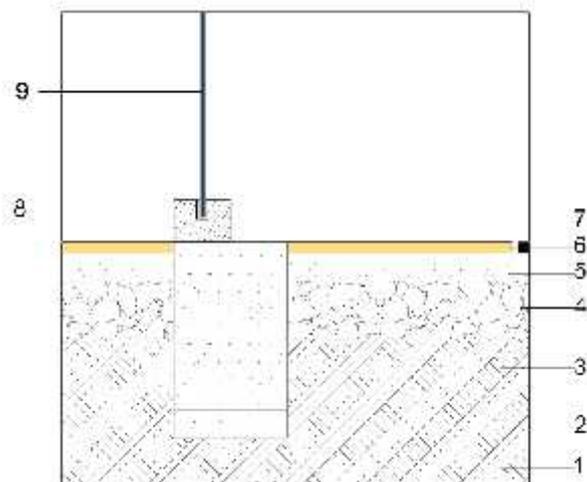
SECCIÓN VERTICAL

780-173



Detalle 1

830-610



Detalle 2

830-110

- 1 Suelo natural
- 2 Replanteo I H°S° f'c=180kg/cm², e=5cm
- 3 Fundido H°S° f'c=210kg/cm², h=30cm
- 4 Empedrado h=10cm
- 5 Contrapiso H°S° f'c=180kg/cm², e=5cm
- 6 Piso, baldosa cerámica
- 7 Carpintería de madera 10x7.5cm
- 8 Sellado, Silicona
- 9 Vidrio monolítico, e=10mm
- 10 Tablero de Gypsum 2.44x1.22m, c=12mm
- 11 Perfil IPF 160mm
- 12 H°S° f'c=210kg/cm²
- 13 Malla electrosoldada
- 14 Aislamiento hidrófugo, membrana PVC
- 15 Porcelatanato 40x40cm
- 16 Enlucido, mortero e=2cm
- 17 Ladrillo artesal 24x11.5x7cm

Fuente: La autora

Elaboración: La autora

- **Materialidad**

Descripción	% de Transmisión directa de calor radiante	Coefficiente U W/m ² k	% de Transmisión de Luz
Vidrio Monolítico	0.83	5.4 – 5.8	88
Doble Acristalamiento Monolítico	0.72	2.8 – 3.0	78
Vidrio Reflectante	<0.40	<5.4	<70

Material del Marco	Coefficiente U W/m ² k
Madera: grosor medio > 80mm	1.6
Madera: grosor medio 50 - 80mm	2.0
Madera: grosor medio < 80mm	2.8

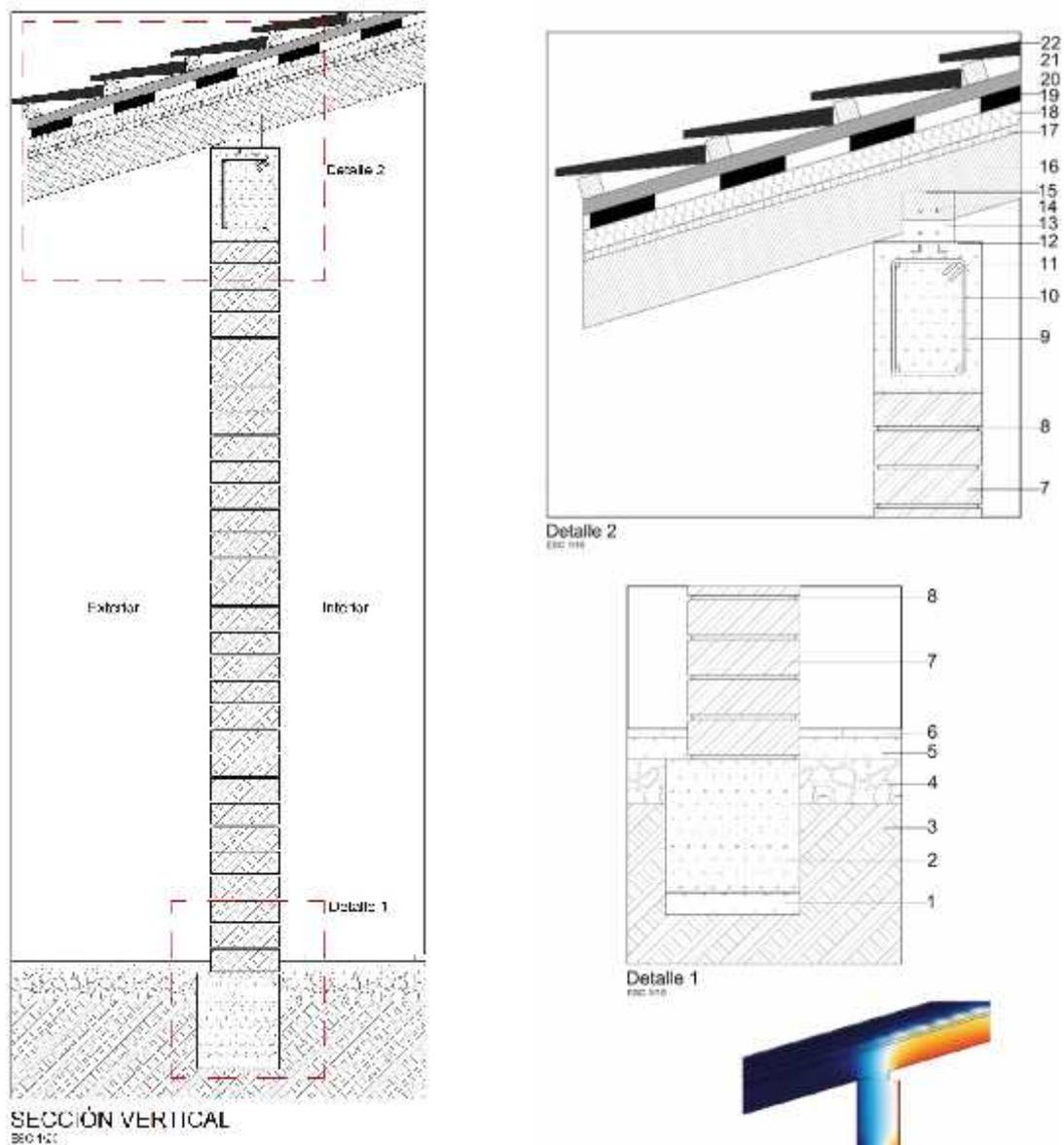
- **Aislamiento térmico**

- **Cubierta**

) La cubierta deberá ser medianamente inclinada con una pendiente del 25% hasta 35% con planos en dos direcciones o inclinada al este, esta también puede ser plana.

) El coeficiente de transferencia térmica máximo en cubiertas para el sector debe ser de $U=1.5$ W/m²k; para conseguir este valor se deberá incluir aislamiento térmico tanto para reducir la pérdida de calor como para mantener los espacios interiores a una temperatura superior.

