



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TITULO DE ARQUITECTO

La forma arquitectónica como elemento determinante del confort térmico de la vivienda de clima cálido húmedo - Zumba

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Aguilar Chamba, Shenny Ayde

DIRECTORA: Medina Alvarado, Rosa Elizabeth, Mgs.

LOJA-ECUADOR

2017



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

Septiembre, 2017

APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Arquitecta.

Rosa Elizabeth Medina Alvarado.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: La forma arquitectónica como elemento determinante del confort térmico de la vivienda de clima cálido húmedo – Zumba, realizado por Aguilar Chamba Shenny Ayde, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, junio de 2017

f)

DECLARACIÓN DE AURORIA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Aguilar Chamba Shenny Ayde declaro ser autora del presente trabajo de titulación: La forma arquitectónica como elemento determinante en el confort térmico de la vivienda de clima cálido húmedo – Zumba, de la Titulación de Arquitectura, siendo Rosa Elizabeth Medina Alvarado directora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

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

f.

Autor: Aguilar Chamba Shenny Ayde

Cédula: 1900409036

DEDICATORIA

A mis queridos padres: Luis y Anita.

A mi amado esposo Luis.

A mis queridas hijas: Cristina, Erika y Gabriela.

A mis hermanos: Luis, Carla y Adrián.

A mi sobrino Erick y cuñada Anita.

Por ser fuente de mi inspiración y sacrificio.

Shenny Ayde

AGRADECIMIENTOS

Motivo de gran satisfacción es para mí, el haber concluido este capítulo de mi preparación profesional el cual me ha permitido vivir una gran cantidad de experiencias, la mas de ellas agradables, las cual tuve la fortuna de compartir con muy buenos amigos, a todos les manifiesto mi agradecimiento por la amistad y confianza que me permitieron compartir con ustedes.

La realización y conclusión de este trabajo fue posible gracias a la acertada asesoría de la Arq. Rosa Medina, cuya experiencia y amplios conocimientos me permitieron entender muchos conceptos que de otro modo hubieran permanecido incomprensibles para mí.

Gracias a mis padres Sr. Luis Aguilar y Rosa Anita Chamba de Aguilar, a mis 3 hermanos y esposo Luis Morocho, por la comprensión y apoyo que tuve de su parte.

Y gracias a Dios por permitirme ser parte de este momento.

INDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	I
APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
DECLARACIÓN DE AURORIA Y CESIÓN DE DERECHOS	III
AGRADECIMIENTOS.....	V
INDICE DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1 EL CONFORT TÉRMICO.....	6
1.1.1 <i>El concepto de confort térmico en la historia.</i>	6
1.1.2 <i>Parámetros que determinan el confort térmico.</i>	8
1.1.2.1 Parámetros personales.	10
1.1.2.1.1 Metabolismo o tasa metabólica.	10
1.1.2.1.2 La Ropa.	12
1.1.2.2 Parámetros ambientales.....	13
1.1.2.2.1 Temperatura del aire.....	13
1.1.2.2.2 Humedad del aire (HR).....	14
1.1.2.2.3 Temperatura radiante (T _{mr}).....	15
1.1.2.2.4 La Velocidad del Aire (V)	16
1.1.3 <i>Condiciones de confort térmico recomendadas.</i>	17
1.2 TÉCNICAS PARA EVALUAR UN AMBIENTE TÉRMICO	18
1.2.1 <i>Análisis del índice y del ábaco psicométrico de Givoni.</i>	18
1.2.2 <i>Meteonorm y Weather tool.</i>	19
1.2.3 <i>Ecotec.</i>	21
1.3 ORIENTACIÓN Y FORMA DE LA ARQUITECTURA.....	22
1.3.1 <i>La orientación.</i>	23
1.3.1.1 Geometría solar.....	23
1.3.1.2 Movimientos de la tierra con respecto al sol	24
1.3.1.3 Coordenadas geográficas.	25

1.3.1.4	Radiación solar.....	26
1.3.1.5	Radiación solar en la franja ecuatorial.	28
1.3.2	<i>La forma</i>	29
1.3.2.1	En la naturaleza.....	29
1.3.2.2	En la arquitectura.	30
1.3.2.2.1	Orientación sol – aire.	33
1.3.2.2.2	Distribución interna.	34
1.3.2.2.3	Factor viento.	35
1.3.3	<i>Características propias del edificio que modifican la ganancia y pérdida térmica.</i>	35
1.3.3.1	Asentamiento.....	36
1.3.3.2	Adosamiento.....	37
1.3.3.3	Perforaciones o aberturas.	38
1.3.3.4	Tersura.	42
1.3.3.5	Color.....	43
1.3.4	<i>Los efectos térmicos de los materiales</i>	45
1.4	SISTEMAS PASIVOS DE REFRIGERACIÓN.	47
1.4.1	<i>Ventilación natural</i>	47
1.4.1.1	Ventilación cruzada.	49
1.4.1.2	Ventilación unilateral	50
1.4.1.3	Ventilación a través de la cubierta.....	51
1.4.2	<i>Control solar</i>	52
1.4.2.1	La transmisión del calor.....	52
1.4.2.2	Medio de control solar	54
2.	ANÁLISIS DE CASO DE ESTUDIO –ZUMBA.....	56
2.1	GENERALIDADES.....	57
2.1.1	<i>Ubicación geográfica del caso de estudio</i>	57
2.1.2	<i>Antecedentes Históricos</i>	58
2.1.3	<i>La Sociedad</i>	61
2.2	CLIMA.....	63
2.2.1	<i>Características climáticas del sector de estudio</i>	64
2.2.2	<i>Análisis Climatológico</i>	66
2.2.3	<i>Rangos de confort térmico para Zumba</i>	67
2.3	LA VIVIENDA EN ZUMBA.	68
2.3.1	<i>La arquitectura vernácula del sector</i>	68

2.3.2	<i>Evolución de la vivienda en Zumba.</i>	70
2.3.3	<i>Sistema constructivo tradicional.</i>	72
2.3.3.1	<i>Bahareque.</i>	72
2.4	ANÁLISIS TÉRMICO EN EL CASO DE ESTUDIO.	76
2.4.1	<i>Determinación de la zona factible para la evaluación térmica en el caso de estudio.</i>	77
2.4.2	<i>Selección de las viviendas para el análisis térmico.</i>	80
2.4.3	<i>Descripción de la metodología de análisis de las viviendas seleccionadas.</i>	80
2.4.4	<i>Análisis numérico.</i>	83
2.4.4.1	<i>Cálculo del factor de forma.</i>	83
2.4.4.2	<i>Cálculo del coeficiente de las características propias del edificio que modifican la ganancia y pérdida de calor en las edificaciones.</i>	86
2.4.5	<i>Simulación térmica con Ecotec.</i>	101
2.4.5.1	<i>Generación de Fichero climático para Zumba con la aplicación de los softwares de Meteonorm y Weather tool.</i>	101
2.4.5.2	<i>Modelación por zonas térmicas de la casa 1 y 2.</i>	107
2.4.5.3	<i>Asignación de materiales de construcción y actividad en casa 1 y 2.</i>	110
2.4.5.4	<i>Análisis térmico de casa 1 y 2.</i>	115
2.4.6	<i>Monitoreo y registro de datos ambientales en las viviendas seleccionadas y en el exterior bajo sombra.</i>	135
2.4.6.1	<i>Instrumentos de medición térmica.</i>	135
2.4.6.2	<i>Registro de datos ambientales y ganancias térmicas en el interior de los espacios arquitectónicos de cada una de la viviendas seleccionadas.</i>	136
2.4.6.3	<i>Interpretación de los datos ambientales de cada una de las variables.</i>	139
3.	PROPUESTA DE LINEAMIENTOS TÉRMICOS EN VIVIENDA PARA CLIMAS CÁLIDO HÚMEDO.	143
3.1	LA FORMA ARQUITECTÓNICA ADAPTADA AL CLIMA CÁLIDO HÚMEDO	145
3.2	CONTROL SOLAR DIRECTO.	148
3.3	VENTILACIÓN NATURAL CONTINÚA.	153
4.	APLICACIÓN DE LINEAMIENTOS TÉRMICOS PLANTEADOS EN EL CASO DE ESTUDIO.	159
4.1	INTERVENCIÓN DE LA FORMA ARQUITECTÓNICA DE LA VIVIENDA DE HORMIGÓN ARMADO CON LA FINALIDAD DE MEJORAR EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO.	160
4.2	AUMENTO DE SOMBRAS EN FACHADA SUR-OESTE Y NOR-OESTE.	162
4.3	INCREMENTO DE PERFORACIONES EN FACHADA SUR-OESTE, NOR-OESTE Y SUR ESTE	166

4.4	EQUIPAMIENTO DE CUBIERTA CON CÁMARA DE AIRE VENTILADA.	168
4.5	SIMULACIÓN DEL ECOTEC EN LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DE LA VIVIENDA DE HORMIGÓN ARMADO.	169
	CONCLUSIONES	174
	RECOMENDACIONES.....	177
	BIBLIOGRAFIA.....	178
	ANEXOS.....	180

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros personales.....	9
Tabla 2. Parámetros ambientales.....	9
Tabla 3. Generación de calor metabólico durante distintas actividades.....	11
Tabla 4. Aislamiento térmico que produce la ropa.	13
Tabla 5. Sensaciones térmicas según la velocidad del viento	17
Tabla 6. Rangos de confort térmico recomendadas para Ecuador.....	18
Tabla 7. Ángulos horarios por hora del día.....	27
Tabla 8. Ganancia térmica a partir de la forma constructiva	32
Tabla 9. Zonas climáticas en Ecuador, según INAMHI.	35
Tabla 10. Repercusiones climáticas según el grado de asentamiento.....	37
Tabla 11. Repercusión climática.....	38
Tabla 12. Repercusiones climáticas	39
Tabla 13. Porcentaje máximo de ventanas de acuerdo a la zona climática y la orientación.	39
Tabla 14. Repercusiones climáticas	43
Tabla 15. Reflexión de radiación solar en función del color de la superficie.	44
Tabla 16. Características térmicas básicas de algunos materiales constructivos.	46
Tabla 17. Temperatura	64
Tabla 18. Precipitaciones mensuales (mm).....	65
Tabla 19. Resumen Climatológico.....	65
Tabla 20. Meses críticos.....	67
Tabla 21. Tipo de árboles maderables del Cantón Chinchipe.....	74
Tabla 22. Viviendas seleccionadas para realizar el análisis térmico.....	80
Tabla 23. Viviendas seleccionadas con misma orientación.	81
Tabla 24. Variables en las viviendas analizadas.....	82
Tabla 25. Cálculo de la superficie (m ²) y volumen (m ³) global de la casa 1.	84
Tabla 26. Cálculo de la superficie (m ²) y volumen (m ³) total de la casa 2.	85
Tabla 27. Cálculo del factor de forma de cada una de las viviendas analizadas	86
Tabla 28. Cálculo del coeficiente de asentamiento en viviendas seleccionadas	87
Tabla 29. Porcentaje de perforaciones según la orientación establecidas por la NEC-11	87
Tabla 30. Cálculo del coeficiente de perforación en viviendas seleccionadas en fachada sur- oeste.....	88
Tabla 31. Cálculo del coeficiente de perforación en viviendas seleccionadas en planos nor- este.....	89

Tabla 32. Cálculo del coeficiente de perforación en viviendas seleccionadas en planos sur-este.....	90
Tabla 33. Cálculo del coeficiente de perforación en viviendas seleccionadas en planos nor-oeste.....	91
Tabla 34. Resumen general del coeficiente de perforación en las viviendas analizadas.....	91
Tabla 35. Características de aberturasde la casa 1 planta baja (ventanas y puertas).....	93
Tabla 36. Características de aberturas de la casa 1 planta alta (ventanas y puertas).....	94
Tabla 37. Características de aberturas de casa 2 planta baja (ventanas y puertas).....	95
Tabla 38. Características de aberturas de la casa 2 planta alta (ventanas y puertas).....	96
Tabla 39. Porcentajes de sombras necesarias en las edificaciones según la orientación.	97
Tabla 40. Porcentaje de sombras en función de la tersura en los planos verticales sur-oeste casa 1	98
Tabla 41. Porcentaje de sombras en función de la tersura en los planos verticales sur-oeste casa 2	99
Tabla 42. Análisis del color, según los porcentajes de reflexión de la radiación en función de los colores de la superficie	100
Tabla 43. Fichero climático generado por meteonorm de la ciudad de Zumba.....	104
Tabla 44. Asignación de zonas térmicas para la modelación y análisis en ecotec en casa 1.	108
Tabla 45. Asignación de zonas térmicas para la modelación y análisis en ecotec en casa 2.	109
Tabla 46. Casa 1 asignaciones de materiales por cada zona térmicas.	110
Tabla 47. Casa 2 asignaciones de materiales por cada zona térmicas.	110
Tabla 48. Temperaturas diarias de las zonas térmicas de planta baja de la casa 1 en mes más frío.....	117
Tabla 49. Temperaturas diarias de las zonas térmicas de planta alta de la casa 1 mes más frío.....	118
Tabla 50. Temperaturas diarias de las zonas térmicas de planta baja de la casa 1 mes más cálido.	120
Tabla 51. Temperaturas diarias de las zonas térmicas de planta alta de la casa 1 mes más cálido.	121
Tabla 52. Temperaturas máximas y mínimas de casa 1.	121
Tabla 53. Temperaturas diarias de las zonas térmicas de planta baja y alta mes más frío casa 2.....	123
Tabla 54. Temperaturas diarias de las zonas térmicas de planta alta mes más frío casa 2	124
Tabla 55. Temperaturas diarias de planta baja y alta de la casa 2 en mes más cálido	125

Tabla 56. Temperaturas diarias de planta alta de la casa 2 en mes más cálido.	126
Tabla 57. Temperaturas mínimas y máximas de casa 2.	126
Tabla 58. Ganancias y pérdidas de calor en la casa 1 mes más frío.	128
Tabla 59. Ganancias y pérdidas de calor por hora en la casa 1 el 21 de diciembre día más cálido.	129
Tabla 60. Ganancias y pérdidas de calor por hora en la casa 2 el 21 de julio día del mes frío	131
Tabla 61. Ganancias y pérdidas de calor por hora en la casa 2 el 21 de diciembre.	132
Tabla 62. Resumen de las ganancias y pérdidas de calor en las casas de análisis.	133
Tabla 63. Porcentaje de confort térmico anual de cada ambiente de la casa 1.	134
Tabla 64. Confort térmico promedio anual en la casa 2.	134
Tabla 65. Ambientes y puntos de monitoreo térmico de casa 1.	137
Tabla 66. Ambientes y puntos de monitoreo térmico de casa 2.	137
Tabla 67. Registro de ganancia térmica en la casa 1, 2 y a la intemperie el 21 julio (mes más frío).	138
Tabla 68. Registro ganancia térmica en la casa 1, 2 y la intemperie el 21 diciembre (mes más cálido)	138
Tabla 69. Resumen del análisis térmico de las edificaciones seleccionadas.	141
Tabla 70. Reflexión de radiación solar en función del color de la superficie.	153
Tabla 71. Ejemplos de la relación óptima ventanas comunes.	155
Tabla 72. Tercera de la casa 2.	161
Tabla 73. Resumen de Características propias de las edificaciones que modifican la ganancia o pérdida de calor en la ventilación natural.	161
Tabla 74. Intervención arquitectónica en fachada sur-oeste.	162
Tabla 75. Intervención arquitectónica en fachada sur-oeste.	163
Tabla 76. Resumen de porcentajes de sombras en la fachada sur-oeste de antes y después de la intervención arquitectónica de la Casa 2.	164
Tabla 77. Intervención arquitectónica en fachada nor-oeste.	164
Tabla 78. Intervención arquitectónica en fachada nor-oeste.	165
Tabla 79. Cálculo de sombras en fachada nor-oeste con protecciones horizontales en las superficies vidriadas.	166
Tabla 80. Porcentaje de perforación propuesta para la rehabilitación térmica de la vivienda.	166
Tabla 81. Aumento ventilación cruzada en eje SE-NO Casa 2.	167
Tabla 82. Esquema de ventilación de la cubierta actual y la cubierta propuesta.	168

Tabla 83. Temperaturas máximas y mínimas de la casa 2 sin intervención de la forma arquitectónica	170
Tabla 84. Temperaturas máximas y mínimas de la casa 2 con intervención de la forma arquitectónica	170
Tabla 85. Resumen de la ganancia y pérdida de calor de la casa en remodelación.	171
Tabla 86. Comportamiento térmico anual de la casa 2 con y sin remodelación.	173
Tabla 87. Radiación solar de las viviendas, en los solsticios del 21 de junio.....	181
Tabla 88. Análisis de radiación solar de las viviendas, en los solsticios del 21 de diciembre.	182
Tabla 89. Análisis de radiación solar de las viviendas, en los equinoccios del 20 de marzo – 22 de septiembre	183
Tabla 90. Distribución anual de la temperatura por zonas casa 1.....	184
Tabla 91. Detalle de la distribución anual de la temperatura por zonas casa 2.	187
Tabla 92. Temperaturas diarias del 21 de julio (mes más frío) en remodelación de casa 2	190
Tabla 93. Temperaturas diarias del 21 de julio (mes más frío) en remodelación casa 2	191
Tabla 94. Temperaturas diarias del 21 de diciembre (mes más cálido) en remodelación casa 2.....	192
Tabla 95. Temperaturas diarias del 21 de diciembre (mes más cálido) en remodelación casa 2.....	193
Tabla 96. Ganancia y pérdida de calor por hora del 21 de julio (mes más frío) en remodelación casa 2	194
Tabla 97. Ganancia y pérdida de calor por hora del 21 de diciembre (mes más cálido) en remodelación casa 2.....	195
Tabla 98. Distribución anual de la Temperatura remodelación casa 2.....	196

RESUMEN

Dentro del diseño de una vivienda, existe un tema que en la actualidad debe ser considerado al momento de realizar un proyecto, nos referimos a la forma arquitectónica, puesto que influye en el confort térmico; el mismo que al ser analizado previamente, permitirá lograr que un ambiente tenga buen rendimiento térmico y se adapte al medio, proporcionando al ser humano bienestar físico, mental y social.

En la investigación se desarrolló un análisis térmico de dos viviendas de diferente tipología, en la zona más afectada de la ciudad de Zumba, lo que permitió ver cual vivienda tiene mejor comportamiento térmico.

En el trabajo, se determinó que, debido a la poca variabilidad climática del sector, las estrategias térmicas deben ser pasivas, ya que de esta manera, se logra un confort térmico apropiado.

Este proyecto servirá de guía a los proyectistas, cuyo ideal sea construir viviendas de acuerdo al medio, buscando no solo un confort estético, sino además el confort térmico de los ambientes interiores; por tanto no será necesario el uso calefactores y ventiladores.

PALABRAS CLAVES: confort térmico, forma arquitectónica, clima cálido húmedo.

ABSTRACT

In a design of a house, there is a theme that must be considered at the moment of a project is designed; we refer to the architectural way, since, this influences in the thermal comfort which if it is previously analyzed will allow reaching an environment that has a good thermal outcome and adapted to the reality, so it provides physical, mental and social well-being.

In the investigation, a thermal analysis of two houses with different types was carried out in the most affected zone of the Zumba city, which allowed us to see which one has a better thermal action.

In the work, it was determined that, due to the weather variety in the sector, the thermal strategies must be passive, since in this way a suitable thermal comfort is reached.

This project will be a guide for the designers whose ideal is to build houses adapted to the environment, in order to seek not only esthetic comfort but also thermal one, in the inner environments, therefore, there will no be necessary to use heaters and fans

KEY WORDS: thermal comfort, architectural way, humid warm weather

INTRODUCCIÓN

Una de las funciones de la arquitectura es la de crear espacios que brinden condiciones de confort a los usuarios y por ende mejorar su calidad de vida con ambientes construidos cómodos. La conciencia de la eficiencia energética, constituye un pacto de responsabilidad que involucra a muchos actores, pero en especial a los arquitectos.

El objetivo de esta investigación es el de crear estrategias térmicas que garanticen el confort térmico de las viviendas de clima cálido húmedo, considerando como caso de estudio a la parroquia de Zumba con el análisis de la forma arquitectónica y su orientación como elemento de confort térmico en sus viviendas. La metodología que se utilizó comprende un análisis teórico o numérico y el monitoreo en sitio en las dos edificaciones de diferente forma, la una con portal y la otra sin portal, bajo las mismas condiciones ambientales, considerando como única variable la forma arquitectónica de las mismas, para comprobar si la forma de la envolvente modifica la ganancia o pérdida térmica en los espacios arquitectónicos, y su vez comprobar la eficiencia de contar con un portal.

Esta investigación se estructura en 4 capítulos, el capítulo I de este trabajo se estudiaron conceptos, normativas, que se necesitan para el confort térmico de un ambiente, además se estudió técnicas de evaluación aplicables para medios donde no cuentan con estaciones meteorológicas. En el capítulo II se investigó datos generales del lugar de estudio, y se estableció la zona más afectada climáticamente de la ciudad para luego seleccionar dos edificaciones relevantes de formas arquitectónicas diferentes, para realizar la evaluación térmica en un día de los dos meses extremos del año que son julio el más frío y diciembre el más cálidos. Los análisis térmicos realizados en este estudio son tres: análisis numérico, simulación con el ecotec y el monitoreo, mismos que arrojaron resultados similares del comportamiento térmico dejando una clara idea de cuáles son las deficiencias térmicas de la edificaciones y cuáles deben ser los lineamientos con los que se debe intervenir a una edificación o cómo también planificarla, para mejorar la calidad ambiental de las viviendas del sector.

Por lo que en el capítulo III se plantea estrategias térmicas para viviendas de clima cálido húmedo con sistemas pasivos que permitan proteger de la radiación solar de la tarde permanentemente a las edificaciones antes de que entre al interior de la misma y además equipar de ventilación continua a través de ventanas combinas con tarjeteros con celosías horizontales y malla anti mosquitos, en vista de que el clima del lugar no es extremo.

Por último en el capítulo IV se aplicaron los lineamientos térmicos planteados en el capítulo III, en la remodelación de la casa 2 misma que de acuerdo al análisis térmico es la que tienen menor rendimiento. Por lo que se planteó intervenir de forma externa para no afectar a los espacios interiores de la edificación sin disminuir los mismos debido a que es una edificación con espacios mínimos. Donde se aumentó la protección solar permanente y el porcentaje de perforación para la ventilación natural estratégica aprovechando los vientos dominantes del sector consiguiendo aumentar el confort térmico anual de 81.7% a 86.23%. Comprobando de esta manera que, dependiendo de la forma arquitectónica de las edificaciones varía el rendimiento térmico de las mismas.

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 El confort térmico

1.1.1 El concepto de confort térmico en la historia.

El confort térmico es un concepto relativamente reciente y que ha variado a lo largo de la historia, nadie podría imaginar a un neandertal o a un Cromañón hace 50 mil años preocupados porque en su cueva hay una temperatura de 5°C con una humedad relativa de 80%, cuando sus prioridades eran no morir congelados, devorados o de hambre. Su caverna con 5°C entre las rocas de alguna montaña sería el equivalente actual a una residencia con climatización artificial. Para él, el confort o bienestar consistía en sobrevivir. Esto nos da una idea de cómo, con el desarrollo de la civilización, el hombre se ha hecho cada vez más exigente y sensible con respecto a muchas cosas y entre ellas el confort térmico.

La idea de confort ha evolucionado de manera que en distintos periodos ha asumido diferentes significados. Inicialmente, el término confort fue sinónimo de confortar, consolar o reforzar, pues este era el significado de su raíz latina “confortare”. En el siglo XVII, la idea de confort estuvo involucrada con lo privado, con la intimidad y, a su vez, se relacionaba con la domesticidad. En el siglo XVIII, esta palabra dio más relevancia al ocio y la comodidad, mientras que en el siglo XIX se tradujo como la calidad y el comportamiento de los elementos en los que intervenía lo mecánico: luz, calor y ventilación. Fue en los primeros años del siglo XX que las llamadas ingenierías domésticas subrayaron la eficiencia y la comodidad como la idea de confort y, en los años siguientes, cuando se planteó el confort como algo que podía ser cuantificado, analizado y estudiado.

Hoy en día, es concebido como una experiencia objetiva que se experimenta personalmente y que incluye ideas de comodidad, eficiencia e intimidad. Al mismo tiempo, como lo establece el confort es una sensación óptima compleja, que depende de factores físicos, fisiológicos, sociológicos y psicológicos, donde el cuerpo humano se siente satisfecho y no necesita luchar contra el frío, el calor, la humedad, el viento, el ruido o la incidencia usando los mecanismos propios de su cuerpo ya que se encuentra en completo equilibrio con el entorno.

Existen muchos estudios que no solamente se han orientado a contextualizar el térmico confort, sino que también han formulado clasificaciones en función de las energías que afectan lo (lumínico, térmico, acústico....). Así mismo, han analizado tanto los distintos parámetros como los factores que inciden en las sensaciones de bienestar, elaborándose tablas, formulas

e incluso han marcado algunas pautas de diseño, tomando en cuenta los niveles de confort que se deben alcanzar para satisfacer a los usuarios. Sin embargo, en la determinación de estos niveles de confort se han obviado algunos factores tan difíciles de cuantificar como los factores sociales y culturales.

La palabra **confort** se refiere, en términos generales, a un estado ideal del hombre que supone una situación de bienestar, salud y comodidad en la cual no existe en el ambiente ninguna distracción o molestia que perturbe física o mentalmente a los usuarios.

Según, (Serra & Coch, 1995) señala que el confort o el desconfort, por ser una sensación propia del inconsciente, podemos no reconocerla, a menos que en algunas circunstancias nos obligamos a fijarnos en esa sensación de bienestar o de incomodidad. De hecho como el organismo tiende a responder automáticamente a través de las reacciones químicas o físicas, el hombre en condiciones ambientales totalmente desfavorables puede no llegar a sentir ningún tipo de malestar.

Han sido muchos los especialistas y los organismos internacionales que se han dedicado al estudio de este tema. Por ejemplo, la Organización Mundial de la Salud define al confort como “un estado de completo bienestar físico, mental y social”(Roset, 2001)

En función de lo anterior se puede afirmar que el análisis de confort térmico resulta muy valioso al momento de plantear soluciones en la planificación de viviendas acordes con los objetivos planteados en este trabajo. Sin duda, el estudio de los niveles de confort permite tener en cuenta los parámetros que intervienen en la edificación con el objetivo de lograr que la vivienda se encuentre dentro de la llamada zona de bienestar mediante el diseño adecuado.

Asimismo, se debe destacar que para elaborar un diseño, que tome en cuenta la relación del hombre con la edificación y el entorno, es fundamental la aplicación de algunos parámetros ya establecidos, así como el análisis de otros que son de gran relevancia para el diseño de las viviendas sobre todo de la perspectiva de la arquitectura bioclimática, la que busca el equilibrio entre el hombre y su medio. En el presente estudio, específicamente, se tomara en consideración los resultados de algunas investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del confort térmico. “La zona de confort podría describirse como el punto en el que el hombre gasta la energía mínima para adaptarse a su entorno” (Olgay, 1998).

El **confort térmico** podría definirse como las condiciones de temperatura, humedad y movimientos del aire agradables confortables en referencia a las actividad que desarrollan es decir las personas no experimentan sensación de calor ni de frío.

1.1.2 Parámetros que determinan el confort térmico.

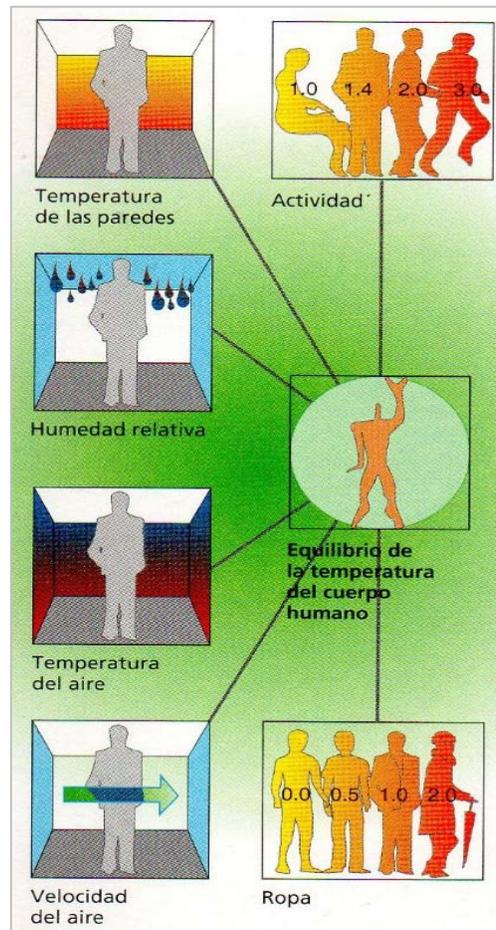


Figura 1. Parámetros que determinan el confort térmico.

Fuente: Un Vitrubio Ecológico, (2007). Principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible. Barcelona: Gustavo Gili.

En esta investigación, se reconoce como parámetros del confort térmico aquellas condiciones de tipo ambiental y personal que puedan afectar la sensación térmica de un individuo. Esto puede influir en el confort térmico afectando las sensaciones térmicas de un individuo y, por consiguiente su estudio resulta de vital importancia en la planificación de viviendas.

En este estudio, se evalúa las condiciones actuales de las edificaciones para determinar los rangos de confort en los que se encuentran y, de este modo precisar los aspectos que satisfacen o no a las condiciones de habitabilidad de modo continuo en las diferentes estaciones del año.

Los parámetros del confort térmico son aquellas condiciones propias del lugar y de los usuarios que inciden en la sensación de bienestar térmico. Se sostiene que en el caso de los parámetros personales son independiente de las condiciones exteriores y, más bien se relacionan con las características biológicas, de los individuos. Se puede clasificar del siguiente modo:

Tabla 1. Parámetros personales.

Parámetros personales	Metabolismo (Alimentación, Actividad)
	Ropa. Grado de aislamiento.

Fuente: Un Vitrubio Ecológico, (2007). Principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible. Barcelona: Gustavo Gili.

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Por otra parte, los parámetros ambientales son muy importantes y quizá son los que se han estudiado con mayor énfasis, ya que como pueden ser medidos se han determinado rangos y valores estándar dentro de los cuales puede mantenerse unas condiciones de bienestar para el individuo. Además, resulta evidente la influencia directa que tienen sobre las sensaciones de las personas y sobre las características físicas y ambientales de un espacio, sin ser determinante el uso y las actividades que allí se generen. Según Fanger (Roset, 2001), son cuatro parámetros básicos que influyen directamente en los porcentajes de pérdida de calor del cuerpo humano, afectando al bienestar térmico:

Tabla 2. Parámetros ambientales.

Parámetros ambientales	Temperatura del aire.	Todos tienen variabilidad temporal y espacial.
	Humedad relativa.	
	Velocidad del aire.	
	Temperatura radiante.	

Fuente: Un Vitrubio Ecológico, (2007). Principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible. Barcelona: Gustavo Gili.

Elaborada por: Aguilar S, 2017

Los parámetros de confort térmico son aquellas condiciones propias del lugar que incide en las sensaciones de los ocupantes. Se sostiene que estas condiciones pueden variar con el tiempo y el espacio.

Debo señalar que en esta investigación se abordara la medición de los parámetros ambientales y arquitectónicos, los cuales con comparados con valores recomendados por diversos autores y con los establecidos por las normas con el objetivo de determinar los rangos de confort en que se ubican las viviendas y, de este modo, establecer los requerimientos que se deben tomar en cuenta en la planificación de las viviendas. A continuación se describen los principales parámetros del confort térmico.

1.1.2.1 Parámetros personales.

1.1.2.1.1 Metabolismo o tasa metabólica.

El metabolismo es un factor que está relacionado con la capacidad del cuerpo humano de producir calor de un modo semejante al de un motor. Según Barrera (2005) del total de la energía liberada de los alimentos, del 75% al 80% se destina para mantener en funcionamiento el organismo y sus sistemas manteniendo la temperatura alrededor de 37°C, este proceso se conoce como metabolismo basal; la diferencia del 20-25% de la energía se utiliza para desarrollar un trabajo, proceso denominado metabolismo muscular.

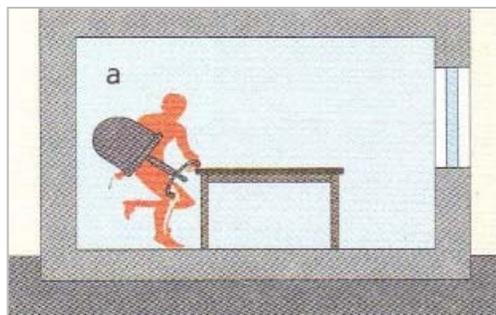


Figura 2. Nivel de actividad

Fuente: Un Vitrubio Ecológico, (2007). Principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible. Barcelona: Gustavo Gili.

Es esta producción continua de energía la que se denomina metabolismo energético o tasa metabólica, la cual corresponderá a valores diferentes según la influencia de variables como el nivel de actividad de la persona, la edad, el sexo, el color de la piel u otras.

Tabla 3. Generación de calor metabólico durante distintas actividades.

Actividades	w/m ²	Met.
Descansar		
Dormir	40	0,7
Estar tumbado	45	0,8
Estar sentado	60	1,0
Estar de pie	70	1,2
Caminar		
0,89m/s	115	2,0
1.34m/s	150	2,6
1.79m/s	220	3,8
Oficina		
Leer, sentado	55	1,0
Escribir	60	1,0
Escribir a maquina	65	1,1
Archivar de pie	80	1,4
Conducir		
Coche	60-115	1,2-2,0
Avión, rutina	70	1,2
Vehículo pesado	185	3,2
Varias		
Cocinar	95-115	1,6-2,0
Limpieza	115-200	2,0-3,4
Sentado	130	2,2

Fuente: Un Vitrubio Ecológico, (2007). Principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible. Barcelona: Gustavo Gili.
Elaborada por: Aguilar S, 2017

En los diversos estudios sobre el nivel de actividad y el metabolismo, que se ha llevado a cabo hasta hoy, se han llegado a establecer algunos valores de gastos energéticos, por lo que puede encontrarse gran cantidad de tablas.

Es de destacar que en las investigaciones llevadas a cabo hasta el presente se han analizado el metabolismo en función del desarrollo de actividades que requieren un esfuerzo físico considerable o de una total inactividad, pero no se ha tomado en cuenta en las tablas la energía consumida por el esfuerzo de tipo intelectual.

De acuerdo a la clasificación de variables manejada en este estudio, debemos señalar de que se trata de un factor de confort de tipo personal, entendido como un flujo continuo de energía producida por el cuerpo humano, según la actividad que desarrolle entre ellas: descansar (dormir, estar tumbado, sentado o de pie), caminar, de oficina, conducir, aseo y de ocio (bailar y hacer ejercicio)

En esta investigación no se analizan específicamente las características personales de quienes habitan estas viviendas ni tampoco el nivel de actividad que llevan a cabo, pero se toman los valores estándar de confort considerados para viviendas en las cuales se ha previsto el tipo de actividad y unas condiciones personales estándar para garantizar que los valores de temperatura, humedad y velocidad del aire que se indiquen sean adecuados a un elevado porcentaje de personas en determinadas condiciones de trabajo y producción metabólica.

1.1.2.1.2 La Ropa.

La ropa constituye un factor de protección y obstaculiza energía frente a la radiación solar, las bajas temperaturas y el viento, por ello inciden en el equilibrio térmico entre una persona y el medio que le rodea. En algunos casos el efecto puede ser positivo, pero en otros negativos, debido a las disminuciones o incrementos de los efectos del exterior sobre un individuo.

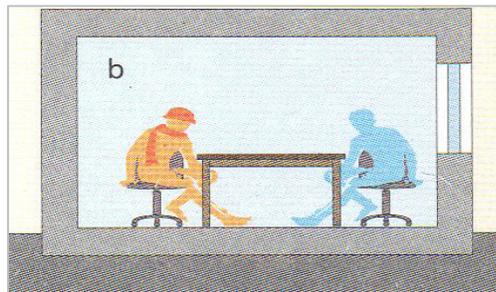


Figura 3. Ropa

Fuente: Un Vitruvio Ecológico, (2007). Principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible. Barcelona: Gustavo Gili.

Son muchas las investigaciones que se han hecho al respecto; algunas de ellas han llegado a determinar los valores de resistencia (r -ropa) en $m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$ y de conductancia (K) en $\text{W}/m^2\text{ } ^\circ\text{C}$ según el nivel de arropamiento. Aunque, como se puede ver la unidad más utilizada es la del nivel de arropamiento o de aislamiento térmico, que se conoce como clo, de donde $1\text{clo} = 0.16m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$, y que equivale al traje de un oficinista.

Según (Serra R. , 1995) la vestimenta actúa como una barrera térmica por su resistencia térmica y comportamiento al paso de la humedad. Esto se puede calcular si se conoce la vestimenta de la persona, ya que al sumar los valores Clo de cada una de las prendas tendremos el nivel de arropamiento total de una persona. Por lo tanto, la ropa se clasifica según su valor de aislamiento.

Tabla 4. Aislamiento térmico que produce la ropa.

Arropamiento	Prendas
0,0 Clo	Desnudez
0,5 clo	Ropa interior corta, pantalones ligeros de algodón, camisa de manga corta y cuello abierto.
1,0 Clo	Ropa interior corta, traje típico de oficina, incluido el chaleco.
1,5 Clo	Ropa interior larga, traje con chaleco de lana gruesa y calcetines de lana.
2,0 Clo	Ropa interior larga, traje con chaleco de lana gruesa y calcetines de lana, calzado grueso, abrigo pesado de lana, guantes y sombrero.* Fuente: Ramón, 1980

Fuente: Barrera O, (2005). Introducción a una Arquitectura Bioclimática para los Andes Ecuatoriales. Barcelona, España.

1.1.2.2 Parámetros ambientales.

1.1.2.2.1 Temperatura del aire.

La temperatura del aire constituye uno de los parámetros principales para determinar el grado de confort térmico de un espacio y se refiere básicamente al estado térmico del aire a la sombra. Es uno de los parámetros fundamentales, ya que para poder determinar si las personas sienten frío o calor en un lugar es necesario contar con los datos de temperatura y humedad. Estos datos se remiten a graficas ya desarrolladas en las cuales se puede estimar con cierta fiabilidad la zona en la cual la mayor parte de las personas se encontrarían confortables. Además, con estos datos se puede determinar si un espacio de la vivienda, o la vivienda en general, se mantiene dentro de rangos adecuados o no. También debo mencionar que diversos autores señalan límites de confort diferentes para cada periodo estacional.

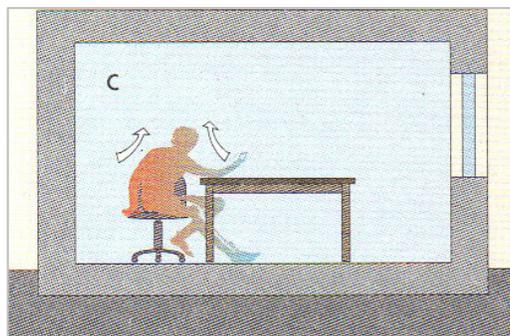


Figura 4. Temperatura del aire

Fuente: Un Vitrubio Ecológico, (2007). Principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible. Barcelona: Gustavo Gili.

Entre esto, puedo destacar los valores propuestos por (ITEC, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I ETSAB, 1998), donde recomiendan valores de temperatura según la estación del año: 21°C en invierno y 26°C en verano, aunque admiten cierta fluctuación de acuerdo a las características de los usuarios y de las actividades desarrolladas en el espacio, así como los valores de humedad relativa.

La temperatura más indicada para el hombre oscila entre los 18 y los 20 °C, si bien puede descender hasta los 15 °C cuando se encuentra en movimiento. (Corrado, 1967)

1.1.2.2.2 Humedad del aire (HR).

La humedad relativa es otro de los parámetros para determinar el nivel de confort de un espacio, ya que afectan en gran medida la sensación térmica, asimismo, es uno de los parámetros que se puede incidir directamente a través de la aplicación de una serie de medidas de diseño con la incorporación de mecanismos de ventilación natural.



Figura 5. Humedad relativa

Fuente: Un Vitrubio Ecológico, (2007). Principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible. Barcelona: Gustavo Gili.

Es entendida como la cantidad de agua que contiene el aire, por lo que si su valor es elevado durante un día de calor puede afectar negativamente la sensación térmica de un espacio ya que impide que las personas pierdan calor por evaporación de agua, generando cierta incomodidad por el sudor. Pero, si este porcentaje de humedad relativa es muy bajo, el organismo también responde negativamente debido a que puede deshidratarse.

No obstante, en algunos casos la elevación de la humedad relativa hasta alcanzar valores medios hace que la humedad de la piel se evapore más fácilmente y el vapor cedido al respirar sea mayor incidido positivamente en el proceso de refrigeración del cuerpo al ceder el calor.

Los rangos de humedad relativa considerados apropiados, al igual que los de temperatura del aire, suelen ser muy discutidos. Algunos investigadores consideran cierto rango a lo largo de todo el año y en todo tipo de edificación, mientras que otros señalan que, debido a los cambios estacionales y a la reacción psicológica y fisiológica del hombre, es lógico entender que los valores considerados apropiados varían del invierno al verano.

“Unos de los rangos aceptables de humedad relativa es de entre el 30 y el 70% para temperaturas de aire entre los 15 y los 30°C, hace que la humedad de la piel se evapore más fácilmente, y el valor cedido por el cuerpo al respirar sea mayor, facilitando el proceso de refrigeración corporal”.(Un Vitrubio Ecológico, 2007)

1.1.2.2.3 Temperatura radiante (T_{mr}).

Este es probable uno de los parámetros ambientales que es menos tomado en consideración en la evaluación de edificaciones existentes, así como en el diseño de nuevas viviendas. No obstante, en espacios cerrados puede ser un parámetro determinante, ya que influye directamente en el nivel de la temperatura de sensación.

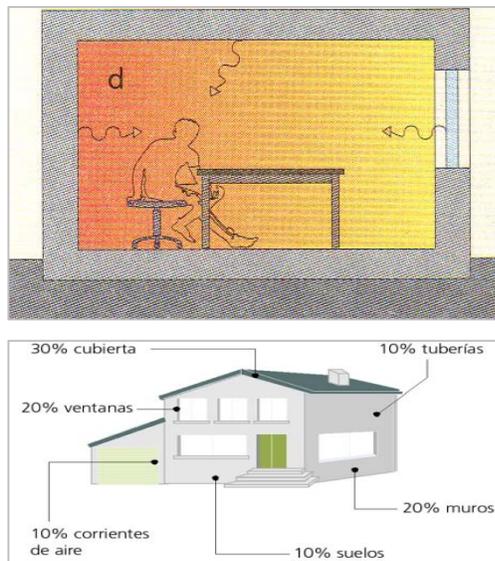


Figura 6. Temperatura radiante y pérdidas de calor

Fuente:Un Vitrubio Ecológico, (2007). Principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible. Barcelona: Gustavo Gili.