Ilustración 4.37. Detalle y simulación térmica de cubierta inclinada para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja

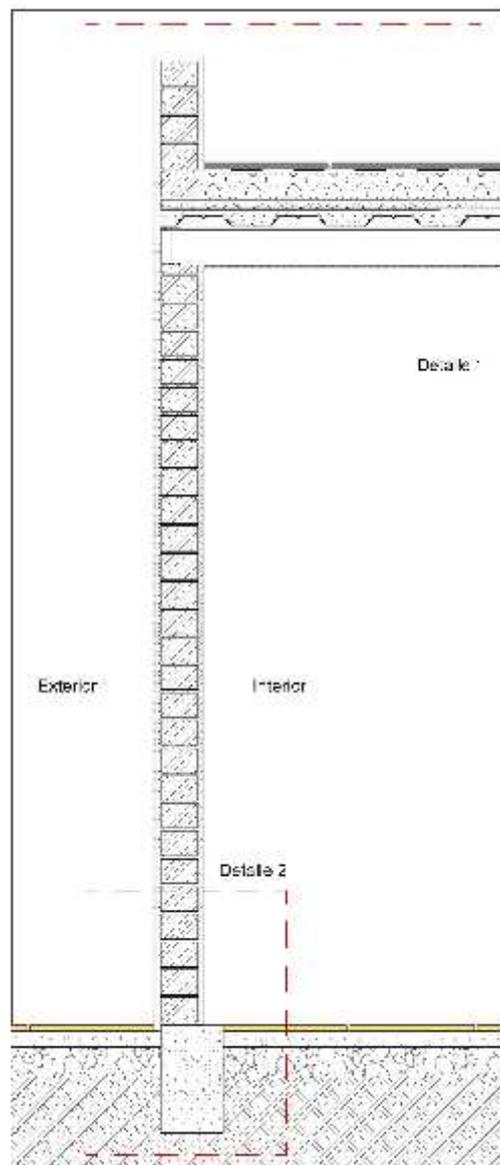


- 1 Replanteo H²S² f_c=180kg/cm², e=5cm
- 2 Fundido H²S² f_c=210kg/cm², η=30cm³
- 3 Suelo natural
- 4 Empedrado h=10cm
- 5 Contrapiso H²S² f_c=180kg/cm², e=5cm
- 6 Piso, baldosa cerámica
- 7 Adrillo artesanal 24x11.5x7cm
- 8 Mortero e=2cm
- 9 H²S² f_c=210kg/cm²
- 10 Estrito
- 11 Alero
- 12 Placa de apoyo e=10mm
- 13 Placa tipo L
- 14 Pernos de anclaje
- 15 Solera de madera 12x12cm
- 16 Viga de macora 15x10cm
- 17 Tablero OSB, e=10mm
- 18 Aislamiento térmico, fibra mineral e=5cm
- 19 Aislamiento hidrófugo, membrana PVC
- 20 Lamina impermeabilizante, polietileno de alta densidad
- 21 Rastros de madera 5x5cm
- 22 Teja colonial

Fuente: La autora

Elaboración: La autora

Ilustración 4.38. Detalle y simulación térmica de cubierta plana para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja

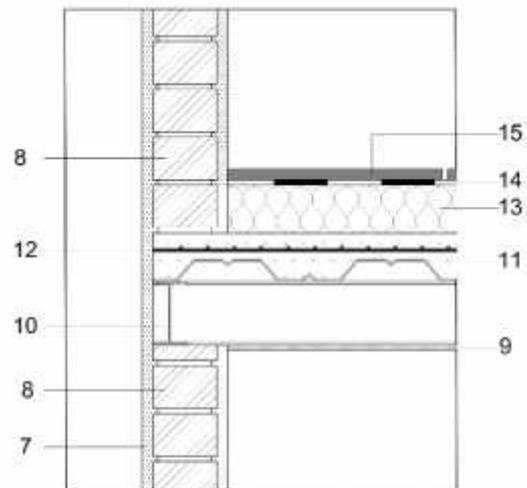


SECCIÓN VERTICAL

ESG 1/50

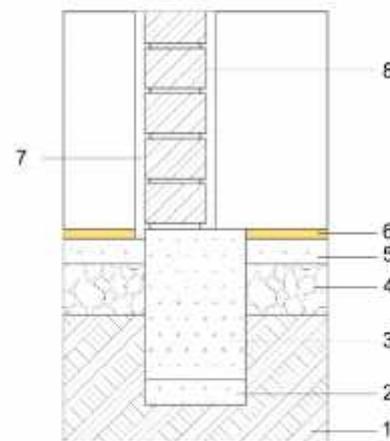
- 1 Suelo natural
- 2 Rep. antillo H°S° f_c=180kg/cm², e=5cm
- 3 Fundido H°S° f_c=210kg/cm², h=30cm
- 4 Empedrado h=10cm
- 5 Contrapiso H°S° f_c=180kg/cm², e=5cm
- 6 Piso, baldosa cerámica
- 7 Enlucido, mortero c=2cm
- 8 Ladrillo artesal 24x11.5x7cm
- 9 Tablero de Gypsum 2.44x1.22m, e=12mm
- 10 Perfil IPE 180mm
- 11 H°S° f_c=210kg/cm²
- 12 Malla electrosoldada
- 13 Aislamiento fibra mineral c=6cm
- 14 Aislamiento hidrófugo, membrana PVC
- 15 Porcelanato 40x40cm