Es definida como la temperatura media irradiada por las superficies envolventes de un espacio a su interior. Teniendo presente que el calor por radiación se intercambia cuando existe diferencias de temperatura, generalmente desde un cuerpo caliente a uno frío, la temperatura radiante de paredes, el suelo y la cubierta de una habitación puede dar una sensación de calor o frío a sus ocupantes independientemente de la temperatura del aire contenido en su interior. Es por esta cualidad que la temperatura radiante no solamente debe ser considerada en la evaluación de las viviendas, sino que además puede ser aprovechada como un principio para prever sistemas de calefacción o refrigeración.

Cuando la radiación de calor, que puede ser producida por un elemento puntual o por toda una serie de superficies de la vivienda, si excede significativamente la temperatura ambiente, aumenta la incomodidad y reduce la capacidad de trabajo de los usuarios en verano. Si la suma de la temperatura de las superficies de un espacio es mayor que la temperatura de una persona, esta sentirá calor, pero por el contrario si es más baja, sentirá frío.

Los rangos establecidos para la temperatura radiante en viviendas, según el programa (OCT-COAC, 1998) sostiene que esta debe equilibrarse a un valor muy cercano al de la temperatura del aire, de donde la diferencia entre la temperatura ambiente y las paredes no debe ser superior a 3°C, mientras que el techo no debe ser mayor a 2°C para mantener una apropiada temperatura interior.

1.1.2.2.4 La Velocidad del Aire (V)

Para el acondicionamiento pasivo de las viviendas, la velocidad del aire constituye un parámetro muy valioso, pues ella produce corrientes que pueden ser aprovechadas para refrescar o calentar los espacios. Sin embargo, hay que tener presente que, dependiendo de las velocidades alcanzadas por las corrientes del aire que llegan a la vivienda y de su procedencia, estas corrientes pueden ser apreciadas más como un inconveniente que como una ventaja, especialmente en invierno, y, por lo tanto, el objetivo del acondicionamiento será el de resguardar los diferentes espacios de estas masas de aire. En el caso de la temperatura del aire por debajo de la temperatura de la piel, la velocidad del aire provocará una pérdida de calor que genera una sensación de frescura pero, si es al revés, el cuerpo tomará calor del aire.

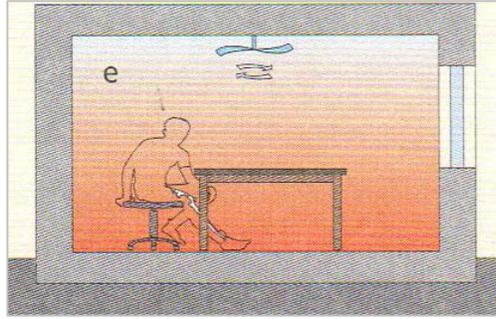


Figura 7. Movimiento del aire

Fuente: Un Vitrubio Ecológico, (2007). Principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible. Barcelona: Gustavo Gili.

Además la velocidad del aire es una preexistencia ambiental que puede ayudar a reducir la humedad y favorecer la ventilación de los espacios de la vivienda, modificando, con su frecuencia y su fuerza, la sensación térmica de las personas. Las sensaciones pueden ser positivas o negativas, dependiendo evidentemente de la relación de este parámetro con la temperatura y la humedad del lugar, así como la condición de los habitantes sus actividades.

La velocidad del aire no reduce la temperatura, pero crea la sensación de frescor gracias a la pérdida de calor por convección y el aumento de evaporación. En el interior de los edificios, la velocidad el aire normalmente es inferior a 0.2m/s según, (Barrera, 2005)

Tabla 5. Sensaciones térmicas según la velocidad del viento

Velocidad del aire	Sensación
De 4 a 5 m/seg.	Imperceptible
De 5 a 8 m/seg.	Agradable
De 8 a 16 m/seg.	Agradable con acentuada percepción
De 16 a 25 m/seg.	Entre soportable y molesta
Mayor a 25 m/seg.	No soportable

Fuente: Barrera O, (2005). Introducción a una Arquitectura Bioclimática para los Andes Ecuatoriales. Barcelona, España.

1.1.3 Condiciones de confort térmico recomendadas.

Se sabe que es incorrecto hablar de situaciones térmicamente confortables para todos los individuos, puesto que en el concepto de confort térmico intervienen, de alguna forma, variables individuales como: la actividad, al metabolismo, adaptabilidad, masa corporal, etc.

En el Ecuador las condiciones de confort térmico recomendadas para actividad ligera según la NEC-11, capítulo 13 eficiencia energética se debe manejar los siguientes rangos:

Tabla 6. Rangos de confort térmico recomendadas para Ecuador.

Condiciones	Rangos recomendados	
Temperatura	18° C	26° C
Velocidad del Aire	0.05m/s	0.15m/s
Humedad Relativa	40%	65%
Temperatura radiante media de superficies del local	18°C	26°C
Resistencia Térmica del Vestido	0,5 clo.	1 clo.

Fuente: Ecuador, Ministerio de desarrollo urbano y vivienda (2014). Normativa ecuatoriana de la construcción, Quito.

1.2 Técnicas para evaluar un ambiente térmico

El estudio del confort térmico ha permitido el desarrollo de diferentes métodos e índices térmicos, así como graficas que pretenden identificar el modo de incidencia de los diferentes parámetros sobre el equilibrio térmico en los ambientes interiores de una edificación. De estos, se pueden destacar algunos como:

1.2.1 Análisis del índice y del ábaco psicométrico de Givoni.

Con el índice de Givoni y su ábaco psicométrico se puede determinar la llamada zona de confort que, según este investigador, coincide con aquella zona dentro de la cual se mantienen unos rangos climáticos en los cuales una persona manifiesta estar térmicamente confortable. Este método permite evaluar las condiciones térmicas de un lugar o de un espacio en función de los diferentes parámetros ambientales (T_a , HR , V , Tr).

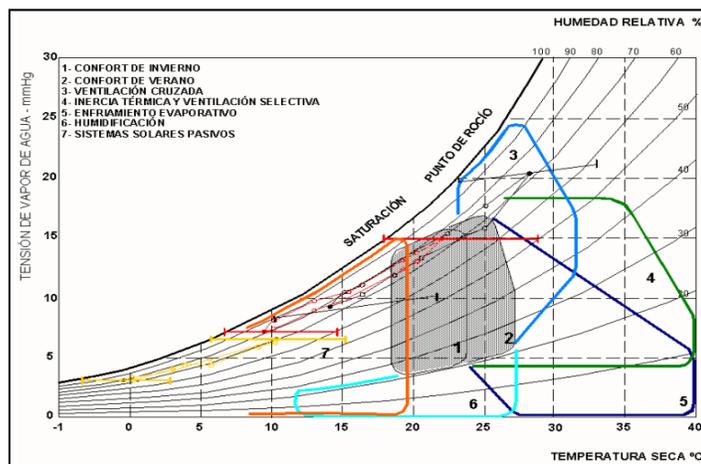


Figura 8. Abaco psicométrico de Givoni, donde además de la zona de confort se observa las zonas que pueden corregidos con la aplicación de determinados principios térmicos.

Fuente: Serra y Coch, 1995, pág. 88.

En este caso no solo aparecen las zonas de confort de invierno y verano, sino que también las zonas que con cierta actuación arquitectónica podrán ser mejoradas; es decir, se establecen unos límites de las zonas de posible corrección por efecto del movimiento del aire, de radiación, inercia térmica o refrigeración.

Por otra parte Szokolay (1987), sin alterar las zonas planteadas por Givoni, plantea una nueva zona de confort definida por el índice de temperatura neutral desarrollado por Humphreys (1978) y Auliciems (1983). Esta temperatura neutral de confort (T_n) está supeditada a la temperatura media exterior (T_m), partiendo del criterio de que la sensación de confort cambia con el clima, según la siguiente relación:

$$T_n = 17,6 + 0,31 T_m$$

En esta fórmula T_m varía entre 18,5 y 28,5°

Con lo cual podemos obtener la zona de confort del sector de estudio, con la siguiente fórmula:

$$\mathbf{ZCT\ local = T_n + 2,5^\circ C}$$

Donde:

ZCT local = Zona de confort térmico local.

T_n = Temperatura neutra.

T_m = Temperatura media del mes más cálido.

El rango es de 5°C, todos estos métodos se los aplicara en el siguiente capítulo.

1.2.2 Meteonorm y Weather tool.

Son softwares que actualmente, se están usando para obtener y generar ficheros climáticos de cualquier lugar del mundo, mismo viene con algunos ficheros climáticos de las ciudades más importantes de cada nación y también nos permite generar ficheros climáticos de cualquier otra ciudad. Para las generaciones de ficheros climáticos nuevos el programa lo realiza a través de interpolaciones con tres estaciones de base de datos.

Para obtener y generar un fichero climático que se adapte al ecotec se debe seguir los siguientes pasos:

A. Utilizar el Meteonorm

- a) Permite obtener el fichero climático de una ciudad que este en la base de datos del programa, se selecciona el lugar, se configura las unidades de las variables, se configura el formato del fichero, se grabar y finalmente se generar el fichero climático.

Para la configuración de las unidades y formato de fichero se debe seguir las siguientes indicaciones:

Unidades de las variables

- Radiación mensual (Kwh/m²)
- Radiación diaria (w/m²)
- Viento (m/s)
- Precipitación atmosférica (hPa)
- Temperatura (°C)

Formato para fichero climático

En el caso de la configuración del formato para el fichero, el orden de las variables que se establece a continuación no debe ser alteradas de lo contrario no podrá ser usado en el ECOTEC.

- Hora
- Día del año
- Temperatura del aire
- Humedad relativa
- Radiación directa normal
- Radiación global horizontal
- Radiación difusa horizontal
- Velocidad del viento
- Dirección del viento
- Grado de nubosidad
- Precipitaciones

- b) En cambio para generar un fichero climático de una ciudad que no se encuentre en la base de datos del programa se ingresa en opción lugar, planos donde se coloca un

punto con las coordenadas del sitio para luego asignarle un nombre. Una vez generado el fichero se procede a obtener los resultados siguiendo los mismos pasos descritos anteriormente en la etapa de obtención de fichero.

B. Weather tool

El weather tool es el complemento del meteonorm que permite obtener finalmente el archivo del fichero climático compatible con el ecotec. Además se obtiene cartas solares, diagrama psicrométrico, rosas de viento y otros gráficos sobre el clima de la ciudad en estudio, con las que se puede tener una primera idea del comportamiento climático del sector.

En la importación del fichero climático al Weather tool se debe controlar que el formato de las variables se mantenga tal como se indicó en la configuración del formato del fichero. Luego se obtiene los resultado, se graba el archivo asignándole nombre y en tipo de archivo el mismo que tiene que ser Weather data file (*.WEA).

1.2.3 Ecotec.

Existen algunos programas computarizados a través de los cuales se puede obtener un resumen sobre las características que debe tener la edificación al introducir una serie de datos sobre el sitio, puede desarrollar un análisis térmico sobre el comportamiento de la edificación ante determinadas condiciones ambientales, o bien evaluar el grado de confort de un espacio.

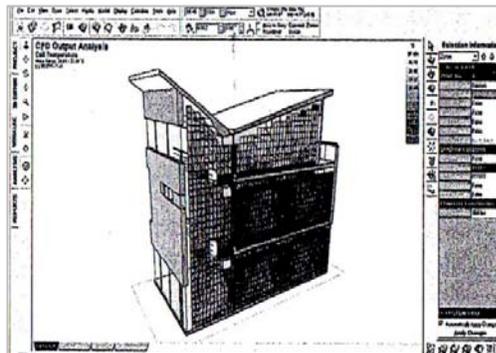


Figura 9. Interfaz ecotec

Fuente: Todelo Espejo, J. (2011). Análisis del confort térmico en el proceso de diseño arquitectónico. Aplicación software ecotec. Tesis para obtener el Título de Arquitecto, Escuela de Arquitectura, Universidad Técnica particular de Loja . Loja, Ecuador.

Según ToledO(2011), es un software desarrollado en base a un concepto integral de análisis de diseño sostenible, sus funciones de simulación y análisis de energía pueden mejorar el rendimiento de los edificios existentes y nuevos diseños de construcción.

Las características que presenta el programa son varias, que no solo enmarcan al confort térmico sino que engloba al confort en un ambiente arquitectónico de forma general.

- Análisis total de la energía del edificio: Cálculo total de la energía usada y de emisiones de carbono en el modelo, de manera anual, mensual, diario y horario, en función de una base de datos global de información meteorológica.
- Protección térmica: cálculo de cargas por calefacción y refrigeración, análisis de los efectos por ocupación, ganancias internas, infiltraciones.
- Agua, uso y costo: Estimación en el uso del agua, evaluación dentro y fuera del edificio.
- Radiación solar: Visualización de la radiación solar incidente en las ventanas y las superficies en un mismo periodo.
- Luz del día. Cálculo de factores de la luz del día y los niveles de iluminación en cualquier punto del modelo.
- Sombras y reflejos: Análisis y proyección de pantallas solares en el modelo en cualquier fecha, hora y lugar.
- Análisis acústico del edificio: Visualización y análisis de la distribución del sonido.

Además se puede importar al programa mediante formato 3DS y DXF, el modelado del edificio a analizar desde AutoCAD hasta ecotec.

1.3 Orientación y forma de la arquitectura

Encontrar la forma y orientación adecuada del edificio es importante, puesto que está directamente afectada por la radiación solar y los vientos. Cuanta mayor superficie exterior

mayor es el intercambio térmico que se producirá, siendo favorable o desfavorable de acuerdo a las características climáticas.

1.3.1 La orientación.

El hombre primitivo estaba sujeto al ciclo solar y muchos grupos rendían honor al sol, orientando sus edificios más importantes hacia sus rayos. Posteriormente, dejó de actuar respecto al sol como símbolo, atribuyendo sus efectos terapéuticos y psicológicos.

La orientación del edificio abarca numerosos factores: topografía local, privacidad, vistas, reducción del ruido, vientos y radiación solar. Entre ellos la radiación solar se sobresale determinando la orientación del edificio para el aprovechamiento máximo de los beneficios térmicos, higiénicos y psicológicos que fue defendido por Vitrubio en su tratado *De Arquitectura*:*[...] si se orientan hacia el mediodía o hacia el oeste no serán salubres porque durante el verano la sección meridional del cielo se calienta al amanecer y arde al mediodía; de la misma forma, aquellas que miran hacia occidente se calientan al mediodía y arden por la tarde.*

1.3.1.1 Geometría solar.

En el área de la arquitectura el principal factor ambiental a considerar es el sol, porque de él dependen los demás factores ambientales, para lo cual se han desarrollado modelos que describen la trayectoria solar durante todo el año, conocer estos principios es fundamental para los arquitectos al momento de diseñar, para lograr una apropiada orientación de las edificaciones, y evitar construcciones enfermas.

La localización, orientación y la forma de un edificio deben analizarse cuidadosamente para obtener el máximo beneficio. El control de la radiación solar es el factor más importante. Desde el punto de vista térmico, los rayos solares deben penetrar y ser absorbidos en las edificaciones cuando se requiere, y ser rechazados cuando resulta indeseables (Lacomba, 1991).

Para lograr una climatización natural en las edificaciones, es indispensable tener conocimiento del efecto que tiene el sol sobre las mismas, para lo cual es necesario tener nociones de la trayectoria solar de acuerdo a la ubicación y a las estaciones del año.

1.3.1.2 Movimientos de la tierra con respecto al sol

Existen dos movimientos principales, que representan consideraciones significativas en la mecánica de la tierra con respecto al sol, estos movimientos son: de traslación y de rotación.

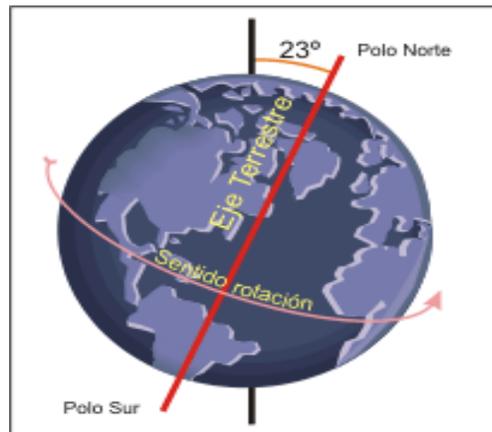


Figura 10. Movimiento de traslación y rotación

Fuente:<http://www.icarito.cl/2012/11/22-9653-9-tercero-basico-movimientos-de-rotacion-y-traslacion.shtml/>

El movimiento de traslación tiene una duración de 365 días, 5 horas, 48 minutos y 46 segundos. Durante este ciclo se determinan las estaciones del año que son delimitadas por las posiciones de la Tierra respecto al Sol, la trayectoria del recorrido describe una órbita elíptica, casi circular. Como se describe en la figura. El movimiento de rotación, es el que efectúa la Tierra sobre su propio eje, este es una línea imaginaria que une los polos norte y sur, también denominado eje terrestre, el movimiento de rotación dura 24 horas aproximadamente, y es conocido como un día solar.

Como se observa en la figura, el eje terrestre forma un ángulo de 23 grados respecto a la normal de la eclíptica, fenómeno denominado oblicuidad de la eclíptica. Esta inclinación produce largos meses de luz y oscuridad en los polos geográficos, además es la causa de las estaciones del año. (wikipedia, 2014)

La mayor incidencia de la radiación sobre la superficie terrestre se presenta en el punto que la tierra esta perpendicular a los rayos solares, este punto varía dependiendo del día y hora, debido a la inclinación del eje terrestre.

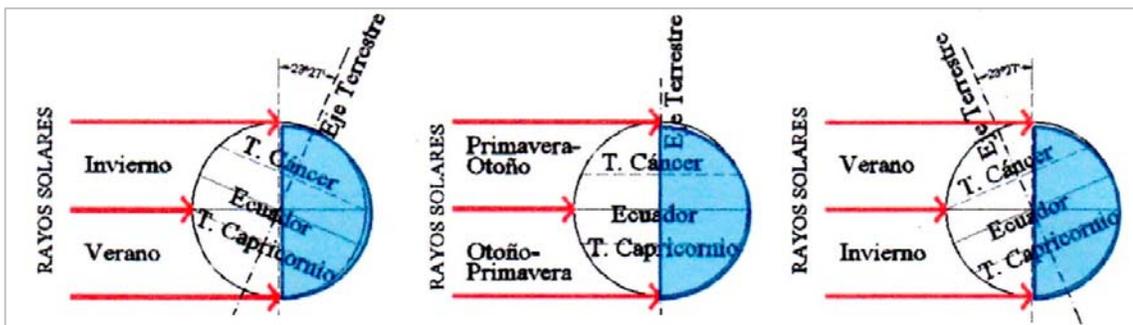


Figura 11. Incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre en las cuatro estaciones del año. Fuente: <http://espacientifico.weebly.com/tema-2---bloque-ii.html>

1.3.1.3 Coordenadas geográficas.

La ubicación geográfica representa un factor indispensable para el análisis y cálculo de las coordenadas solares.

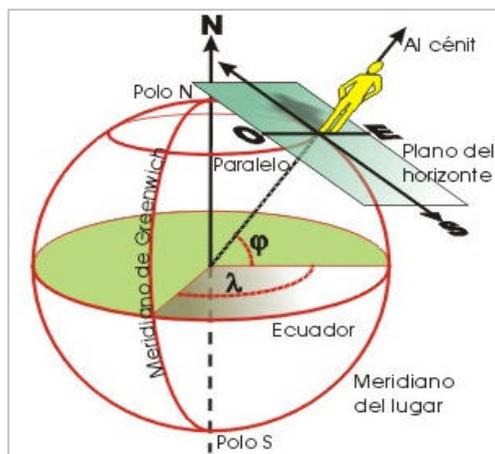


Figura 12. Coordenadas geográficas Fuente: <https://www.xatakaciencia.com/sabias-que/las-coordenadas-geograficas>

Todo punto sobre la superficie terrestre está determinado por tres coordenadas denominadas: Latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar. La latitud se mide en grados, a partir del Ecuador, que es la línea que divide a la tierra en dos hemisferios norte y sur, y de ahí que se denomina latitud norte y latitud sur. La longitud es la distancia angular que hay entre un punto de la tierra y el meridiano de Greenwich, que se toma como base. Puede ser Este u Oeste. La altitud es la distancia vertical que entre un punto y el nivel del mar.

1.3.1.4 Radiación solar.

La radiación solar es el flujo de energía que recibimos del Sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarroja y ultravioleta). Aproximadamente la mitad de las que recibimos, comprendidas entre $0.4\mu\text{m}$ y $0.7\mu\text{m}$, pueden ser detectadas por el ojo humano, constituyendo lo que conocemos como luz visible. De la otra mitad, la mayoría se sitúa en la parte infrarroja del espectro y una pequeña parte en la ultravioleta. La radiación solar se mide normalmente con un instrumento denominado piranómetro.

Ángulo de incidencia. Está formado por la radiación directa, y la superficie de absorción. Frente a un flujo igual de energía para una sección dada, cuanto más reducido es el ángulo de incidencia, mayor es la superficie abarcada por la energía recibida. El flujo energético que abarca 1m^2 en la vertical, alcanzara 2m^2 un ángulo de incidencia de 45° . Tal como se muestra en la figura.

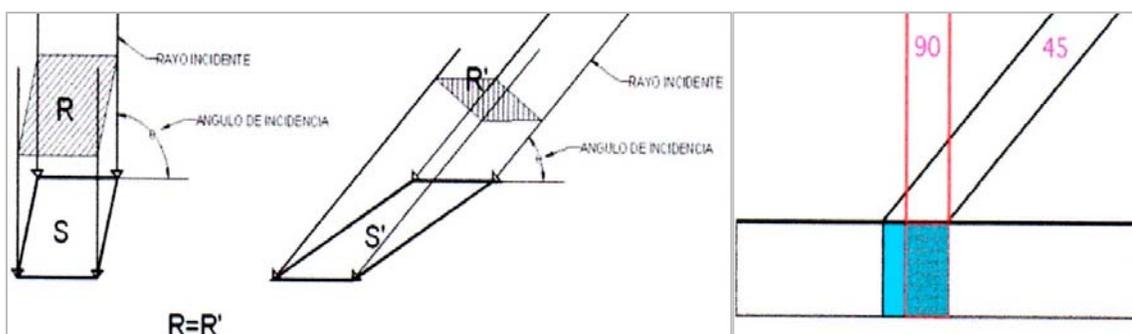


Figura 13. Ángulo de incidencia y el efecto en el área que intercepta una columna entrante de radiación
Fuente: https://fjferreer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/11_efecto_del_angulo_de_incidencia_de_los_rayos_solares_sobre_la_irradiancia.html

Los cambios en la localización del sol tienen un efecto directo en la intensidad de la radiación solar. La intensidad de radiación solar está en función del ángulo de incidencia, el ángulo al que los rayos del sol golpean la superficie de la Tierra. Si el sol se posiciona directamente

sobre la cabeza o 90° del horizonte, la insolación entrante golpea la superficie de la Tierra a los ángulos rectos y es muy intenso. Si el sol es 45° sobre el horizonte, la insolación entrante golpea la superficie de la Tierra a un ángulo. Esto genera que los rayos sean extendidos en una superficie más grande y reduce la intensidad ver figura N°14 (Pidwirny, 2006).

Como se ilustra, el ángulo de incidencia del sol a (45°) ocasiona que la radiación sea recibida sobre un área de la superficie más grande. Esta área de la superficie es aproximadamente 40% mayor que el área cubierta por un ángulo de 90°. El ángulo más bajo también reduce un 30% la intensidad de los rayos entrantes.

Ángulo horario. Está formado por la dirección del Sol con respecto al medio día, es decir considerado que un día es un giro de 360° de la tierra sobre su propio eje, y de igual forma equivale a 24 horas, entonces una hora equivale a 15°. Por lo tanto el ángulo horario se puede calcular para cualquier hora con la siguiente ecuación.

Tabla 7. Ángulos horarios por hora del día

Hora	Angulo Horario
06:00	90°
07:00	75°
08:00	60°
09:00	45°
10:00	30°
11:00	15°
12:00	0°
13:00	-15
14:00	-30
15:00	-45
16:00	-60
17:00	-75
18:00	-90

Elaborado por: Aguilar S, (2014)

Fuente: Barrera O, (2005). Introducción a una Arquitectura Bioclimática para los Andes Ecuatoriales. Barcelona, España.

$$\text{Angulo horario (H)} = 15^\circ(12-T)$$

Donde:

H = Angulo horario

15° = grados por hora

12 = Constante que hace referencia al medio día (12:hrs)

T = hora del día (cualquier valor de 0 a 24 hrs)

Por lo tanto el ángulo horario para las horas de exposición solar es como se muestra en la siguiente tabla.

1.3.1.5 Radiación solar en la franja ecuatorial.

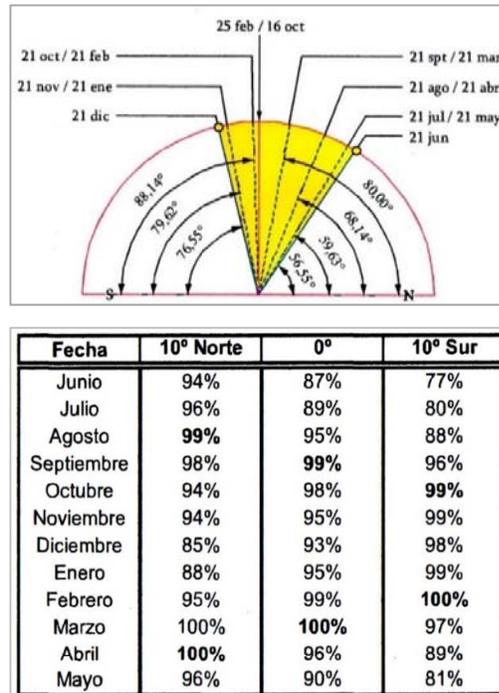


Figura 14. Variación de altura solar para latitud 10°S e intensidad de la radiación solar.

Fuente: Barrera O, (2005). Introducción a una Arquitectura Bioclimática para los Andes Ecuatoriales. Barcelona, España.

La franja ecuatorial está entre los 10° de latitud norte, hasta los 10° de latitud sur, la variación mensual de la altura solar va desde 56,55 sur, en el medio día del 21 de junio, a los 76,55 norte el 21 de diciembre. Conociendo el rango de variación anual de la altura solar, se puede definir las fechas en el año en las que el sol al medio día alcanza el cenit, donde según (Barrera, 2005) sería el 25 de febrero y 16 de octubre, tal como se muestra en la figura 15, la variación de la altura solar.

Además Barrera(2005), agrega que los valores de intensidad de la radiación solar para la franja ecuatorial son los días en los cuales el sol pasa por el cenit, tal como se muestra en la siguiente tabla, estos valores, a más de ser los más altos dentro del año, son similares entre sí.

En resumen se puede decir que en la franja ecuatorial, los meses de febrero y abril, son los que tienen la más alta intensidad solar, variando de un 100% a un 89%, y para el resto del año queda definido un porcentaje que varía desde un 97 a un 77%.

1.3.2 La forma

1.3.2.1 En la naturaleza.

En la naturaleza la forma es consecuencia de la necesidad de adaptación de la especie en el entorno que ella esta inserida.

En las teorías de la evolución vale la ley del más fuerte, más resistente. Es decir, la forma se modifica para adaptarse a las condicionantes exportas, buscando el equilibrio con el medio.

El mismo gen sometido a las distintas circunstancias se de forma proporcionalmente a una magnitud relativa diferente, tanto en exceso como en defecto.¹

Un ejemplo claro de que la naturaleza se adapta para sobrevivir es observado en la vegetación. Esta adapta su forma y tamaño de acuerdo con las condiciones climáticas.

En zonas frías la forma es compacta, para resistir al frío, la sequía, los vientos y todas las otras condiciones desfavorables. En zonas templadas, las hojas tienen forma abierta y considerable tamaño para permitir captar el máximo de la luz. Ya en zonas cálidas-áridas, como el entorno no es favorable, las plantas se adaptan mediante la reducción de su superficie, de hojas y ramas y presentan desarrolladas una cantidad de celdillas protectoras. Por fin, en zonas cálidas-húmedas, donde las condiciones climáticas son más favorables para la vida vegetal, las plantas se desarrollan de forma y tamaño totalmente libres.

¹Lodge por Olgay, 1963.



Figura 15. Las hojas de los árboles en cada tipo de clima: frío, templado, cálido-árido y cálido húmedo

Fuente: Yáñez, G. (2008). *Arquitectura solar e iluminación natural*. España.

En ser humano respetando estos principios también tiene su desarrollo impuestos por los condicionantes del entorno en que esta inserido, buscando siempre el equilibrio con el medio ambiente. La construcción de su refugio sigue las limitaciones de la naturaleza. Es decir, la edificación es de forma compacta cuando el clima no es favorable, cerrándose sensiblemente sus superficies y manteniendo en equilibrio mediante la vida en el interior. Mientras que, cuando el clima es más favorable, la forma permite una comunicación fluida con el entorno natural y el edificio intenta equilibrarse con el medio ambiente.

En climas cálidos y húmedos, en la busca del equilibrio con la naturaleza, la edificación en el intento de disminuir sus impactos, utilizase de la combinación de los factores térmicos: temperatura del aire y radiación solar, para alcanzar una forma y una orientación óptimas.

1.3.2.2 En la arquitectura.

El estudio de la forma arquitectónica como elemento de control térmico pretende aportar un parámetro más para el diseño de arquitectura sustentable, para lo cual es necesario, conocer algunos de los conceptos entorno al tema del control térmico en las edificaciones según su forma geométrica, este trabajo no pretende investigar las características de los materiales, sino que se enfoca a analizarla forma arquitectónica como elemento de control térmico, sin embargo se considera conveniente mencionar alguno características térmicas de los materiales para conocimiento general y de alguna manera estar consciente en la elección de los mismo dependiendo de la región donde se diseñe.

La forma del edificio es el resultado de un proceso complejo en el que es preciso sintetizar aspectos funcionales, técnicos y estéticos. El viento la cantidad y dirección de la luz del sol, el grado de abrigo y de exposición a los elementos, la calidad del aire y el ruido influye en la relación del edificio con su entorno exterior, y determinar la forma. Ya que, *el hecho que el*

edificio tenga la forma y la orientación correcta puedan reducir el consumo de energía en un 30-40% sin ningún coste adicional(Un Vitrubio Ecológico, 2007).

La forma y dimensiones de un edificio mantienen su importancia en la misma categoría a la localización y tamaño de las ventanas que captan la radiación. La relación superficie/volumen se establece a partir de la superficie de la envoltura exterior del edificio y del volumen protegido por la misma, esta relación permite comparar la efectividad de distintas formas de edificios en la creación de un volumen dado. Las pérdidas térmicas de un edificio son proporcionales a la superficie de su envoltura, en consecuencia cuanto más compacto sea el edificio menor será la pérdida de calor. En dicha relación solo se considera la superficie exterior, que es en realidad la más expuesta a las variaciones de la temperatura y a los vientos. La relación superficie/volumen mide el potencial térmico de una envoltura; sin embargo no es imperativo que exprese el potencial de uso del espacio habitable. (Camous; 1986: 79).

Para tener una primera valoración de la sensibilidad de las condiciones térmicas del interior de una edificación, los expertos recomiendan, sacar el factor de forma, que es el cociente entre la superficie la envolvente que representa el límite físico de intercambio de calor entre el interior y el exterior, y el volumen del edificio que nos da una idea de su capacidad para almacenar energía. La misma que dependerá por supuesto del clima, recomendándose un reducido factor de forma para climas fríos (entre **0,5** y **0,8**), frente a valores superiores a **1,2** en el caso de los climas cálidos. Se debe tener en cuenta que un factor demasiado bajo puede generar dificultades de ventilación y de luz natural de espacios interiores, al quedar sin contacto con el exterior.

Los siguientes dibujos resumen una primera aproximación en cuanto a las formas básicas más adecuadas de los edificios para los diferentes climas según (Olgay, 2006):

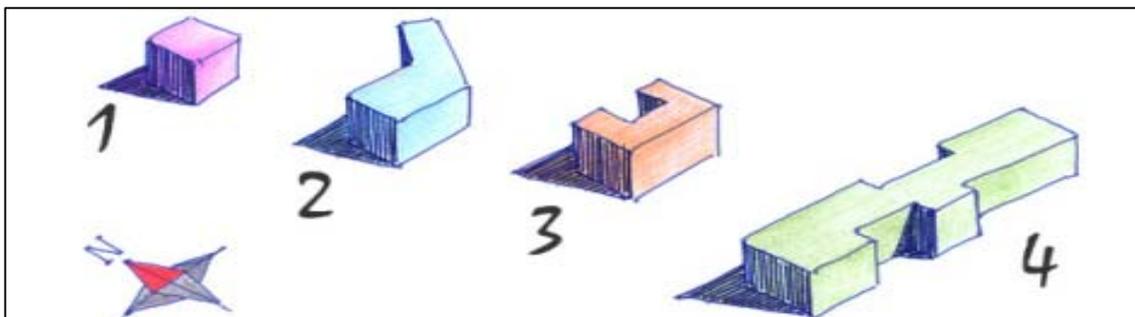


Figura 16. Formas básicas más adecuadas de los edificios para los diferentes climas según Olgay

Fuente: <https://huellasdearquitectura.wordpress.com/2013/05/24/el-factor-de-forma-como-estrategia-de-diseno/>

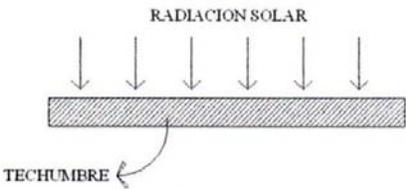
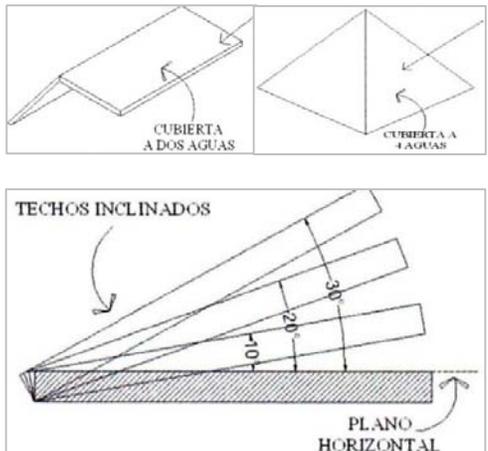
1. Clima frío.
2. Clima templado.
3. Clima cálido seco.
4. Clima cálido húmedo.

En resumen la forma de la edificación influye sobre:

- La superficie de contacto entre la vivienda y el exterior, lo cual influye en las pérdidas y ganancias calóricas.
- La resistencia frente al viento. La altura por ejemplo, es determinante: un edificio alto siempre ofrece mayor resistencia que a uno bajo.

Existen, además estudios en relación a la forma construida y ganancia de calor, publicados por “Conescal”, revista especializada en espacios educativos. En los cuales de forma esquemática se explica que la forma e inclinación de cubiertas, contribuye a mayor o menor ganancia de calor. Ver Tabla.

Tabla 8. Ganancia térmica a partir de la forma constructiva

	<p>En las superficies planas los rayos solares son perpendiculares a toda la superficie y por la absorción de calor por radiación solar es mayor en las techumbres inclinadas.</p>
	<p>En el caso de las cubiertas a dos aguas los rayos solares pueden ser perpendiculares solo a la mitad de la superficie y en cubiertas de cuatro aguas los rayos solares se disminuirán a una cuarta parte.</p> <p>Además, cada 10° de inclinación del plano de la techumbre representan de 10 a 15% de menor ganancia de calor por radiación aproximadamente.</p>

	<p>En las techumbres curvas la ganancia de calor por conducción es menor, debido a que la radiación solar es perpendicular a la bóveda en un solo punto.</p> <p>En las bóvedas de cañón, la radiación solar es perpendicular solo a una línea en cada bóveda.</p> <p>En la bóveda esférica la radiación solar es perpendicular solo a un punto de la bóveda.</p>
	<p>En los muros sucede algo similar, dependiendo de la forma.</p>

Fuente: "Conescal", revista especializada en espacios educativos
 Elaborado por: Aguilar S, 2017

El calor generado por la radiación solar, varía según la estación del año. Y de esto también depende la forma de la envolvente (Olgay, 1998).

1.3.2.2.1 Orientación sol – aire.

La orientación de edificio partiendo de la premisa sol-aire, implica reconocer que la temperatura del aire y la radiación solar actúan conjuntamente para producir la sensación de calor en el cuerpo humano.

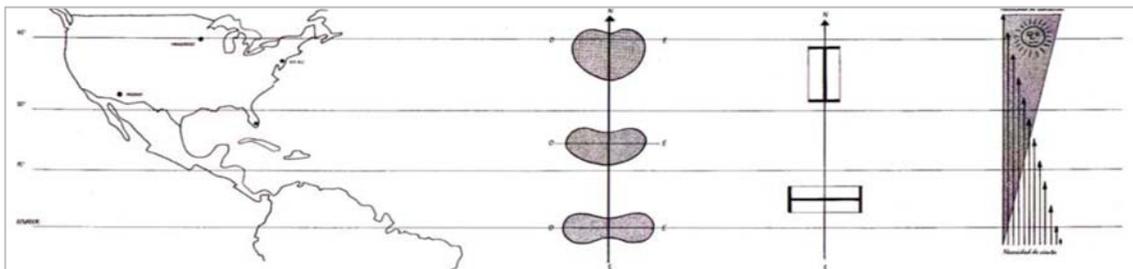


Figura 17. La forma de la arquitectura cambia de acuerdo con la latitud en que está ubicada. Más a norte suele a ser compacta priorizando la radiación solar, mientras que más cerca del Ecuador suele ser más estrecha y alargada en el eje este-oeste priorizando los vientos dominantes.

Fuente: Yáñez, G. (2008). Arquitectura solar e iluminación natural . España.

La importancia del calor del sol variará, entonces, según las regiones y estaciones. Una orientación óptima en un emplazamiento dado, será aquella que proporcione la máxima radiación durante el período frío y la mínima durante el cálido.

En las latitudes más septentrionales generalmente el aire es frío y existe una gran necesidad de calor procedente del sol. Como consecuencia, las edificaciones deben orientarse para recibir una máxima cantidad de radiación durante todo el año. La forma del edificio es compacta, con orientación preferente perpendicular al eje norte-sur. No obstante, el mismo edificio, situado más al sur, donde el aire es más caliente, deberá girar su eje para evitar la radiación solar directa, más desfavorable, y acoger en su lugar, las brisas refrescantes. Los edificios suelen ser estrechos y alargados, transversales al viento dominante y separado entre sí para no obstruir el paso del aire entre ellos. (Serra & Coch, 1995)

1.3.2.2 Distribución interna.

Vale recordar que para asegurar unas condiciones apropiadas de bienestar en el interior de las edificaciones, hay que tener en cuenta la distribución y orientación de los espacios, tanto en planta como en corte, teniendo en cuenta sus requerimientos de calefacción, refrigeración, iluminación y ventilación, con el objetivo de minimizar la demanda total de energía para mantener las edificaciones en condiciones de confort térmico aceptables.

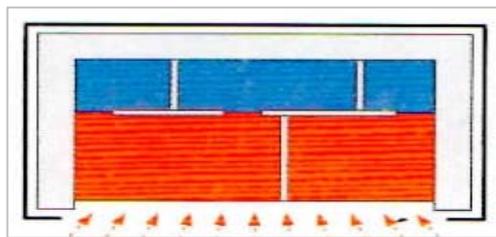


Figura 18. Distribuya los espacios según la necesidad de calefacción o refrigeración.
Fuente: Fuente: Un Vitrubio Ecológico, (2007).
Principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible. Barcelona: Gustavo Gili.

Siempre que sea posible, los espacios que requiera calefacción continua o los de mayor utilización a la fachada más favorable como: comedor, estar, habitación; y hacia las fachada menos favorables los espacios que no necesitan calefacción y que, además, actuaran como amortiguadores térmicos, es decir los de menos utilización, como baños, garajes, trasteros, bodegas, etc.

1.3.2.2.3 Factor viento.

En regiones cálidas-húmedas el movimiento del aire constituye el elemento principal para alcanzar el confort. Como consecuencia, los emplazamientos adecuados son aquellos que, aunque se encuentre fuera de la dirección del viento predominante, estén situada en áreas expuestas a las corrientes de aire, cerca de las cimas de las colinas o en zonas elevadas de la cara ventosa de la montaña, cerca de alguna arista, en pendientes en dirección a norte o sur que son más apropiadas que a este y oeste, donde los rayos inciden más oblicuamente y por esto reciben mayor radiación solar.

Cuando la dirección de los vientos no es coincidente con la mejor orientación solar, se debe priorizar la ventilación, debido a mayor facilidad de utilizar elementos para sombrear que para direccionar los vientos. Con todo, el posicionamiento del edificio no precisa ser, necesariamente, perpendicular a la dirección de los vientos. Machado, Ribas y Oliveira (1986) afirman que rotaciones de 20° a 30° en relación a los vientos predominantes de verano también son bien recomendadas, utilizándose recursos que faciliten la ventilación cruzada.

1.3.3 Características propias del edificio que modifican la ganancia y pérdida térmica.

Para analizar la permeabilidad del edificio frente a las manifestaciones energéticas exteriores, es conveniente considerar las características propias de la envolvente que está en contacto con el exterior, ya que estas intervienen directamente en el bienestar térmico dentro de la edificación (Serra, 2005; 248).

Estas características según la norma ecuatoriana de construcción son diferentes para cada zona climática.

Tabla 9. Zonas climáticas en Ecuador, según INAMHI.

ZONA CLIMATICA	Rangos de temperatura Según datos del INAMHI
ZT1	6°C-10°C
ZT2	10°C-14°C
ZT3	14°C-18°C
ZT4	18°C-22°C
ZT5	22°C-25°C
ZT6	25°C-27°C

Fuente: Ecuador, Ministerio de desarrollo urbano y vivienda (2015). Normativa ecuatoriana de la construcción, Quito.

Los rangos de las características térmicas que modifican la ganancia y pérdida de calor en las edificaciones se los citará en los siguientes puntos:

1.3.3.1 Asentamiento.

Es el grado de contacto de las superficies que rodean el volumen de todo el edificio con el terreno.

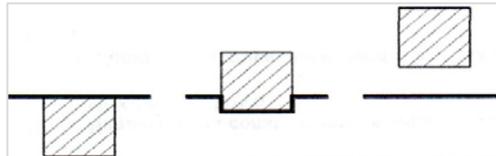


Figura 19. Grado de asentamiento
Fuente: Barrera O, (2005). Introducción a una Arquitectura Bioclimática para los Andes Ecuatoriales. Barcelona, España.

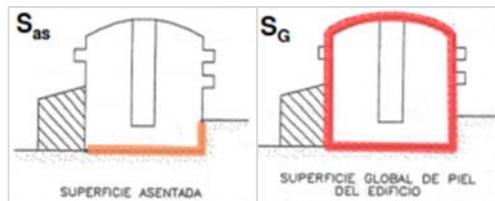


Figura 20. Gráficos del grado de asentamiento
Elaborado por: Aguilar, S.

Estabilidad térmica, para profundidades >6m. Puede llegar a tener una temperatura constante durante todo el año. Para saber el grado de asentamiento de una edificación se calcula el coeficiente de la siguiente manera:

$$As: \frac{S_{as}}{S_g}$$

As: Cociente de asentamiento (valor entre 0-1 es decir 0-100%)

Sas: superficie asentada (ver gráfico n°20)

Sg: superficie global (ver en gráfico n°20)

Tabla 10. Repercusiones climáticas según el grado de asentamiento

Edificios con MUCHOS ASENTAMIENTO	Edificios con POCO ASENTAMIENTO
Mayor posibilidad de inercia térmica	Menor posibilidad de inercia térmica
Menor posibilidad de pérdida de calor	Mayor posibilidad de pérdida calor
Menor posibilidad de captar radiación	Mayor posibilidad de captar radiación
Menor posibilidad de ventilar	Mayor posibilidad de ventilar
Mayor posibilidad de humedad ambiental	

Elaborado por: Aguilar, S 2017.

1.3.3.2 Adosamiento.



Figura 21. Grado de Adosamiento

Fuente: Barrera O, (2005). Introducción a una Arquitectura Bioclimática para los Andes Ecuatoriales. Barcelona, España.

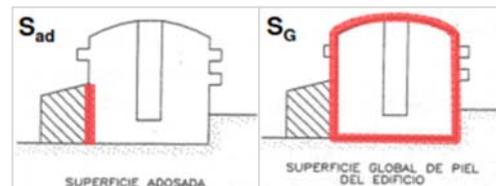


Figura 22. Gráficos referenciales para el cálculo del coeficiente de adosamiento.

Elaborado por: Aguilar, S.

Es el grado de contacto de las superficies que rodean el volumen con otros locales o edificios vecinos.

Para realizar el respectivo cálculo de adosamiento de una edificación se procede a calcular el coeficiente de adosamiento tal como se muestra a continuación:

$$Ad: S_{ad}$$

$$S_g$$

Ad: coeficiente de adosamiento (valor entre 0-1 es decir del 0-100%)

Sad: superficie adosada (ver gráficos n° 22)

Sg: superficie global (ver gráficos n°22)

Tabla 11. Repercusión climática.

Edificio con MUCHO ADOSAMIENTO	Edificio con POCO ADOSAMIENTO
Menor posibilidad de pérdida de calor, es recomendable para clima frío y seco.	Mayor posibilidad de pérdida de calor
Menor posibilidad de captar radiación	Mayor posibilidad de captar radiación
Menor posibilidad de ventilar	Mayor posibilidad de ventilar
Mayor posibilidad de aumentar la humedad ambiental	

Elaborado por: Aguilar, S 2017.

1.3.3.3 Perforaciones o aberturas.

Permeabilidad de la envolvente, al paso del aire. Depende, tanto de la superficie, como de otros factores como son las dimensiones y la posición relativa de las perforaciones.

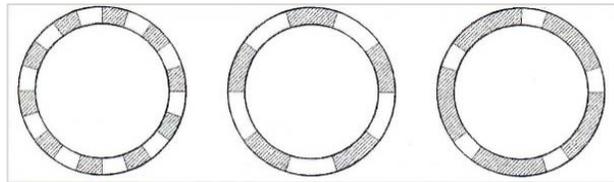


Figura 23. Grado de aberturas

Fuente: Barrera O, (2005). Introducción a una Arquitectura Bioclimática para los Andes Ecuatoriales. Barcelona, España.

$$A_p = \frac{S_{pr}}{S_g}$$

A_p : coeficiente de perforaciones(valor entre 0-1, es decir de 0-100%)

S_{pr}: Superficie perforada

S_g: Superficie general del edificio

Tabla 12. Repercusiones climáticas

Envoltentes MUY PERFORADAS	Envolvente POCO PERFORADAS
Las condiciones climáticas interiores tienden a igualarse con las externas	Las condiciones climáticas interiores son diferentes a las externas
Mayor posibilidad de ventilar	Menor posibilidad de ventilar
Aptas para CLIMAS CÁLIDOS HUMEDOS	

Elaborado por: Aguilar S, 2017.

La relación de superficie de ventanas respecto de la superficie total de la fachada según normativa ecuatoriana de construcción (2015), no debe superar el porcentaje señalado en la siguiente tabla cuando se usa vidrio monolítico, es decir un solo vidrio con el coeficiente de transferencia de calor U menor a 5.40 w/m²K.

Tabla 13. Porcentaje máximo de ventanas de acuerdo a la zona climática y la orientación.

ZONA CLIMÁTICA	ORIENTACIÓN		
	N-S	NO-SO-NE-SE	E-O
ZT1	20	35	50
ZT2	30	35	50
ZT3	40	35	30
ZT4	40	35	25
ZT5	40	30	20
ZT6	40	30	20

Fuente: Ecuador, Ministerio de desarrollo urbano y vivienda (2015). Normativa ecuatoriana de la construcción, Quito.

Elaborado: Aguilar S, 2017.

En las aberturas hay que tener cuidado con la transparencia de los materiales que se usan para el cerramiento si fuera el caso. Debido a que la radiación solar, al pasar, si no se tiene bien adecuado el sistema de ventilación, la transparencia de la envolvente del edificio produce el efecto invernadero, generando un incremento de temperatura en el interior de la edificación.

Resulta evidente que las aberturas situadas estratégicamente con la forma y tamaño adecuado nos permite tener mejor calidad de ventilación natural. Tal es el caso en zonas calurosas, se puede aumentar la velocidad del aire con una correcta abertura para minimizar los efectos de la humedad en una proporción de 0,3 m/s de velocidad del aire equivalente al descenso de 1° C en la sensación térmica de una persona.

Localización: La localización de las aberturas de una habitación definirá el tipo de flujo interior del aire tal como se representan en las siguientes graficas

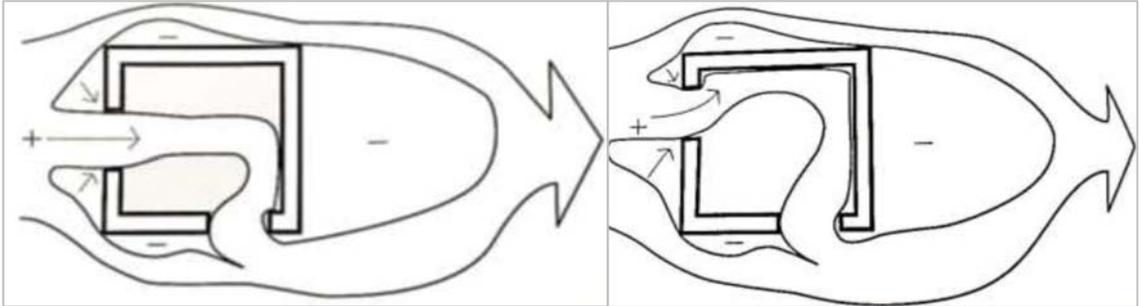


Figura 24. Una abertura de entrada en el centro del muro provoca igual presión en ambos lados de la misma creando un flujo de viento que entra de frente a la habitación, mientras que con una abertura de entrada asimétrica, la presión de ambos lados es desigual, lo que origina que el flujo de entrada sea diagonal.

Fuente: García, R. (1995). Viento y arquitectura: El viento como factor de diseño arquitectónico. México.

La localización de la salida no es tan importante, ya que el patrón de flujo del aire no se altera. Sin embargo define el eje de ventilación (línea recta que une el centro de ambas aberturas), este sí influye en el comportamiento del aire en función del ángulo que forma con respecto a la dirección del viento.

Las aberturas de salida también pueden ubicarse en los muros adyacentes al muro de barlovento ya que en ellos existe presión negativa.

Forma: Entre las aberturas cuadradas, verticales y horizontales, las aberturas horizontales son más efectivas, ya que proporcionan una mejor distribución de aire y mayores velocidades interiores.

Por otra parte si a la abertura se la complementa con accesorios y elementos arquitectónicos el patrón del flujo se lo podrá direccionar según la necesidad.

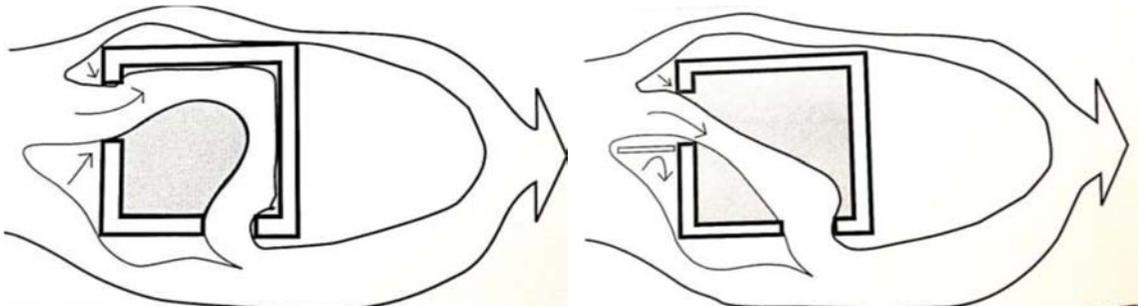


Figura 25. En una habitación con abertura descentrada el flujo del aire es diagonal en el sentido de mayor presión y si se adiciona un elemento que neutralice la presión como la hoja de una ventana abatible hacia fuera, el patrón del flujo se invertirá en el sentido de la presión restante.

Fuente: García, R. (1995). Viento y arquitectura: El viento como factor de diseño arquitectónico. México.

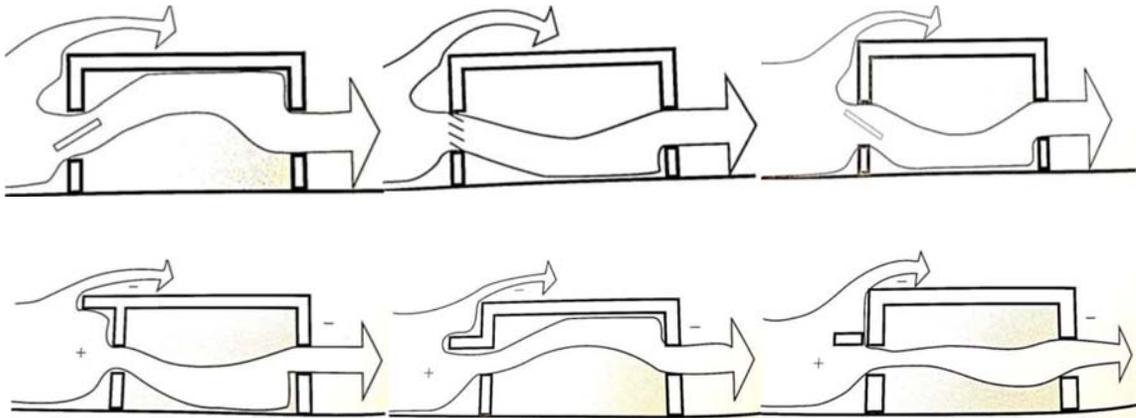


Figura 26. Modificación de los patrones de flujos del aire según los elementos arquitectónicos con que se complementan las aberturas.

Fuentes: García, R. (1995). Viento y arquitectura: El viento como factor de diseño arquitectónico. Mexico.

Tamaño: El tamaño de las aberturas debe estar en función de los requerimientos específicos de ventilación de cada ambiente, es decir que para un correcto diseño se ha de tener en cuenta el número de cambios de aire necesarios, dependiendo de:

1. Calidad de aire que se ingresa
2. Grado de deterioro que se produce en el interior, que a su vez depende de:
 - Tipo y características de la vivienda.
 - Número y actividad de los ocupantes.
 - Naturaleza de los diferentes procesos llevados a cabo dentro de la habitación.

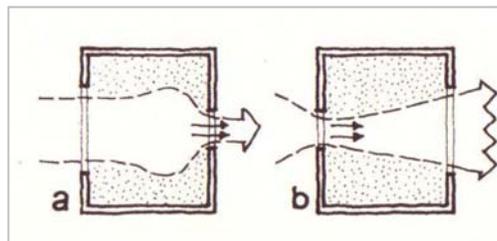


Figura 27. La situación de entrada determina el modelo e flujo que puede variar no solo por el posicionamiento de las aberturas sino también por el tamaño.

Fuente: Yáñez, G. (2008). Arquitectura solar e iluminación natural . España.

Los tamaño de la abertura dan variaciones de velocidad como: a y b. Grande abertura de entrada y pequeña de salida no interfiere en la velocidad del aire. Pequeñas aberturas a la entrada garantiza velocidad máxima en el interior de las construcciones donde sea más eficaz en el interior del edificio. Para obtener una velocidad promedio del aire interior apropiada dentro de las habitaciones se debe conseguir una relación óptima de: $\frac{\text{Area de salida}}{\text{Area de entrada}} = 1.25$

Cuando esta relación es mayor, la velocidad del viento aumenta sustancialmente cerca de la ventana, pero la velocidad promedio interior disminuye.

En conclusión el diseño de entradas y salidas ideales son: Abertura de entrada pequeña localizada en la parte inferior de la pared y apertura de salida grande en la parte superior de la pared consiguiendo de esta manera dirigir al aire hacia la zona habitable con buena velocidad.

1.3.3.4 Tersura.

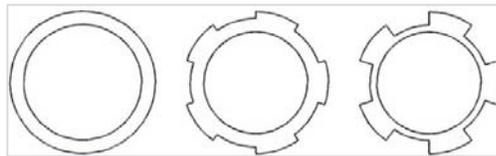


Figura 28. Grado de tersura

Fuente: Barrera O, (2005). Introducción a una Arquitectura Bioclimática para los Andes Ecuatoriales. Barcelona, España.

Es la existencia de salientes y entrantes respecto a la línea de la fachada. Elementos que pueden ser balcones, volados, volúmenes horizontales o verticales, etc.

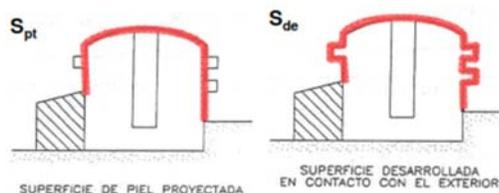


Figura 29. Gráficos del grado de tersura.
Elaborado por: Aguilar, S.

Para el cálculo de la tersura se calcula el coeficiente de la siguiente manera:

Ts: Spt

Sde

42

Ts: coeficiente de tersura (valor entre 0-1, es decir del 0-100%)

Spt: Superficie de piel proyectada (o soporte)

Sde: Superficie de piel desarrollada

Tabla 14. Repercusiones climáticas

Edificios con TERSURA ALTA	Edificios con TERSURA BAJA
Aumento de la superficie en contacto con el exterior	Disminución de la superficie en contacto con el exterior
Posibilidad de sombras que eviten la radiación solar en ciertas zonas	

Elaborado por: Aguilar, S.

Según la norma ecuatoriana de construcción (2015), en las zonas climáticas ZT4, ZT5 y ZT6 es recomendable utilizar al menos un 30% de sombras arquitectónicas en las direcciones N-S y NO-SO-NE-SE, y un 50% en las direcciones E-O para evitar el sobrecalentamiento de la edificación. Además recomienda el uso de cubiertas inclinadas para minimizar la ganancia solar. 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.).

1.3.3.5 Color.



Figura 30. Vivienda en Sonceca

Fuente: <http://juaser11.blogs.upv.es/>

Define su comportamiento frente a la absorción, y por lo tanto al paso de energía procedente de la radiación. El color influye considerablemente en la ganancia térmica por el hecho de que los colores claros son muy reflejantes y generan poca captación de energía calórica, y por el contrario en los colores oscuros hay mucha absorción de la radiación solar.

Los materiales de absorción y emisión selectiva constituyen una defensa eficaz contra los impactos de la radiación. Los materiales selectivos fríos al reflejar más radiación de la que

absorben y expeler rápidamente la cantidad absorbida en una forma de radiación térmica producen temperaturas más bajas dentro de la edificación. Siempre que una superficie esté expuesta directamente a la radiación, la elección de la superficie reflectora ayuda en este sentido. Según la norma ecuatoriana de construcción recomienda que en interiores el uso de colores sea contrastante para evitar la fatiga visual. Por 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.

Tabla 15. 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

Fuente: Ecuador, Ministerio de desarrollo urbano y vivienda (2015). Normativa ecuatoriana de la construcción, Quito.

Los materiales blancos pueden reflejar el 80% o más de la radiación recibida, mientras que los negros solamente 5% o menos. Por esto la importancia de elegir colores claros para edificaciones en climas calurosos.

Según la norma ecuatoriana de construcción es recomendable 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 superiores al 40%.

Todas las características antes mencionadas, además de la forma, son propias de cualquier envolvente de toda edificación, por ello es importante considerar cada una de ellas, y los efectos térmicos que generan en el interior del espacio arquitectónico, con la finalidad de evaluar térmicamente porque influyen tanto en la ganancia como la pérdida de calor.

1.3.4 Los efectos térmicos de los materiales.

La piel del edificio funciona como una barrera a los impactos calóricos externos, es decir, antes que estos impactos afectaren las condiciones de temperatura interna deben traspasar los muros de la edificación.

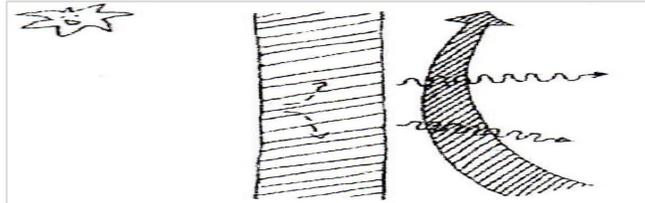


Figura 31. En las paredes las fuerzas térmicas actúan en el exterior en una combinación de los impactos por convección y por radiación.
Fuente: Yáñez, G. (2008). Arquitectura solar e iluminación natural . España.

Las fuerzas térmicas que actúan en el exterior de una edificación son una combinación de los impactos por convección y por radiación. La radiación actúa a través de la radiación solar directa y el intercambio de temperatura con el aire del entorno y con el cielo. La convección actúa en función del intercambio con la temperatura circundante y pueden acelerarse a través del movimiento del aire.

Consecuentemente la capa externa del muro presenta temperatura superficial mayor que la del aire a su alrededor debido a estar expuesta directamente al asoleo.

Debido a que la temperatura permanece prácticamente constante durante noche y día, los edificios no pueden enfriarse significativamente durante la noche, perdiendo el calor almacenado durante el día. Las temperaturas superficiales de las paredes y cubiertas tienden a estabilizarse al mismo valor que la del aire. En consecuencia, la pérdida de calor del cuerpo por radiación es despreciable, siendo preferible las construcciones ligeras con materiales de baja capacidad térmica.

Las características térmicas de un material se encuentran establecidas por varios factores como: densidad, calor específico, conductividad térmica, etc. Son estos parámetros que intervienen directamente con el comportamiento térmico de una vivienda, por tal motivo es básico conocer este aspecto, ya que si se trata de hacer arquitectura que toma en cuenta el medio, por lo tanto es necesario saber sobre las características térmicas de los materiales del sector en el cual se implantara la obra, esto nos permitirá garantizar un microclima interior confortable. Por tal motivo se ha creído conveniente resumir en solo cuadro los materiales

más típicos utilizados en sectores cálidos húmedos exponiendo sus propiedades térmicas tanto de los materiales orgánicos e inorgánicos:

Tabla 16. Características térmicas básicas de algunos materiales constructivos.

Material	Densidad (kg/m ³)	Conductividad térmica		Calor específico J/kg°C
		W/m°C	Kcal/mhr°C	
Agua				
Agua (10°C, sin convección)	1.000	0,60	0,52	4.190
Hielo (-10°C)	920	2,30	1,98	2.000
Nieve compactada	500	0,60	0,52	2.000
Cauchos				
Caucho natural	910	0,13	0,11	1.100
Caucho vulcanizado	1.120	0,15	0,13	2.000
Concretos				
Concreto con arcilla expansiva	1.250	0,50	0,43	1.000
Concreto celular	600	0,22	0,19	880
Concreto normal	2.300	1,75	1,50	920
Concreto reforzado	2.400	1,80	1,55	1.050
Enlucidos y morteros				
Enlucido cal-cemento	1.600	0,80	0,69	840
Enlucido de yeso	1.200	0,42	0,36	837
Mortero cemento-arena	1.800	1,00	0,86	1.000
Maderas				
Madera normal (pino, cedro)	600	0,14	0,12	2.720
Madera pesada (roble, encino)	700	0,19	0,16	2.400
Madera resinosa	525	0,12	0,10	1.880
Tablero de fibra (MDF)	600	0,14	0,12	1.70
Mampostería				
Adobe con alto contenido de paja	400	0,30	0,26	900
Ladrillo de arcilla común	1.700	0,84	0,72	900
Metales				
Acero normal	7.800	50,00	42,99	450
Acero inoxidable	7.900	17,00	14,62	460
Aluminio	2.800	160,00	137,58	880
Zinc	7.200	110,00	94,58	380
Plásticos				
Policarbonato	1.200	0,20	0,17	1.200
Rocas				
Granito	2.700	2,90	2,49	900
Mármol	2.600	2,80	2,41	800
Piedra pómez	400	0,20	0,17	1.000
Suelos				
Arena seca	1.800	0,70	0,60	790
Grava	1.900	0,80	0,69	840
Tierra común	1.460	1,28	1,10	880
Tierra vegetal	1.800	1,80	1,55	920
Recubrimientos				
Teja de barro	2.000	1,00	0,86	800
Vidrios				
Vidrio claro común	2.500	1,00	0,86	750
Vidrio espejo	2.950	0,78	0,67	738

Fuente: Centro de investigación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.
Elaborado por: Aguilar S, 2017.

Donde:

- **Densidad (ρ):** masa de material por unidad de volumen: $\rho = m / V$ (kg/m³).
- **Calor específico (C):** *cantidad de energía necesaria para aumentar en 1 °C la temperatura de 1 kg de material.* Indica la mayor o menor dificultad que presenta una sustancia para experimentar cambios de temperatura bajo el suministro de calor. **Los materiales que presenten un elevado calor específico serán buenos aislantes.** Sus unidades del Sistema Internacional son J/(kg·K), aunque también se suele presentar como kcal/(kg·°C).
- **Conductividad térmica (k):** capacidad de un material para *transferir calor.* La conducción térmica es el fenómeno por el cual el calor se transporta de regiones de alta temperatura a regiones de baja temperatura dentro de un mismo material o entre diferentes cuerpos. Las unidades de conductividad térmica en el Sistema Internacional son W/(m·K), aunque también se expresa como kcal/(h·m·°C).

1.4 Sistemas pasivos de refrigeración.

La forma más eficaz de refrigerar pasivamente a una edificación es proteger de la radiación solar directa no deseada, arrojando sombras sobre sus ventanas y en la mayor parte de las superficies exteriores. Así como también se debe contar con un diseño adecuado de ventilación natural para disminuir los efectos térmicos del interior de la edificación en épocas de verano ubicando estratégicamente las perforaciones con sus respectivos cerramientos adecuados para generar ventilación continua y evitar espacios húmedos dentro de las viviendas.

1.4.1 Ventilación natural.

La acción del viento sobre los edificios tiene repercusiones directa e indirecta sobre las condiciones del ambiente interior. El viento influye en el microclima que envuelve las construcciones, actúa en sus cerramientos incrementando la pérdida de calor hacia el exterior de las superficies sobre las que incide y penetrando por las aberturas generando movimiento y renovación del aire interior. Los movimientos favorables del aire deben ser utilizados para refrescar durante las épocas calurosas y como alivio en aquellos períodos en que los valores de humedad absoluta son muy altos.

Los aspectos fundamentales que hay que tener en cuenta en el proyecto de un edificio en relación a la ventilación natural son: Emplazamiento y características del entorno;

Características del viento (dirección, frecuencia y velocidad); Forma y características del edificio; Obstáculos exteriores; Orientación eólica del edificio; Zonas de presión y succión; Situación y superficie de la ventanas en relación a las zonas de presión y succión de la envolvente del edificio; Sistema de apertura y elementos complementarios del hueco (sistemas de protección solar etc...); Obstrucciones interiores al flujo del aire; Situación y características de lucernarios, patios o conductos, si los hubieran, tanto para la evacuación del aire caliente como para la captación eólica.

La ventilación natural en la edificación ocurre por la diferencia de presión y por la diferencia de temperatura. Cuando el viento incide sobre el edificio disminuye su velocidad y lo acumula en su lado más expuesto, originando áreas de según su orientación.

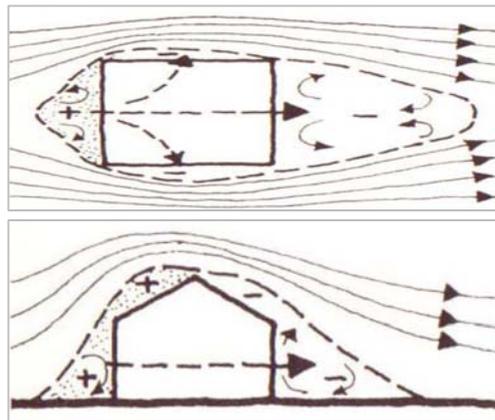


Figura 32. Áreas de presión proporcionadas por la incidencia del viento en las diferentes caras del edificio (planta)

Fuente: Yáñez, G. (2008). Arquitectura solar e iluminación natural . España.

El viento al incidir directamente a una de las caras del edificio genera una acentuada sobrepresión en dicha cara, una presión de menor cuantía en la cara opuesta y una ligera depresión en las caras laterales, en la zona más próxima a la cara sobrepresionada. La diferencia de presión entre el lado expuesto al viento y el contrario contribuye al movimiento del aire en el interior del edificio.

Esta diferencia de presiones sobre las caras de una edificación puede ser aprovechada para generar ventilación natural según el requerimiento de los ambientes.

1.4.1.1 Ventilación cruzada.

La ventilación cruzada ocurre cuando se crea un espacio mediante aberturas situadas en fachadas opuestas. Las aberturas han de situarse en fachadas que comuniquen con espacios exteriores de diferentes condiciones de radiación y/o de exposición al viento.

Para conseguir una efectiva ventilación cruzada entre fachadas opuestas en un edificio es necesario que el hueco de entrada tenga una buena orientación eólica, el cual junto con sus elementos de regulación (aperturas, lamas, contraventanas, etc) u otros como viseras determinara la dirección de la corriente de entrada del aire. Cuanta mayor área tengan ambos huecos, de entrada y salida, mayor será el flujo del aire a través del edificio.

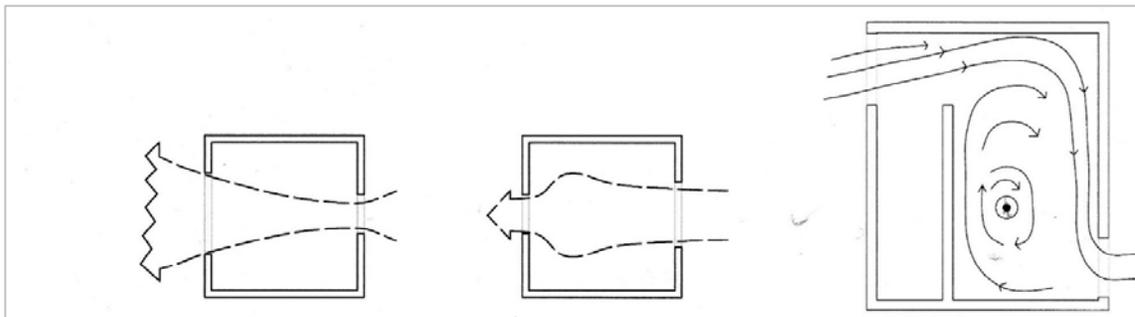


Figura 33. Ventilación cruzada en planta: Cuando el hueco de entrada es mayor que el de salida la velocidad del aire aumenta a la salida; en caso contrario aumenta a la entrada. La posición de la tabiquería afecta a la circulación interior del aire.

Fuente: Yáñez, G. (2008). Arquitectura solar e iluminación natural . España.

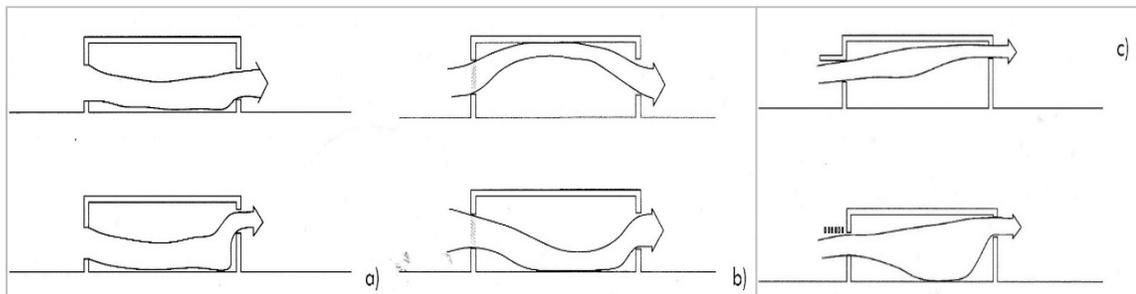


Figura 34. Ventilación cruzada en sección: a) Efecto de la posición de los huecos; b) Efecto de las celosías de las lamas inclinadas c) Efecto de un voladizo.

Fuente: Yáñez, G. (2008). Arquitectura solar e iluminación natural . España.

Para lo clima cálido húmedo es recomendable el aumento de velocidad del aire porque es muy útil en términos de confort térmico debido a que ayuda a disipar el calor del cuerpo por efectos de convección y evaporación.

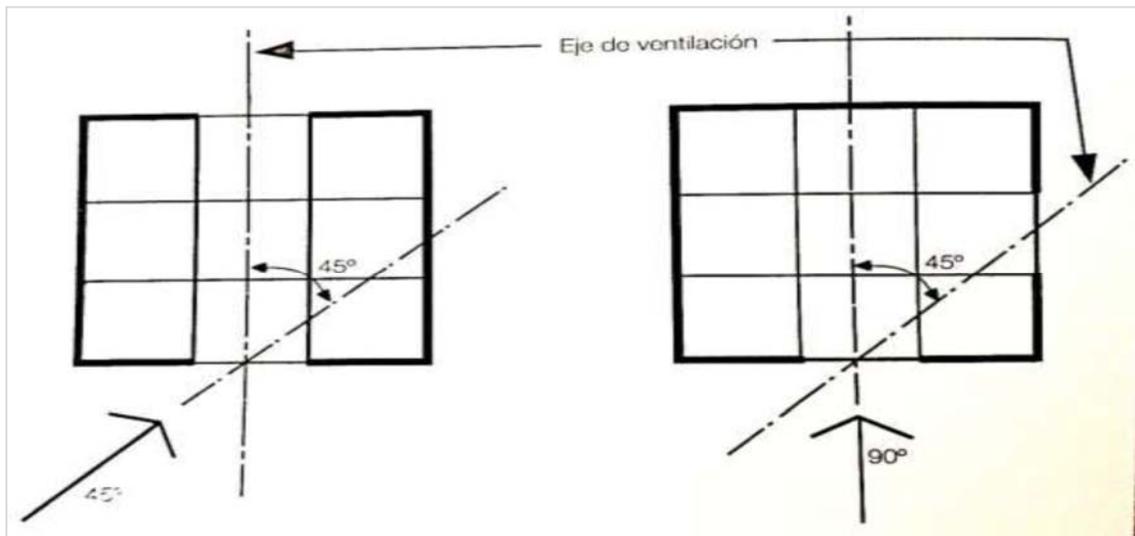


Figura 35. La eficiencia de la ventilación cruzada aumenta cuando la dirección del flujo del viento es oblicua (45°) con respecto al eje de ventilación.

Fuente:

García, R. (1995). Viento y arquitectura: El viento como factor de diseño arquitectónico. Mexico.

Además para conseguir mayor cantidad de viento en las habitaciones lo más útil es orientar la habitación a 45° con respecto al eje de ventilación debido a que un mayor volumen de aire interior se involucra en el movimiento que origina el flujo de viento aunque hay que considerar que el aire que entra oblicuamente no se distribuye uniformemente y causa turbulencias.

1.4.1.2 Ventilación unilateral

Es la que se produce a través de un hueco que pone en contacto el interior del edificio con el exterior, y el movimiento del aire se origina por diferencias de presión y temperatura. Si la presión exterior del aire es superior a la interna, este tiende a entrar perpendicularmente al hueco, volviendo a salir por el mismo necesariamente. La circulación del aire consiste básicamente en un remolino próximo al hueco por lo que es efectiva en espacios de poca profundidad, y en todo caso la renovación es baja si lo es la presión del viento.

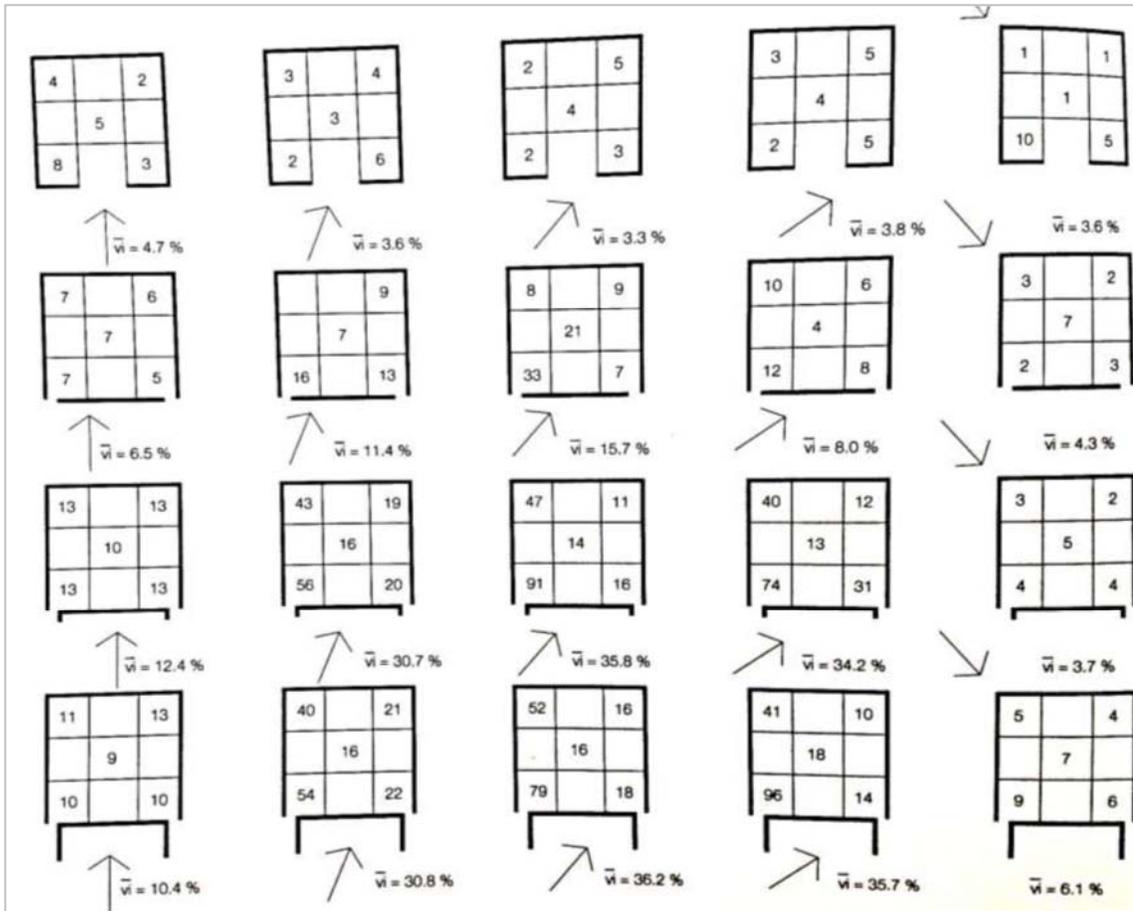


Figura 36. Velocidad media interna del aire, sin o con pantalla vertical de diferentes anchos para cinco direcciones del viento distintas. La velocidad interior del aire se mide en % de la velocidad exterior. El ancho total del hueco es 1/3 de la longitud de fachada, y su altura 1/3 de la altura de la habitación, (Según Givoni).

Fuente: Yáñez, G. (2008). Arquitectura solar e iluminación natural . España.

Sin embargo cuando el viento incide oblicuamente sobre la fachada la ventilación mejora y, más aún, si se abren dos huecos en la misma fachada. Según Givoni al colocar paneles verticales salientes a un lado de cada hueco facilita la entrada de dicho viento oblicuo mientras que el otro, impide que contrarreste su salida. La relación entre las velocidades de entrada y salida en experimentos realizados por dicho autor, con ángulos de incidencia del viento comprendidos entre 40-80° es de un 35%.

1.4.1.3 Ventilación a través de la cubierta

Ventilación a través de la cubierta: Los tejados acumulan el calor que reciben de la radiación solar. Esto origina que el aire situado sobre él se caliente y sea menos denso, es decir, se crea una zona de presión baja hacia la que fluye el aire de los alrededores. Este fenómeno

puede ser aprovechado para ventilar la vivienda. Si se abre un orificio en el centro de la cubierta, el aire del interior de la casa será succionado hacia arriba. Para completar el sistema basta colocar aberturas de entrada de aire a la altura del suelo.

1.4.2 Control solar.

El control solar tiene como objetivo regular la penetración del sol, es decir deben detenerla en los períodos calurosos pero permitirla en los períodos fríos. El grado y el tipo de sombra necesaria dependen de la posición del sol y de la geometría del edificio. Para el control solar existen una variedad de dispositivos que pueden ser fijo o móviles e incluso puede ser complementados con vegetación.

Además se debe considerar que los rayos solares influyen en dos campos: la térmica y la lumínica. Por lo tanto el diseño de los dispositivos deben considere ambos aspectos. Es decir, cuando se diseña una ventana se puede hacer pequeña para evitar la penetración solar, pero se restringe el paso de la luz, o hacerla demasiada grande para tener mayor iluminación, pero se tiene muchas pérdidas o ganancias de calor. Por lo que se debe buscar un equilibrio.

Los dispositivos para proporcionar sombra deben colocarse preferiblemente en la cara exterior del cerramiento, debido a que la transmisión dependiendo de los materiales de construcción y su capacidad de inercia térmica puede ser alta o baja la ganancia térmica por conducción entre los mismos.

1.4.2.1 La trasmisión del calor.

En general se acepta que la piel del edificio actúa como filtro entre las condiciones externas e internas para controlar la entrada del aire, el calor, el frío, la luz, los ruidos y los olores. El uso excesivo de vidrio en la arquitectura en lugar del muro, produce considerables cambios, principalmente térmicos, en la relación entre el interior y exterior del edificio, ya que una de las propiedades de los materiales transparentes como el vidrio es transmitir la energía radiante directamente. Esto influye sobre el bienestar de los ocupantes del espacio.

La energía radiante que atraviesa las superficies transparentes se divide en tres componentes: una parte es reflejada, no teniendo efecto térmico sobre el material; otra parte es absorbida por el material que consecuentemente es disipada por convección y por radiación de ondas largas y; la última parte es directamente transmitida a través del material.

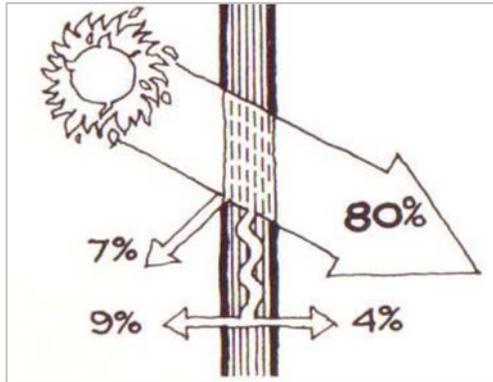


Figura 38. La energía radiante en la superficie transparente
 Fuente: Yáñez, G. (2008). Arquitectura solar e iluminación natural . España.

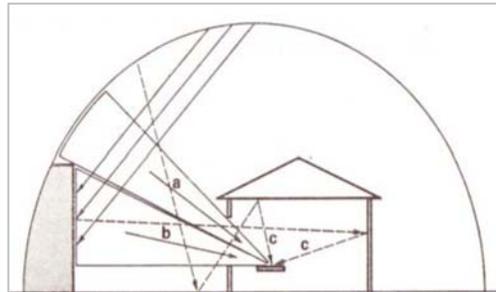


Figura 38. La radiación solar proviene de todas las direcciones. (a) Luz cenital, (b) Luz reflejada del exterior y (c) luz reflejada del interior.
 Fuente: Yáñez, G. (2008). Arquitectura solar e iluminación natural . España.

Aunque el sol no incida de forma directa, en los edificios pueden penetrar importantes cantidades de energía radiante. En zonas calurosas es de suma importancia tener todas las entradas de luz, con o sin cerramiento en vidrio, protegidas de la incidencia solar directo e indirecto, ya que luz es también calor. Tanto en verano como en invierno, la radiación solar es siempre alta, y viene de todas las direcciones, reflejada por el suelo y otras superficies.

Debe evitarse al máximo la incidencia de la radiación solar directa en los edificios, a través de barreras vegetales, la orientación del edificio y sus aberturas, y protegiendo con aleros, persianas o voladizos la cara en que la incidencia de sol es más fuerte; debe evitarse la entrada de radiación reflejada proveniente de cualquier dirección, previendo sistemas de oscurecimiento las aberturas con entrada de luz controlable y permitiendo el paso del aire.

1.4.2.2 Medio de control solar

La solución más acertada para control de la radiación es la utilización de elementos físicos para proporcionar sombra, ya que este método intercepta la radiación solar antes de penetrar en la arquitectura. De esta forma, la radiación se refleja y se disipa hacia el aire exterior proporcionando mejores resultados en la comodidad térmica.

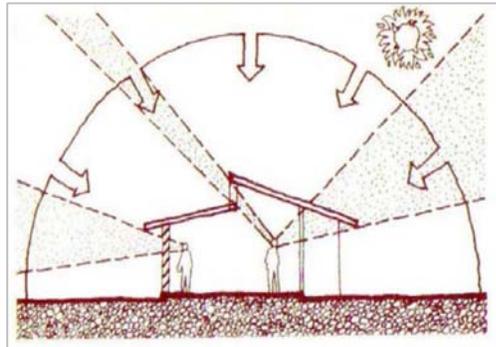


Figura 40. Utilización de elementos físicos para proporcionar sombra y no permitir la penetración de la radiación directa.
Fuente: Yáñez, G. (2008). Arquitectura solar e iluminación natural . España.