Fuente: La autora
Elaboración: La autora



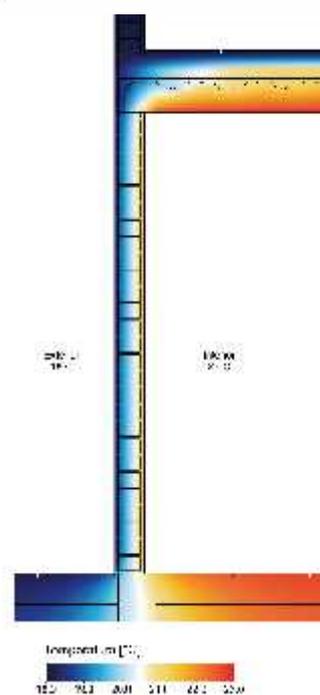
Detalle 1

ESG 1/50



Detalle 2

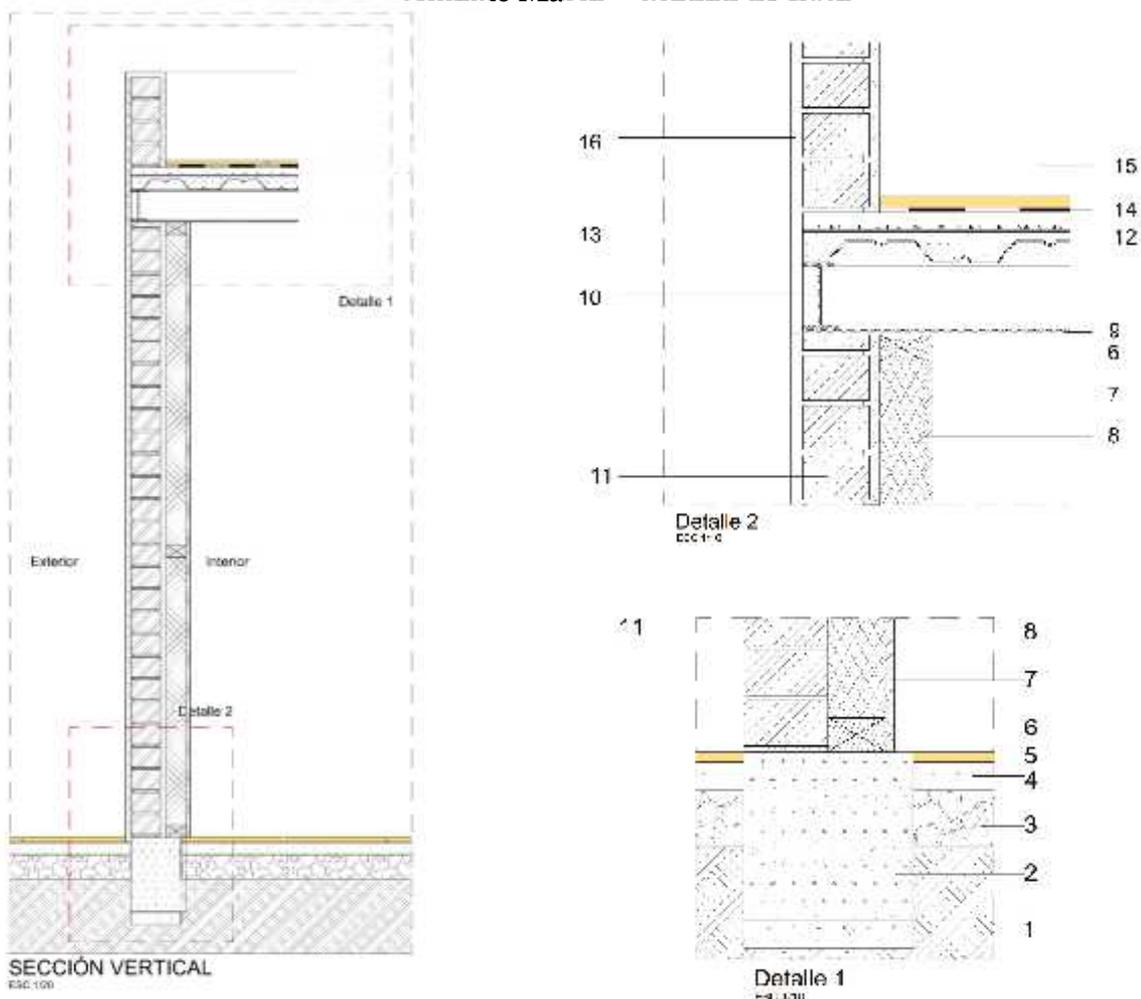
ESG 1/10



· **Paredes**

-) El aislamiento interior es el recomendable para el sector Amable María ya que la temperatura es intermitente, y mediante este sistema los espacios no tardaran en calentarse o enfriarse. El coeficiente de transferencia máximo en paredes deberá ser de $U=2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ilustración 4.39. Detalle de pared + aislamiento para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loia



- 1 Replanteo H°S° $f_c=180\text{kg/cm}^2$, $e=5\text{cm}$
- 2 Fundido H°S° $f_c=210\text{kg/cm}^2$, $h=30\text{cm}$
- 3 Empedrado $h=10\text{cm}$
- 4 Contrapiso H°S° $f_c=180\text{kg/cm}^2$, $e=5\text{cm}$
- 5 Piso, baldosa cerámica
- 6 Listón de madera $10\times 6\text{cm}$
- 7 Tablero OSB, $e=18\text{mm}$
- 8 Aislante, fibras de madera
- 9 Tablero de Gypsum $2.44\times 1.22\text{m}$, $e=12\text{mm}$
- 10 Perfil IPE
- 11 Ladrillo artesanal $24\times 11.5\times 7\text{cm}$
- 12 H°S° $f_c=210\text{kg/cm}^2$
- 13 Mallá electrosoldada
- 14 Aislamiento hidrofugo
- 15 Porcelanato 40×40
- 16 Enlucido, mortero $e=2\text{cm}$

Fuente: La autora

Elaboración: La autora

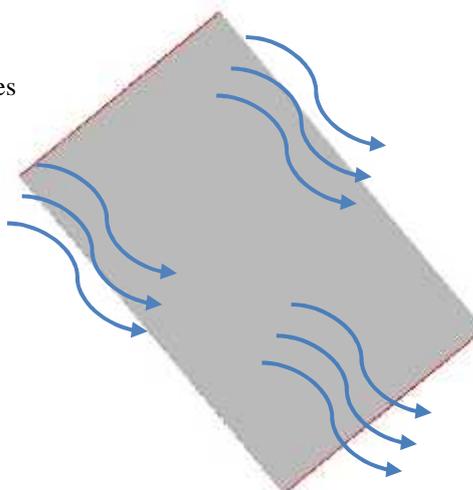
· **Materialidad**

Materiales aislantes	Conductividad Térmica W/mK
Poliestileno Expandido	0.036 – 0.038
Poliestileno Extruido	0.025 – 0.040
Poliuretano	0.023 – 0.025
Manta fibra de vidrio	0.04
Manta fibra mineral	0.03 – 0.05
Fibras de madera	0.037 – 0.047

4.5. Ventilación

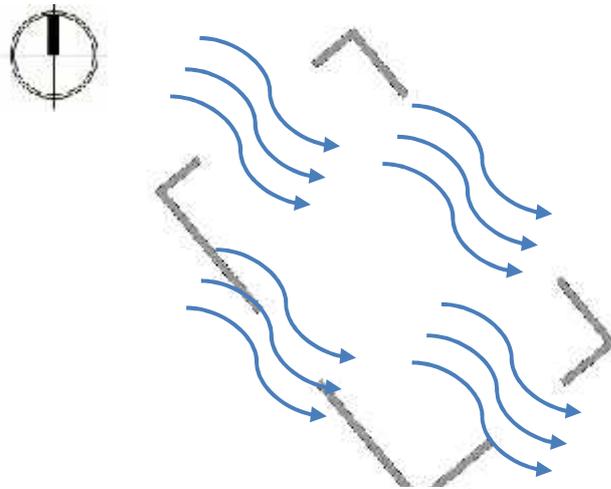


Vientos
dominantes



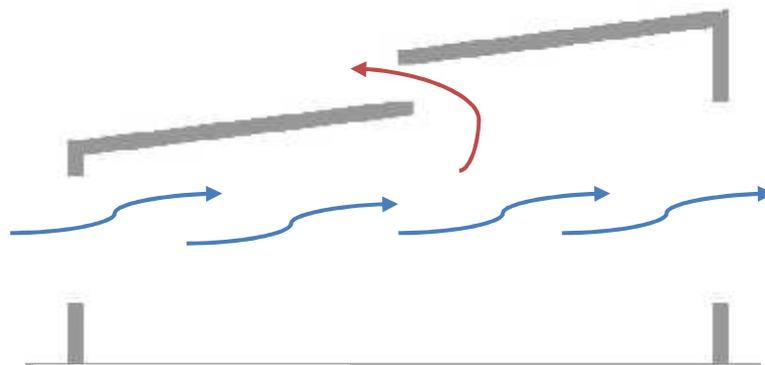
-) La cara de menor tamaño estará ubicada en dirección a los vientos dominantes a fin de evitar la excesiva ventilación.
-) Para ventilar y purificar el aire se sugiere generar un jardín central, el mismo que actuara como regulador de la temperatura, evitando el sobrecalentamiento de la vivienda.

Ilustración 4.40. Ventilación en planta para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja



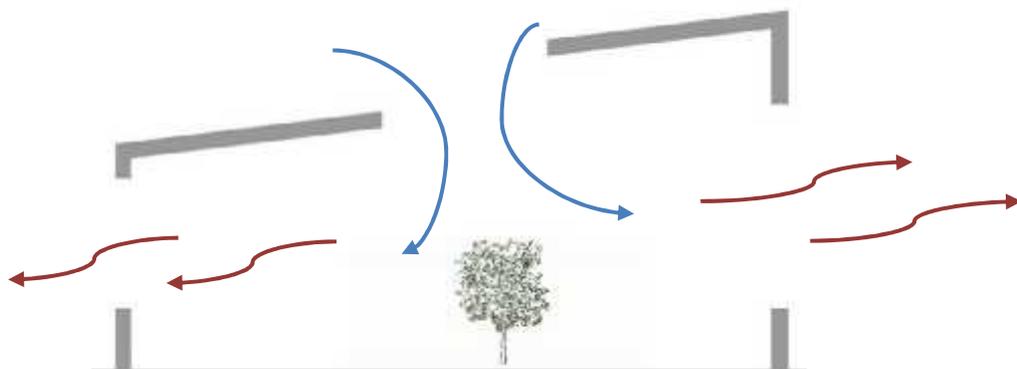
Fuente: La autora
Elaboración: La autora

Ilustración 4.41. Ventilación en elevación para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja



Fuente: La autora
Elaboración: La autora

Ilustración 4.42. Ventilación en jardín central para viviendas en el sector Amable María – Ciudad de Loja



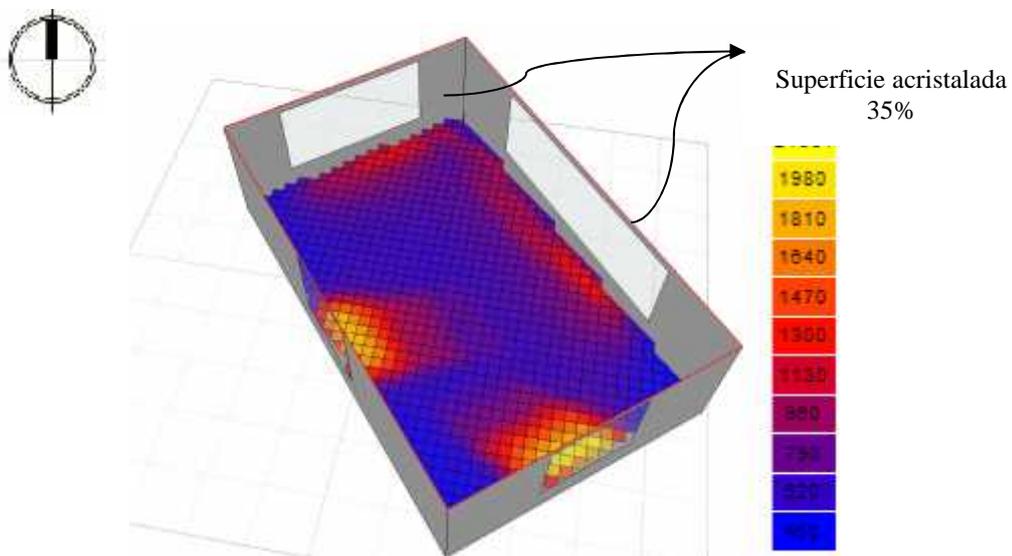
Fuente: La autora
Elaboración: La autora

4.6. Protección solar

-) La simulación durante el solsticio de verano determina la necesidad de protección solar en las ventanas de las caras SE y SO, que como antes se mencionó son las caras que deben tener menor cantidad de aberturas debido a la gran incidencia solar durante este periodo.

Ilustración 4.43. Simulación durante el solsticio de verano en el sector Amable María - Ciudad de Loja

Análisis de Insolación

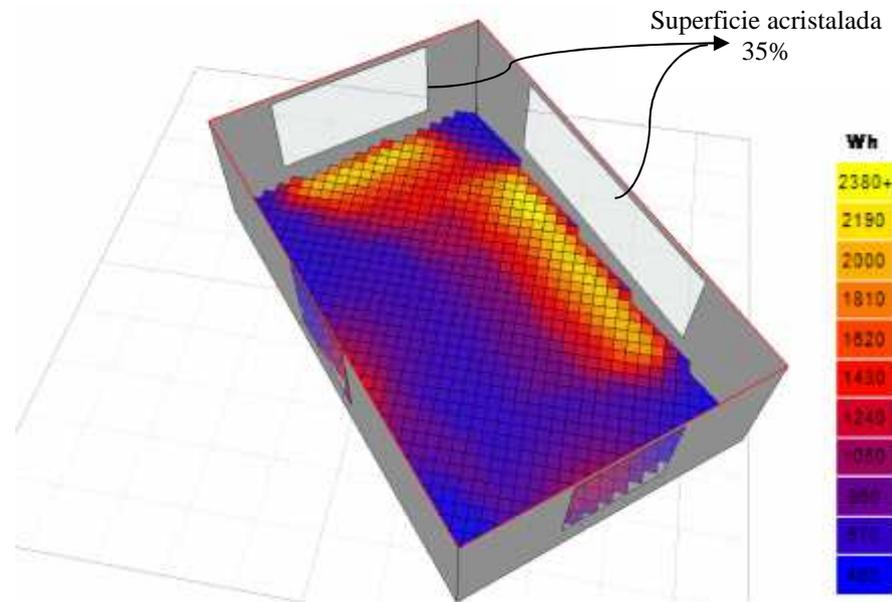


Fuente: La autora
Elaboración: La autora

-) En la simulación del solsticio de invierno podemos observar como las fachadas NE y NO reciben la mayor cantidad de radiación solar, la misma que es necesaria para el calentamiento de la vivienda durante este periodo de frío. Únicamente se recomienda el uso de protección solar.

Ilustración 4.44. Simulación durante el solsticio de invierno en el sector Amable María - Ciudad de Loja