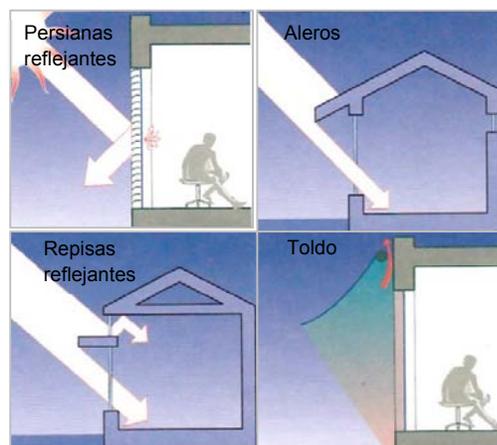


Figura 40. Tipos de dispositivos de sombras externo
Fuente: Un Vitrubio Ecológico, (2007). Principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible. Barcelona: Gustavo Gili.

Los sistemas de protección a la radiación están constituidos por aquellos elementos que tienen como misión proteger de radiaciones no deseadas y proporcionar sombra a los edificios. Pueden ser utilizados aislados o en conjunto, pero la utilización de una suma de ellos

es más eficaz para reducción de la radiación solar, principalmente en las zonas de clima cálido-húmedo donde las temperaturas diarias normalmente están por arriba de la zona de confort.

El sombreado en el exterior, con dispositivos fijos o móviles, son más eficaz para reducir la ganancia de calor, porque intercepta y desvía los rayos solares antes de que toquen el vidrio. Su instalación y mantenimiento son más costosos, pero desempeña una función estética importante y confiere carácter a la fachada. Los dispositivos fijos tienen una amplia variedad entre ellos los aleros, persianas y repisas reflejantes. Para evitar los rayos solares con ángulo bajos, es recomendable añadirle a los dispositivos de control solar móviles, mecanismos que respondan de acuerdo a estos cambios de incidencia de la luz del sol.

La localización, como la latitud y la orientación contribuyen a la definición de un mecanismo efectivo. El recorrido que el sol en una determinada latitud y la orientación de la abertura influyen en la protección solar.

2. ANÁLISIS DE CASO DE ESTUDIO –ZUMBA

2.1 Generalidades

Zumba cabecera cantonal del Cantón Chinchipe, pertenece a la provincia Zamora Chinchipe, situada al sureste del país, es uno de los nueve cantones de la provincia que integran la región Amazónica.

2.1.1 Ubicación geográfica del caso de estudio.

Las condiciones climatológicas varían según la ubicación geográfica y la época de año, en el presente trabajo de investigación el lugar de análisis es la ciudad de Zumba, el mismo que tienen las siguientes coordenadas. Latitud: 04-51-52 S, Longitud: 79-08-00(O) y una Altitud: 1000 – 1400 m.s.n.m

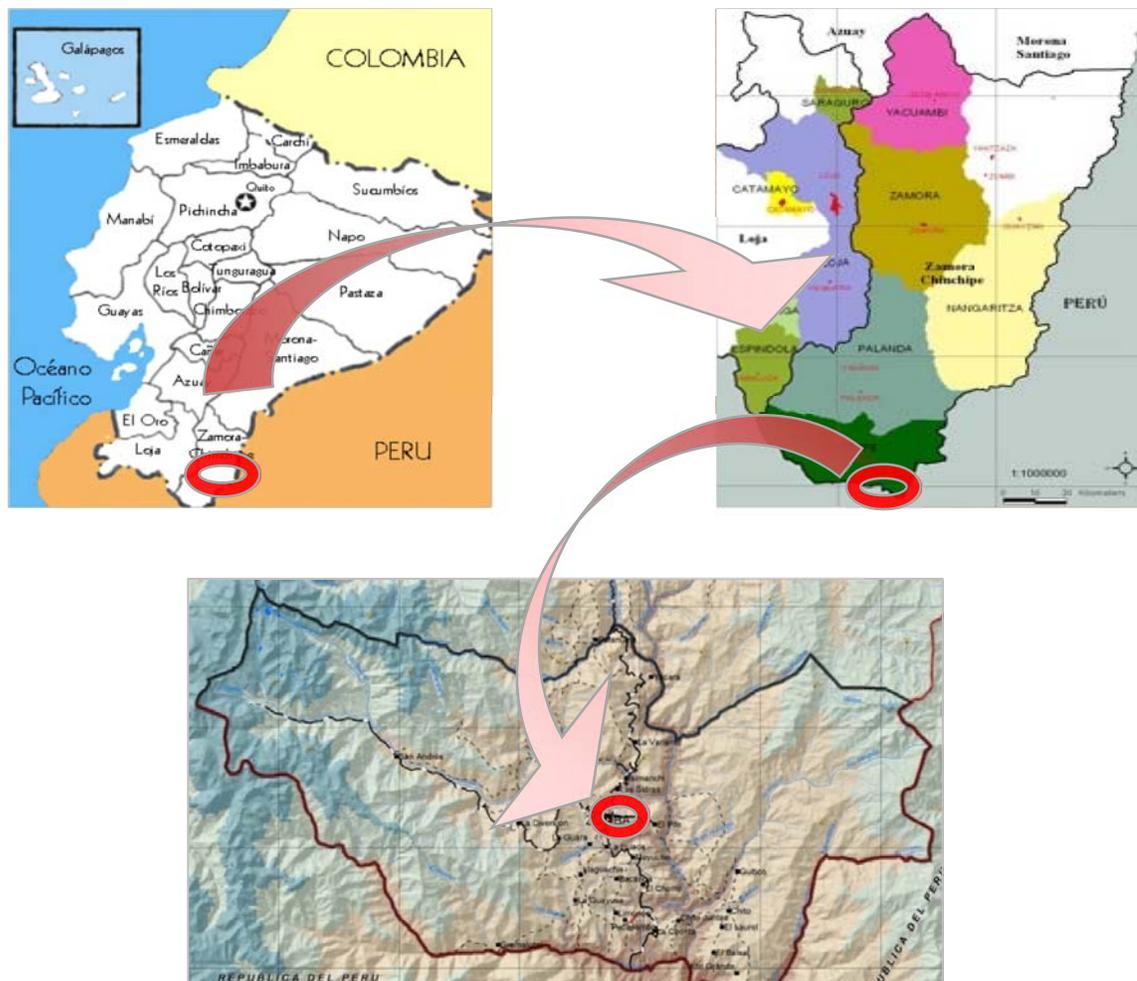


Figura 41. Localización geográfica nacional, provincial y local del caso de estudio
Fuente: Ecuador, Ilustre Municipio de Cantón Chinchipe. (2003). Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Chinchipe.

Este cantón cuenta con una superficie de **3.400 Km²**, conformado políticamente por cinco parroquias: Zumba como Cabecera Cantonal, Parroquias Rurales Chito, El Chorro, La Chonta y Pucapamba. “El Cantón Chinchipe fue municipalizado el 11 de enero de 1955 y el cabildo fue creado por el entonces legislador y senador de la provincia de Zamora, Don Carlos Larreategui Mendieta” (Jumbo, 1996). Desde entonces el desarrollo económico, político y demográfico del sector es notable.

2.1.2 Antecedentes Históricos.

La formación de este lugar y por los hechos en el transcurso del tiempo obligan a pensar que este tambo² no fue fundado por español alguno, sino por labradores de oro que proliferaba por la región entre colonizadores, mestizos y naturales, en el cual vivía un minero de apellido Zumba el mismo que convivía con su familia por estos lugares. Desde 1861 Zumba y Chito pertenecieron a la provincia de Loja, sus tierras estaban habitadas por mestizos e indios que fueron perdiendo su cultura con el mestizaje de los colonos españoles y migrantes del Perú (Jumbo, 1996)

Zumba nace como parte de la provincia de Loja, y posteriormente se constituyó parte territorial del cantón Chinchipe, el mismo que se crea en la provincia de Zamora Chinchipe, mediante decreto ejecutivo No. 25 del 15 de diciembre de 1920, publicado en el registro Oficial No. 96 del 5 de enero de 1921 inicialmente estuvo integrada por las parroquias de Zumba, que se constituyó en la jurisdicción de la cabecera cantonal, Chito y Palanda.

²Tambo significa lugar de asentamientos humanos donde existen tiendas rurales pequeñas.



Figura 42. Zumba 5 de abril 1954
Fuente: Padre Fray Jervis Donoso 2017

Los inicios de la ciudad de Zumba, no se la puede ubicar con precisión, pero según los ancianos del lugar, los primeros asentamientos urbanos habrían sido en la parte alta del sector, siempre cerca de una vertiente de agua para asegurar el abastecimiento de este líquido vital, lo que a la vez le permitía visibilidad con sus vecinos, ya que las casas se encontraban muy separadas.



Figura 43. Zumba en los años 1900
Elaborado por: Aguilar S, 2017.

La agricultura no existía, y solo se alimentaban de lo que la madre naturaleza les brindaba: caza, pesca y frutos silvestres como la chonta, jícama y papa china, conocida como yuca de cerro. Sus vestidos los confeccionaban utilizando lana de algodón, la misma que la encontraban en estado silvestre.

Aproximadamente en los años 20 Zumba, comenzaba a extenderse de norte a sur con una inclinación de 45° con respecto al eje norte, de esta manera definió un crecimiento urbano alargado que tenían como vínculo de conexión comunitaria al camino real hoy conocida como

calle 12 de febrero, del cual se desprendían ramales que comunicaban con diferentes espacios públicos entre ellos la plaza central.



Figura 44. Plaza central en los años 1955
Fuente: Padre Fray Jervis Donoso 2017



Figura 45. Plaza central en los años 1955
Fuente: Padre Fray Jervis Donoso 2017



Figura 46. Camino real en los años 1920
Fuente: Padre Fray Jervis Donoso 2017

Posteriormente, con la cantonización del lugar, las instituciones gubernamentales se fueron ubicando alrededor de la plaza central (ver figura 43), tal es el caso de la casa del cabildo, que se encontraba frente al lugar donde hoy se encuentra el parque, y al costado norte de éste se ubicaba el Batallón Carchi, conformado por dos chozas en 1938 junto a donde actualmente se encuentra el barrio Fátima.

Como es evidente en las fotografías anteriores, el tipo de construcción que predomina en el entonces, son viviendas de dos plantas con portal y galería en toda la longitud de su fachada, construidas en estructura de madera, divisiones de bahareque y cubierta de teja.

Las herramientas y materiales, el sistema constructivo varió a estructuras, divisiones de madera y cubiertas de teja, en el caso de viviendas se mantuvieron la composición arquitectónica que les antecedió.

2.1.3 La Sociedad.

En los inicios del siglo XVIII y XIX los que habitaron estas tierras fueron los Albas, Guarindas, Mendez, Lalanguis, Nixa, Quenemaña, Puzma, Quito, Sambora, Yere, Zhaquinaulas descendientes de los Bracamoros, que se han mezclado con los apellidos mestizos que los españoles dejaron al conquistar estas tierras, que más tarde se pobló de familias que vinieron desde el centro y norte del país (Jumbo, 1996).

Luego en la guerra de 1941 entre Ecuador y Perú, al ganar territorio el vecino país, desvinculo familias enteras de la zona fronteriza, con ello se produce migraciones de tipo familiar en un alto porcentaje, y años más tarde se presenta un fenómeno parecido, producto de la explotación minera (oro), con la presencia de ciudadanos Colombianos que en poco tiempo después salieron, es decir la población de este sector actualmente está predominada por ciudadanos mestizos.

Es en el año de 1955 el sector es declarado como cantón de la provincia de Zamora Chinchipe, a su vez se crea la municipalidad, la misma que por primera vez actúa en el ordenamiento urbano de la ciudad.



Figura 47. Visita de Dr. Jaime Roldós A.
Fuente: Padre Fray Jervis Donoso, 2017

Años después de la cantonización, la ciudad fue visitada por el Dr. Jaime Rodos Aguilera presidente de la República de aquel entonces, quien en su gobierno, promoviendo el desarrollo de comunidades fronterizas, y en este caso junto con las autoridades cantonales, iniciaron la construcción de la vía Loja – Zumba terminándola el 12 febrero de 1985.



Figura 49. Escuela Brasil en los años 1967
Fuente: Castillo F, 2017



Figura 49. Monumento a la comida típica del lugar la hormiga "Charapana"
Fuente: Aguilar S, 2017

La Educación inicialmente en la parroquia, según los abuelos de la localidad, era casi nula en el siglo XVIII, pero a comienzos del siglo XIX las cosas cambiarían con la creación de la primera escuela llamada "Brasil", la misma que funcionaría en la casa de algún ciudadano del sector. Luego en el año de 1967 se inaugura los primeros bloques de aulas de la escuela antes mencionada.

La preparación estudiantil secundaria en este sector antiguamente no existía, por lo que los padres generalmente enviaban sus hijos a estudiar a la ciudad de Loja. Pero hoy en día cuentan con establecimientos educativos de todos los niveles e incluso una unidad de estudios superiores de carácter particular.

La cultura de los nativos de estas tierras tiene influencia externa, debido a la llegada de emigrantes de la Provincia de Loja, y a nivel de país también llegaron de Latacunga, Riobamba y Azuay, quienes trajeron sus propias costumbres de su tierra natal y entre ellas están las

procesiones religiosas en las fiestas que se la celebra en honor a la Virgen del Rosario Patrona del Cantón y de la Ciudad de Zumba la misma que es oriunda del vecino país de Perú.

Estas procesiones antiguamente se las acompañaba con la música del bombo y la flauta, siendo los atractivos de las fiestas y bailes de casa, conocida como la Banda Mocha. Su gente era muy alegre y acogedora con las personas que visitaban esta hermosa tierra. Otra de las tradiciones del lugar y sus alrededores es tomar la guayusa acompañada de chontas.

Finalmente una última tradición, que incluso es la más reconocida del sector, es comer hormigas llamadas “CULONAS”, las que son bien gustosas y ricas en proteínas. Estas salen una vez al año, en el mes de octubre en las fiestas en honor a la Virgen del Rosario, la preparación de estas es muy variada y exquisita.

La economía del Cantón tiene está basada en la producción y comercialización de productos agropecuarios, el 60% de las familias que se dedican a ésta actividad producen bienes agrícolas como la caña de azúcar, yuca, plátano, arroz, maíz, frutas y la cría de ganado vacuno, porcino, aves entre los principales (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Chinchipe, 2003). También se caracteriza por la producción ganadera vacuna y porcina, donde 10% abastece la demanda del sector y el resto sale a otras ciudades del país como: Loja, Guayaquil, etc.

Actualmente las autoridades tienden a explotar su potencial turístico, de carácter natural, con las bondades que prestan sus ríos, cascadas, flora y fauna.

2.2 Clima

Se entiende por clima el conjunto de los valores promedios de las condiciones atmosféricas que caracterizan una región. Estos valores promedios se obtienen con la recopilación de la información meteorológica durante un periodo de tiempo suficientemente largo. Según se refiera al mundo, a una zona o región, o a una localidad concreta se habla de clima global, zonal, regional o local (microclima), respectivamente. (wikipedia, 2014)

El clima local del sector de estudio según Koppen, lo clasifica como Sub Tropical- Húmedo, ya que corresponde a la zona geográfica climática, tropical lluvioso, correspondiéndole a un tipo de bosque lluvioso.

2.2.1 Características climáticas del sector de estudio.

En el clima de la zona las temperaturas medias son altas, con variaciones poco acusadas entre día, noche y estaciones. La humedad es muy alta, frecuente nubosidad y fuertes precipitaciones irregulares. Es decir las temperaturas medias mensuales son elevadas y bastante uniformes a lo largo del año, siendo la media anual en este caso de 22°C, la oscilación térmica es de 2.1°C y las precipitaciones oscilan entre 1000 -2000mm anual con una precipitación media de 1550mm (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología).

Los datos anteriormente mencionados son el resultado de un estudio climatológico del sector por parte del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Los mismos que han tomado como estación base a la estación meteorológica de Yanzatza, Jimbura y Yangana, para a través de una interpolación, conseguir datos del lugar de estudio. A continuación se expondrán los resultados del análisis climatológico del sector en los siguientes cuadros, donde toman como punto de partida un registro climatológico de 26 años desde los años 1978-2010.

Tabla 17. Temperatura
Cantón: Zumba
Latitud: 04-51-52 S
Longitud: 79-08-00(O)
Elevación: 1100-1400 msnm

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual	Media
1978	22,3	22,2	22,2	21,7	21,6	20,4	20,3	19,7	20,9	22,6	23,0	22,4	259,2	21,6
1979	22,8	22,2	22,3	21,4	21,8	20,6	20,6	21,5	21,8	22,5	23,5	22,8	263,7	22,0
1980	22,5	23,3	21,2	22,2	21,7	20,8	20,3	20,9	22,0	22,2	22,8	22,8	262,8	21,9
1981	22,6	21,8	22,7	22,3	22,7	21,4	20,1	21,1	20,9	22,5	23,2	22,8	264,1	22,0
1982	22,7	22,9	22,5	21,5	21,1	21,1	20,5	21,1	21,3	22,2	22,8	22,6	262,3	21,9
1983	22,2	22,5	22,3	21,9	22,2	22,0	20,9	21,2	21,7	22,5	22,9	22,9	265,2	22,1
1984	22,6	21,9	22,2	22,3	22,2	21,1	21,2	21,3	21,7	22,2	21,7	22,7	263,0	21,9
1985	22,9	22,1	22,1	22,6	22,2	20,6	20,7	21,3	22,0	22,8	22,6	22,8	264,6	22,0
1986	22,7	22,0	22,3	22,4	22,4	21,4	20,8	21,7	21,4	22,5	22,3	22,8	264,5	22,0
1987	22,4	22,5	22,4	22,4	20,9	20,7	20,7	21,3	23,0	23,1	23,7	23,3	266,4	22,2
1988	22,8	23,3	22,0	22,6	22,5	22,1	21,1	21,9	21,5	22,4	22,8	22,8	267,8	22,3
1989	21,7	21,6	22,2	22,0	20,9	20,5	20,6	21,2	21,9	22,1	22,9	24,1	261,7	21,8
1990	22,4	22,8	22,4	22,8	22,6	21,2	20,6	21,1	21,8	22,8	22,7	22,6	265,5	22,1
1991	23,1	22,3	22,8	22,2	22,3	22,2	20,6	20,7	22,0	21,9	23,5	23,4	266,8	22,2
1992	22,8	22,8	22,3	22,6	22,6	21,1	20,4	20,9	21,2	22,3	23,2	22,6	264,8	22,1
1993	22,3	22,3	22,2	22,4	22,5	20,8	20,9	21,0	21,5	21,7	23,0	22,7	263,2	21,9
1994	22,3	21,8	22,2	22,3	21,8	20,6	20,6	20,9	21,4	22,6	22,5	22,9	261,8	21,8
1995	22,3	23,2	22,9	22,7	21,6	20,8	21,7	21,7	21,7	22,4	22,8	22,8	266,7	22,2
1996	22,3	22,8	22,6	22,4	21,8	20,8	21,0	21,4	21,7	22,4	22,8	22,8	264,8	22,1
1997	22,4	22,4	22,4	22,4	22,0	21,1	20,9	21,2	21,7	22,5	22,9	22,9	264,8	22,1
1998	22,4	22,3	22,2	22,1	21,9	20,9	20,6	21,1	21,6	22,4	22,8	22,8	263,1	21,9
2007	22,6	22,9	22,3	22,6	22,4	20,2	21,7	21,8	20,8	22,4	22,7	22,2	264,4	22,0
2008	21,7	21,4	21,3	22,2	21,4	21,1	20,5	21,0	21,3	22,3	23,2	23,1	260,7	21,7
2009	22,0	21,7	22,4	22,4	22,0	21,4	21,0	20,6	22,4	23,2	23,6	23,2	265,9	22,2
2010	22,3	23,3	23,7	23,0	22,8	21,7	22,4	21,6	22,5	23,3	23,7	23,1	273,5	22,8
Anual	560,7	560,2	557,7	556,9	549,8	526,7	520,5	529,7	541,9	561,3	573,7	572,2	6611,3	550,9
Media	22,4	22,4	22,3	22,3	22,0	21,1	20,8	21,2	21,7	22,5	22,9	22,9	264	22,0

Fuente: Ecuador, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2013). *Anuario Meteorológico*. Quito.

Tabla 18. Precipitaciones mensuales (mm)

Cantón: Zumba

Latitud: 04-51-52 S

Longitud: 79-08-00(O),

Elevación: 1100-1400 msnm

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
1978	125,1	93,4	189,3	172,4	188,7	166,8	136,1	130,2	194,4	87,0	117,3	139,3	1740,0
1979	117,6	97,7	189,3	193,4	147,3	138,7	146,2	97,3	81,3	45,7	125,7	111,8	1492,0
1980	112,7	123,4	216,1	121,1	155,5	146,0	133,5	106,9	63,2	177,2	97,6	77,5	1530,8
1981	105,3	160,4	143,8	243,9	101,0	135,8	124,9	124,9	71,8	102,5	115,5	196,6	1626,4
1982	85,3	96,8	163,7	142,2	225,6	130,2	140,6	124,7	109,3	123,5	137,0	163,4	1642,2
1983	145,0	222,3	139,1	227,0	217,9	120,4	95,2	118,0	141,3	142,1	103,2	149,8	1821,1
1984	40,4	127,3	140,2	139,6	81,6	164,5	137,6	121,6	87,2	151,4	134,5	44,2	1370,3
1985	57,4	77,0	80,1	119,4	173,3	206,8	133,7	151,4	86,5	136,6	168,4	98,6	1489,1
1986	77,3	84,1	105,6	197,0	55,6	35,4	100,7	56,3	77,2	60,9	133,5	93,0	1076,7
1987	92,4	147,2	103,8	180,7	177,6	157,8	191,4	97,2	27,2	38,8	152,5	81,1	1447,8
1988	53,9	176,0	133,7	87,5	76,1	74,8	111,5	64,2	54,3	175,9	171,6	121,3	1300,8
1989	166,0	168,0	81,4	153,0	180,5	143,1	151,6	98,7	110,5	203,5	157,5	56,4	1670,2
1990	163,0	122,7	154,5	101,4	71,5	254,4	189,2	68,6	57,7	238,6	197,3	236,2	1855,2
1991	105,8	156,1	137,5	153,7	152,6	168,2	107,9	86,5	103,6	125,8	145,4	152,7	1595,8
1992	83,2	79,2	226,8	110,6	139,6	182,9	122,2	98,9	167,7	69,2	52,6	222,2	1555,2
1993	85,0	181,0	232,7	286,3	161,7	130,4	193,5	132,5	154,6	116,8	102,2	142,2	1918,9
1994	101,6	111,0	171,5	179,4	212,4	182,3	106,9	97,9	142,2	129,3	120,1	169,4	1724,0
1995	121,0	61,3	124,4	120,4	311,4	150,1	96,7	59,8	65,9	89,5	85,6	52,4	1338,5
1996	127,8	134,1	149,5	160,0	145,0	147,0	126,9	129,8	123,8	127,7	119,8	128,7	1619,9
1997	127,8	134,1	92,8	160,0	105,0	85,3	99,5	77,1	31,6	121,6	84,1	43,9	1162,8
1998	104,2	112,7	65,3	176,4	90,3	166,7	126,2	44,7	29,7	66,9	60,2	27,8	1071,0
2007	155,4	29,4	155,0	162,5	91,9	223,6	94,3	117,4	135,3	150,7	215,7	117,5	1648,7
2008	112,8	256,2	134,8	116,8	192,8	138,9	143,1	120,2	115,5	183,2	79,0	112,2	1705,5
2009	161,2	111,6	190,1	167,1	142,2	159,5	204,3	95,0	108,7	115,8	194,8	105,3	1755,7
2010	95,2	124,9	94,2	225,1	254,8	146,5	204,4	48,7	108,4	72,5	97,4	117,9	1589,9
Anual	2722,3	3187,9	3615,4	4096,9	3851,8	3755,9	3418,2	2468,7	2449,1	3052,5	3168,3	2961,5	38748,4
Media	108,9	127,5	144,6	163,9	154,1	150,2	136,7	98,7	98,0	122,1	126,7	118,5	1550

Fuente: Ecuador, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2013). *Anuario Meteorológico*. Quito.

Tabla 19. Resumen Climatológico

Cantón: Zumba

Latitud: 04-51-52 S

Longitud: 79-08-00(O)

Elevación: 1100-1400 msnm

Meses	Temperatura (°C)	Humedad relativa(%)	Radiación Mj/m2/día	VIENTO	
				VEL.(m/s.)	DIR.
Enero	22.4	89	18.8	0,9	SE
Febrero	22.4	89	17.8	0,8	SE
Marzo	22.3	90	17.2	0,8	E
Abril	22.3	89	17.1	0,7	SE
Mayo	22.0	89	16.3	0,7	SE
Junio	21.1	91	16.1	0,7	SE
Julio	20.8	90	16.4	0,8	E
Agosto	21.2	89	17.8	0,8	SE
Septiembre	21.7	89	18.6	1,0	SE
Octubre	22.5	87	18.8	1,0	SE
Noviembre	22.9	86	18.8	1,0	SE
Diciembre	22.9	87	18.3	0,9	SE
MEDIA	22.0	89	17.6	0,9	

Fuente: Ecuador, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2013). *Anuario Meteorológico*. Quito.

Elaborado por: Aguilar S, 2017

De acuerdo a los cuadros climatológicos anteriormente presentados se establece que:

2.2.2 Análisis Climatológico.

En climas cálido húmedo como mencionamos anteriormente, las temperaturas durante todo el año están por encima de los 20°C, en el caso de Zumba al analizar los datos registrados se observa que la temperatura media anual es de 22°C, caracterizada por un régimen estacional bastante homogéneo. La oscilación térmica es de 2,1°C entre el mes más cálido (diciembre 22,9°C) y el mes más frío (Julio con 20.8°C).

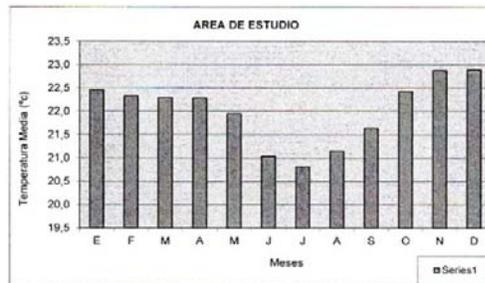


Figura 51. Temperatura media (°C)
Fuente: Ecuador, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2013). *Anuario Meteorológico*. Quito.

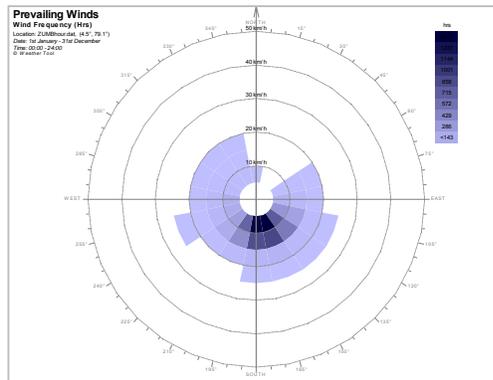


Figura 51. Rosa de vientos de Zumba según wheater tool.
Fuente: Aguilar S, 2017

De acuerdo al cuadro de resumen meteorológico es claro que el mes más húmedo es junio con 91% de humedad, radiación de (16.1 mj/m²/day) y una velocidad del viento de 0,7 m/s, y por el lado contrapuesto en cambio tenemos el mes de noviembre como el menos húmedo (86%) de humedad relativa, radiación de 18,8 (mj/m²/day) y una velocidad de viento de 1m/s.

En cuanto al viento se puede decir, que la zona de estudio tiene velocidad de viento, que se mantienen en la mayoría del año con la misma velocidad, los mismos que oscilan de 0,7 a 1,0

m/s con una media anual de 0,9m/s. También se ha determinado que el patrón de circulación de los vientos es desde el sur este tal como lo muestra en la figura 52 generada por wheater tool con 1431 horas al año representada por la zona azul oscura del grafico mencionado.

Además se ha determinado que la parroquia Zumba presenta dos periodos estacionales al año, que están comprendidos en época invernal desde el mes de enero a junio y la época veraniega que va desde julio a diciembre. También se ha identificado los meses con mayor y menor valoración de: temperatura, humedad relativa, radiación solar y vientos, con el objeto de saber cuándo se debe o no proteger, ventilar una edificación (ver tabla 19). Por ejemplo en el mes de julio a septiembre las edificaciones están sujetas a incrementar la temperatura interna debido a que estos son los meses en que la temperatura tiene su mayor incremento anual, por lo tanto se debe maximizar la ventilación.

Tabla 20. Meses críticos.

Zumba	VARIABLES	Mes con mayor valoración	Mes con menor valoración
Cálido – Húmedo	Temperatura	Diciembre	Julio
	Humedad relativa	Junio	noviembre
	Radiación	Octubre	Junio
	Ventilación	Septiembre, octubre y noviembre.	Abril, mayo y junio.

Elaborado por: Aguilar S, 2017.

Zumba, al tener una temperatura media anual de 22°C , la norma ecuatoriana de construcción en el capítulo 13, sobre la eficiencia energética en la construcción en Ecuador, la cataloga como zona ZT4, donde sus rangos oscilan entre una temperatura de 18°C a 22°C.

2.2.3 Rangos de confort térmico para Zumba.

Para la determinación del rango de confort de la ciudad de Zumba se aplicará la formula citada en el punto 1.2.1 del capítulo.

$$\mathbf{ZCT\ local = Tn + 2,5^{\circ}C}$$

Donde:

ZCT local = Zona de confort térmico local.

Tn = Temperatura neutra.

Tm = Temperatura media del mes más cálido.

El rango es de 5°C

Entonces

Datos:

$$T_m = 22,9^\circ\text{C}$$

Aplicando T_n a la ZCT local

$$T_n = 17,6 + 0,31 T_m$$

$$\text{ZCT local} = T_n + 2,5^\circ\text{C}$$

$$T_n = 17,6 + 0,31(22,9^\circ\text{C})$$

$$\text{ZCT local} = 24,70 + 2,5^\circ\text{C}$$

$$T_n = 24,70^\circ\text{C}$$

$$\text{ZCT local} = 27,2^\circ\text{C}$$

Como tenemos un rango de temperatura de 5°C , ZCT es la zona de confort término local, entonces el rango de confort térmico para nuestra zona es de **$22,2^\circ\text{C}$ a $27,2^\circ\text{C}$** .

2.3 La vivienda en Zumba.

En la actualidad en la ciudad de Zumba, urbanamente está compuesta de edificaciones de diferente índole, pero en lo que tiene ver con las viviendas, generalmente se utiliza formas y materiales que en la mayoría de regiones se aplica, como es el hormigón armado en estructura, divisiones de ladrillo y cubierta con losas, en cuanto a la forma geométrica que utilizan los planificadores es evidente que solamente se limita a cerrar y cubrir espacios creando ambientes internos, que luego se tornan la mayoría en espacio inconfortables térmicamente según comenta la mayoría de ciudadanía. Además hay que acotar que la imagen urbana del sitio no es mejor que el anterior.

Por lo tanto la ciudad a futuro, se convertirá en una ciudad copada de construcciones de hormigón armado, que no presenta ningún tipo de condicionamiento pasivo para mejorar el confort térmico en sus ambientes interiores, y por lo se irá terminando el legado de los antepasados que a punto de ensayo y error, consiguieron que las casas antiguas sean confortables térmicamente.

2.3.1 La arquitectura vernácula del sector.

Desde la antigüedad el ser humano reconoció que la adaptación es un principio esencial en la arquitectura con el objetivo de alcanzar el confort térmico. Ésta siempre estuvo limitada por una serie de factores: climáticos, socio-culturales, económicos, de defensa, religiosos, de disponibilidad de materiales, de recursos técnicos-constructivos, etc.

El clima toma papel principal en las diferentes fuerzas que generan la forma de la arquitectura. En locales de baja tecnología y al ser más críticas las condiciones climáticas, más limitadas y fijas son las soluciones. La tipología constructiva se encuentra definida más por las zonas climáticas que por las fronteras territoriales. Aunque existan variaciones, producto de particularidades de cada cultura o de disponibilidad de material, la forma de la vivienda autóctona nace de su relación con el entorno.

En clima cálido donde las temperatura son alta, con reducidas variaciones entre día-noche y entre estaciones, no hay ninguna ventaja tener inercia térmica en las edificaciones. Donde además la radiación siempre es intensa, las nubes y lluvias frecuentes resulta importante tener el máximo de protección posible y preocuparse no solo por detener la radiación directa sino también la difusa. La humedad también es constantemente alta, haciendo muy importante la ventilación que más allá de reducir la humedad para disipa el calor.



Figura 52. Viviendas tradicionales al oeste de la Ciudad de Zumba, dentro de la jurisdicción cantonal.
Fuente: Aguilar S, 2017



Figura 53. Viviendas tradicionales al este de la Ciudad de Zumba, dentro de la jurisdicción cantonal.
Fuente: Aguilar S, 2017

Los edificios tienen grandes aberturas en la cubierta, son de formas alargadas y estrechas en el eje menos favorable e implantaciones independientes y alejadas entre sí para permitir el paso del aire sin crear barreras. En algunos casos las paredes divisiones interiores no existen o tiene vanos sin vidrio para la ventilación permanente, Está fuertemente demarcada la galería y portalería en fachada principal para proporcionar la protección de la radiación y crear un espacio de escampé en el caso de lluvias.

La cubierta, junto con la galería y portalería son elemento de gran importancia ya que ayuda ya que deben proteger tanto de la radiación como de la lluvia. En el caso de la cubierta esta normalmente compuesta de, por lo menos, una cámara de aire ventilada, sin tumbado y con poco peso para evitar el almacenamiento de calor de la radiación. También tiene inclinaciones más o menos pronunciadas para la correcta evacuación de las aguas lluvias.

Por otra parte, los suelos se elevan para obtener una mejor exposición a las brisas, protegerse de las inundaciones y defenderse de los insectos.

Las soluciones arquitectónicas del sector no son individuales sino más bien soluciones arquitectónicas de grupos representativos en respuesta a las características de una región su clima general, microclima sus materiales disponibles y su topografía.

La interacción de todos estos factores explica la similitud de soluciones en la región que abarca un área de 3.400 Km², donde hay diferencias entre ellas de área de soluciones y el tipo de material pero el patrón de forma arquitectónica se mantiene.

2.3.2 Evolución de la vivienda en Zumba.

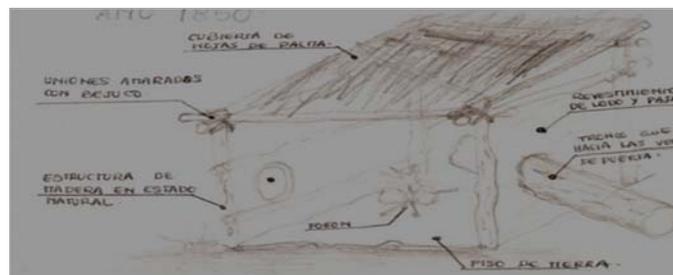


Figura 55. Interpretación de la vivienda de los años 1850
Elaborado por: Aguilar S, 2017.



Figura 55. Casa del Sr. Juan Rodríguez.
Fuente: Padre Fray Jervis Donoso 2017

La vivienda de épocas remotas de la Parroquia de Zumba según Jumbo (1996), estaban construidas de estructura de madera en estado natural, amarados de bejucos que sostenía a los palos que hacían de vigas, los que eran cubiertos por lodo, paja y con el techo de hojas de palma, con una abertura redonda a los costados para evitar que las fieras se introduzcan por las noches. Desde el interior con un grueso tronco era asegurada. La mencionada vivienda no tenía divisiones y el fogón se mantenía encendido día y noche para conservar el calor. La separación de la chozas era de una a dos horas de distancia ubicadas en una loma para poder verse en el día, esto duraría hasta 1850. A partir de 1900 los colonos introducen sistemas constructivos como: el Bahareque, la madera, que son materiales del sector, lo que dio como resultado varias tipologías de viviendas, en primera instancia fueron las casas de bahareque en un solo piso (ver foto 53).



Figura 57. Vivienda del Sr. Carranza
Fuente: Aguilar S, 2017



Figura 57. Antigua casa municipal de Zumba
Fuente: Padre Fray Jervis Donoso, 2017

A la medida que pasa el tiempo las viviendas evolucionan de una planta a dos en bahareque y con la disponibilidad de madera en los años 1950 también existen construcciones casi del 100% en este material, manteniendo las composiciones formales y espaciales de las viviendas

donde la planta baja contiene la zona de servicio y zona social y la planta alta la zona de descanso.

El particular portal y galería a toda la longitud de la fachada es un elemento arquitectónico que se mantiene en las construcciones por casi 70 años, por cuestiones de protección tanto del sol como de las lluvias por el clima que caracteriza a la zona. Pero actualmente solo se mantiene el portal en las edificaciones de la zona céntrica de la ciudad por cuestiones de ordenanzas municipales.

En vista que este estudio está enfocado al análisis térmico principalmente en función de la forma arquitectónica, el análisis de los sistemas constructivos del sector se enfocara más hacia las características que influyen para la permeabilidad, es decir la composición formal.

2.3.3 Sistema constructivo tradicional.

Los sistemas constructivos utilizados en la zona, estan definidos por dos épocas, en la primera época los sistemas constructivos se caracterizan por la disponibilidad de materiales del lugar como: la madera y la tierra (Bahareque), y con la llegada del vehiculo el sistema constructivo introducido es el hormigon armado, el mismo que actualmente prevalece en la zona.

2.3.3.1 Bahareque.

En este sistema constructivo se utiliza como materia prima a la tierra que es el material de construcción natural más importante y abundante en la mayoría de las regiones del mundo. Este se obtiene frecuentemente directamente en el sitio cuando se excava los cimientos. En el caso de Zumba la vivienda de bahareque está compuesta de estructura y pisos de madera, paredes de bahareque y cubierta de teja.

En la visita de campo hecha al lugar de estudio, se notó que en la mayoría de viviendas tradicionales los acabados son bastante rústicos, por la falta de herramientas.



Figura 59. Estructura del piso elevado
Fuente: Aguilar S, 2017



Figura 59. Estructura general en madera
Fuente: Aguilar S, 2017

La estructura de principal estas edificaciones está compuesta por pilares y vigas cuadras de 15 x 15cm, donde en los cimientos generalmente utilizaban la madera más dura contra la humedad, pero a medida que pasó el tiempo se sustituyeron los cimientos de madera por ladrillo u hormigón ciclópeo.

El armado de la estructura estaba dimensionada a cada 3m, tanto en ancho, profundidad y altura, y solo en portalería y galería tenía una luz de 2m, la cubierta estaba así mismo compuesta de vigas cuadradas armadas a dos aguas con un pendiente de 25%, todos estos elemento constructivos eran los primeros en colocar en sus construcción.

Los tipos de madera existentes en el sector y los más utilizados en la construcción de aquellas épocas son las enunciadas den la tabla N°14, según el plan estratégico 2013 del Gobierno.

Tabla 21. Tipo de árboles maderables del Cantón Chinchipe

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
<i>Podocarpus rospiglios</i>	Romerillo
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro colorad
<i>Inga edulis</i>	Guadua
<i>Simarouba amara aubul</i>	Cedro blanco
<i>Cordia alliodora</i>	Laurel
<i>Clarisia racemosa</i>	Pituca
<i>Tabeluya sp.</i>	Guayacán
<i>Terminalia guayanensis</i>	Yumbingue
	Almendro
	Morero
	Yamila

Fuente: Ecuador, Ilustre Municipio de Cantón Chinchipe. (2003). Plan de desarrollo estratégico 2013. Chinchipe.
Elaborado por: Aguilar S, 2017

Autónomo Descentralizado del Cantón Chinchipe, estas especies actualmente en están en peligro de extinción, es decir la época de producción maderera está en stop en su mayoría, aunque hay que destacar que existe cierta tendencia de producción de caña guadua para la construcción de carácter turístico.



Figura 61. Vivienda del Sr. Montoya
Fuente: Aguilar S, 2017

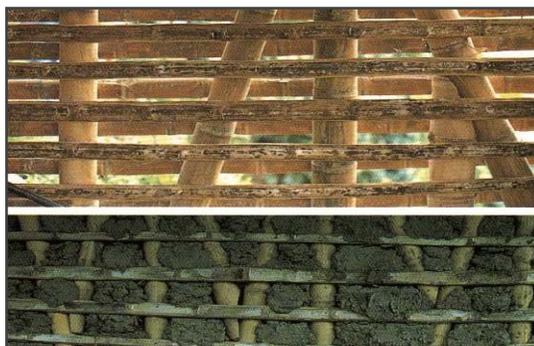


Figura 61. Entramado de bahareque
Fuente: Aguilar S, 2017

Los pisos, son entablado elevados que una vez armada la estructura se procede a entablaban, una tabla a continuación de otra sin utilizar la técnica machi-hembrados en las uniones, es decir dejaban una pequeña ranura entre la una y la otra, las misma que estaban armada a una sola dirección.

La estructura sobre la que es asentada la plataforma de madera son vigas de 15cm que forman parte de la estructura general del edificio, el entablado tiene un espesor de 2,5cm.



Figura 62. Cubiertas de viviendas tradicionales Zumba
Fuente: Aguilar S, 2017

Las paredes de las viviendas tradicionales, están construidas de bahareque, de un espesor de 18cm, la que tiene una armazón de caña, rellena y revestida con lodo.

Entre los tipos de tierras que utilizaron los antepasados para la realización del bahareque están las siguientes:

- Yujun.- Tierra blanca utilizada en la mezcla de los revestimientos de paredes, a la cual la mezclaban con harina traída del Perú o almidón de yuca para conseguir mayor consistencia y durabilidad.
- Arcilla, suelo o roca sedimentaria, plástica y tenaz cuando se humedece. Se la utilizaba como tierra cruda a la que se la mezclaba con estiércol de animal y fibras vegetales para evitar al agrietamiento cuando se seque.

La técnica consiste en tierra batida, con estiércol de animal y paja batida ya sea con los pies o acémilas caminando de forma circular en una fosa rustica a un lado de la construcción, una

vez lista la mezcla, aplican sobre los entramados de madera con caña guadua, revistiendo capa tras capa.

En la foto 33 se observa el armado de la guadua antes de enlodar donde la separación del entramado no debe ser demasiado aislado para obtener una pared consistente. En el caso del revestido la tierra se la extraía de las cercanías la comunidad llevándola en alforjas lomo de mula al lugar de construcción.

Para los acabados de paredes se utilizaba la tierra de yujun. Este tipo de acabados solo lo hacía personas con buenas posibilidades económicas. El mantenimiento de estas viviendas, es este caso ha sido nulo por tal motivo las edificaciones actualmente se encuentran en un estado regular.

La cubierta esta armada a dos aguas con estructura de madera en su totalidad, asentadas sobre las columnas y vigas principales, y para la colocación de las tejas se utilizan tirillas de chonta.

El material utilizado para la cobertura son las tejas producidas en el sector, las mismas que tienen una dimensión de aproximadamente 40x24cm, las misma que para la colocación son traslapadas una a continuación de otras, asentadas en la armadura de tirillas.