Análisis de Insolación

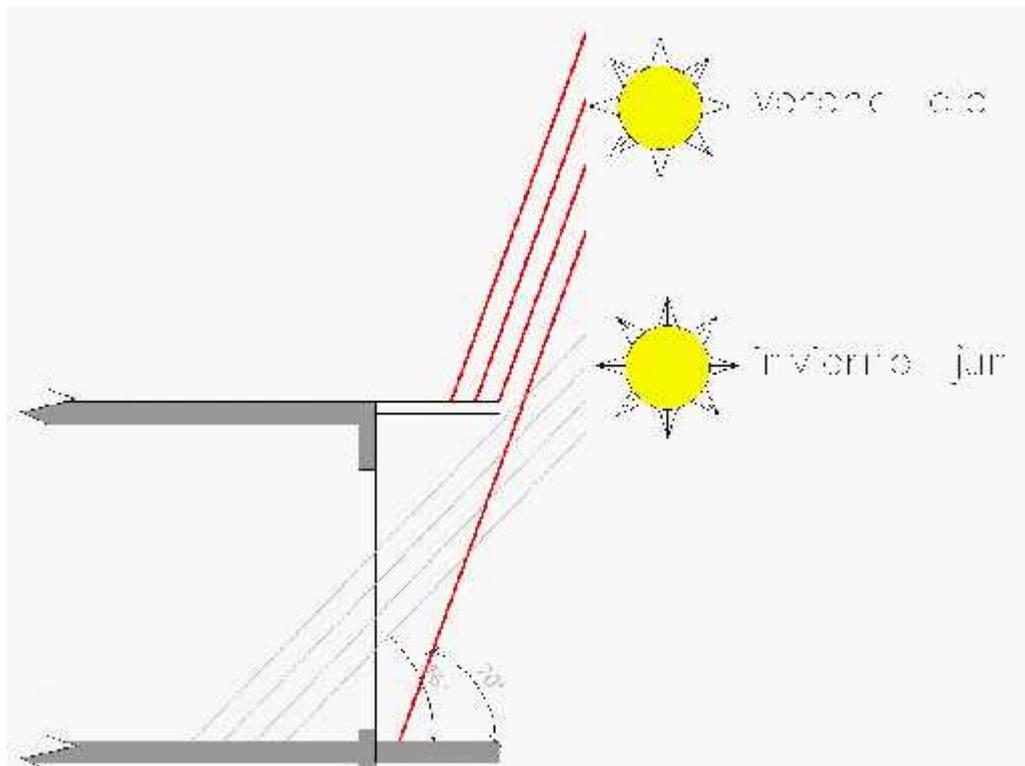


Fuente: La autora

Elaboración: La autora

-) Para el diseño de la protección solar se emplearán los ángulos solares de verano (70°) e invierno (46°) del sector, lo que nos permitirá tener una referencia del tamaño de la protección solar de acuerdo a los ángulos antes mencionados.
-) Se dibujó un muro con los ángulos antes mencionados llegando a la conclusión que la protección solar no debe ser menor a 0.80m.

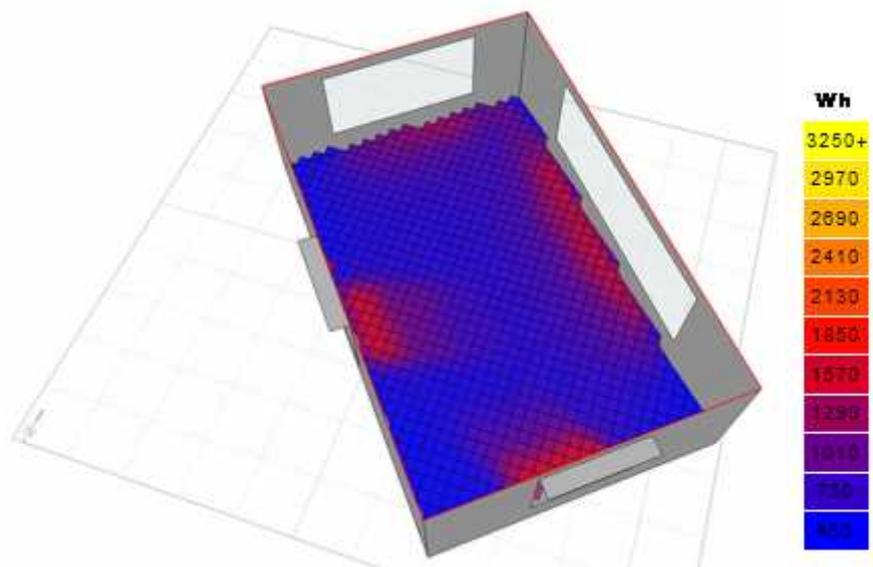
Ilustración 4.45. Dimensionamiento de protección solar de acuerdo a los ángulos solares del sector Amable María - Ciudad de Loja



Fuente: La autora
 Elaboración: La autora

Ilustración 4.46. Validación de protección solar durante el solsticio de verano en el sector Amable María - Ciudad de Loja

Análisis de Insolación



Fuente: La autora
 Elaboración: La autora

-) El diseño arquitectónico no se debe ver condicionado en su aspecto formal dependerá del diseñador la elección del elemento de protección solar. Ver tabla de estrategias 2.

4.7. Colores

-) Se recomienda que el color usado en las paredes exteriores tenga índices de reflexión inferiores al 40%.

Reflexión de radiación solar en función del color de la superficie

Color	% reflejado
Gris cemento	32
Anaranjado	25-30
Beige	25
Verde vegetal	20
Ladrillo	18
Rojo	16
Negro	5

4.8. Invernadero y Muro trombe

-) Para el sector Amable María tanto el muro trombe como el invernadero es recomendable ubicar en las caras NE y NO para maximizar las ganancias solares.

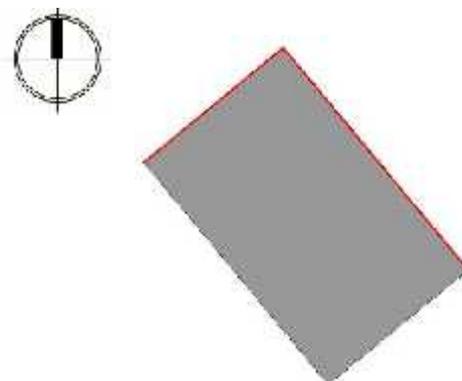
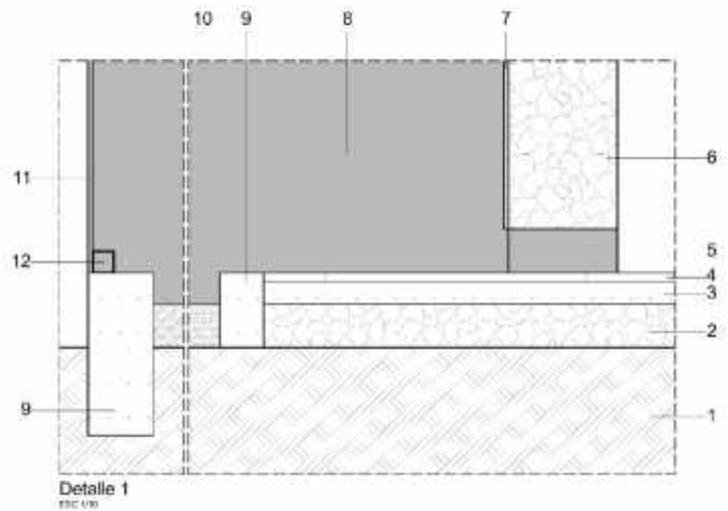
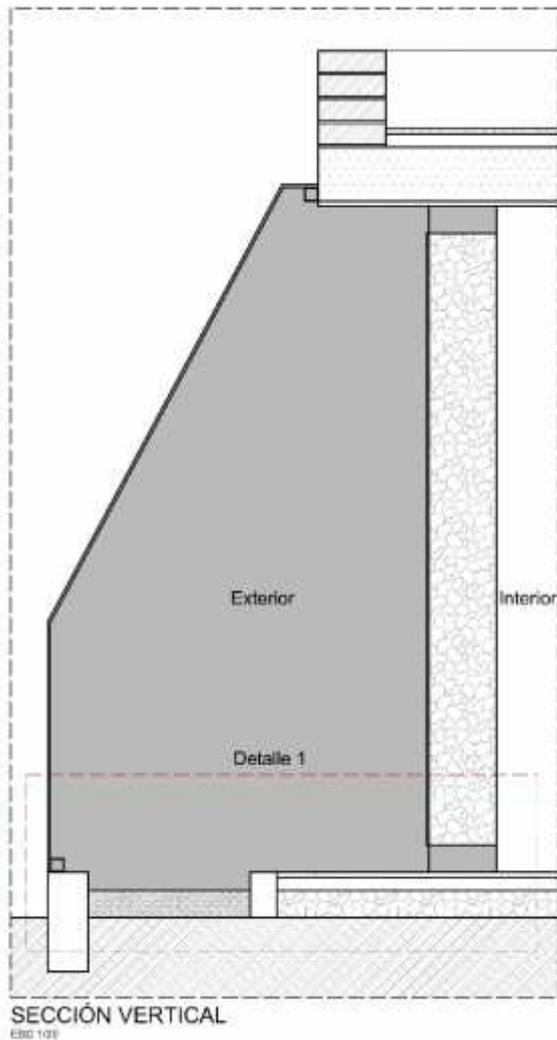
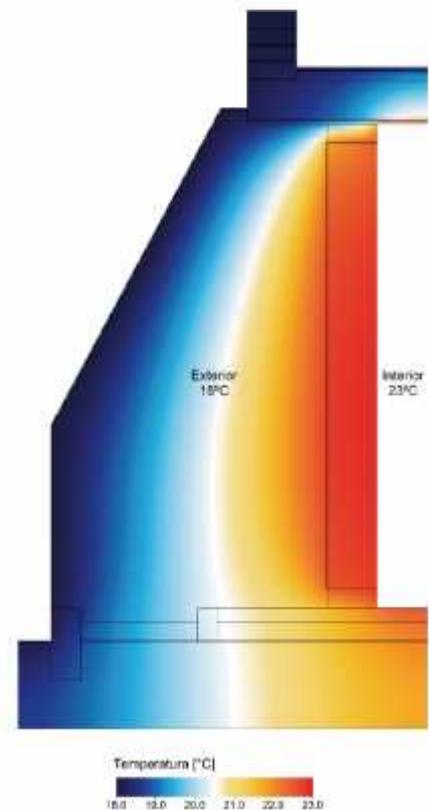


Ilustración 4.47. Detalle y simulación térmica de invernadero

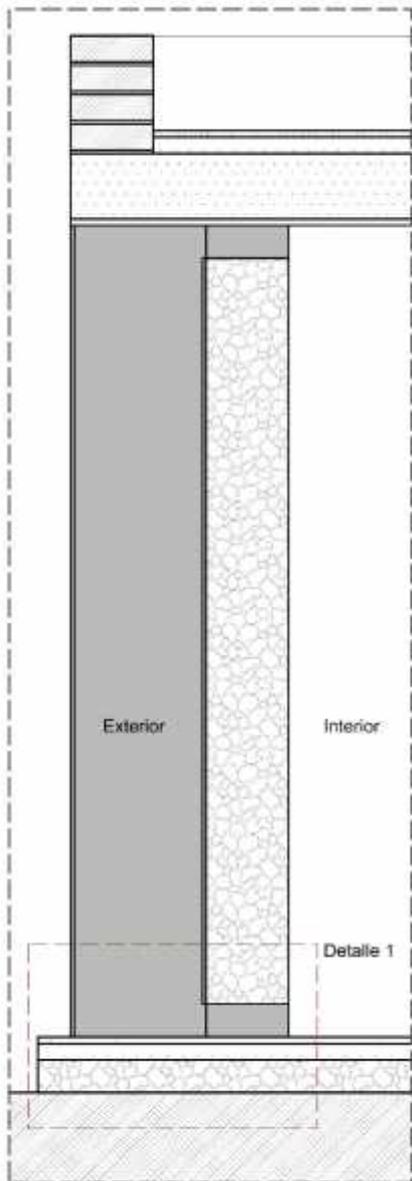


- 1 Suelo natural
- 2 Empedrado $h=10\text{cm}$
- 3 Contrapiso $\text{H}^{\circ}\text{S}^{\circ}$ $f_c=180\text{kg}/\text{cm}^2$, $e=5\text{cm}$
- 4 Piso, baldosa cerámica
- 5 Orificio para transferencia de calor $50\times 50\text{cm}$
- 6 Muro de gran inercia térmica, $e=25\text{cm}$
- 7 Película de color negro, absorción de rayos solares
- 8 Área vacía, acumulación de calor invernadero
- 9 Muro de $\text{H}^{\circ}\text{S}^{\circ}$ $f_c=210\text{kg}/\text{cm}^2$
- 10 Grava, $e=10\text{cm}$
- 11 Vidrio, $e=10\text{mm}$
- 12 Carpintería de acero $50\times 50\times 2\text{mm}$



Fuente: La autora
Elaboración: La autora

Ilustración 4.48. Detalle y simulación térmica de muro trombe

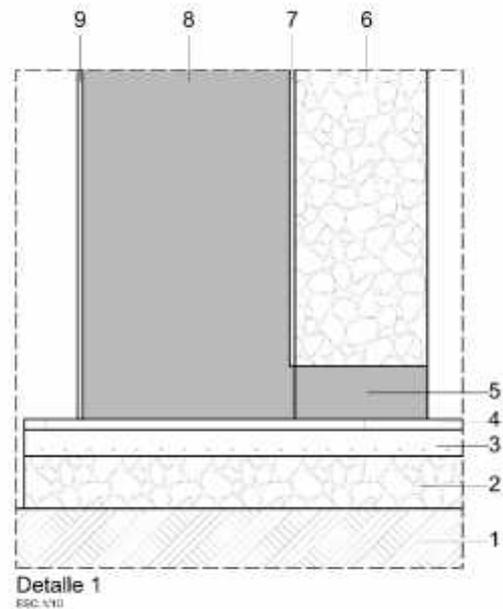


SECCIÓN VERTICAL

ESC. 1/20

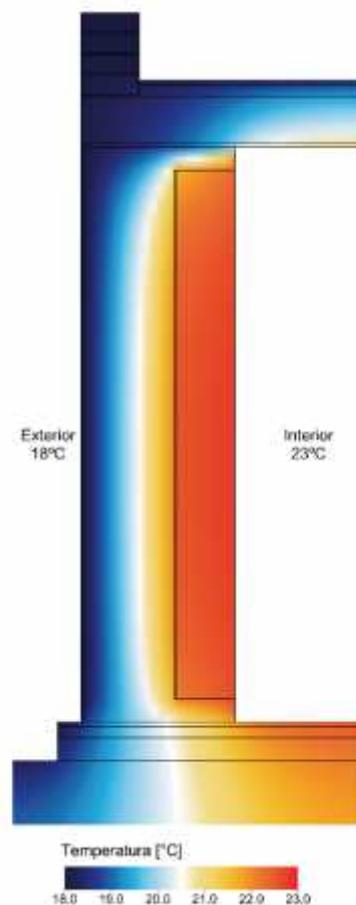
- 1 Suelo natural
- 2 Empedrado h=10cm
- 3 Contrapiso H°S° f_c=180kg/cm², e=5cm
- 4 Piso, baldosa cerámica
- 5 Orificio para transferencia de calor 50x50cm
- 6 Muro de gran inercia térmica, e=25cm
- 7 Película de color negro, absorción de rayos solares
- 8 Área vacía, acumulación de calor a=40cm
- 9 Paneles de vidrio, e=8mm