2.4 Análisis térmico en el caso de estudio.

Actualmente, se debe hacer conciencia respecto al confort térmico de una vivienda, por las variaciones climáticas drásticas que experimenta últimamente nuestro planeta, hoy en día llegan a registrar temperaturas de hasta 40°C, como es el caso del continente europeo. Ante todo debe primar la salud, el bienestar y la calidad de vida, por lo tanto el arquitecto es quien tiene la responsabilidad de crear edificaciones acordes al clima para obtener ambientes más sanos que garanticen la salud a los usuarios de los edificios.

En este apartado se analizará y evaluará el confort térmico de dos viviendas representativas, de la ciudad de Zumba dentro del casco urbano, con el fin de determinar cuáles son las razones de su comportamiento térmico, considerando la influencia de la forma arquitectónica ,el material y sus similares características de orientación. El estudio comprenderá de un análisis numérico, simulación térmica con ecotec y de un monitoreo del microclima interior de

las viviendas en sus espacios más afectados, donde primeramente se determinará el área de estudio valiéndose del análisis microclimático de la ciudad para saber cuál es el sector más afectado por la radiación solar y finalmente determinar las viviendas a evaluar.

2.4.1 Determinación de la zona factible para la evaluación térmica en el caso de estudio.

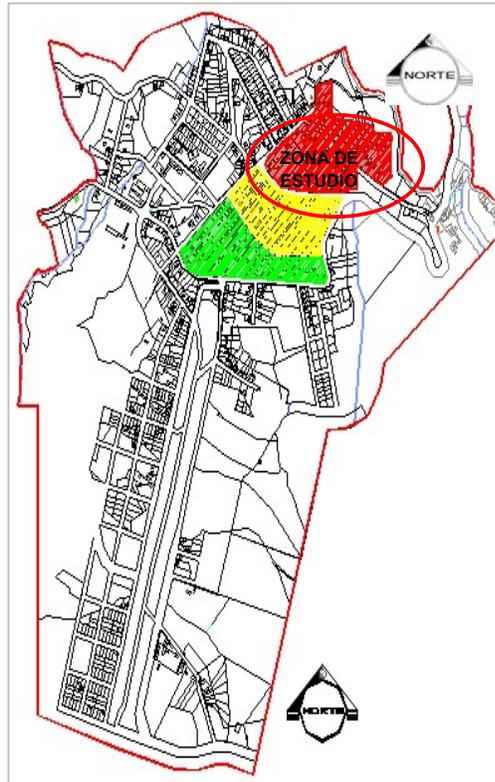


Figura 63. Mapa de uso de suelos – Zumba
Fuente: Zumba, GAD de Cantón Chinchipe.
(2003). *Plan de desarrollo estratégico 2013*.Chinchipe.
Elaborado por: Aguilar S, 2017

De acuerdo a los planos de uso de suelo de la localidad, la zona de estudio que cumple con nuestros requerimientos se encuentra en la parte alta de la ciudad hacia el norte, sector destinado solo para viviendas donde se encuentran tanto de bahareque como de hormigón armado. Identificada esta zona de estudio, se procede a realizar el análisis del microclima urbano de la ciudad para identificar el área más afectada por la radiación solar y la ventilación natural si lo hubiera.

El clima de las ciudades es diferente a la del territorio circundante, existe una relación clara entre la forma topográfica y los espacios urbanos, que modifican tanto la incidencia solar como la dirección y velocidad de los vientos. Normalmente las temperaturas medias de las ciudades son mayores con 1-2 ° C, respecto a la del medio rural.

Según Vitrubio ecológico, 2007, esto se debe a varios factores que, en conjunto, constituye el efecto denominado isla de calor.

- Los edificios y los sistemas de transporte emiten calor.
- Los pavimentos urbanos y los edificios almacenan y conducen el calor.
- Los edificios impiden el paso del viento, reduciendo su posible efecto refrigerante.
- Las superficies impermeables, hacen que los vientos obtengan turbulencias y cambios de direcciones.

Por lo que al momento del análisis climático del sitio se ha tenido en cuenta este tipo de variables para llegar a una acertada evaluación.

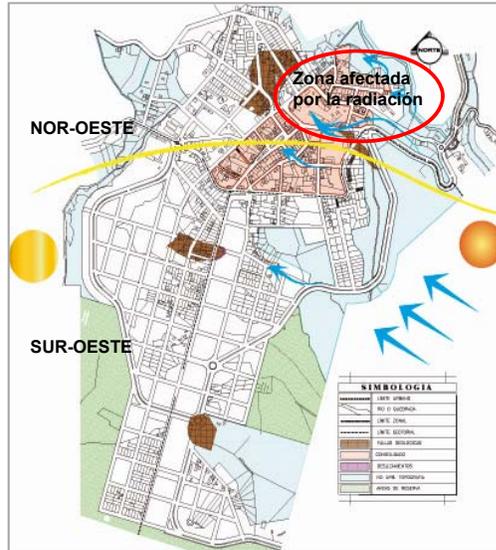


Figura 65. Incidencia solar y ventilación en la ciudad de Zumba
 Fuente: Zumba, GAD de Cantón Chinchipe. (2003). *Plan de desarrollo estratégico 2013*. Chinchipe.
 Ela borado por: Aguilar S, 2017

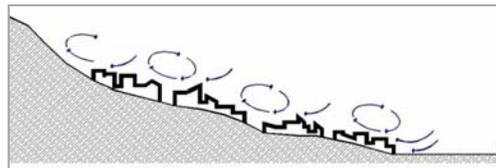


Figura 65. Movimiento del aire en Zumba
 Elaborado: Aguilar S, 2017

La Luz solar en las edificaciones y otras estructuras urbanas obstruyen hasta cierto punto la radiación directa. Pero en el caso de Zumba por el hecho de no tener edificaciones altas en el área de estudio las edificaciones que están al lado nor-oeste y sur-oeste de las manzanas son las más afectadas por la radiación solar de las tardes. Pero de forma particular la parte con mayor intensidad de la radiación es la parte alta de la ciudad.

Los vientos en cambio debido a los obstáculos, como los edificios y otras estructuras urbanas, modifican su dirección, la circulación de estos provocan que el movimiento del aire en las ciudades tiendan a ser, en general, más lentos pero más turbulentos que en el campo. Zumba cuenta con vientos predominantes sur este y una velocidad media anual de 0,9m/s, velocidad considerada como imperceptible según Barrera (2005), por lo tanto el sector no presenta afectaciones por este motivo.

2.4.2 Selección de las viviendas para el análisis térmico

Analizado el microclima del casco urbano de la ciudad se concluye que la problemática relevante a la que se enfrenta el sector, es la radiación solar en las siguientes orientaciones: nor-oeste, sur-oeste y oeste, de forma más acentuada en la parte alta de la ciudad, barrio Fátima. Por lo tanto, se procedió a seleccionar dos viviendas del sector antes mencionado considerando que estas estén siendo afectadas por la radiación solar de la tarde en sus fachadas principales y que tengan dos formas diferentes con la finalidad de investigar sus particularidades y aportes al comportamiento térmico interior de sus ambientes.

Tabla 22. Viviendas seleccionadas para realizar el análisis térmico.

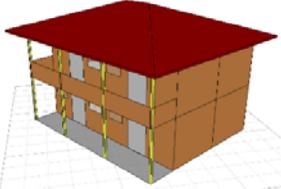
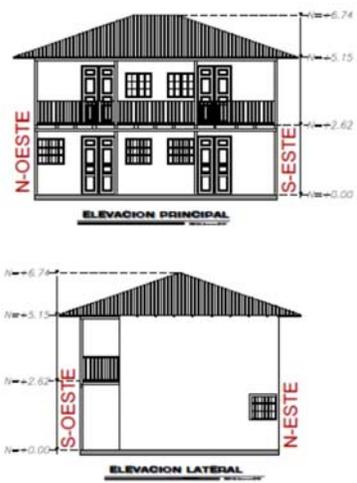
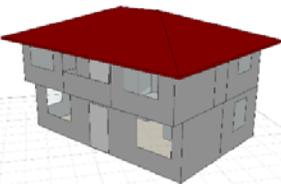
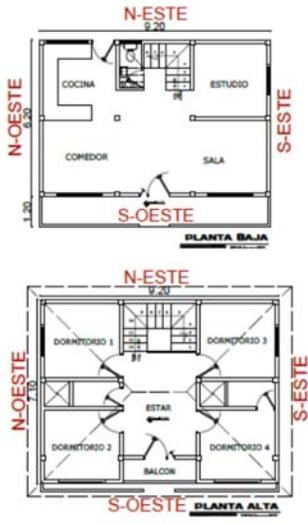
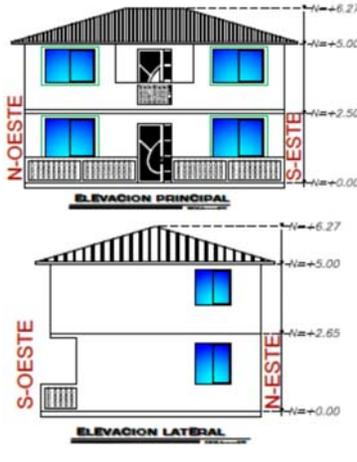
Vivienda de bahareque	Vivienda de hormigón armado
	
<p>ORIENTACIÓN: Fachada Principal al sur-oeste Punto 1 Altura: 1302 Coordenadas: 707356 (Oeste), 9462359 (Sur) Punto 2 Altura: 1302 Coordenadas: 707361.29 (Oeste), 9462351.60 (Sur) Volumen (V)Largo 9,10m x ancho 7.5m V=336.71m³</p>	<p>ORIENTACIÓN: Fachada principal al sur-oeste Punto 1 Altura: 1309 Coordenadas: 707344(Oeste), 9462380(Sur) Punto 2 Altura: 1309 Coordenadas: 707348.88 (Oeste), 9462372.20(Sur) Volumen (V)Largo 9,20m x ancho 7.4m V=324.78m³</p>

Elaborada por: Aguilar S, 2017

2.4.3 Descripción de la metodología de análisis de las viviendas seleccionadas.

En este apartado se plantea la evaluación térmica a partir de un análisis cuantitativo para determinar la influencia de la forma arquitectónica en la ganancia térmica interior de los ambientes. Dicho análisis está conformado por tres partes que permitirán estudiar cada uno de los casos de una manera minuciosa, permitiendo identificar particularidades de la pérdida o ganancia de calor en las viviendas que tiene las siguientes características (ver tabla 23).

Tabla 23. Viviendas seleccionadas con misma orientación.

	ISOMETRIA	PLANTAS	ELEVACIÓN
CASA 1			
CASA 2			

Elaborada por: Aguilar S, 2017

Las tres partes del análisis consistió en:

1. Análisis teórico numérico a partir de fórmulas
2. Simulación con el ecotec
3. Monitoreo térmico en sitio.

El objetivo es comprobar si la configuración geométrica de la envolvente arquitectónica influye en la ganancia térmica de un espacio arquitectónico.

El análisis numérico comprende el cálculo del factor de la forma y de los coeficientes de las características propias de la edificación que influyen en la ganancia y pérdida de calor en las edificaciones, al obtener estos datos se los confrontara con los rangos recomendados por la NEC-11 dando una primera idea de las posibles razones del comportamiento térmico de las viviendas.

Luego se continuó realizando la simulación térmica con ecotec donde se generó el fichero climático de Zumba para inmediatamente exportarlo al programa motor de análisis térmico y obtener los reportes del confort térmico anual de las viviendas.

Finalmente como refuerzo de las dos fases anteriores se monitoreo en sitio a las viviendas obteniendo datos diarios de temperatura y humedad relativa, variables de mayor influencia en el confort térmico. Tanto para la simulación como para el monitoreo se consideró aplicar los estudios en el mes más frío (julio) y en el mes más cálido (diciembre) establecido según el análisis climatológico realizado a la ciudad de Zumba.

Tabla 24. Variables en las viviendas analizadas.

VIVIENDAS		VARIABLES	
CASA 1.		Ancho:	9,10m
		Profundidad:	7.5m
		Altura de dos pisos:	5.15m
		Volumen:	336.71m ³
		Superficie envolvente expuesta:	315.52m ²
		Espesor de paredes:	18 cm
		Color:	Blanco
		Coefficiente de conductividad térmica:	0,126 (w/(m.k))
CASA 2.		Ancho:	9.20m
		Profundidad:	7.40m
		Altura de dos pisos:	5m
		Volumen:	342.78m ³
		Superficie envolvente expuesta:	269.36m ²
		Espesor de paredes:	18cm
		Color:	Amarillopastel
		Coefficiente de conductividad térmica:	14 (w/(m.k))

Elaborada por: Aguilar S, 2017

Las viviendas tienen similar orientación, volumen total, alturas de entrepisos y uso, con diferente material en sus paredes pero con el mismo espesor, la distribución interna, el número y dimensionamiento de los vanos y la forma de la envolvente son diferentes. En ambos casos no tienen sombras de construcciones u obstáculos aledaños que influyan en las edificaciones y alteraren las mediciones y resultados del ensayo. El uso destinado de las mismas es vivienda unifamiliar con 5 a 6 miembros. Bajo estas características cada casa será sometida

a los cálculos, simulación y monitoreo para determinar el confort térmico global de las mismas e identificar las características de cada forma que le favorecen en la ganancia o pérdida de calor.

2.4.4 Análisis numérico

El análisis numérico del comportamiento térmico de las viviendas comprende:

- Cálculo del factor de forma.
- Cálculo de coeficientes de las características propias del edificio que modifican la ganancia y pérdida de calor.

2.4.4.1 Cálculo del factor de forma.

Cada una de las viviendas seleccionadas, son edificaciones que tienen una superficie de exposición exterior variada por la forma misma que las compone, para determinar cual tiene mayor cantidad de superficie y qué volumen envuelve, se calcula cada una de éstas para finalmente determinar el factor de forma obteniendo el cociente entre la superficie de la envolvente que representa el límite físico de intercambio de calor entre el interior y el exterior, y el volumen del edificio, esto nos dará una idea de su capacidad para almacenar energía.

Tabla 25. Cálculo de la superficie (m²) y volumen (m³) global de la casa 1.

Cálculo de la superficie global					
Planos	Orientación	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Superficie parcial (m ²)
Planta Baja					
Plano vertical (fachada lateral)	Nor-oeste		6,00	2,62	15,72
Plano vertical (fachada lateral)	Sur-este		6,00	2,62	15,72
Plano vertical (fachada principal)	Sur-oeste	9,10		2,62	23,84
Plano vertical (fachada posterior)	Nor-este	9,10		2,62	23,84
Planta Alta					
Plano vertical (fachada lateral)	Nor-oeste		6,00	2,53	15,18
Plano vertical (fachada lateral)	Sur-este		6,00	2,53	15,18
Plano vertical (fachada principal)	Sur-oeste	9,10		2,53	23,02
Plano vertical (fachada posterior)	Nor-este	9,10		2,53	23,02
Plano horizontal (entrepisos)		9,10	1,50		13,65
Planta de Cubiertas					
Plano inclinado (área triangulo)	Nor-oeste	9,10		4,55	20,70
Plano inclinado (área de trapecio)	Sur-este	10,70 y 1,60		4,55	27,98
Plano inclinado (área triangulo)	Sur-oeste	9,10		4,55	20,70
Plano inclinado (área de trapecio)	Nor-este	10,70 y 1,60		4,55	27,98
Plano horizontal (tumbado)		10,70	0,80		48,97
Superficie global					315,52
Cálculo del volumen global					
Plantas arquitectónicas	Orientación	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Volumen parcial (m ³)
Planta baja N=+0.00		9,10	6,00	2,62	143,05
Planta alta N=+2.62		9,10	6,00	2,53	138,14
Planta de cubierta N=+5.15		10,70	9,10	1,59	55,52
Volumen global					336,71

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Tabla 26. Cálculo de la superficie (m²) y volumen (m³) total de la casa 2.

Cálculo de la superficie global					
Planos	Orientación	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Superficie parcial (m ²)
Planta Baja					
Plano vertical (fachada lateral)	Nor-oeste		6,20	2,50	15,50
Plano vertical (fachada lateral)	Sur-este		6,20	2,50	15,50
Plano vertical (fachada principal)	Sur-oeste	9,20		2,50	23,00
Plano vertical (fachada posterior)	Nor-este	9,20		2,50	23,00
Planta Alta					
Plano vertical (fachada lateral)	Nor-oeste		7,10	2,50	17,75
Plano vertical (fachada lateral)	Sur-este		7,10	2,50	17,75
Plano vertical (fachada principal)	Sur-oeste	9,20		2,50	23,00
Plano vertical (fachada posterior)	Nor-este	9,20		2,50	23,00
Plano horizontal (entrepisos)		9,20	0,90		8,28
Planta de Cubiertas					
Plano inclinado (área triangulo)	Nor-oeste	8,10		4,05	16,40
Plano inclinado (área de trapecio)	Sur-este	10,20 y 2,10		4,05	24,91
Plano inclinado (área triangulo)	Sur-oeste	8,10		4,05	16,40
Plano inclinado (área de trapecio)	Nor-este	10,20 y 2,10		4,05	24,91
Plano horizontal (tumbado)		10,20	0,50		19,96
Superficie global					269,36
Cálculo del volumen global					
Planta arquitectónicas	Orientación	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Volumen parcial (m ³)
Planta baja N=+0.00		9,20	6,20	2,50	142,60
Planta alta N=+2.50		9,20	7,10	2,50	163,30
Planta de cubierta N=+5.00		10,20	8,10	1,27	36,88
Volumen global					342,78

Elaborado por: Aguilar S, 2017.

Una vez calculado la superficie y el volumen de cada una de las viviendas aplicó estos valores en la fórmula de factor de forma establecida por Guillermo Yáñez Parareda:

$$F = S/V$$

Donde:

F: Factor de forma

S: Superficie envolvente de las edificaciones

V: Volumen de las edificaciones

Tabla 27. Cálculo del factor de forma de cada una de las viviendas analizadas

Casa	S(m ²)	V(m ³)	F=S/V (m)
Casa 1	315,52	336,71	0,94
Casa 2	269,36	342,78	0,79

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Esta primera valoración de la sensibilidad térmica de las edificaciones indica que la casa 1 con un 0,94 tienen las siguientes diferencias con respecto a cada uno de los factores recomendados, con 1.20 para clima cálido la diferencia es de 0.26 y para climas fríos con el 0.5 a 0.8 la diferencia es de 0.44 lo que quiere decir que la edificación está equipada más para adaptarse térmicamente en climas cálido húmedo debido a que su tendencia es hacia 1.20. Mientras que la casa 2 tiene factor de forma menor de 0.79 con una clara tendencia hacia el factor de forma recomendado para climas fríos.

2.4.4.2 Cálculo del coeficiente de las características propias del edificio que modifican la ganancia y pérdida de calor en las edificaciones.

Cada una de las viviendas seleccionadas cuenta con sus propias características que modifican las ganancias térmicas, que inciden en el confort térmico de sus espacios interiores, por lo tanto en esta instancia se aplicó las fórmulas para el cálculo de los coeficientes que se identifiquen en cada caso, los mismos fueron calculados y comparados con los rangos establecidos por **NEC-11**.

Cálculo del coeficiente de asentamiento de las viviendas, donde los rangos de referencia son de 0-1, es decir del 0 al 100% relación superficie global frente a superficie de asentamiento de cada edificación.

Tabla 28. Cálculo del coeficiente de asentamiento en viviendas seleccionadas

	Superficie global (Sg)	Superficie asentada (Sas)	As=Coeficiente de asentamiento $As = \frac{Sas}{Sg}$
CASA 1.			$As = \frac{68.25m^2}{336.71m^2}$ As =0.21 Es decir 21%
	336.71m ²	9,10x7,50=68.25m ²	
CASA 2.			$As = \frac{68.08m^2}{342.78m^2}$ As =0.19 Es decir 19%
	342.78m ²	9,20x7,40=68.08m ²	
<p>Conclusiones:</p> <p>Con un coeficiente de asentamiento 21% y 19% en ambos casos es bajo en relación a la superficie global de cada una de ellas por lo que indica mayor posibilidad de pérdida o ganancias de calor, mayor posibilidad de ventilar y menor posibilidad de inercia térmica.</p>			

Elaborada por: Aguilar S, 2017

Cálculo del coeficiente de perforación en las viviendas seleccionadas se utilizaron los rangos establecidos por la norma ecuatoriana de construcción donde establece que los climas de 22 °C a 25°C están dentro de la zona climática 4 a las cuales recomienda según la orientación de planos verticales deben tener ciertos porcentajes de perforación de acuerdo a la tabla 30.

Tabla 29. Porcentaje de perforaciones según la orientación establecidas por la NEC-11

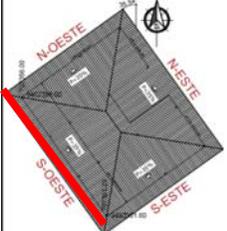
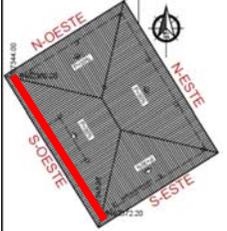
ZONA CLIMATICA	ORIENTE		
	N-S	NO-SO-NE-SE	E-O
ZT4	40%	35%	30%

Fuente: Ecuador, Ministerio de desarrollo urbano y vivienda (2015). Normativa ecuatoriana de la construcción, Quito.

Elaborado por: Aguilar S, 2017

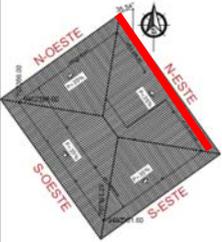
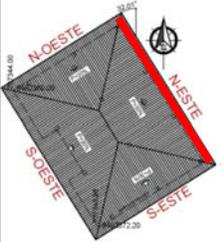
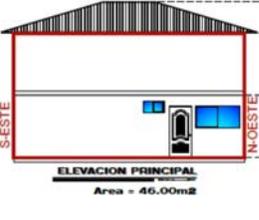
Con estos rangos de perforación se analizó cada una de las fachadas según su orientación como lo indica en las tablas 30,31, 32 y 33.

Tabla 30. Cálculo del coeficiente de perforación en viviendas seleccionadas en fachada sur-oeste

	Orientación	Superficie global (Sg)	Superficie de perforación (Spr)	Coficiente de perforación (Ap)
CASA 1.		 ELEVACION PRINCIPAL Area = 46.38m²	 ELEVACION PRINCIPAL	$Ap = \frac{Spr}{Sg}$ $Ap = \frac{16.19m^2}{46.38m^2}$ Ap =0.34 Es decir 34%
		46.38m²	16.19m²	
CASA 2.		 ELEVACION PRINCIPAL Area = 46.00m²	 ELEVACION PRINCIPAL	$Ap = \frac{Spr}{Sg}$ $Ap = \frac{14.40m^2}{46.00m^2}$ Ap =0.31 Es decir 31%
		46.00m²	14.40m²	
<p>Conclusiones:</p> <p>Las fachadas sur – oeste de ambas viviendas están por debajo del valor recomendado que es de 35% de perforaciones para viviendas en las zonas climáticas 4. Donde la casa 1le falta un 1% y la de hormigón armado en el 4%.Estos resultados indican que a través de esta fachada en ambos casos las ganancias o pérdidas de calor podrían ser parecidas debido a la semejanza del porcentaje de perforación.</p>				

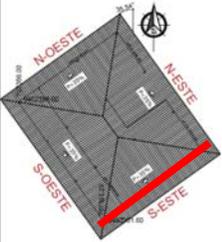
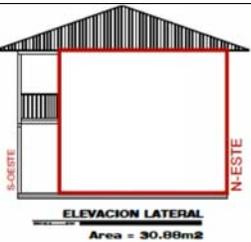
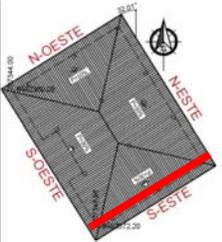
Elaborada por: Aguilar S, 2017

Tabla 31. Cálculo del coeficiente de perforación en viviendas seleccionadas en planos nor-este

	Orientación	Superficie global (Sg)	Superficie de perforación (Spr)	Coeficiente de perforación (Ap)
CASA 1.		 ELEVACION POSTERIOR Area = 46.38m ²	 ELEVACION POSTERIOR	$Ap = \frac{Spr}{Sg}$ $Ap = \frac{9.06m^2}{46.38m^2}$ Ap = 0.19 Es decir 19%
		46.38m ²	9.06m ²	
CASA 2.		 ELEVACION PRINCIPAL Area = 46.00m ²	 ELEVACION PRINCIPAL	$Ap = \frac{Spr}{Sg}$ $Ap = \frac{3.89m^2}{46.00m^2}$ Ap = 0.08 Es decir 8%
		46.00m ²	3.89m ²	
<p>Conclusiones:</p> <p>En este caso las fachadas nor-este la norma ecuatoriana de construcción recomienda un 35% de perforaciones, pero en ambos casos el porcentaje de perforaciones está por debajo de lo recomendado. Lo que indica que no se está aprovechando la radiación solar de la mañana.</p>				

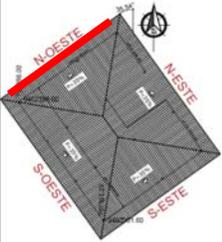
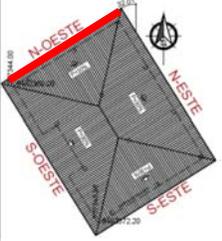
Elaborada por: Aguilar S, 2017

Tabla 32. Cálculo del coeficiente de perforación en viviendas seleccionadas en planos sur-este

	Orientación	Superficie global (Sg)	Superficie de perforación (Spr)	Coeficiente de perforación (Ap)
CASA 1.		 ELEVACION LATERAL Area = 30.88m ²	 ELEVACION LATERAL	$Ap = \frac{Spr}{Sg}$ $Ap = \frac{00.00m^2}{30.88m^2}$ Ap = 0.00 Es decir 0%
		30.88m ²	00.00m ²	
CASA 2.		 ELEVACION LATERAL DERECHA Area = 33.25m ²	 ELEVACION LATERAL DERECHA	$Ap = \frac{Spr}{Sg}$ $Ap = \frac{3.12m^2}{33.25m^2}$ Ap = 0.09 Es decir 9%
		33.25m ²	3.12m ²	
<p>Conclusiones:</p> <p>En este caso las fachadas sur-este, la norma ecuatoriana de construcción recomienda un 35% de perforaciones, pero en la casa 1 se tiene el 0% y un 9% de perforaciones de la edificación de hormigón armado, lo que significa desaprovechamiento de los vientos predominantes del sector.</p>				

Elaborada por: Aguilar S, 2017

Tabla 33. Cálculo del coeficiente de perforación en viviendas seleccionadas en planos nor-oeste

	Orientación	Superficie global (Sg)	Superficie de perforación (Spr)	Coeficiente de perforación (Ap)
CASA 1.		 <p>ELEVACION LATERAL IZQUIERDA Area = 30.89m²</p>	 <p>ELEVACION LATERAL DERECHA</p>	$Ap = \frac{Spr}{Sg}$ $Ap = \frac{5.20m^2}{30.89m^2}$ <p>Ap = 0.17 Es decir 17%</p>
		30.89m ²	5.20m ²	
CASA 2.		 <p>ELEVACION LATERAL IZQUIERDA Area = 33.25m²</p>	 <p>ELEVACION LATERAL DERECHA</p>	$Ap = \frac{Spr}{Sg}$ $Ap = \frac{3.12m^2}{33.25m^2}$ <p>Ap = 0.09 Es decir 9%</p>
		33.25m ²	3.12m ²	
<p>Conclusiones:</p> <p>Finalmente el plano nor-oeste también debe tener un 35% de perforaciones, pero los porcentajes de perforación de ambas viviendas están por debajo de lo recomendado dificultando la ventilación cruzada.</p>				

Elaborada por: Aguilar S, 2017

Tabla 34. Resumen general del coeficiente de perforación en las viviendas analizadas.

Orientación	Casa 1.	Casa 2.
Sur-Oeste	34%	31%
Nor-Este	19%	8%
Sur-Este	0%	9%
Nor-Oeste	17%	9%
Promedio%	18%	14%

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Conocidos los porcentajes de perforación en cada vivienda se constató que tienen un bajo coeficiente de perforación global pero si analizamos individualmente las fachadas existe una de ellas con un buen porcentaje de perforación para conseguir una adecuada ventilación en los ambientes que esta contiguos mientras que los demás debería se mejorados.

Existen también tres fachadas que no cumplen con los rangos de perforación recomendados, lo que indica que la ventilación de los ambientes a los que pertenece están siendo defectuosos, por lo que a continuación se realiza un análisis de ventilación de las dos viviendas para conocer a detalle la ventilación natural en cada una de ellas.

Análisis de ventilación casa 1 y 2

En este análisis es importante iniciar recordado que el emplazamiento de la viviendas es aislada con baja densidad de edificación en su entorno y con similar orientación. Lo que indica que el flujo natural del viento presenta similares formas de llegar a las edificaciones.

La velocidad del viento para el entorno urbano de la ciudad de Zumba según los datos meteorológicos tiene un promedio anual de 0,9m/s y una dirección predominante sur-este con ángulo de 160° con respecto al eje norte. Estas condiciones no afectan al confort térmico de los ambientes debido a que con esta velocidad, el viento es casi imperceptible para el ser humano.

En este caso ambas viviendas tienen plantas arquitectónicas rectangulares orientadas en sentido sur-este a nor-oeste sus fachadas más largas, que son las dos principales, mientras que las fachadas más pequeñas se orientan hacia los vientos dominantes. Esta orientación en ambas viviendas no es conveniente en vista de que las fachadas orientadas a los vientos dominantes tienen un bajo porcentaje de perforación en la casa 2 y en la 1 es nula, es decir estas edificaciones tienen mala orientación eólica porque está desaprovechando la corriente de aire dominante para refrigerar sus ambientes.

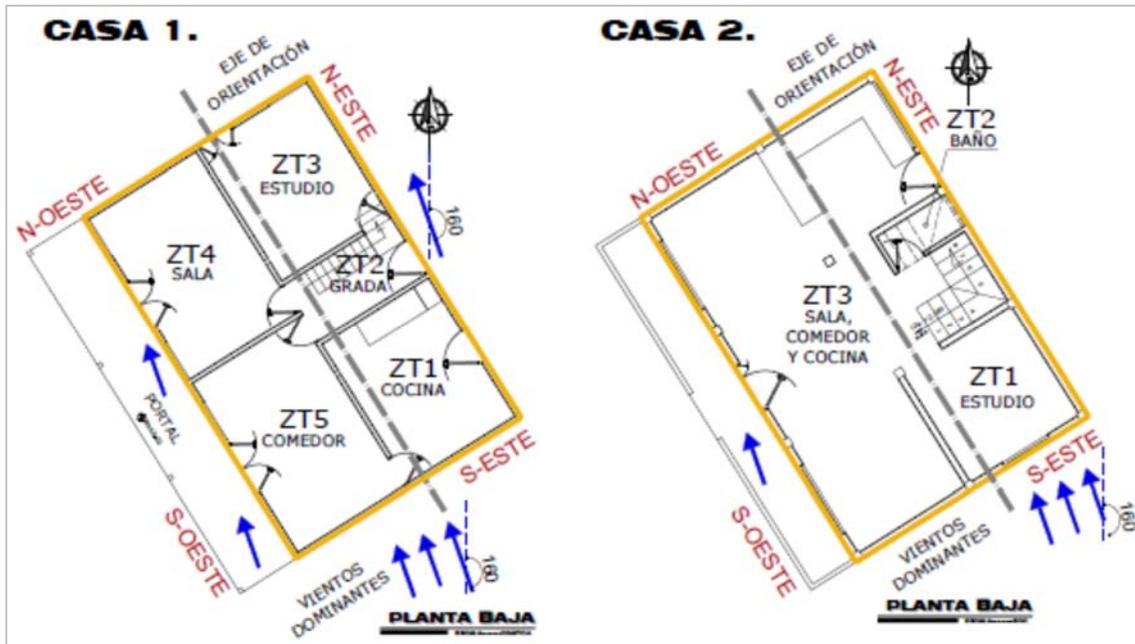


Figura 66. Orientación eólica de casa 1 y 2.
Elaborada por: Aguilar S, 2017

Ventilación Casa 1.

Tabla 35. Características de aberturas de la casa 1 planta baja (ventanas y puertas)

Zonas térmicas	Localización		Forma		Tamaño (m ²)	
	Orientación	Ubicación	Forma	Accesorios	Superficie (m ²)	Cantidad
VENTANAS						
ZT1 (cocina)	-	-	-	-	-	-
ZT2 (gradas)	-	-	-	-	-	-
ZT3 (estudio)	Nor-oeste	a un lado	cuadrada	fijos	0.95	1
ZT4 (sala)	Sur-oeste				0.95	2
ZT5 (comedor)	Sur-oeste				0.95	1
PUERTAS EXTERIORES E INTERIORES						
ZT1 (cocina)	Nor-este	centrada	rectangular	abatible	1.66	1
	Sur-oeste	a un lado			1.29	
ZT2 (gradas)	Nor-este	a un lado			1.66	1
ZT3 (estudio)	Nor-oeste	a un lado			1.98	1
	Sur-este	a un lado			1.29	1
ZT4 (sala)	Sur-oeste	centradas			2.86	1
	Nor-este	a un lado			1.29	1
ZT5 (comedor)	Sur-oeste	centradas			2.86	1
	Nor-este	a un lado	1.29	1		

Elaborado por: Aguilar S, 2017.

Tabla 36. Características de aberturas de la casa 1 planta alta (ventanas y puertas).

Zonas térmicas	Localización		Forma		Tamaño (m ²)	
	Orientación	Ubicación	Forma	Accesorios	Superficie (m ²)	Cantidad
VENTANAS						
ZT6 (dormitorio 4)	Nor-este	a un lado	cuadrada	abatible	0.95	1
ZT7 (grada)	Nor-este					1
ZT8 (dormitorio 1)	Nor-este	a un lado	cuadrada	abatible	0.95	1
ZT9 (dormitorio 2)	Sur-oeste	a un lado	cuadrada	fijos	0.95	1
	Sur-oeste	a un lado	cuadrada	fijos	0.95	1
ZT10(dormitorio 3)	Sur-oeste	a un lado	cuadrada	fijos	0.95	1
PUERTAS EXTERIORES E INTERIORES						
ZT6 (dormitorio 4)	Nor-oeste	centrada	rectangular	abatibles	1.66	1
ZT7 (grada)	Nor-este	centrada	rectangular	S/A	3.38	1
ZT8 (dormitorio 1)	Sur-este	centrada	rectangular	abatibles	1.66	1
ZT9 (dormitorio 2)	Nor-este	a un lado	rectangular	abatibles	1.66	1
	Sur-oeste	centrada	rectangular	abatibles	2.86	1
	Nor-oeste	a un lado	rectangular	abatibles	1.98	1
ZT10(dormitorio 3)	Nor-este	a un lado	rectangular	abatibles	1.66	1
	Sur-oeste	centrada	rectangular	abatibles	2.86	1

Elaborado por: Aguilar S, 2017.

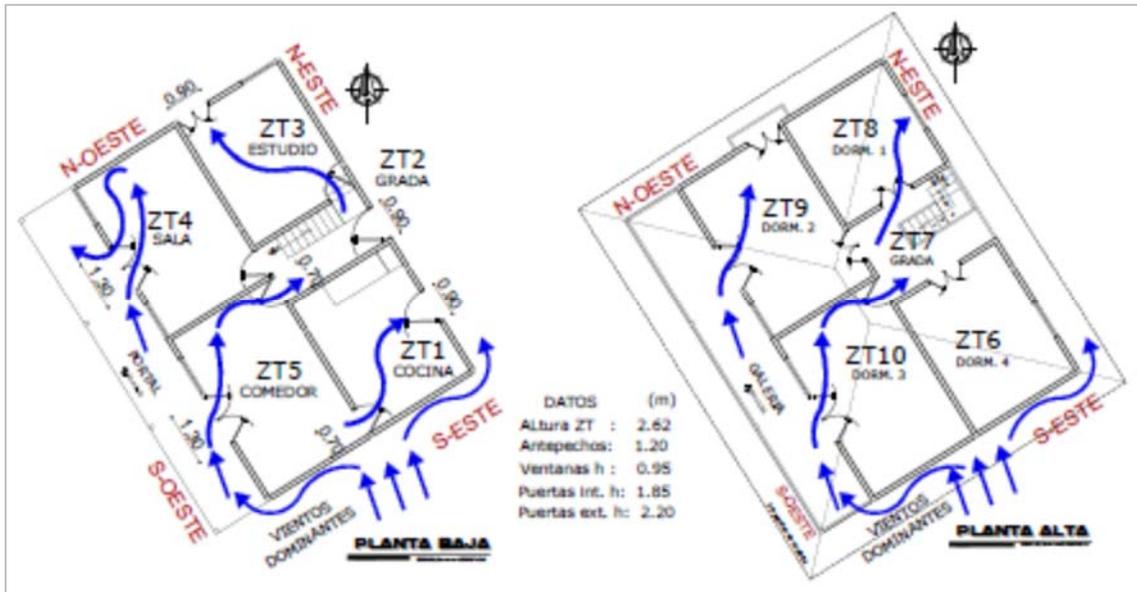


Figura 67. Ventilación de casa 1, a través de las puertas con vientos predominantes del sector.

Elaborado por: Aguilar S, 2017.

De acuerdo a la tabla de aberturas de planta baja tienen ventanas con accesorios fijos, que no permiten ventilar naturalmente a la edificación. Es decir que en este caso para ventilar los espacios se debe obligatoriamente abrir las puertas de cada zona, produciéndose ventilación cruzada y unilateral dependiendo del ángulo de incidencia de la corriente de aire.

La ventilación cruzada a través de puertas de las ZT1, ZT2, ZT3 y ZT5 no es óptima debido a que las entradas y salidas son de similares superficies por lo tanto no se pueden conseguir una buena velocidad promedio interna del viento favorable. En la ZT5 debido a la dirección del viento y la ubicación de la puerta externa la ventilación que ocurre en este espacio es unilateral misma que cubre solo la mitad del ambiente.

En planta alta la ventilación natural de los ambientes son de dos tipos: en las zonas ZT6 y ZT8 debido a sus ventanas abatibles y centradas tiene ventilación unilateral que cubre un buen porcentaje de la ventilación de ambiente y también existe la posibilidad de conseguir ventilación cruzada al momento de abrir la puerta debido a que las corrientes de aire en el ZT7son considerables. En las ZT9 y ZT10 debido a que cuenta con ventanas fijas que no permiten la ventilación a través de ellas, la única posibilidad es cuando se abre las puertas donde se puede conseguir ventilación cruzada como unilateral, en ambos casos el eje de ventilación de los ambiente es diagonal desde el centro de la cara sur-oeste hacia un costado de la cara nor-este de cada habitación misma que permite ventilar adecuadamente.

Como se puede ver la ventilación natural de esta edificación esta forzada a ser realizada a través de las puertas, lo que no permite tener control térmico en los ambientes ya que al momento de cerrarlas el aire viciado no puede ser renovado de forma adecuada produciendo malos olores en los ambientes. Pero en el caso de los espacios con ventanas abatibles y celosías el ambiente es otro, estos permanecen con un buen ambiente de confort por su continua renovación del aire.

Ventilación Casa 2.

Tabla 37. Características de aberturas de casa 2 planta baja (ventanas y puertas).

Zonas térmicas	Localización		Forma		Tamaño (m ²)	
	Orientación	Ubicación	Forma	Accesorios	Superficie (m ²)	Cantidad
VENTANAS						
ZT1 (estudio)	Sur-este	centrada	rectangular	corrediza	1.68	1
ZT2 (baño)	Nor-este	centrada			0.42	1
ZT3 (sala, comedor, cocina)	Sur-oeste	a un lado			2.52	2
	Nor-este	a un lado			1.57	1
PUERTAS EXTERIORES E INTERIORES						
ZT1 (estudio)	Nor-oeste	a un lado	rectangular	Sin puerta	2.10	1
ZT2 (baño)	Sur-este	a un lado		abatible	1.47	1
ZT3 (sala, comedor, cocina)	Sur-oeste	centrada		abatible	2.52	1
	Nor-este	a un lado		abatible	1.87	1

Elaborado por: Aguilar S, 2017.

Tabla 38. Características de aberturas de la casa 2 planta alta (ventanas y puertas).

Zonas térmicas	Localización		Forma		Tamaño (m ²)	
	Orientación	Ubicación	Forma	Accesorios	Superficie (m ²)	Cantidad
VENTANAS						
ZT4 (dormitorio 3)	Sur-este	centrada	rectangular	corrediza	1.68	1
ZT5 (estar)	-	-	-	-	-	-
ZT6 (dormitorio 1)	Nor-oeste	centrada	rectangular	corrediza	1.44	1
ZT7 (baño)	-	-	-	-	-	-
ZT8 (dormitorio 2)	Sur-oeste	centrada	rectangular	corrediza	2.16	1
ZT9 (dormitorio 4)	Sur-oeste	centrada	rectangular	corrediza	2.16	1
ZT10 (baño)	-	-	-	-	-	-
PUERTAS EXTERIORES E INTERIORES						
ZT4 (dormitorio 3)	Nor-oeste	a un lado	rectangular	abatible	1.89	1
ZT5 (estar)	Sur-oeste	centrada			2.52	1
ZT6 (dormitorio 1)	Sur-este	a un lado			1.89	1
ZT7 (baño)	Sur-este	a un lado			1.47	1
ZT8 (dormitorio 2)	Sur-este	a un lado			1.89	1
ZT9 (dormitorio 4)	Nor-oeste	a un lado			1.89	1
ZT10 (baño)	Sur-oeste	a un lado			1.47	1

Elaborado por: Aguilar S, 2017.

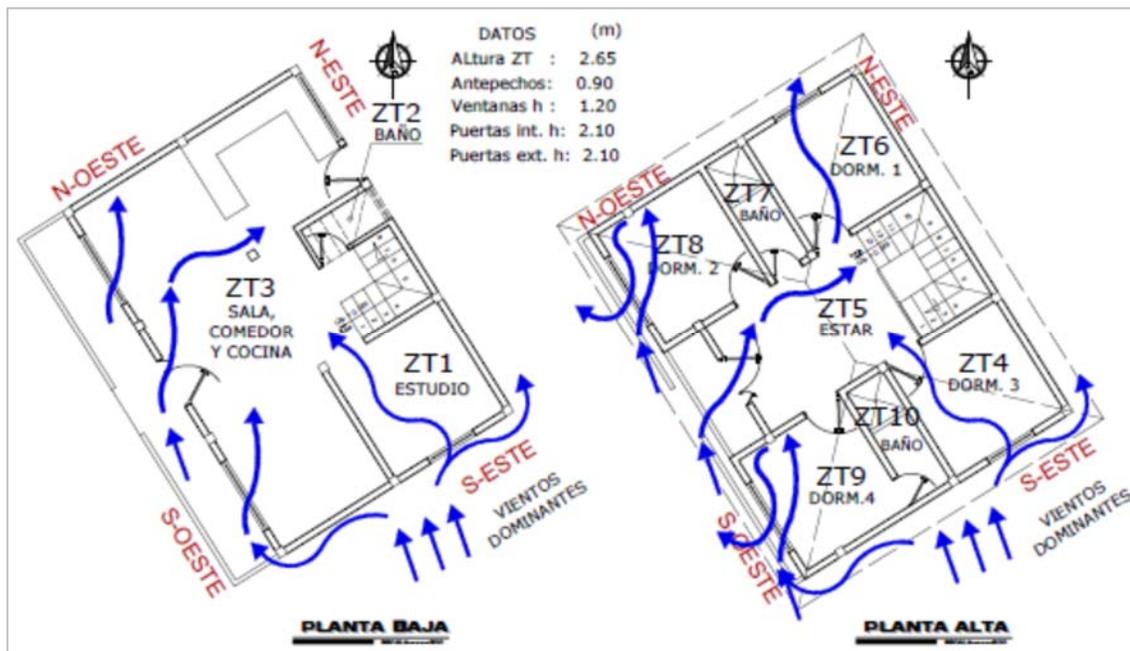


Figura 68. Ventilación de casa 2, a través de puertas y ventanas con vientos predominantes del sector. Elaborado por: Aguilar S, 2017.

De acuerdo a la tabla de aberturas de la casa 2 esta edificación tiene ventanas corredizas en todos sus ambientes las mismas que tiene forma rectangular y están centradas con respecto a las habitaciones, mismas que le permiten ventilar de fuera hacia dentro tanto con ventilación cruzada como unilateral.

En planta baja en la ZT1 se tiene ventilación cruzada a través de la ventana de la fachada sur-este y abertura de acceso a la habitación sin puerta, en ZT3 en cambio la ventilación cruzada es a través de las dos ventanas ubicadas en la fachada sur-oeste (entrada) y una en la fachada nor-este (salida) con una velocidad considerable en el espacio que esta junto a la fachada nor-este (salida), y en la ZT2 la ventilación es unilateral de baja intensidad debido a la orientación de la ventanas.

En cambio en planta alta la ventilación natural en su mayor parte es unilateral, en la ZT4 se ventila a través de la ventana ubicada en la fachada sur-este donde el flujo de viento es perpendicular a esta, lo que permite tener una buena ventilación del ambiente, mientras las ZT8 y ZT9 se ventilan a través de la ventana de la fachada sur-oeste misma que por el ángulo de viento incidente la ventilación de la habitación es parcial y la ZT6 por la orientación de la ventana en mínima. El resto de zonas se ventilan necesariamente a través de sus puertas mismas que funciona como acceso y renovador de aire afectando parcialmente el confort en ello.

Mediante este análisis de ventilación se determina que la casa 2 al tener ventanas corredizas logra mejor ventilación natural de cada uno de sus espacios interiores, pero a pesar de esto las casa dos con su defectuosa ventilación térmicamente estado mucho mejor térmicamente debido a su forma exterior, la misma que le permite evitar la ganancia de calor a través de las superficies exteriores.

Cálculo del coeficiente de tersura, al igual que el coeficiente de perforación se utilizó los rangos establecidos por NEC-11. Para este cálculo se consideró la fachada más afectada por la radiación solar de la tarde.

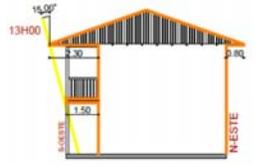
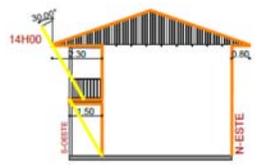
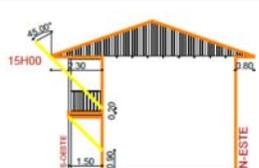
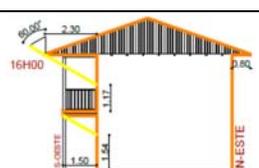
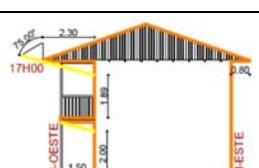
Tabla 39. Porcentajes de sombras necesarias en las edificaciones según la orientación.

Zona climática	Oriente		
	Norte-Sur	NO-SO-NE-SE	Este-Oeste
ZT4-ZT5-ZT6	30%	30%	50%

Fuente: Ecuador, Ministerio de desarrollo urbano y vivienda (2015). Normativa ecuatoriana de la construcción, Quito.

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Tabla 40. Porcentaje de sombras en función de la tersura en los planos verticales sur-oeste casa 1

	Incidencia solar según las horas de la tarde	Plantas	Superficie expuesta (m ²)	Áreas con sombras (m ²)	Volados	% Sombras
CASA 1		Baja	23.66	23.66	1.50	100%
		Alta	23.02	23.02	2.30	100%
		Baja	23.66	23.66	1.50	100%
		Alta	23.02	23.02	2.30	100%
		Baja	23.66	15.47	1.50	65%
		Alta	23.02	21.20	2.30	92%
		Baja	23.66	9.65	1.50	41%
		Alta	23.02	12.37	2.30	54%
		Baja	23.66	5,46	1.50	23%
		Alta	23.02	5,82	2.30	25%

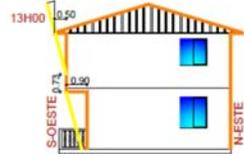
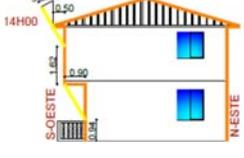
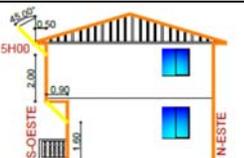
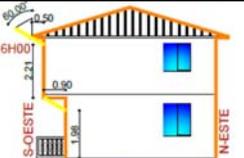
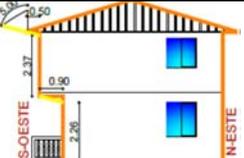
Conclusiones:

En planta baja con un volado de 1.50 tiene un porcentaje promedio de sombras de 65.80% donde hasta las dos de la tarde tiene un 100% de sombras e iniciando la exposición solar a partir de la 3pm. Evitando la mayor parte de radiación solar de la tarde.

En segunda planta con un volado de 2.30 el porcentaje promedio de sombras en la tarde de 74.20%, donde hasta las 3pm las sombras en esta fachada es casi total por lo que el periodo de asoleamiento en estas horas es poco disminuyendo la ganancia solar.

Elaborada por: Aguilar S, 2017

Tabla 41. Porcentaje de sombras en función de la tersura en los planos verticales sur-oeste casa 2

	Incidencia solar según las horas de la tarde	Plantas	Superficie expuesta (m ²)	Áreas con sombras (m ²)	Volados	% Sombras
CASA 2		Baja	23.00m ²	23.00m ²	0.90	100%
		Alta	23.00m ²	15.38m ²	0.50	71%
		Baja	23.00m ²	14.35m ²	0.90	62%
		Alta	23.00m ²	8.10m ²	0.50	35%
		Baja	23.00m ²	8.28m ²	0.90	36%
		Alta	23.00m ²	4.60m ²	0.50	20%
		Baja	23.00m ²	4.97m ²	0.90	22%
		Alta	23.00m ²	2.67m ²	0.50	12%
		Baja	23.00m ²	2,21m ²	0.90	10%
		Alta	23.00m ²	1,20m ²	0.50	5%

Conclusiones:

En planta baja con un volado de 0.90m las sombras promedio proyectadas es de 46%, donde a partir de las tres de tarde tienen menos de la mitad del total de su superficie recibiendo radiación solar directa, lo que indica que a partir de esta hora tiene una amplia ganancia solar.

Con un 28.60% de sombras promedio con un volado de 0.50m en la planta alta la ganancia solar en esta superficie debido a que la exposición solar inicia desde las 13:00 horas.

Elaborada por: Aguilar S, 2017

El resto de fachadas de ambas edificaciones tienen la desventaja de contar con un solo volado de 0.50m en la cubierta para las dos plantas, por lo que en este caso las fachadas sur-este expone desde las 13:00 y los porcentajes de sombreado son muy bajos aportando a la ganancia solar en las superficies. En cambio para el caso de las fachadas nor-este y nor-oeste es favorable esta escasez de protección debido a que le permite aprovechar la radiación solar

en las horas de la mañana en épocas de invierno. Para tener una idea más clara de la radiación solar de la tarde ver anexo 1.

Tanto en la casa 1 como en la 2 deben intervenir en la fachada sur-este debido a que, así como están ahora son un foco de ganancias solares en horas de la tarde afectando el confort térmico de los espacios contiguos.

Color, así mismo, como en el análisis de las anteriores características del edificio que modifican la ganancia o pérdida de calor en esta se utilizará como referencia los valores recomendados por la norma ecuatoriana de construcción donde establece que para zonas climáticas de entre 22°C a 25°C el índice de reflexión debe ser superior al 60%.

Tabla 42. Análisis del color, según los porcentajes de reflexión de la radiación en función de los colores de la superficie

Casa 1			Casa 2		
					
	Color	Reflejado %		Color	Reflejado %
Paredes externas	blanco	80%	Paredes externas	anaranjadas	30%
Cubierta	gris	32%	Cubierta	gris	32%
Paredes internas	blanco	80%	Paredes internas	beige	25%
Pisos	gris	32%	Pisos	beige	25%
Tumbados	café	18%	Tumbados	blanco	80%
PROMEDIO %		48%			38%
Conclusiones:					
En resumen la vivienda de bahareque es un 10% más reflectiva que la de hormigón armado, lo que quiere decir que la edificación de bahareque esta mejor equipada para climas cálidos húmedos.					
Elaborada por: Aguilar S, 2017.					

2.4.5 Simulación térmica con Ecotec

Para la simulación térmica se utilizó el ecotec como motor de análisis térmico, con un fichero climático generado por el meteonorm y weather tool programas que actualmente son utilizados por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la ciudad de Cuenca en vista que son programas que generan ficheros climáticos lo más realmente posibles de cualquier localidad.

2.4.5.1 Generación de Fichero climático para Zumba con la aplicación de los softwares de Meteonorm y Weather tool.

En este caso por tratarse de una ciudad en la cual no se cuenta con información climática detallada de las variables necesarias para el análisis térmico con el ecotec se generó los ficheros climáticos a través de software meteonorm 5.1 en primera instancia para luego importarlos reporte sal weather tool donde el fichero climático finalmente es configurado para que sea compatible con el ecotec.

- **Generación y obtención de fichero climático para Zumba con meteonorm.**

Para la generación del fichero climático en el meteonorm 5.1 se ingresó los siguientes datos latitud (04-51-52 S) longitud (79-08-00 W) y altitud de 1200 m.s.n.m. de la ciudad de Zumba obteniendo los siguientes resultados:

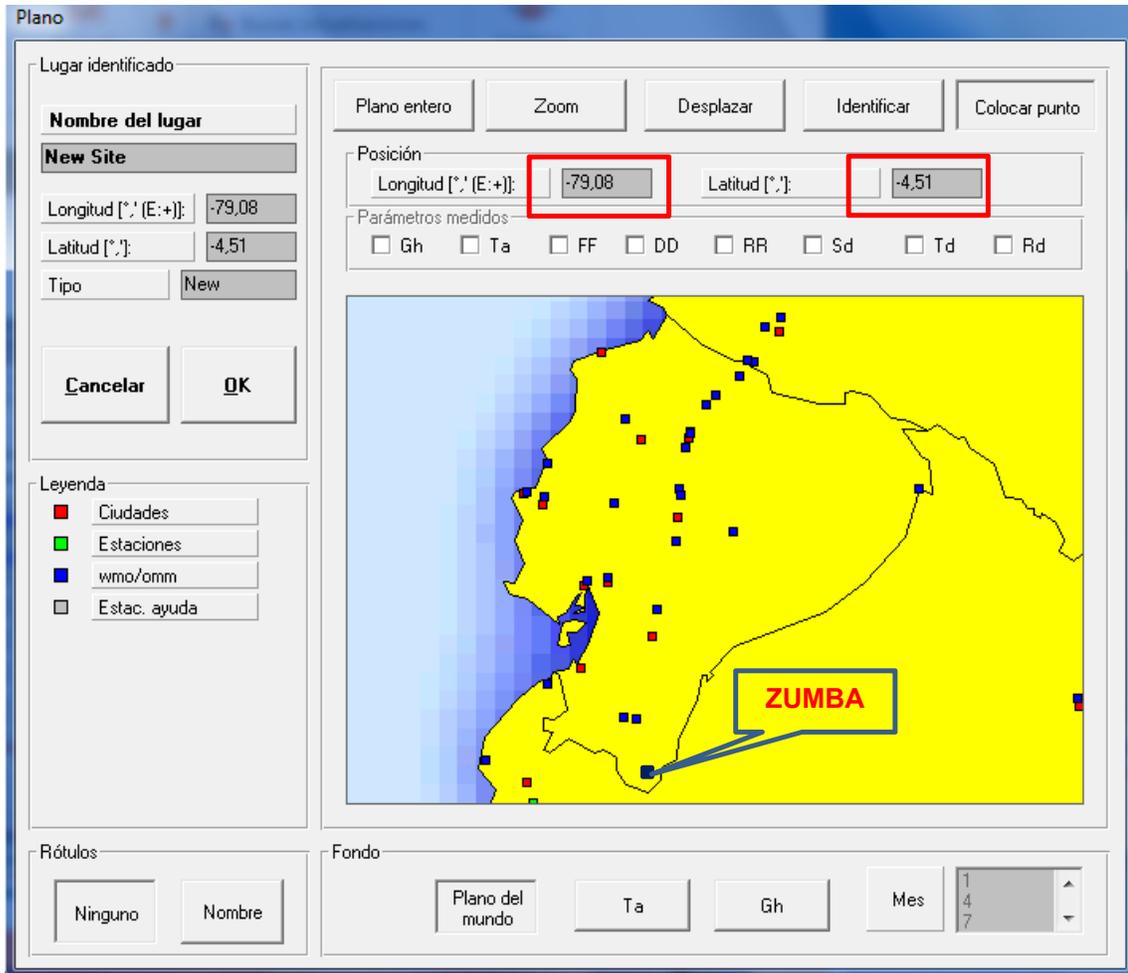


Figura 69. Colocación de punto con la latitud y longitud de la ciudad de Zumba en el software meteonorm.
Elaborada por: Aguilar S, 2017.

Ingresada la primera información se procedió a dar un nombre al archivo, indicar la altura de la ciudad, revisar la latitud y longitud ingresadas anteriormente y finalmente se genera el fichero climático del sector. Una vez generado el fichero climático se lo obtuvo configurando las unidades, formato de salida de acuerdo al formato compatible con el weather tool.

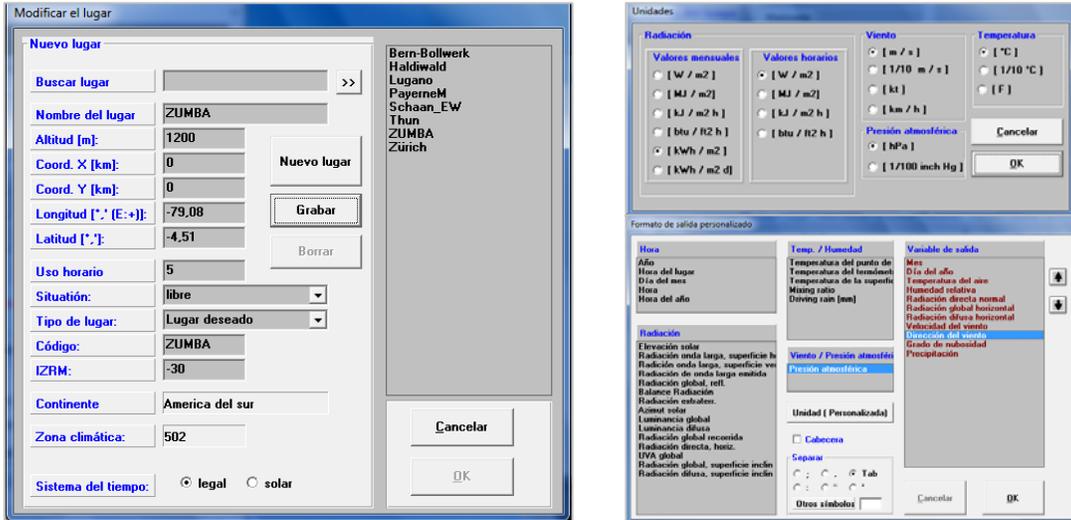


Figura 70. Generación y obtención del fichero climático de Zumba en el software meteornorm. Elaborada por: Aguilar S, 2017.

Una vez generado y configurado el fichero climático, el software queda programado para obtener resultados climáticos de la ciudad de Zumba tal como se muestra en la figura 70.

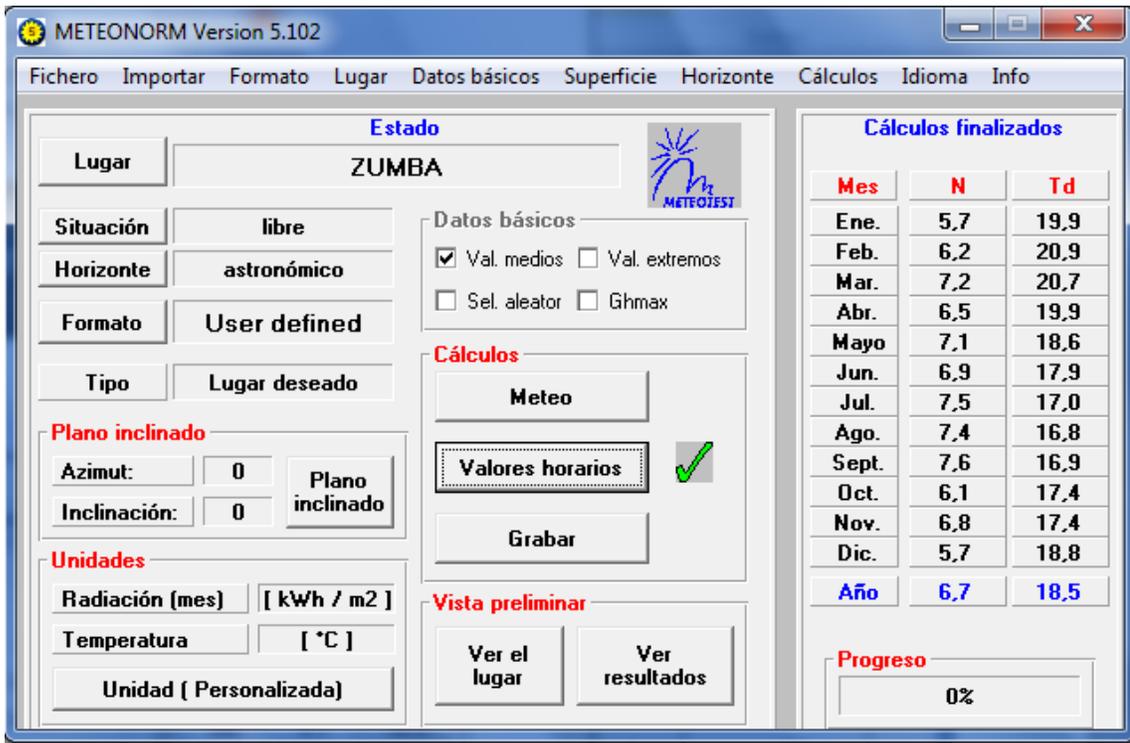


Figura 71. Meteornorm versión 5.1 programado para obtener el fichero climático de Zumba. Elaborada por: Aguilar S, 2017.

Donde se obtiene datos de las siguientes variables: temperatura, humedad relativa, radiación directa normal, radiación global horizontal, radiación difusa horizontal, velocidad y dirección del viento, grado de nubosidad y precipitaciones de la ciudad de Zumba tal como lo muestra la tabla 41.

Tabla 43. Fichero climático generado por meteonorm de la ciudad de Zumba.

Meses	Ta	RH	H_Bn	H_Gh	H_Dh	FF	DD	N	RR
Ene.	26.2	69	88	137	75	4.8	168	6	38.7
Feb.	26.3	74	63	119	74	4.3	168	6	79.7
Mar.	25.7	75	39	105	76	4.3	168	7	81.3
Abr.	25.4	74	50	95	59	4.3	168	7	59.0
Mayo	25.1	68	31	82	62	4.8	168	7	23.8
Jun.	23.8	72	34	73	52	4.4	168	7	13.0
Jul.	23.7	67	22	62	47	4.4	168	7	4.9
Ago.	24.5	63	25	69	52	4.9	168	7	9.4
Sept.	24.9	63	19	76	62	4.9	168	8	17.6
Oct.	25.4	62	66	122	74	4.9	168	6	46.10
Nov.	25.2	65	46	99	66	4.9	168	7	26.5
Dic.	26.4	64	82	133	77	4.4	168	6	31.2
Año	25.2	68	563	1174	777	4.6	168	7	431.2

Leyenda:

Ta: Temperatura del aire

FF: Velocidad del viento

RH: Humedad relativa DD: Dirección del viento

H_Bn: Irradiación de la radiación directa normal N: Grado de nubosidad

H_Gh: Irradiación de la radiación global horizontal RR: Precipitación

H_Dh: Irradiación de la radiación difusa horizontal

Radiación en [kWh / m2]

Presión en [hPa] Luminancia en [lux]

Temperatura en [°C] Velocidad del viento en [m / s]

Elaborado por: Aguilar S, 2016.

Además de obtiene graficas de comportamiento anual de la radiación global horizontal, temperatura del aire, radiación difusa, medias diarias de la radiación global.

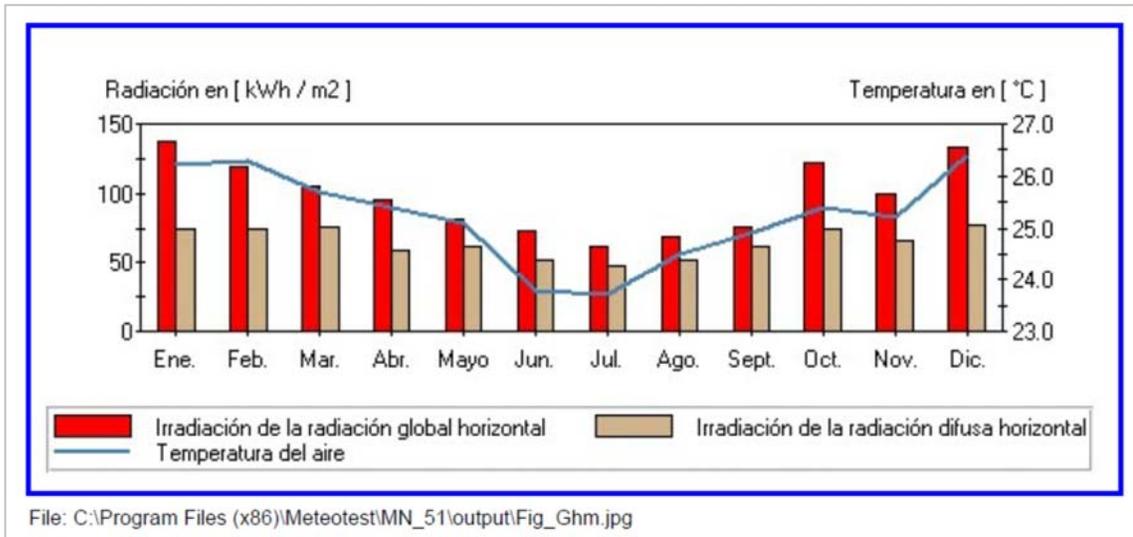


Figura 72. Comportamiento anual de la temperatura del aire y radiación en Zumba según meteonorm. Elaborada por: Aguilar S, 2017.

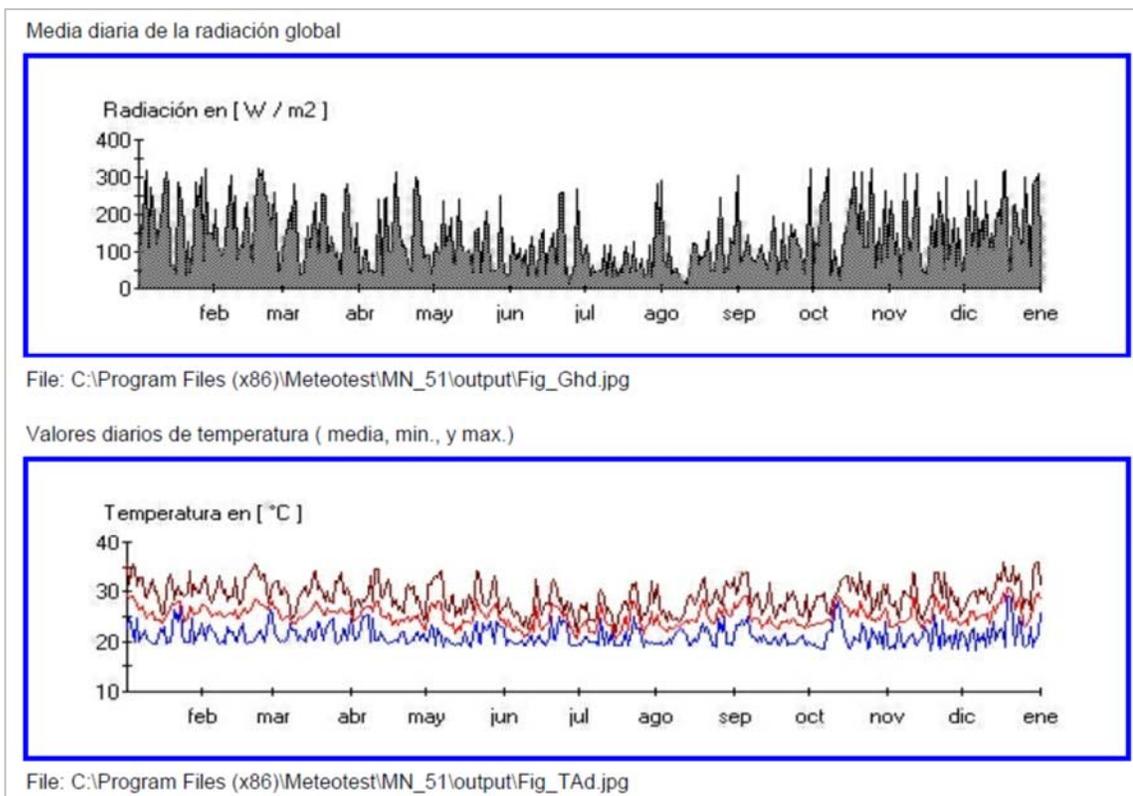


Figura 73. Representación gráfica del comportamiento anual de la media diaria de radiación global y valores diarios de temperatura de Zumba según meteonorm. Elaborada por: Aguilar S, 2017.

- **Importación de fichero climático de Zumba a weather tool.**

Como se lo había mencionado en el marco teórico sobre la creación del fichero climático compatible con ecotec, es necesario una vez obtenido el fichero de la ciudad en análisis con el meteonorm importarlo a weather tool programándolo en formato factible para ser cargado al ecotec. Además de esto en el weather tool se obtiene la carta solar, ábaco psicrométrico, análisis de vientos y otros gráficos del lugar de estudio, los mismos que en este casos fueron aprovechados en la etapa de análisis del clima del lugar y también en la propuesta de lineamientos térmicos en vista que el ábaco psicrométrico establece zona de confort anual, del mes más frio, el más cálido e incluso se consigue tener una breve idea de la estrategias pasivas aplicables en el sector.

Realizada la importación del fichero climático en el weather tool en primera instancia se obtuvo la gráfica del sumario climático como breve resumen del clima general de la ciudad de Zumba donde tenemos datos mensuales de radiación, temperatura, vientos, etc. (ver grafica 73.)

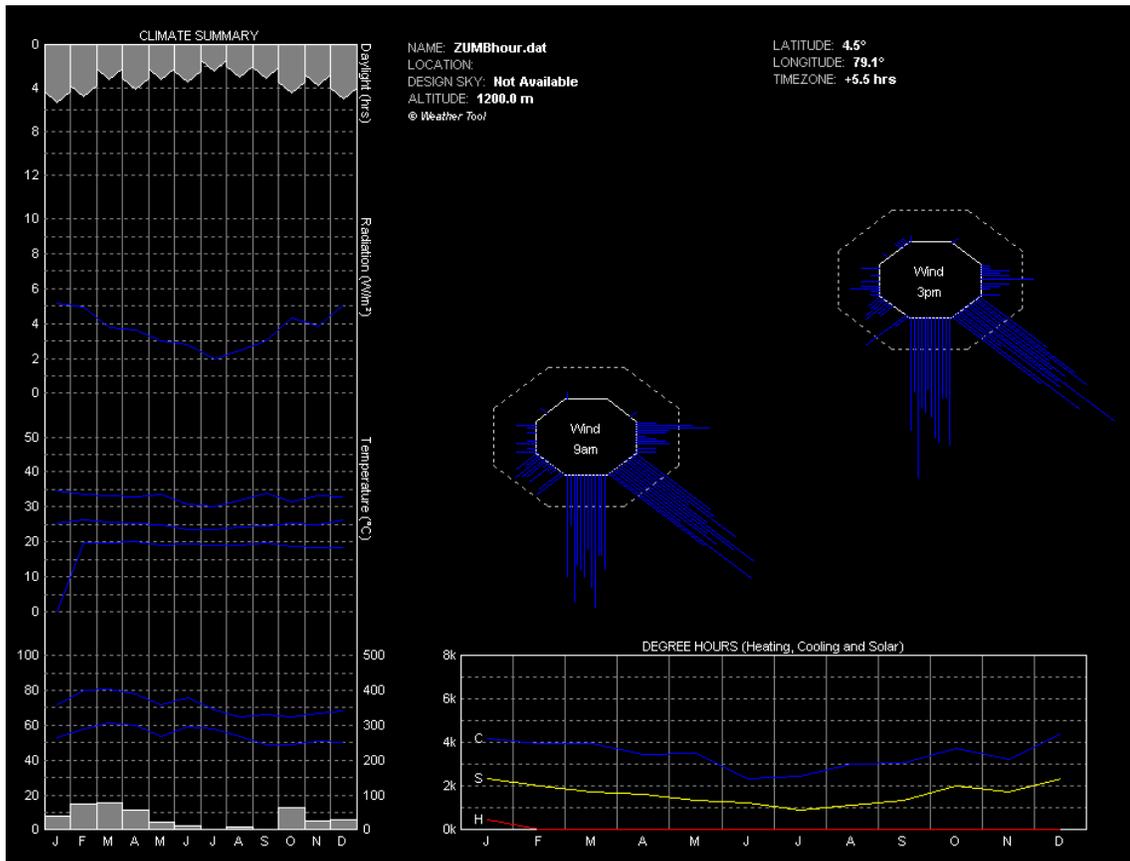


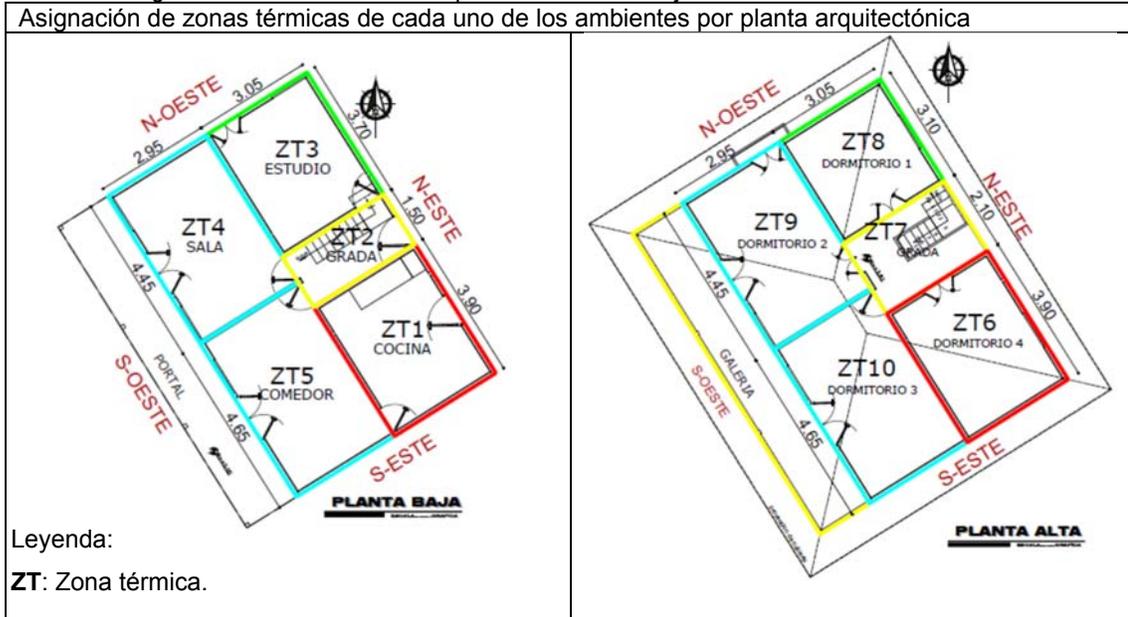
Figura 74. Sumario climático de la Zumba según weather tool.
Elaborada por: Aguilar S, 2017.

Terminada la configuración del fichero climático para ingresarlo al ecotec motor de análisis térmico se modeló la casa 1 y 2 por zonas térmicas donde a cada elemento de todas las zonas se le asignó el material, ocupación y actividad para finalmente realizar el análisis térmico de las edificaciones.

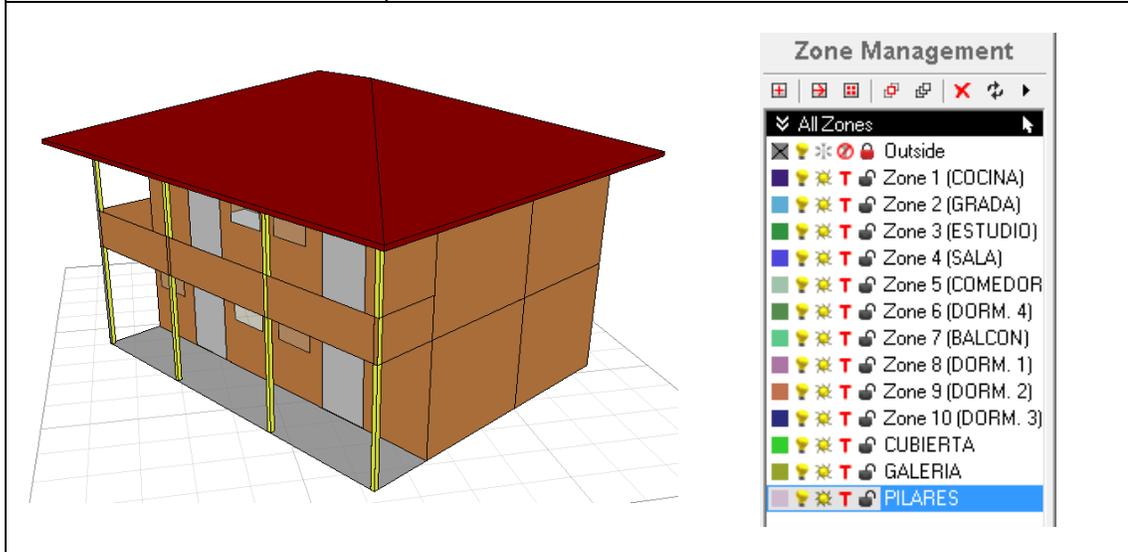
2.4.5.2 Modelación por zonas térmicas de la casa 1 y 2.

Con el objetivo de realizar un buen análisis térmico con el ecotec se procedió a la asignación de zonas térmicas por ambiente de cada una de las viviendas, las mismas que tanto en la casa 1 como en la 2 tienen, 10 zonas térmicas con cubiertas a cuatro aguas y cámara de aire, la modelación se la realizó de una manera minuciosa en vista que esto determina la precisión del análisis, por lo que cada una de estas zonas tienen su propia capa en el archivo digital.

Tabla 44. Asignación de zonas térmicas para la modelación y análisis en ecotec en casa 1.



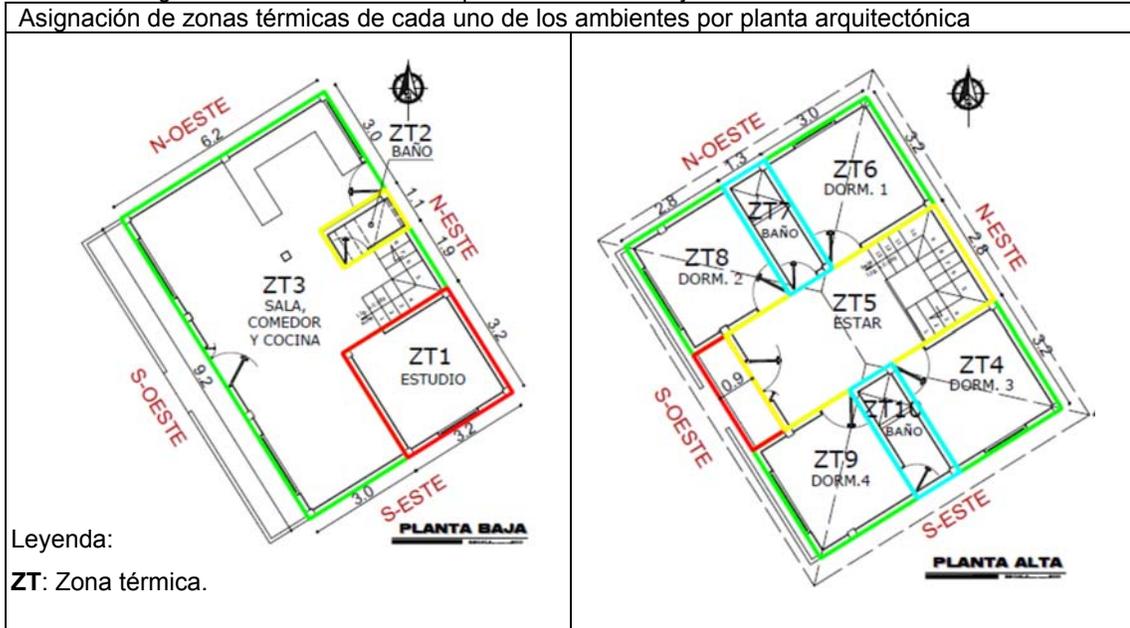
Modelación de casa 1 en ecotec por zonas térmicas.



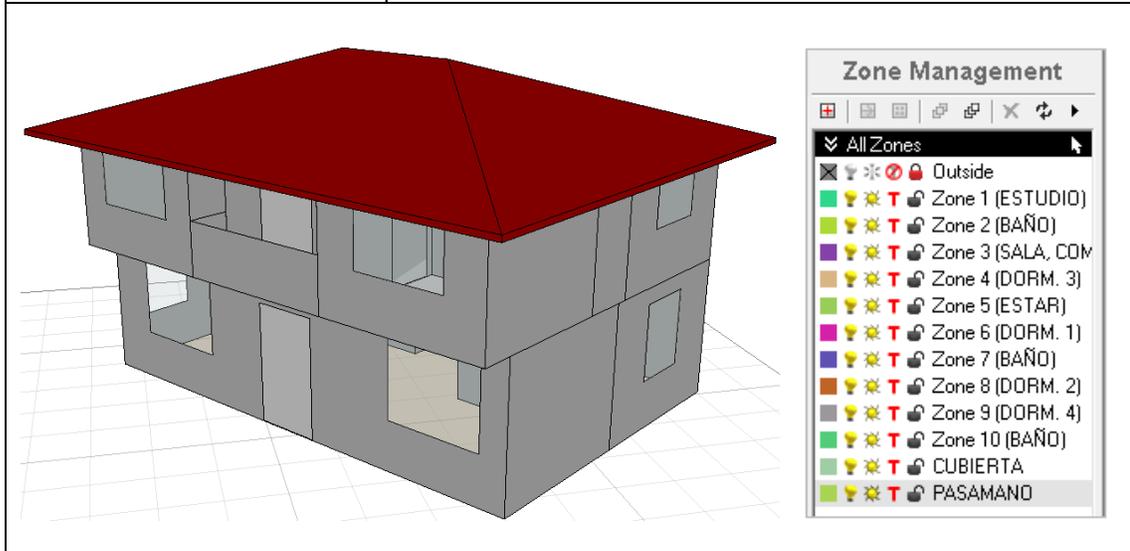
Elaborado por: Aguilar S, 2017.

Como se había mencionado anteriormente esta edificación tienen 10 zonas térmicas 5 por planta arquitectónica, de cada uno de sus ambientes incluido el cajón de grada y distribuidores internos. Además se les asignó un color por cada zona de forma aleatoria solo con la finalidad de distinguir el uno del otro. La creación de estas zonas térmicas tienen el objetivo de individualizar el análisis térmico de los ambientes para ser más precisos a la hora de analizar el comportamiento térmico de las viviendas.

Tabla 45. Asignación de zonas térmicas para la modelación y análisis en ecotec en casa 2.



Modelación de casa 2 en ecotec por zonas térmicas.



Elaborado por: Aguilar S, 2017.

Creadas las modelaciones y chequeadas que cada zona este bien cerrada se continúa con el proceso de análisis térmico, asignándole el material a cada elemento arquitectónico que interfieren en las zonas térmicas e inclusive a los accesorios como puertas y ventanas.

2.4.5.3 Asignación de materiales de construcción y actividad en casa 1 y 2.

Para la asignación de materiales se realizó por zona térmica, donde en este caso también se ejecutó la creación de materiales nuevos para paredes, pisos, entrepisos, tumbados y cubierta y solo se utilizó los materiales del programa para puertas y ventanas en que coinciden los de las edificaciones. Las características térmicas de los materiales nuevos se los tomo de la tabla de características térmicas básicas de materiales de construcción utilizado actualmente por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca de donde se extrajo la densidad (kg/m³) y la conductividad (w/m°C).

A continuación se presentar los cuadros de los materiales de la casa 1 y 2 con sus respectivas graficas que verifican las características térmicas de cada material nuevo y del programa.

Tabla 46. Casa 1 asignaciones de materiales por cada zona térmicas.

Plantas	Zonas	Materiales Construcción			Superficie total (m ²)	Superficie expuesta (m ²)
		Piso	Paredes	Techo entrepisos		
BAJA	ZT1 (Cocina)	Contrap. H°S°	Bahareque	Madera	59.28	17.94
	ZT2 (Gradas)	Contrap. H°S°	Bahareque	Madera	32.40	3.90
	ZT3 (Estudio)	Contrap. H°S°	Bahareque	Madera	57.04	17.42
	ZT4 (Sala)	Contrap. H°S°	Bahareque	Madera	65.44	19.37
	ZT 5 (Comedor)	Contrap. H°S°	Bahareque	Madera	67.68	19.89
ALTA	ZT 6 (Dormitorio 4)	Madera	Bahareque	Madera	57.90	17.25
	ZT7 (Gradas)	Madera	Bahareque	Madera	38.10	5.25
	ZT8 (Dormitorio 1)	Madera	Bahareque	Madera	49.10	15.25
	ZT9 (Dormitorio 2)	Madera	Bahareque	Madera	63.95	18.62
	ZT10(Dormitorio 3)	Madera	Bahareque	Madera	66.15	19.12

Elaborado por: Aguilar S, 2017.