Fuente: La autora
Elaboración: La autora



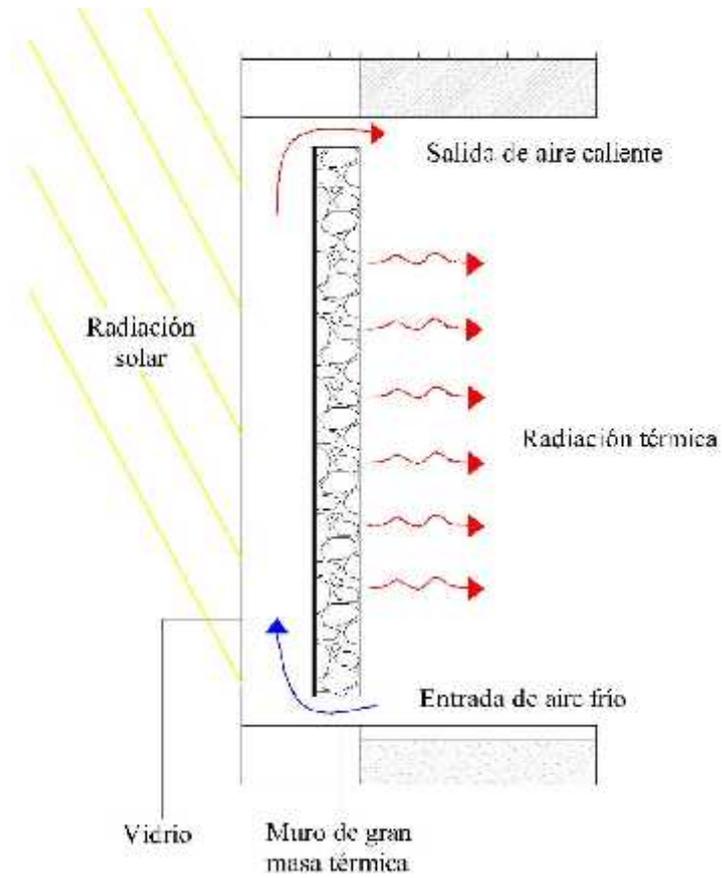
Detalle 1

ESC. 1/10



Temperatura [°C]

18.0 19.0 20.0 21.0 22.0 23.0

Ilustración 4.49. Funcionamiento muro trombe

Fuente: La autora
Elaboración: La autora

CONCLUSIONES

-) Los sistemas solares pasivos requieren poco o ningún costo para la realización de su trabajo, su mantenimiento es muy reducido y no emiten gases de efecto invernadero durante su funcionamiento.

-) Los parámetros ambientales que se tomaron en cuenta para el estudio de confort térmico en las viviendas son: temperatura del aire, temperatura radiante, velocidad del viento y humedad relativa, citados en de la normativa ecuatoriana de la construcción 2011.

-) En el análisis del confort térmico de las viviendas, se llegó a la conclusión que el material que posee las mejores propiedades térmicas es el adobe, pero a su vez también podemos determinar que al ladrillo dándole un tratamiento mediante aislantes se convierte en un material óptimo.

-) De acuerdo a la investigación realizada se determinó que las estrategias necesarias para nuestro entorno son de ganancia solar y control solar, ya que el clima de la ciudad de Loja no presenta grandes cambios de temperatura.

-) Las estrategias de diseño propuestas únicamente se pueden emplear en viviendas aisladas, que no posean condicionamientos tales como viviendas adosadas u otros elementos arquitectónicos que obstruyan el paso de la radiación solar.

-) La mejor forma de comprobar si las estrategias aplicadas a las viviendas funcionan o no, es una vez ya construida, pero a través del conocimiento de los factores que se analizaron se puede guiar el proceso de diseño para llegar al objetivo.

-) El mecanismo de comprobación informático en este caso ecotect, ha sido de fundamental ayuda, ya que gracias a este se ha podido llegar a determinar la orientación que es uno de los factores más importantes ya que nos asegura el correcto funcionamiento de las estrategias propuestas.

-) Finalmente se puede concluir que los sistemas solares pasivos son los más adecuados para el clima de la ciudad de Loja.

RECOMENDACIONES

- J Es primordial que al diseñar se tomen en cuenta los parámetros y criterios de diseño propuestos por la normativa ecuatoriana de la construcción 2011.

- J Para emplear las estrategias propuesta en otras situaciones como viviendas adosadas de lado y lado o viviendas adosadas a un lado, se recomienda hacer un análisis de los factores influyentes ya que estos varían de acuerdo a cada situación.

- J Se recomienda hacer un análisis de los factores naturales de cada lugar en el que se va a emplazar el diseño, ya que el clima varía de un sector a otro en la ciudad de Loja.

- J Se necesita hacer campañas de concientización e información acerca de la importancia de habitar viviendas que brinden confort térmico, y como estas pueden mejorar significativamente la calidad de vida de sus usuarios.

ANEXOS

Anexo 1 – Ficha

FICHA PARA EL ANÁLISIS DE CONFORT TÉRMICO DE LAS VIVIENDAS

I. DATOS GENERALES			
Domicilio:			
Sector:			
II. DATOS TEMPORALES			
Fecha:		Hora:	
III. INFORMACIÓN DE LA VIVIENDA			
a. Tipo de vivienda	Casa ---- Departamento ---- Mediagua ---- Cuarto ---- Otra -- --		
b. Material de la cubierta	Hormigón ---- Asbesto ---- Zinc ---- Teja ---- Otro ----		
c. Material del piso	Madera ---- Cemento ---- Cerámica ---- Tierra ---- Otro		
d. Material de las paredes	Ladrillo ---- Madera ---- Adobe ---- Bloque ---- Otro ----		
IV. INFORMACIÓN DEL HABITANTE			
e. Tipo de ropa	Desnudo ---- Ligera ---- Media ---- Pesada ----		
f. Nivel de actividad	Sedentario ---- Medio ---- Alto ----		
V. DATOS DE MONITOREO			
Periodo de tiempo	9:30 – 10:30 am	2:30 – 3.30 pm	6:30 – 7:30 pm
Velocidad del viento m/s			
Temperatura del aire °C			
Temperatura radiante °C			
Humedad relativa %			

BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Admin. (2009). *Conceptos y técnicas de la arquitectura bioclimática*. Argentina: El Cid Editor.

Amparo Vilches, D. G. (2008). *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*.
Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-00132008000200009&script=sci_arttext

Arosemena, G. (2012). *Agricultura urbana: espacios de cultivo para una ciudad sostenible*. Barcelona: Gustavo Gili.

Arredondo Zambrano, C. E. (2013). *Manual de vivienda sustentable: principios basicos de diseño*. Mexico: Trillas.