Tabla 47. Casa 2 asignaciones de materiales por cada zona térmicas.

Plantas	Zonas	Materiales Construcción			Superficie total (m ²)	Superficie expuesta (m ²)
		Piso	Paredes	Techo entrepisos		
BAJA	ZT1 (Estudio)	Contrap. H°S°	Mamp. lad.	Madera	53.76	16.64
	ZT2 (Baño)	Contrap. H°S°	Mamp. lad.	Madera	19.60	2.60
	ZT3 (s, com, coc)	Contrap. H°S°	Mamp. lad.	Madera	180.08	60.17
ALTA	ZT4 (Dorm. 3)	Madera	Mamp. lad.	Madera	47.72	14.26
	ZT 5 (Estar)	Madera	Mamp. lad.	Madera	77.40	13.21
	ZT 6 (Dorm. 1)	Madera	Mamp. lad.	Madera	45.60	13.80
	ZT7 (Baño)	Madera	Mamp. lad.	Madera	24.40	2.30
	ZT8 (Dorm. 2)	Madera	Mamp. lad.	Madera	43.48	16.25
	ZT9 (Dorm. 4)	Madera	Mamp. lad.	Madera	47.92	16.84
	ZT10 (Baño)	Madera	Mamp. lad.	Madera	25.72	2.30

Elaborado por: Aguilar S, 2017.

En vista que existen materiales comunes entre las casas, los gráficos de las características térmicas se ordenaron en primer lugar a los materiales diferentes paredes:

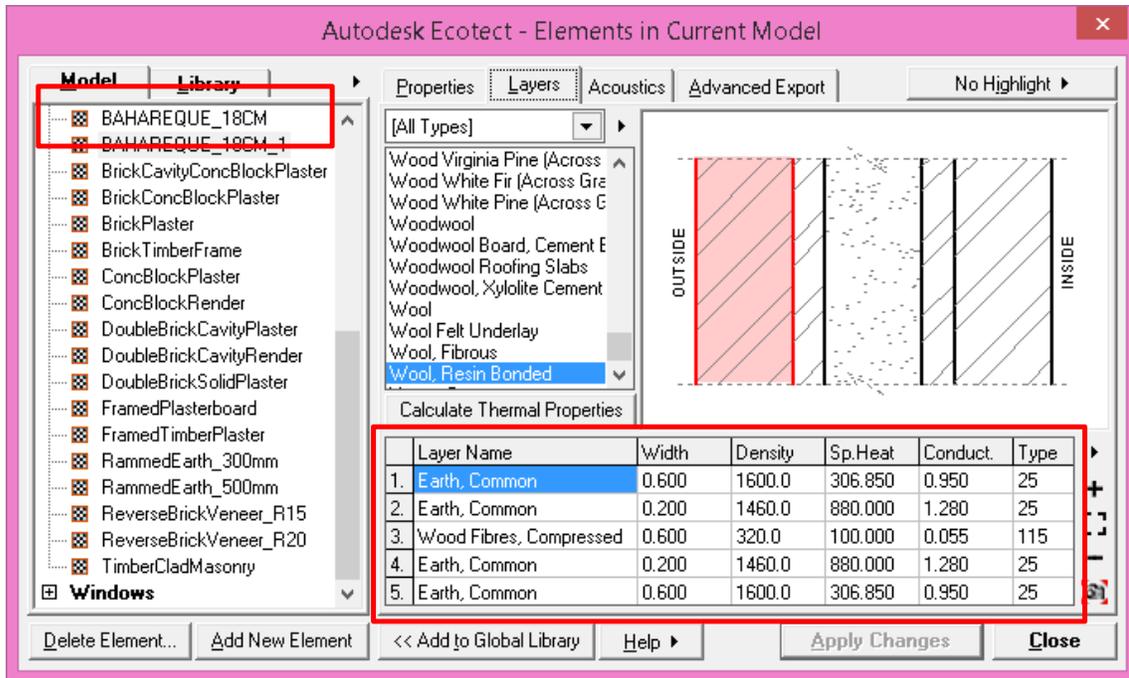


Figura 75. Casa 1 paredes de bahareque.
Elaborada por: Aguilar S, 2017

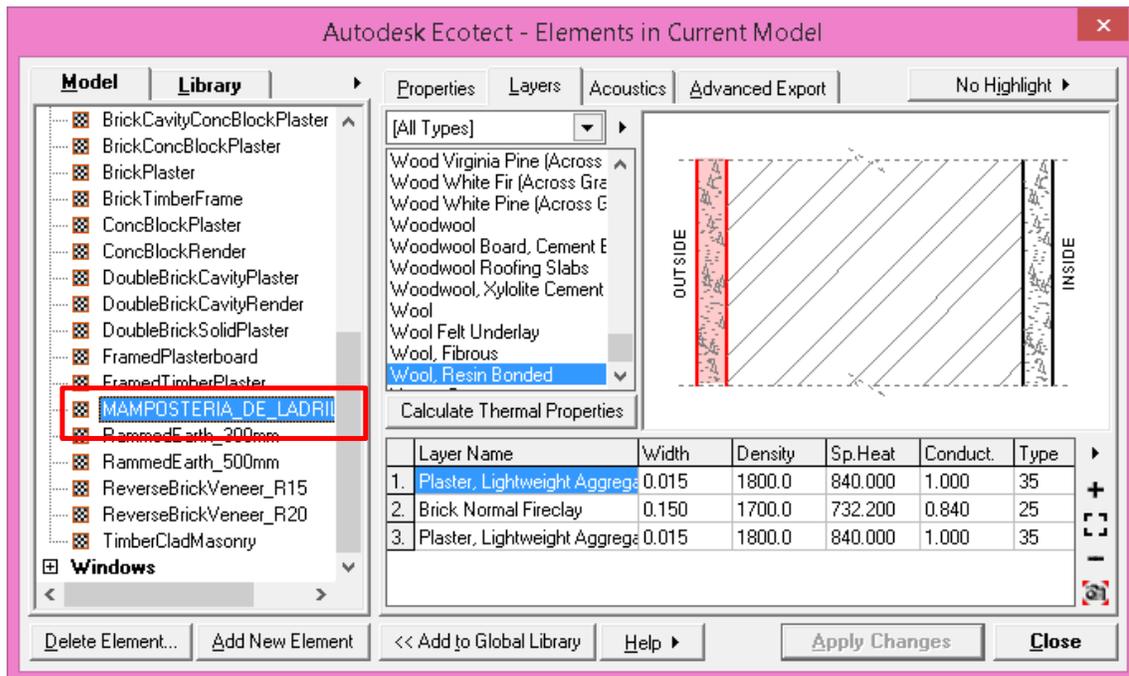


Figura 76. Casa 2 paredes de mampostería de ladrillo.
Elaborada por: Aguilar S, 2017.

A continuación se presenta los gráficos de las características térmicas de los materiales comunes entre las dos edificaciones los mismos que son:

- Pisos (contrapiso de H°S° de 15cm)

- Entrepisos (madera)
- Cubierta (cubierta mixta madera y zinc)

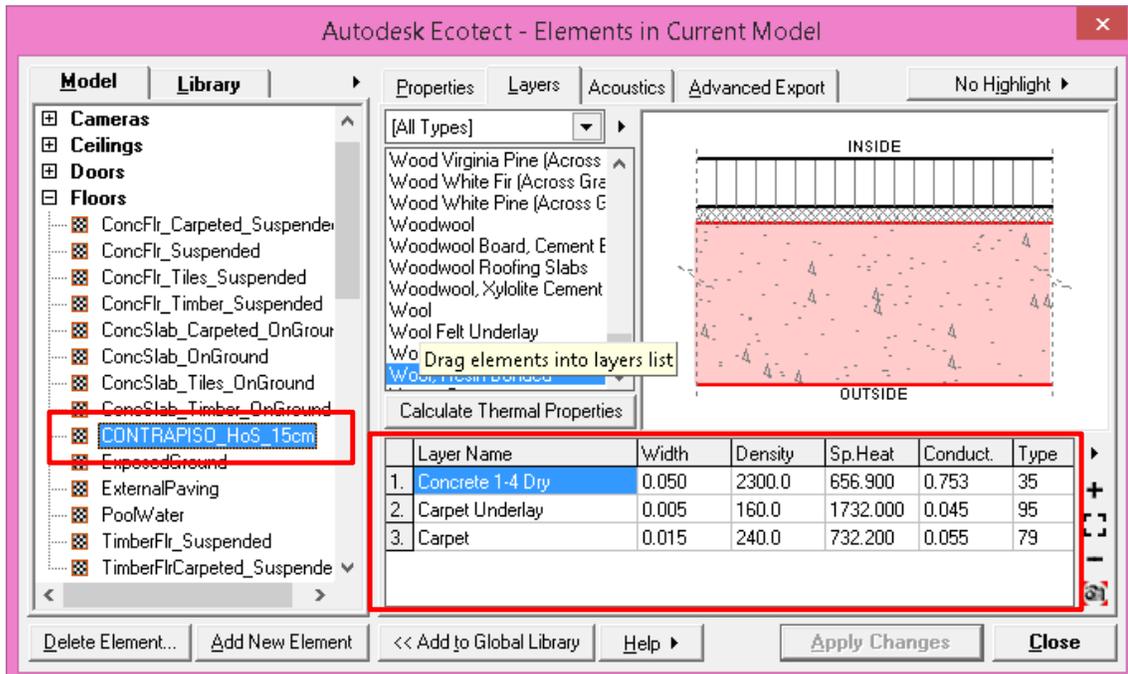


Figura 77. Características térmicas del material de pisos en casa 1 y 2
Elaborada por: Aguilar S, 2017.

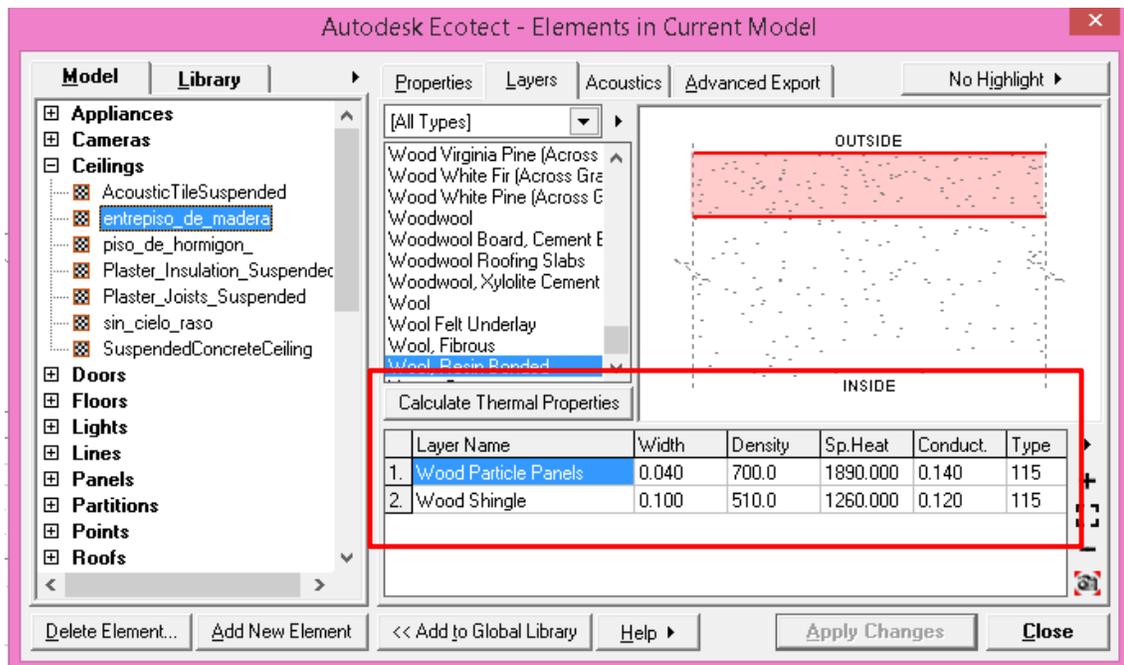


Figura 78. Características térmicas del material de entrepisos en casa 1 y 2
Elaborada por: Aguilar S, 2017.

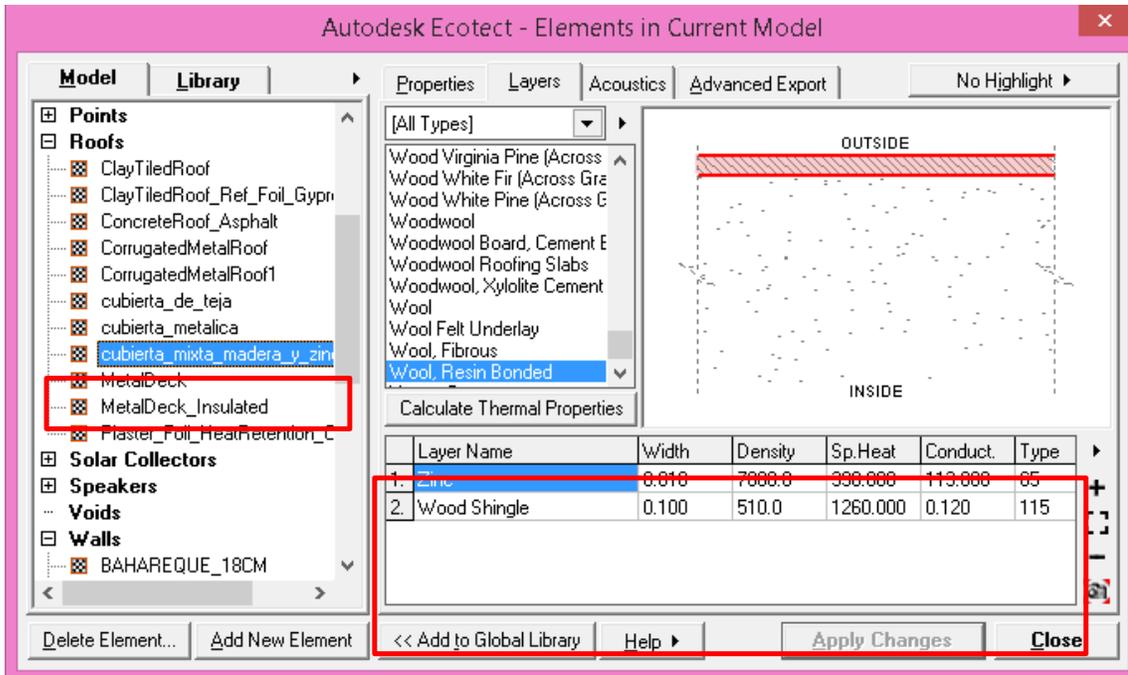


Figura 79. Características térmicas del material de cubierta en casa 1 y 2
Elaborada por: Aguilar S, 2017.

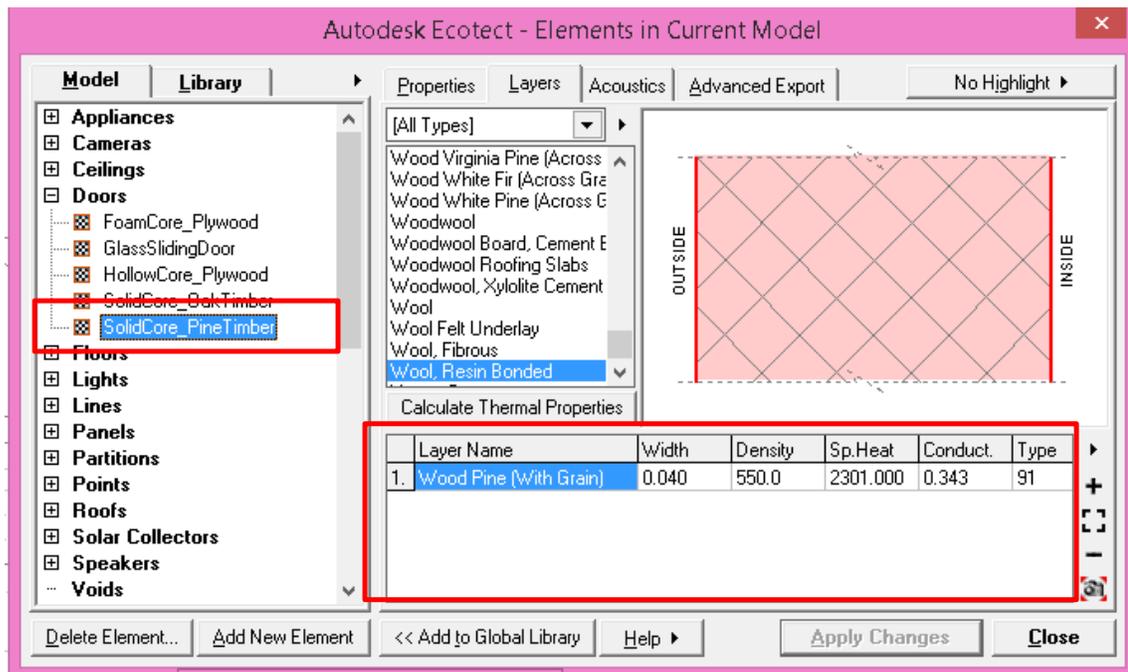


Figura 80. Características térmicas del material de puertas en casa 1 y 2
Elaborada por: Aguilar S, 2017.

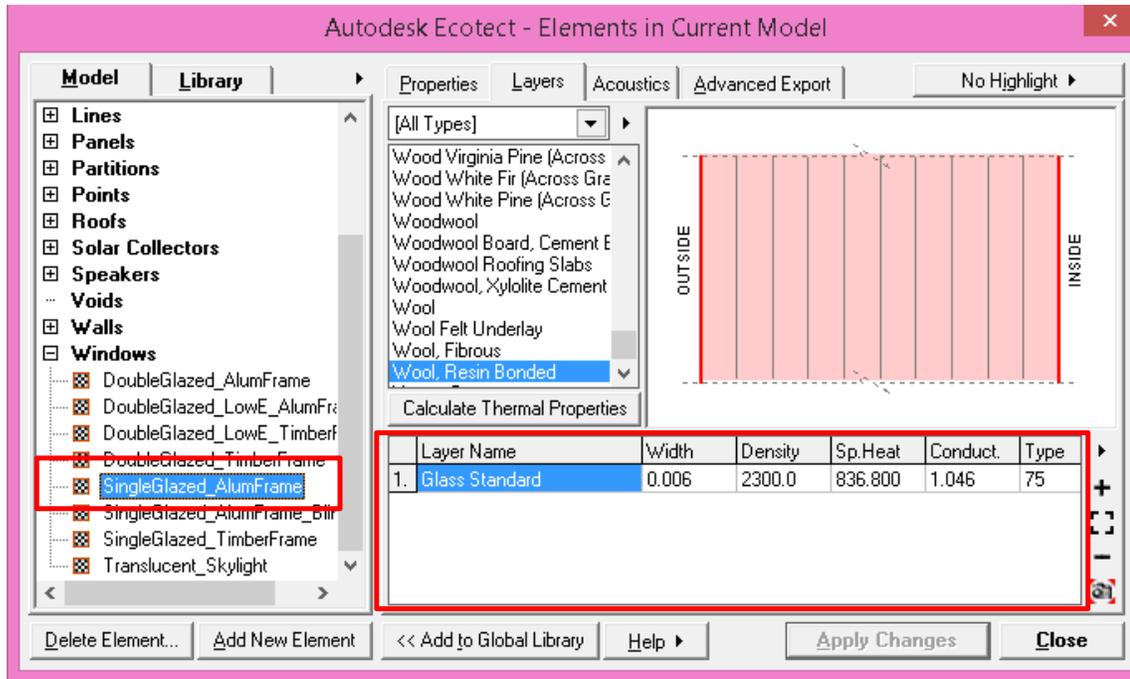
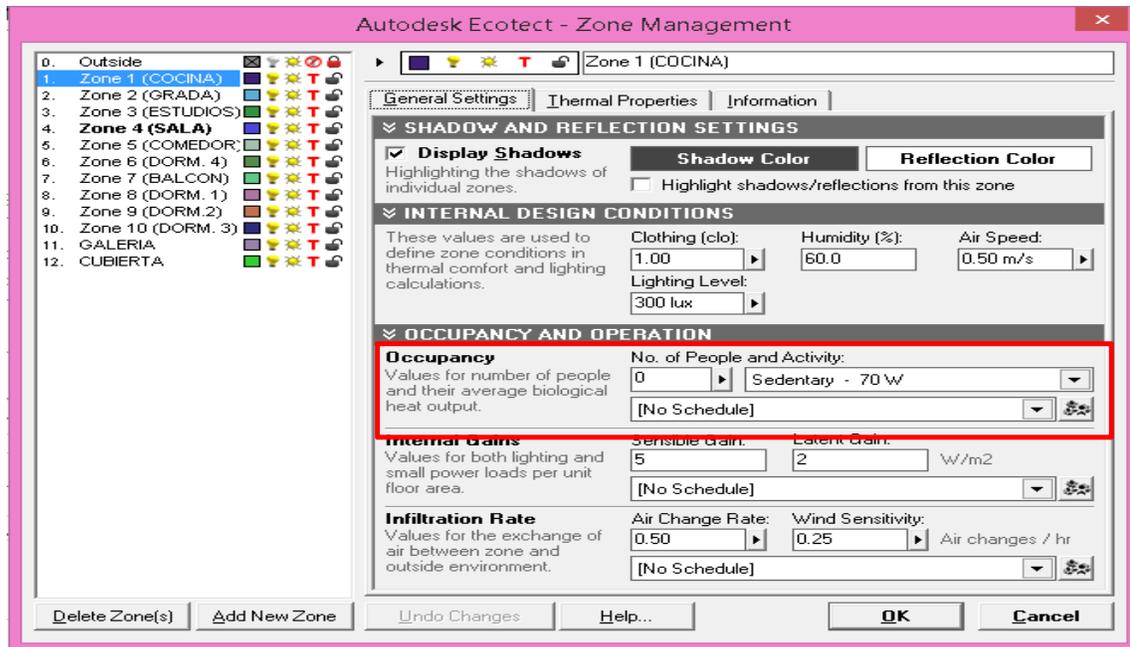


Figura 81. Características térmicas del material de ventanas en casa 1 y 2
Elaborada por: Aguilar S, 2017.

- **Asignación de actividad a través del administrador de zonas.**

Una vez modelado y asignado los materiales de cada zona térmica se configuró la actividad a través del administrador de zonas donde tiene las siguientes características tal como se muestran en el grafico



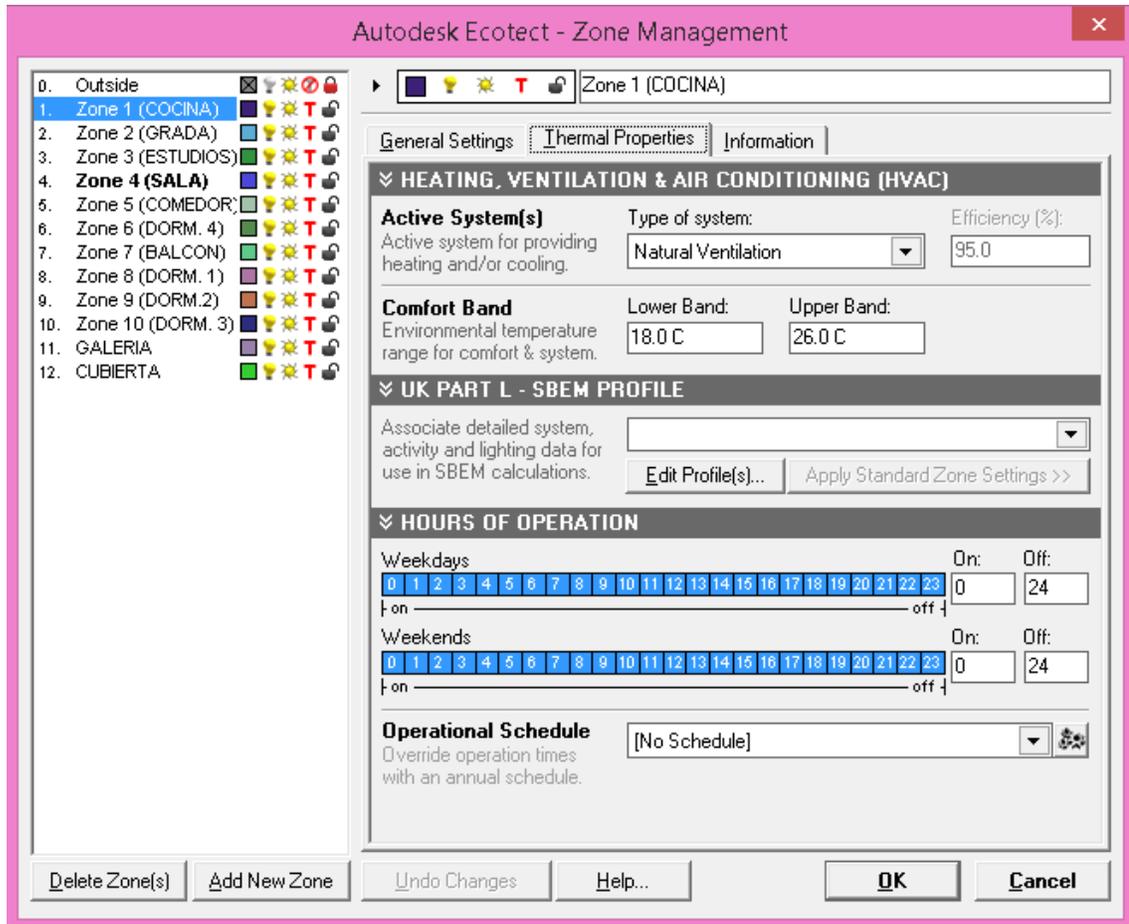


Figura 82. Configuración de la actividad en el ecotec a través del administrador de zonas.
Elaborada por: Aguilar S, 2017.

Terminada la modelación, asignación de materiales y actividad se procede a generar los reportes térmicos de las viviendas en estudio.

2.4.5.4 Análisis térmico de casa 1 y 2

Se ejecutaron tres evaluaciones térmicas de cada una las viviendas seleccionadas, que consistió en calcular la temperatura horaria, ganancias y pérdidas de calor por hora y la distribución anual de temperatura, en dos días de los meses extremos que son julio (mes más frío) y diciembre (el mes más caluroso) esto solo para el cálculo de la temperatura horaria y ganancias pérdidas de calor por hora.

Se debe recordar que si se desea lograr un adecuado análisis térmico es importante hacer una correcta modulación por zonas de cada ambiente, asignación de materiales y cargar el fichero climático de la ciudad de Zumba en este caso.

- **Temperatura Horaria**

Con el cálculo de la temperatura horaria de cada una de las viviendas se conoció la temperatura interior de cada zona térmica en un periodo de 24 horas tanto del 21 de julio mes frío y del 21 de diciembre mes más cálido donde la banda de confort para Zumba oscila entre 18 a 26 °C, en el cual se relaciona con fluctuaciones de clima como: temperatura exterior, radiación solar difusa y velocidad del viento.

Estas graficas de reportes de temperatura horaria de las zonas térmicas están estructuradas de una franja rosa que indica zona calurosa, celeste zona fría, blanca zona de confort, línea azul punteada temperatura exterior y líneas de colores son las zonas térmicas, las mismas que junto con las tablas de temperatura horaria permitirá conocer el comportamiento de un día con intervalos de una hora.

Casa 1. Análisis de temperaturas horarias en mes más frío y más cálidos.

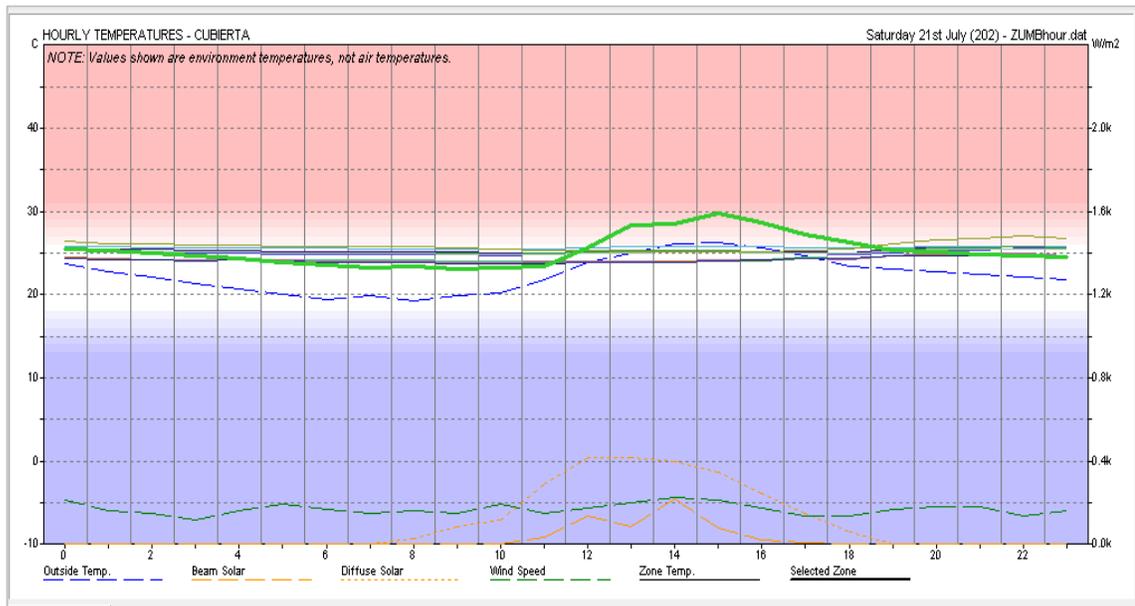


Figura 83. Temperatura diaria en un día del mes más frío del año.
Elaborado por: Aguilar S, 2017.

Como se puede apreciar en la figura 83 las 10 zonas térmicas se mantiene dentro de la zona de confort térmico excepto la cubierta que entre las 11am y 18pm se sobrecalienta saliéndose de la franja de confort. Para tener una mejor percepción del comportamiento térmico de la vivienda a continuación se expone la tabla del detalle de sus temperaturas por horas.

Tabla 48. Temperaturas diarias de las zonas térmicas de planta baja de la casa 1 en mes más frío.

Hora	Temp. Ext.	Planta baja									
		ZT1 (cocina)		ZT2 (gradas)		ZT3 (estudio)		ZT4(sala)		ZT5(comedor)	
		Temp. Int. (C°)	Temp. Dif. (C°)	Temp. Int. (C°)	Temp.D if. (C°)	Temp. Int. (C°)	Temp.D if. (C°)	Temp. Int. (C°)	Temp. Dif. (C°)	Temp. Int. (C°)	Temp. Dif. (C°)
0	23.8	25.7	1.9	25.8	2.0	25.5	1.7	25.4	1.6	25.5	1.7
1	22.8	25.5	2.7	25.7	2.9	25.4	2.6	25.2	2.4	25.3	2.5
2	22.1	25.4	3.3	25.7	3.6	25.3	3.2	25.1	3.0	25.2	3.1
3	21.4	25.4	4.0	25.7	4.3	25.2	3.8	25.1	3.7	25.2	3.8
4	20.7	25.3	4.6	25.7	5.0	25.1	4.4	25.0	4.3	25.1	4.4
5	20.0	25.2	5.2	25.6	5.6	25.0	5.0	24.9	4.9	25.0	5.0
6	19.4	25.2	5.8	25.6	6.2	25.0	5.6	24.8	5.4	25.0	5.6
7	19.9	25.2	5.3	25.6	5.7	25.0	5.1	24.9	5.0	25.0	5.1
8	19.3	25.2	5.9	25.6	6.3	25.0	5.7	24.8	5.5	25.0	5.7
9	19.9	25.1	5.2	25.5	5.6	25.0	5.1	24.8	4.9	24.9	5.0
10	20.3	25.1	4.8	25.5	5.2	24.9	4.6	24.8	4.5	24.9	4.6
11	21.8	25.1	3.3	25.5	3.7	25.1	3.3	24.9	3.1	24.9	3.1
12	23.9	25.2	1.3	25.7	1.8	25.2	1.3	25.1	1.2	25.0	1.1
13	25.0	25.2	0.2	25.8	0.8	25.3	0.3	25.1	0.1	25.1	0.1
14	26.1	25.2	-0.9	25.8	-0.3	25.3	-0.8	25.2	-0.9	25.1	-1.0
15	26.3	25.2	-1.1	25.8	-0.5	25.3	-1.0	25.2	-1.1	25.2	-1.1
16	25.7	25.1	-0.6	25.8	0.1	25.2	-0.5	25.1	-0.6	25.1	-0.6
17	24.7	25.1	0.4	25.7	1.0	25.1	0.4	25	0.3	25.0	0.3
18	23.5	25.1	1.6	25.6	2.1	24.9	1.4	24.9	1.4	25.0	1.5
19	23.1	25.4	2.3	25.7	2.6	25.3	2.2	25.1	2.0	25.2	2.1
20	22.8	25.8	3.0	25.8	3.0	25.7	2.9	25.4	2.6	25.4	2.6
21	22.5	25.8	3.3	25.8	3.3	25.7	3.2	25.4	2.9	25.5	3.0
22	22.1	25.9	3.8	25.9	3.8	25.8	3.7	25.6	3.5	25.6	3.5
23	21.8	25.8	4.0	25.8	4.0	25.7	3.9	25.5	3.7	25.5	3.7

Elaborada por: Aguilar S, 2017.

De acuerdo al ecotec en el día más frío del año con una temperatura exterior que oscila de entre 19.3 a 26.30°C la casa 1 en su planta baja tiene un buen comportamiento térmico con pocas diferencias de temperatura horaria misma que no salen de la franja de confort. Es decir las temperaturas mínimas en la zonas térmicas se dan en 2 horas de la mañana en el lapso de 8 a 10am mientras que las máxima son 3 horas de la noche a partir de las 20 hasta 22pm, quedando 19 horas del día con temperaturas promedio dentro de la zona de confort.

Como hemos visto las temperaturas interiores no tiene variaciones significativas que repercutan en el confort térmico. Lo que sí es muy notorio es la diferencia de temperatura exterior con la interior, la misma que tiene una diferencia de hasta 6.3°C.

Tabla 49. Temperaturas diarias de las zonas térmicas de planta alta de la casa 1 mes más frío.

Horas	Temp. Ext.	Planta alta									
		ZT6 (dorm. 4)		ZT7 (gradas)		ZT8 (dorm. 1)		ZT9(dorm. 2)		ZT10(dorm 3)	
		Temp. Int. (C°)	Temp. Dif. (C°)								
0	23.8	24.5	0.7	24.5	0.7	24.6	0.8	24.5	0.7	24.5	0.7
1	22.8	24.4	1.6	24.4	1.6	24.4	1.6	24.3	1.5	24.3	1.5
2	22.1	24.3	2.2	24.3	2.2	24.3	2.2	24.2	2.1	24.2	2.1
3	21.4	24.2	2.8	24.3	2.9	24.2	2.8	24.1	2.7	24.1	2.7
4	20.7	24.2	3.5	24.4	3.7	24.2	3.5	24.2	3.5	24.1	3.4
5	20.0	24.1	4.1	24.3	4.3	24.1	4.1	24.1	4.1	24.1	4.1
6	19.4	24.0	4.6	24.3	4.9	24.1	4.7	24.0	4.6	24.0	4.6
7	19.9	24.0	4.1	24.2	4.3	24.0	4.1	24.0	4.1	23.9	4.0
8	19.3	24.0	4.7	24.2	4.9	24.0	4.7	23.9	4.6	23.9	4.6
9	19.9	23.9	4.0	24.1	4.2	23.9	4.0	23.8	3.9	23.8	3.9
10	20.3	23.8	3.5	24.0	3.7	23.9	3.6	23.8	3.5	23.7	3.4
11	21.8	23.9	2.1	24.0	2.2	24.0	2.2	23.8	2.0	23.8	2.0
12	23.9	24.0	0.1	24.1	0.2	24.1	0.2	24.0	0.1	23.9	0.0
13	25.0	24.0	-1.0	24.1	-0.9	24.1	-0.9	24.0	-1.0	23.9	-1.1
14	26.1	24.0	-2.1	24.1	-2.0	24.1	-2.0	24.0	-2.1	23.9	-2.2
15	26.3	24.0	-2.3	24.2	-2.1	24.2	-2.1	24.1	-2.2	24.0	-2.3
16	25.7	24.1	-1.6	24.3	-1.4	24.2	-1.5	24.2	-1.5	24.2	-1.5
17	24.7	24.4	-0.3	24.5	-0.2	24.4	-0.3	24.5	-0.2	24.4	-0.3
18	23.5	24.3	0.8	24.4	0.9	24.3	0.8	24.4	0.9	24.3	0.8
19	23.1	24.8	1.7	24.7	1.6	24.8	1.7	24.7	1.6	24.7	1.6
20	22.8	25.0	2.2	24.8	2.0	25.0	2.2	24.8	2.0	24.8	2.0
21	22.5	24.9	2.4	24.7	2.2	24.9	2.4	24.7	2.2	24.7	2.2
22	22.1	24.8	2.7	24.6	2.5	25.0	2.9	24.8	2.7	24.6	2.5
23	21.8	24.7	2.9	24.5	2.7	24.7	2.9	24.6	2.8	24.5	2.7

Elaborada por: Aguilar S, 2017.

Las temperaturas de las zonas térmicas de planta alta con respecto a las de planta baja son más altas debido a que la planta alta tiene mayor superficie expuesta hacia las fuentes de ganancias de calor. Pero a pesar de esto las temperaturas de las zonas térmicas de planta alta se mantienen dentro de la franja de confort con temperaturas que oscila de 23.80 a 25 °C en el caso de zona térmica 6.

Al igual que la planta baja las zonas térmicas de planta alta tienen poca variabilidad de temperatura interior a lo largo del día que son casi imperceptibles existiendo diferencia mínima de 1.2 °C en ZT6, 0.8°C en ZT7, 1.1°C en ZT8, 1 °C en ZT9 y 1.1°C de ZT10 diferencia que no afecta al confort térmico de una persona.

A continuación se procede con el análisis de la temperatura horarias en el **mes más cálido**.

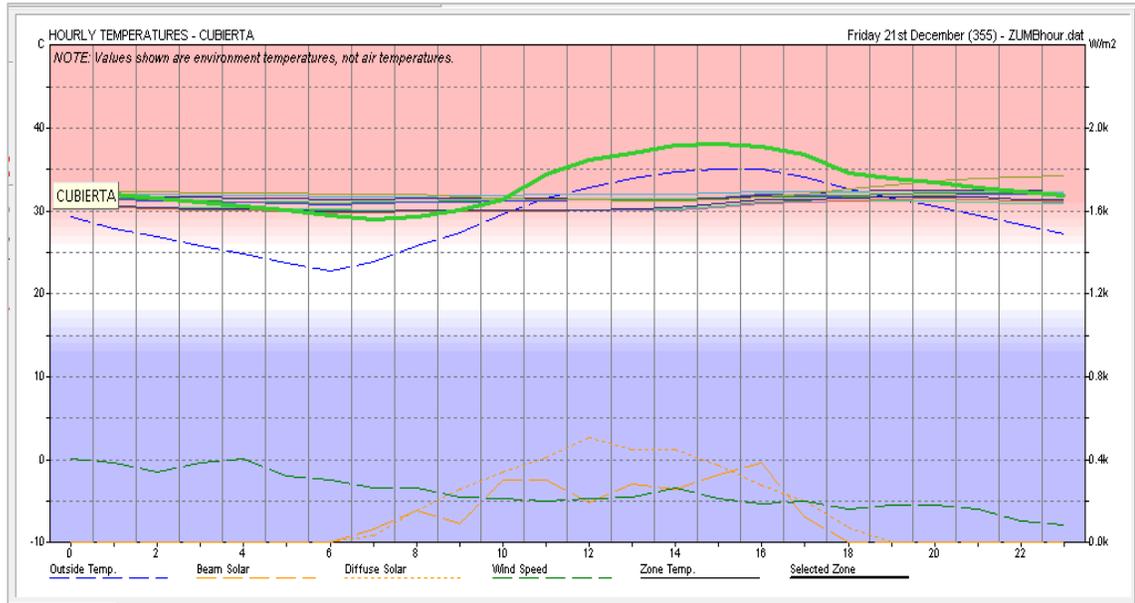


Figura 84. Temperatura diaria en un día del mes más cálido de la casa 1.
Elaborado por: Aguilar S, 2017.

Con una franja de confort de 18 a 26°C representada en la figura 84, se nota que el comportamiento de la temperatura horaria en este mes cálido de las zonas térmicas tiene una clara tendencia de estar sobre la franja de confort incluida la cubierta que es elemento con mayor ganancia térmica durante todo el día. Esta tendencia se puede revisar con más detenimiento en las tablas 50 y 51.

De acuerdo al ecotec la temperatura exterior para este día más cálido del año sería de 22.8 a 35°C a este rango fueron sometidas las zonas térmicas en la simulación térmica donde se obtuvo datos de temperaturas horarias de la zonas térmicas de planta baja y alta. Según la tabla 50 en la planta baja todas sus zonas térmicas tiene temperaturas mínimas y máximas que oscilan de 31.0 a 32.6°C con una diferencia de 1.6°C y en la planta alta según las tabla 51 sucede algo similar obteniendo temperaturas mínimas y máximas que oscila entre 29.8 a 31.80°C dando una diferencia de 2°C.

Como se ha revisado en las tablas de resultados las temperaturas internas de la edificación son similares, mientras que si comparamos a éstas con las del exterior la diferencia es notoria entre la temperatura exterior máxima y la máxima interior dando una diferencia de 2.4°C pero aun así no es mucha. Este comportamiento es debido a que la casa 1 tiene como material constructivo a la tierra y tiene buena inercia térmica lo que evita los cambios bruscos de temperatura.

Tabla 50. Temperaturas diarias de las zonas térmicas de planta baja de la casa 1 mes más cálido.