Carrasco, F. (Diciembre de 2011). *Scribd*. Recuperado el 17 de marzo de 2015, de <http://es.scribd.com/doc/82704044/La-Evolucion-de-la-Vivienda-junto-a-las-Necesidades-Humanas-Habitamos-o-nos-hacen-habitar-Escolar>

Certificación energética Salamanca. (05 de 03 de 2015). *Certificacion energetica de edificios, viviendas unifamiliares, pisos, oficinas y locales en Salamanca*. Obtenido de Calefacción Solar. Sistemas pasivos de calentamiento 1. Arquitectura bioclimática en Salamanca: <http://www.certificacionenergeticasalamanca.com/2013/03/05/sistemas-pasivos-de-calentamiento-arquitectura-bioclim%C3%A1tica-en-salamanca/>

Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. (06 de 04 de 2011). *Eficiencia energética en la construcción en Ecuador*. Recuperado el 20 de 04 de 2015, de Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011: <http://red-lac-ee.org/institucion-ee/nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

Cristina Paredes Benitez, Lorena Farraz Perez, Sergi Costa Duran. (2014). *Arquitectura Sostenible*. Lexus Editores.

Dreher, A. D. (2005). *Douglas Dreher arquitectos, Arquitectura, Diseño y Urbanismo*. Obtenido de <http://www.douglasdreher.com/servicios.asp>

Elías Castells, X. (2012). *La vivienda y el confort*. Ediciones Díaz de Santos.

- ENNE Arquitectos . (2014). *ENNE Arquitectos* . Obtenido de Groen : <http://ennearquitectos.com/portafolio/groen.html>
- Geosol*. (09 de 08 de 2015). Obtenido de Slide Share: http://es.slideshare.net/pako_222/4-geosol
- Hernández Pezzi, C. (2007). *Un Vitruvio ecológico: Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Importancia.Org*. (2013). Recuperado el 10 de marzo de 2015, de <http://www.importancia.org/vivienda.php#ixzz3UgSrESLJ>
- INEC. (2010). *Resultados del censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador - Fascículo provincial de Loja*.
- Jaramillo, P. (1955). *Historia de Loja y su provincia*. Loja.
- JEBENS-ZIRKEL, P. (2014). *CONTRIBUIR AL FUTURO: ARQUITECTURA SOSTENIBLE=BIOCLIMATISMO+BIOCONSTRUCCIÓN*.
- John Macsai, E. P. (1992). *Conjuntos Habitacionales*. Mexico: Editorial Limusa.
- Josep Maria Montaner, Z. M. (2013). *Herramientas para Habitar el presente. La vivienda del siglo XXI*. Bogota: Ediciones de la U.
- Lacomba, R. (1991). *Manual de Arquitectura Solar* .
- Lacomba, R. (2012). *Arquitectura Solar y Sustentabilidad*. Mexico: Trillas.
- Lacomba, R. C. (2012). *Las casas proyectos de arquitectura sustentable* . Mexico: Trillas.
- Martinez Alonso, C. (2014). *Arquitectura Sostenible*. LOFT Publications.
- Minguet, J. M. (2013). *Energy & Ecology New Apartments*. Barcelona: Instituto Monsa de Ediciones .
- Ministerio del Ambiente* . (2013). Recuperado el junio de 2014, de <http://www.pacc-ecuador.org/cambio-climatico/causas-del-cambio-climatico/>
- Miniterio del Ambiente*. (2013). Recuperado el junio de 2014
- Mondelo, P. R., Gregori Torada, E., & Comas Úriz, S. (2013). *Ergonomía 2: confort y estrés térmico*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Mondelo, P. R., Gregori Torada, E., & Pedro González, Ó. d. (2013). Tablas para determinar el IVM de Fanger. En P. R. Mondelo, E. Gregori Torada, & Ó. d. Pedro

- González, *Ergonomía 4: el trabajo en oficinas* (págs. 245-252). Universitat Politècnica de Catalunya.
- Montaner, J. M. (2013). *Herramientas para habitar el presente: la vivienda del siglo XXI*. Bogotá : Ediciones de la U.
- Morillón Gálvez, D., & Mejia Dominguez, D. (2004). *Modelo Para Diseño Y Evaluacion Del Control Solar en Edificios*. Mexico, DF: UNAM.
- Moya Peralta, R. (2003). *ARQUITECTURA CONTEMPORANEA : Casas latinoamericanas*. Quito: Ediciones Trama.
- Muller, D. G. (2002). *Arquitectura Ecologica* . Gustavo Gili, SA.
- Noboa, A. B. (25 de Octubre de 2014). *DESARROLLO SUSTENTABLE EN LA REPUBLICA DEL ECUADOR*. Obtenido de <http://www.unep.org/gc/gc23/documents/Ecuador-Desarrollo.pdf>
- Oleas S., D. (1994). *Arquitectura del Ecuador: Panorama contemporáneo* . Bogotá: Escala.
- Pérez, A. V. (2008). *LA CONSTRUCCIÓN DE UN FUTURO SOSTENIBLE*. Obtenido de <http://www.uv.es/~vilches/documentos%20enlazados/La%20construcci%F3n%20de%20un%20futuro%20sostenible.pdf>
- Plazola Cisneros, A., & Plazola Anguiano, A. (1983). *ARQUITECTURA HABITACIONAL*. Limusa: México.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Municipalidad de Loja, Naturaleza y Cultura Internacional. (2007). *Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: Geo Loja*. Loja.
- REGATTA. (2014). Recuperado el 2014, de <http://www.cambioclimatico-regatta.org/index.php/es/>
- Schoenauer, N. (1984). *6000 años de hábitat: de los Poblados primitivos a la vivienda urbana en las Culturas de oriente y occidente*. España: Gustavo Gili.
- Serra, R. (1999). *Arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili.
- Serrano., J. G. (28 de Octubre de 2014). *Vivienda Sostenible*.

- Soto, J. (07 de 11 de 2008). *S.LOW ENERGY*. Obtenido de EL MÉTODO DE FANGER. NORMA UNE-EN ISO 7730: http://tecno.sostenibilidad.org/index.php?option=com_content&task=view&id=424&Itemid=5
- Trujillo, G. (2009). *Historia de la Vivienda en el Ecuador*. Quito: Ediciones La Tierra.
- Universidad Politécnica de Valencia. (2006-2015). *ergonautas.com*. Obtenido de Fanger - Evaluación de la sensación térmica : <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php>
- Untermann, R. (1984). *CONJUNTOS DE VIVIENDAS; ORDENACIÓN URBANA Y PLANIFICACIÓN*. Mexico: Gustavo Gili,S.A.,.
- Valencia, N. (01 de febrero de 2015). *Construye Solar: Casa Tempero, sistemas bioclimáticos pasivos en viviendas sociales*. Recuperado el 05 de agosto de 2015, de Plataforma Arquitectura: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/761370/construye-solar-casa-tempero-sistemas-bioclimaticos-pasivos-en-viviendas-sociales>
- Vasquez, O. M. (2009). *Bioclimatic Architecture*. Barcelona, España: Instituto Monsa de Ediciones.
- Zúñiga López, I., & Crespo del Arco, E. (2010). *Meteorología y climatología*. España: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.