Hora	Temp. Ext.	Planta baja									
		ZT1 (cocina)		ZT2 (gradas)		ZT3 (estudio)		ZT4(sala)		ZT5(comedor)	
		Temp. Int. (C°)	Temp. Dif. (C°)								
0	29.3	31.9	2.6	32.1	2.8	31.7	2.4	31.6	2.3	31.9	2.6
1	27.9	31.8	3.9	32.0	4.1	31.5	3.6	31.4	3.5	31.7	3.8
2	26.9	31.7	4.8	32.0	5.1	31.4	4.5	31.3	4.4	31.6	4.7
3	25.9	31.7	5.8	31.9	6	31.2	5.3	31.1	5.2	31.5	5.6
4	24.9	31.6	6.7	31.9	7	31.1	6.2	31.0	6.1	31.4	6.5
5	23.8	31.5	7.7	31.8	8	31.1	7.3	30.9	7.1	31.3	7.5
6	22.8	31.4	8.6	31.7	8.9	31.0	8.2	30.8	8	31.2	8.4
7	23.9	31.5	7.6	31.7	7.8	31.0	7.1	30.9	7	31.2	7.3
8	25.9	31.5	5.6	31.7	5.8	31.2	5.3	31.0	5.1	31.3	5.4
9	27.4	31.5	4.1	31.8	4.4	31.3	3.9	31.1	3.7	31.4	4
10	29.6	31.5	1.9	31.9	2.3	31.4	1.8	31.2	1.6	31.4	1.8
11	31.6	31.6	0	32.0	0.4	31.4	-0.2	31.3	-0.3	31.5	-0.1
12	32.9	31.5	-1.4	32.1	-0.8	31.5	-1.4	31.4	-1.5	31.5	-1.4
13	34.0	31.5	-2.5	32.1	-1.9	31.4	-2.6	31.5	-2.5	31.6	-2.4
14	34.7	31.5	-3.2	32.1	-2.6	31.4	-3.3	31.6	-3.1	31.6	-3.1
15	35.1	31.5	-3.6	32.2	-2.9	31.5	-3.6	31.8	-3.3	31.8	-3.3
16	35.1	31.9	-3.2	32.3	-2.8	31.7	-3.4	32.1	-3	32.1	-3
17	34.2	32.0	-2.2	32.3	-1.9	31.8	-2.4	31.9	-2.3	32.1	-2.1
18	32.7	32.4	-0.3	32.3	-0.4	31.9	-0.8	31.7	-1	32.2	-0.5
19	31.6	32.5	0.9	32.3	0.7	32.0	0.4	31.8	0.2	32.2	0.6
20	30.6	32.6	2	32.3	1.7	32.2	1.6	32.0	1.4	32.3	1.7
21	29.5	32.6	3.1	32.2	2.7	32.1	2.6	32.0	2.5	32.4	2.9
22	28.4	32.5	4.1	32.2	3.8	32.1	3.7	32.0	3.6	32.3	3.9
23	27.3	32.4	5.1	32.1	4.8	32.0	4.7	32.0	4.7	32.3	5

Elaborada por: Aguilar S, 2017.

Tabla 51. Temperaturas diarias de las zonas térmicas de planta alta de la casa 1 mes más cálido.

Horas	Tem p. Ext.	Planta alta									
		ZT6 (dorm. 4)		ZT7 (gradas)		ZT8 (dorm. 1)		ZT9(dorm. 2)		ZT10(dorm 3)	
		Tem p. Int. (C°)	Temp.Di f. (C°)	Tem p. Int. (C°)	Temp.Di f. (C°)	Tem p. Int. (C°)	Temp.Di f. (C°)	Tem p. Int. (C°)	Temp.Di f. (C°)	Tem p. Int. (C°)	Temp.Di f. (C°)
0	29.3	30.8	1.5	30.7	1.4	30.7	1.4	30.8	1.5	30.9	1.6
1	27.9	30.6	2.7	30.6	2.7	30.5	2.6	30.5	2.6	30.6	2.7
2	26.9	30.5	3.6	30.5	3.6	30.3	3.4	30.3	3.4	30.5	3.6
3	25.9	30.3	4.4	30.4	4.5	30.1	4.2	30.1	4.2	30.3	4.4
4	24.9	30.3	5.4	30.4	5.5	30.1	5.2	30.1	5.2	30.3	5.4
5	23.8	30.2	6.4	30.3	6.5	30.0	6.2	30.0	6.2	30.2	6.4
6	22.8	30.1	7.3	30.2	7.4	29.8	7.0	29.8	7.0	30.0	7.2
7	23.9	30.1	6.2	30.2	6.3	29.9	6.0	29.8	5.9	30.0	6.1
8	25.9	30.2	4.3	30.2	4.3	30.1	4.2	29.9	4.0	30.1	4.2
9	27.4	30.1	2.7	30.1	2.7	30.0	2.6	29.9	2.5	30.1	2.7
10	29.6	30.1	0.5	30.1	0.5	30.1	0.5	29.9	0.3	30.1	0.5
11	31.6	30.1	-1.5	30.1	-1.5	30.0	-1.6	30.0	-1.6	30.1	-1.5
12	32.9	30.1	-2.8	30.1	-2.8	30.1	-2.8	30.1	-2.8	30.1	-2.8
13	34	30.1	-3.9	30.2	-3.8	30.1	-3.9	30.2	-3.8	30.3	-3.7
14	34.7	30.2	-4.5	30.3	-4.4	30.2	-4.5	30.4	-4.3	30.4	-4.3
15	35.1	30.6	-4.5	30.6	-4.5	30.5	-4.6	30.9	-4.2	30.9	-4.2
16	35.1	31.1	-4.0	30.9	-4.2	30.9	-4.2	31.3	-3.8	31.5	-3.6
17	34.2	31.3	-2.9	31.0	-3.2	31.1	-3.1	31.3	-2.9	31.5	-2.7
18	32.7	31.7	-1.0	31.2	-1.5	31.3	-1.4	31.3	-1.4	31.6	-1.1
19	31.6	31.8	0.2	31.2	-0.4	31.4	-0.2	31.4	-0.2	31.7	0.1
20	30.6	31.8	1.2	31.3	0.7	31.6	1.0	31.5	0.9	31.7	1.1
21	29.5	31.7	2.2	31.2	1.7	31.4	1.9	31.5	2.0	31.7	2.2
22	28.4	31.4	3.0	31.0	2.6	31.3	2.9	31.3	2.9	31.4	3.0
23	27.3	31.2	3.9	30.9	3.6	31.1	3.8	31.2	3.9	31.4	4.1

Elaborada por: Aguilar S, 2017.

Tabla 52. Temperaturas máximas y mínimas de casa 1.

Plantas	Zonas térmicas e intemperie	Temp. Diarias en el mes más frío		Temp. diaria en el mes más cálido	
		Temp. Ext. e Int. Min. (°C)	Temp.Ext. e Int. Max.(°C)	Temp.Ext. e Int. Min. (°C)	Temp.Ext. e Int. Max.(°C)
	Intemperie	19.30	26.30	22.80	35.10
Baja	ZT1(Cocina)	25.10	25.90	31.40	32.60
	ZT2(Gradas)	25.50	25.90	31.70	32.30
	ZT3(Estudio)	24.90	25.80	31.00	33.20
	ZT4(Sala)	24.80	25.60	30.80	32.00
	ZT5(Comedor)	24.90	25.60	31.20	32.40
Alta	ZT6(Dorm 4)	23.80	25.00	30.10	31.80
	ZT7(Balcón)	24.00	24.80	30.10	31.30
	ZT8(Dorm 1)	23.90	25.00	30.00	31.60
	ZT9(Dorm 2)	23.80	24.80	29.80	31.50
	ZT10(Dorm 3)	23.70	24.80	30.00	31.70

Elaborada por: Aguilar S, 2017.

Casa 2. Análisis de temperaturas horarias en mes más frío y más cálidos.

El análisis de temperaturas horarias de la Casa 2 está estructurado de misma manera que se lo hizo con la casa 1

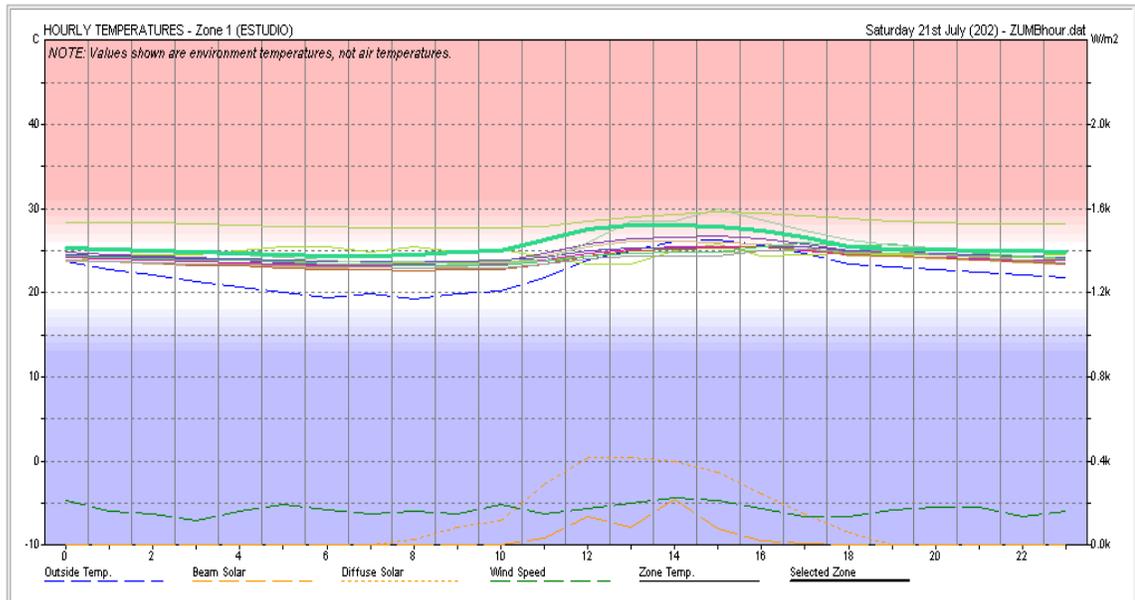


Figura 85. Temperatura diaria en un día del mes más frío en la casa 2.
Elaborado por: Aguilar S, 2017

En la figura 85 las temperaturas horarias de todas las zonas térmicas de esta casa están en la mayoría del tiempo dentro de la franja de confort con cierto desvío hacia arriba. Lo que quiere decir las variaciones de temperaturas horarias en la vivienda son mínimas entre el día y la noche en esta época del año.

Tabla 53. Temperaturas diarias de las zonas térmicas de planta baja y alta mes más frío casa 2.

Horas	Temp. Ext.	Planta baja						Planta alta			
		ZT1 (Estudio)		ZT2 baño)		ZT3 (s, c y c)		ZT4(dorm.3)		ZT5(Estar)	
		Temp. Int. (C°)	Temp. Dif. (C°)								
0	23.8	25.3	1.5	23.8	0.0	24.9	1.1	23.8	0.0	24.4	0.6
1	22.8	25.1	2.3	24.4	1.6	24.6	1.8	23.7	0.9	24.3	1.5
2	22.1	25.0	2.9	24.5	2.4	24.4	2.3	23.5	1.4	24.1	2.0
3	21.4	24.8	3.4	24.5	3.1	24.2	2.8	23.3	1.9	24.0	2.6
4	20.7	24.7	4.0	25.0	4.3	23.8	3.1	23.2	2.5	23.9	3.2
5	20.0	24.5	4.5	25.6	5.6	23.5	3.5	23.1	3.1	23.8	3.8
6	19.4	24.4	5	25.5	6.1	23.4	4.0	22.9	3.5	23.7	4.3
7	19.9	24.4	4.5	24.8	4.9	23.5	3.6	22.9	3.0	23.7	3.8
8	19.3	24.5	5.2	25.5	6.2	23.4	4.1	22.9	3.6	23.6	4.3
9	19.9	24.8	4.9	24.9	5	23.6	3.7	23.2	3.3	23.6	3.7
10	20.3	25.1	4.8	25.3	5	23.8	3.5	23.4	3.1	23.7	3.4
11	21.8	26.3	4.5	24.2	2.4	24.6	2.8	24.3	2.5	23.9	2.1
12	23.9	27.6	3.7	23.4	-0.5	25.8	1.9	25.6	1.7	24.4	0.5
13	25.0	28.1	3.1	23.5	-1.5	26.5	1.5	26.1	1.1	24.7	-0.3
14	26.1	28.1	2.0	25.1	-1.0	26.7	0.6	26.2	0.1	24.8	-1.3
15	26.3	27.9	1.6	25.9	-0.4	26.7	0.4	26.0	-0.3	24.9	-1.4
16	25.7	27.4	1.7	24.4	-1.3	26.5	0.8	25.8	0.1	25.0	-0.7
17	24.7	26.6	1.9	24.6	-0.1	25.8	1.1	25.5	0.8	25.0	0.3
18	23.5	25.4	1.9	24.6	1.1	25.0	1.5	24.4	0.9	24.7	1.2
19	23.1	25.2	2.1	24.5	1.4	24.7	1.6	24.4	1.3	24.7	1.6
20	22.8	25.1	2.3	24.6	1.8	24.5	1.7	24.1	1.3	24.5	1.7
21	22.5	25.1	2.6	24.6	2.1	24.4	1.9	23.8	1.3	24.3	1.8
22	22.1	25.0	2.9	24.4	2.3	24.3	2.2	23.6	1.5	24.2	2.1
23	21.8	24.9	3.1	24.5	2.7	24.2	2.4	23.4	1.6	24.1	2.3

Elaborada por: Aguilar S, 2017.

De acuerdo la tabla 53 las temperaturas horarias más bajas se dan a las 8am en todas las zonas climáticas mientras que la hora en que la temperatura alcanza su máximo es desde las 14 hasta 16 horas. El resto del día las zonas térmicas se mantienen dentro de estos rangos. En esta época del año la temperatura exterior se mantiene por debajo de la temperatura interna siendo favorable para el buen comportamiento térmico de la vivienda.

Tabla 54. Temperaturas diarias de las zonas térmicas de planta alta mes más frío casa 2

Hora	Temp. Ext.	Planta alta									
		ZT6 (dorm. 1)		ZT7 (baño)		ZT8 (dorm. 2)		ZT9(dorm. 4)		ZT10(baño)	
		Temp. Int. (C°)	Temp. Dif. (C°)								
0	23.8	24.3	0.5	24.5	0.7	24.0	0.2	23.9	0.1	24.4	0.6
1	22.8	24.1	1.3	24.4	1.6	23.8	1.0	23.8	1.0	24.2	1.4
2	22.1	23.9	1.8	24.2	2.1	23.5	1.4	23.6	1.5	24	1.9
3	21.4	23.8	2.4	24.1	2.7	23.3	1.9	23.4	2.0	23.9	2.5
4	20.7	23.6	2.9	24.0	3.3	23.2	2.5	23.4	2.7	23.9	3.2
5	20.0	23.4	3.4	23.9	3.9	22.9	2.9	23.2	3.2	23.7	3.7
6	19.4	23.3	3.9	23.8	4.4	22.7	3.3	23.0	3.6	23.5	4.1
7	19.9	23.3	3.4	23.7	3.8	22.7	2.8	23.0	3.1	23.4	3.5
8	19.3	23.3	4.0	23.7	4.4	22.7	3.4	22.9	3.6	23.3	4.0
9	19.9	23.3	3.4	23.8	3.9	22.8	2.9	23.0	3.1	23.3	3.4
10	20.3	23.4	3.1	23.9	3.6	22.9	2.6	2.03	2.7	23.3	3.0
11	21.8	23.9	2.1	24.3	2.5	23.4	1.6	23.4	1.6	23.7	1.9
12	23.9	24.7	0.8	25.0	1.1	24.4	0.5	24.0	0.1	24.4	0.5
13	25	25.3	0.3	25.3	0.3	25.0	0.0	24.3	-0.7	24.7	-0.3
14	26.1	25.5	-0.6	25.4	-0.7	25.2	-0.9	24.4	-1.7	24.8	-1.3
15	26.3	25.6	-0.7	25.4	-0.9	25.4	-0.9	24.5	-1.8	24.9	-1.4
16	25.7	25.4	-0.3	25.5	-0.2	25.4	-0.3	25.0	-0.7	25.6	-0.1
17	24.7	25.1	0.4	25.5	0.8	25.2	0.5	25.2	0.5	26.0	1.3
18	23.5	24.5	1.0	25.0	1.5	24.5	1.0	24.8	1.3	25.6	2.1
19	23.1	24.4	1.3	25.0	1.9	24.4	1.3	25.0	1.9	25.7	2.6
20	22.8	24.2	1.4	24.8	2.0	24.2	1.4	24.6	1.8	25.3	2.5
21	22.5	24.1	1.6	24.6	2.1	23.9	1.4	24.2	1.7	24.8	2.3
22	22.1	24.0	1.9	24.4	2.3	23.7	1.6	23.9	1.8	24.4	2.3
23	21.8	23.8	2.0	24.2	2.4	23.5	1.7	23.6	1.8	24.1	2.3

Elaborada por: Aguilar S, 2017.

En el mes más cálido el comportamiento de las temperaturas horarias de casa 2 de acuerdo a la figura 86 indica que la mayoría de los ambientes están fuera de la franja de confort y de igual manera lo ratifica las tablas 55 y 56 de temperaturas diarias donde la temperatura mínima es de 27.70°C en la ZT8 (dormitorio 2) y la máxima de 37.4°C en la ZT2 (baño).

En este caso la temperatura exteriores menor a las interiores, que oscila de 22.80 a 35.10°C. Lo que indica que la casa 2 en esta temporada se mantiene todo el día fuera del rango de la franja de confort.

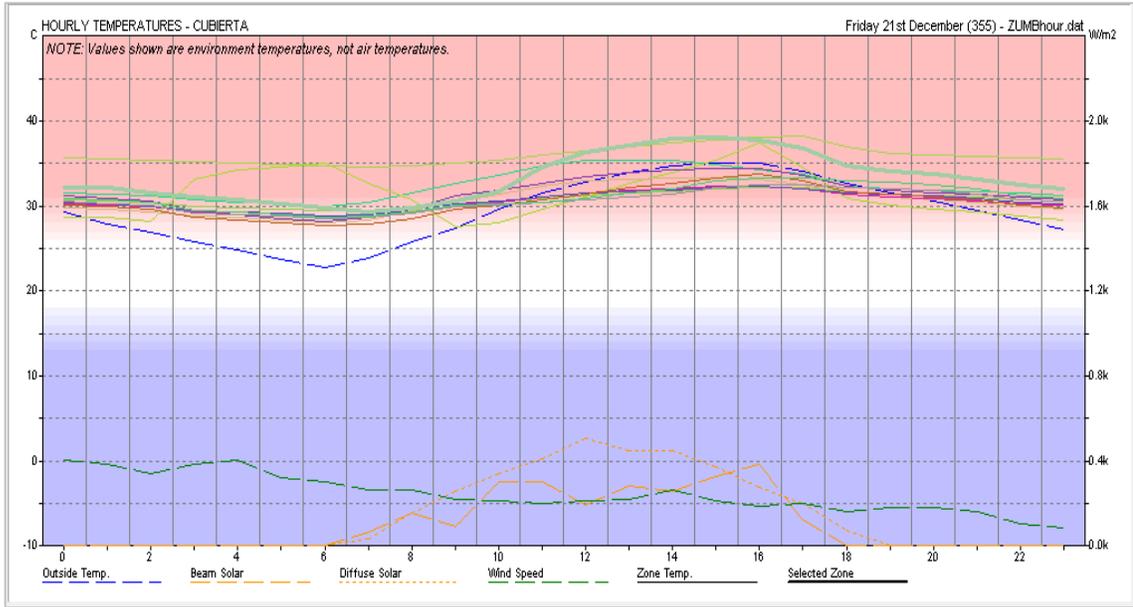


Figura 86. Temperatura diaria en un día del mes más cálido de la casa 2.
 Elaborado por: Aguilar S, 2017.

Tabla 55. Temperaturas diarias de planta baja y alta de la casa 2 en mes más cálido

Horas	Temp. Ext.	Planta baja						Planta alta			
		ZT1 (Estudio)		ZT2 (baño)		ZT3 (s, c y c)		ZT4(dorm.3)		ZT5(Estar)	
		Temp. Int. (C°)	Temp. Dif. (C°)								
0	29.3	31.5	2.2	28.7	-0.6	31.2	1.9	29.9	0.6	30.7	1.4
1	27.9	31.4	3.5	28.6	0.7	31.0	3.1	29.7	1.8	30.6	2.7
2	26.9	31.2	4.3	28.2	1.3	30.7	3.8	29.4	2.5	30.4	3.5
3	25.9	30.7	4.8	33.1	7.2	29.5	3.6	28.9	3.0	30.0	4.1
4	24.9	30.5	5.6	34.3	9.4	29.0	4.1	28.7	3.8	29.8	4.9
5	23.8	30.3	6.5	34.5	10.7	28.6	4.8	28.4	4.6	29.7	5.9
6	22.8	30.0	7.2	35.1	12.3	28.2	5.4	28.1	5.3	29.4	6.6
7	23.9	30.4	6.5	32.6	8.7	28.7	4.8	28.4	4.5	29.5	5.6
8	25.9	31.5	5.6	30.7	4.8	29.7	3.8	29.5	3.6	29.8	3.9
9	27.4	32.7	5.3	27.5	0.1	31.2	3.8	30.5	3.1	30.3	2.9
10	29.6	33.7	4.1	28.0	-1.6	31.9	2.3	31.5	1.9	30.6	1.0
11	31.6	34.7	3.1	29.6	-2.0	32.7	1.1	32.4	0.8	30.9	-0.7
12	32.9	35.4	2.5	31.1	-1.8	33.4	0.5	33.0	0.1	31.2	-1.7
13	34.0	35.3	1.3	32.6	-1.4	34.0	0.0	33.1	-0.9	31.5	-2.5
14	34.7	35.3	0.6	34.0	-0.7	34.3	-0.4	33.3	-1.4	31.8	-2.9
15	35.1	34.9	-0.2	35.4	0.3	34.4	-0.7	33.4	-1.7	32.1	-3.0
16	35.1	34.3	-0.8	37.4	2.3	34.5	-0.6	33.1	-2.0	32.2	-2.9
17	34.2	33.7	-0.5	34.6	0.4	33.7	-0.5	32.6	-1.6	32.2	-2.0
18	32.7	32.4	-0.3	31.0	-1.7	32.3	-0.4	31.3	-1.4	31.7	-1.0
19	31.6	32.1	0.5	30.1	-1.5	31.8	0.2	31.1	-0.5	31.5	-0.1
20	30.6	31.9	1.3	29.7	-0.9	31.6	1.0	30.8	0.2	31.3	0.7
21	29.5	31.7	2.2	29.3	-0.2	31.3	1.8	30.5	1.0	31.1	1.6
22	28.4	31.5	3.1	28.8	0.4	31.1	2.7	30.0	1.6	30.8	2.4
23	27.3	31.3	4.0	28.4	1.1	30.8	3.5	29.7	2.4	30.6	3.3

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Tabla 56. Temperaturas diarias de planta alta de la casa 2 en mes más cálido.

Horas	Temp. Ext.	Planta alta									
		ZT6 (dorm. 1)		ZT7 (baño)		ZT8 (dorm. 2)		ZT9(dorm. 4)		ZT10(baño)	
		Temp. Int. (C°)	Temp. Dif. (C°)								
0	29.3	30.4	1.1	30.4	1.1	30.1	0.8	30.6	1.3	30.9	1.6
1	27.9	30.2	2.3	30.3	2.4	29.9	2.0	30.4	2.5	30.7	2.8
2	26.9	30.0	3.1	30.1	3.2	29.6	2.7	30.1	3.2	30.4	3.5
3	25.9	29.3	3.4	29.5	3.6	28.7	2.8	29.2	3.3	29.5	3.6
4	24.9	29.1	4.2	29.3	4.4	28.4	3.5	29.0	4.1	29.3	4.4
5	23.8	28.8	5.0	29.1	5.3	28.1	4.3	28.8	5.0	29.0	5.2
6	22.8	28.5	5.7	28.9	6.1	27.7	4.9	28.5	5.7	28.6	5.8
7	23.9	28.7	4.8	29.1	5.2	27.9	4.0	28.7	4.8	28.8	4.9
8	25.9	29.2	3.3	29.6	3.7	28.6	2.7	29.2	3.3	29.3	3.4
9	27.4	30.1	2.7	30.3	2.9	29.6	2.2	29.9	2.5	30.1	2.7
10	29.6	30.5	0.9	30.6	1.0	30.1	0.5	30.1	0.5	30.3	0.7
11	31.6	31.1	-0.5	31.1	-0.5	30.7	-0.9	30.4	-1.2	30.5	-1.1
12	32.9	31.6	-1.3	31.5	-1.4	31.4	-1.5	30.7	-2.2	31.0	-1.9
13	34.0	31.9	-2.1	31.7	-2.3	32.2	-1.8	31.1	-2.9	31.5	-2.5
14	34.7	32.1	-2.6	31.9	-2.8	32.7	-2.0	31.4	-3.3	32.0	-2.7
15	35.1	32.3	-2.8	32.2	-2.9	33.4	-1.7	32.2	-2.9	32.9	-2.2
16	35.1	32.4	-2.7	32.3	-2.8	33.8	-1.3	32.4	-2.7	33.4	-1.7
17	34.2	32.1	-2.1	32.1	-2.1	33.0	-1.2	32.5	-1.7	33.3	-0.9
18	32.7	31.5	-1.2	31.6	-1.1	31.8	-0.9	32.2	-0.5	33.0	0.3
19	31.6	31.1	-0.5	31.4	-0.2	31.4	-0.2	32.1	0.5	32.8	1.2
20	30.6	30.9	0.3	31.2	0.6	31.1	0.5	31.9	1.3	32.5	1.9
21	29.5	30.7	1.2	30.9	1.4	30.7	1.2	31.5	2.0	32.0	2.5
22	28.4	30.4	2.0	30.5	2.1	30.2	1.8	30.8	2.4	31.3	2.9
23	27.3	30.1	2.8	30.3	3.0	29.9	2.6	30.5	3.2	30.9	3.6

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Tabla 57. Temperaturas mínimas y máximas de casa 2.

Plantas	Zonas térmicas e intemperie	Temp. Diarias en el mes más frío		Temp. diaria en el mes más cálido	
		Temp. Ext. e Int. Min. (°C)	Temp. Ext. e Int. Max. (°C)	Temp. Ext. e Int. Min. (°C)	Temp. Ext. e Int. Max. (°C)
	Intemperie	19.30	26.30	22.80	35.10
Baja	ZT1 (Estudio)	24.40	28.10	30.00	35.40
	ZT2 (baño)	25.50	25.90	28.20	37.40
	ZT3 (s, c y c)	23.40	26.70	28.20	34.50
Alta	ZT4(dorm.3)	22.90	26.20	28.10	33.40
	ZT5(Estar)	23.60	25.00	29.40	32.20
	ZT6 (dorm. 1)	23.30	25.60	28.50	32.40
	ZT7 (baño)	23.70	25.50	28.90	32.30
	ZT8 (dorm. 2)	22.70	25.40	27.70	33.80
	ZT9(dorm. 4)	22.90	25.20	28.50	32.50
	ZT10(baño)	23.30	26.00	28.60	33.40

Elaborado por: Aguilar S, 2017

En resumen la casa 1 en el día más frío se mantiene dentro de la franja de confort con un rango de 23.70 a 25.90°C y el más cálido esta fuera, con un rango de 29.80 a 33.20°C pero con poca variabilidad diaria. Mientras que la casa 2 el día más frío está dentro de la franja de

confort con un rango de 22.70 a 28.10°C y el día más cálido presenta problemas de temperatura horaria con una variación de 27.70 a 37.40°C misma que da una diferencia de 9.7°C, por tal motivo es más perceptible la falta de confort térmico.

- **Ganancia y pérdida de calor por hora**

Este tipo de análisis permite conocer por hora la ganancia y pérdida de calor que se realizan a través de los siguientes factores:

HVAC: Carga por climatización.

FABRIC: Ganancia o pérdida por material de construcción.

SOLAR: Ganancia exposición solar directa e indirecta.

VENT: Infiltración.

INTERN: Iluminación artificial, personas y equipos.

ZONAL: Ganancia o pérdida entre zonas adyacentes.

En este caso las cargas por climatización siempre van hacer cero debido a que en ninguna de la viviendas analizadas contiene sistemas de calefacción o refrigeración artificial.

Los análisis en este caso al igual que el análisis de temperatura horaria se los plantea en dos días de los dos meses extremos del año los mismos que permitirán conocer las ganancias y pérdidas de calor más altas y las más bajas que se pueden dar en la localidad en este tipo de edificaciones de diferente forma y material.

Casa 1. Análisis de ganancias y pérdidas de calor del mes más frío y cálido.

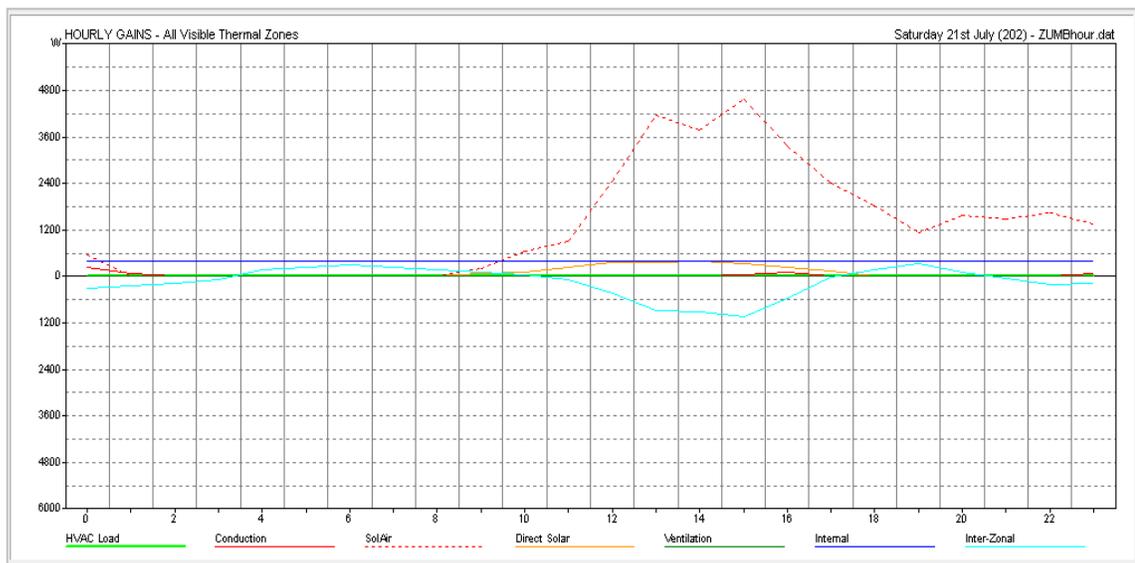


Figura 87. Ganancias y pérdidas de calor por horas de la casa 1 del mes más frío. Elaborado por: Aguilar S, 2017.

Tabla 58. Ganancias y pérdidas de calor en la casa 1 mes más frío.

HOUR	HVAC (Wh)	FABRIC (Wh)	SOLAR (Wh)	VENT. (Wh)	INTERN (Wh)	ZONAL (Wh)
0	0	0	0	0	410	-53
1	0	0	0	0	410	-41
2	0	0	0	0	410	33
3	0	0	0	0	410	75
4	0	0	0	0	410	316
5	0	0	0	0	410	387
6	0	0	0	0	410	382
7	0	0	0	0	410	347
8	0	0	23	0	410	268
9	0	249	71	0	410	194
10	0	766	99	0	410	76
11	0	1068	253	0	410	-148
12	0	2832	369	0	410	-658
13	0	4645	353	0	410	-1172
14	0	4276	397	11	410	-1146
15	0	5101	337	32	410	-1238
16	0	3767	226	0	410	-621
17	0	2362	137	0	410	115
18	0	1494	0	0	410	469
19	0	38	0	0	410	807
20	0	6	0	0	410	660
21	0	2	0	0	410	462
22	0	0	0	0	410	285
23	0	0	0	0	410	202
TOTAL	0	26607	2264	43	9833	2

Elaborado por: Aguilar S, 2017

La ganancias de calor están distribuidas por el material, inicia a las 9h00 y termina a las 21h00 con un aporte de 26607wh, por ganancia solar inicia una hora antes y termina hasta 5h00 con una aporte de 2264 wh, por concepto de infiltraciones se da desde 13h00 hasta 14h00 horas con una aporte de 43wh, por la iluminación artificial, personas y equipos el aporte de calor es durante todo el día con 9833wh y por la zonas adyacentes tenemos ganancias y pérdidas que a la final solo existe un aporte mínimo de 2wh, dando un total de **38'749wh**.

Por lo que en este mes más frío se tiene unas aporte mayoritario por parte del material con un 26607wh y un mínimo por las zonas adyacentes de 2wh ver figura 87 y tabla 58.

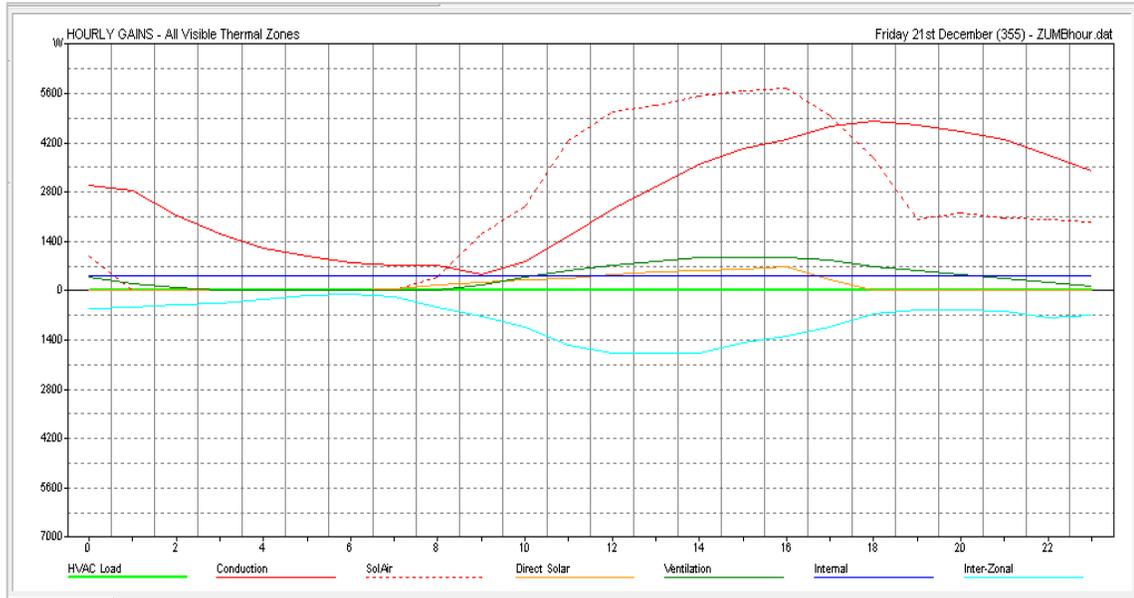


Figura 88. Ganancias y pérdidas de calor por horas de la casa 1 del 21 de diciembre día más cálido
Elaborada por: Aguilar S, 2017.

Tabla 59. Ganancias y pérdidas de calor por hora en la casa 1 el 21 de diciembre día más cálido.

HOUR	HVAC (Wh)	FABRIC (Wh)	SOLAR (Wh)	VENT. (Wh)	INTERN (Wh)	ZONAL (Wh)
0	0	2096	0	375	410	-452
1	0	1949	0	215	410	-507
2	0	1153	0	100	410	-468
3	0	560	0	0	410	-327
4	0	118	0	0	410	-122
5	0	68	0	0	410	-26
6	0	32	0	0	410	2
7	0	0	59	0	410	-141
8	0	551	180	0	410	-476
9	0	2161	235	149	410	-942
10	0	3830	313	382	410	-1349
11	0	7112	343	592	410	-1951
12	0	8967	452	732	410	-2179
13	0	10048	524	851	410	-2112
14	0	10858	574	943	410	-2013
15	0	11107	629	965	410	-1560
16	0	10804	694	954	410	-1193
17	0	9840	328	866	410	-764
18	0	7261	0	694	410	-114
19	0	4243	0	585	410	97
20	0	3589	0	480	410	160
21	0	2893	0	363	410	46
22	0	2184	0	236	410	-237
23	0	1501	0	125	410	-265
TOTAL	0	102925	4330	9606	9833	16896

Elaborada por: Aguilar S, 2017.

En el día más cálido las ganancias y pérdidas de calor en la casa 1 esta distribuidas por el material inicia a las 0h00 y termina a las 23h00 con un aporte de 102925wh, por ganancia solar inicia a las 7h00 y termina a las 17h00 con una aporte de 4330 wh, por concepto de infiltraciones se da todo el día aportando de 9606, por la iluminación artificial, personas y equipos el aporte de calor es durante todo el día con 9833wh y por la zonas adyacentes tenemos ganancias y perdida que a la final da un aporte de 16896wh, dando un total de **143.590wh**.

Casa 2. Análisis de ganancias y pérdidas de calor en el mes más frio y cálido.

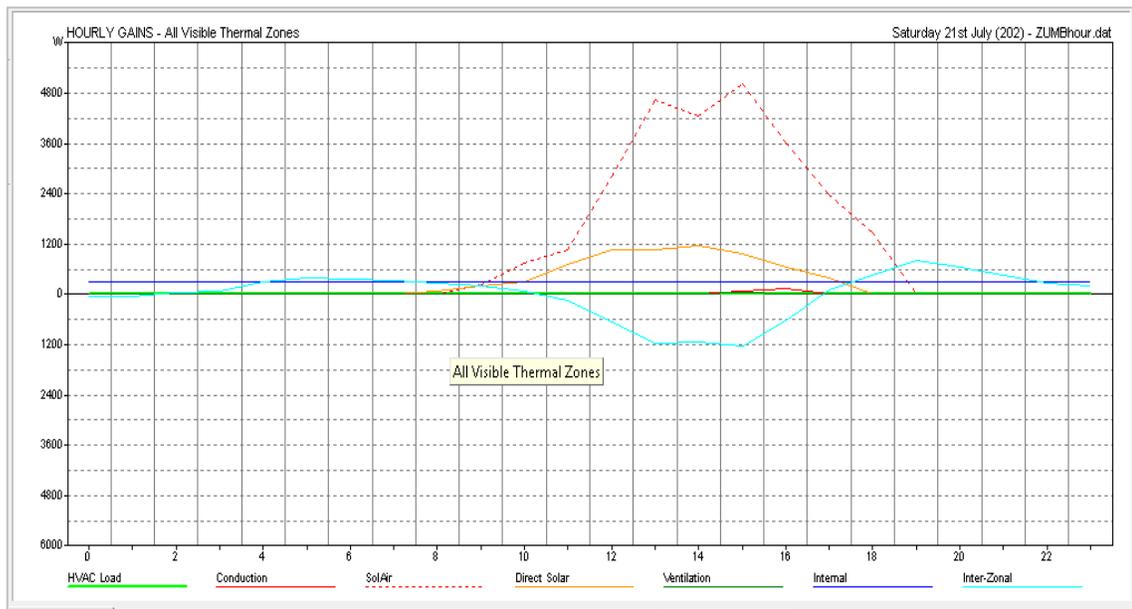


Figura 89. Ganancias y pérdidas de calor por horas de la casa 2 mes más frio
Elaborado por: Aguilar S, 2017.

Tabla 60. Ganancias y pérdidas de calor por hora en la casa 2 el 21 de julio día del mes frío

HOUR	HVAC (Wh)	FABRIC (Wh)	SOLAR (Wh)	VENT. (Wh)	INTERN (Wh)	ZONAL (Wh)
0	0	791	0	0	297	-290
1	0	87	0	0	297	-248
2	0	0	0	0	297	-191
3	0	0	0	0	297	-81
4	0	0	0	0	297	180
5	0	0	0	0	297	249
6	0	0	0	0	297	290
7	0	0	0	0	297	241
8	0	0	69	0	297	171
9	0	215	212	0	297	127
10	0	660	295	0	297	41
11	0	921	728	0	297	-83
12	0	2470	1063	0	297	-441
13	0	4158	1056	0	297	-875
14	0	3798	1165	12	297	-895
15	0	4622	979	36	297	-1052
16	0	3464	662	0	297	-565
17	0	2400	401	0	297	-20
18	0	1847	0	0	297	161
19	0	1153	0	0	297	346
20	0	1591	0	0	297	113
21	0	1494	0	0	297	-41
22	0	1673	0	0	297	-195
23	0	1408	0	0	297	-185
TOTAL	0	32753	6631	48	7133	-3245

Elaborada por: Aguilar S, 2017.

La ganancias de calor están distribuidas por el material mantenida durante todo el día con un aporte de 32753wh, por ganancia solar inicia a las 9h00 y termina a las 17h00 con una aporte de 6631 wh, por concepto de infiltraciones se da desde 14h00 hasta 15h00 horas con una aporte de 48, por la iluminación artificial, personas y equipos el aporte de calor es durante todo el día con 7133wh y por la zonas adyacentes en este caso tenemos pérdidas de -3245wh , dando un total de **43'320wh**.

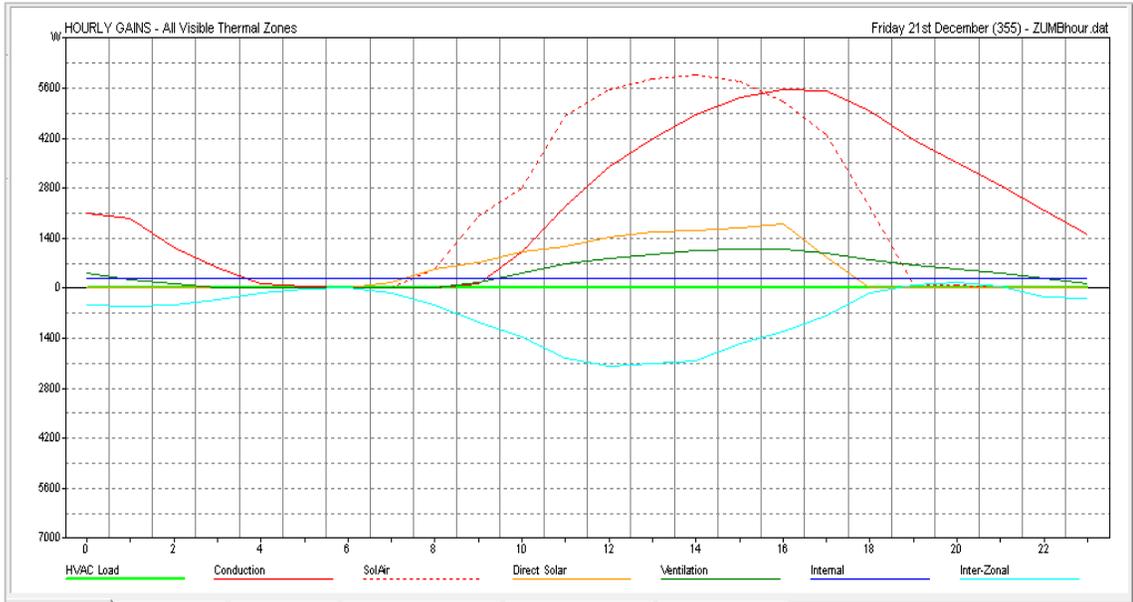


Figura 90. Ganancias y pérdidas de calor por horas de la casa 2 del 21 de diciembre mes más cálido. Elaborado por: Aguilar S, 2017.

De acuerdo a la figura 90 los aportes mayoritarios son por parte del material, zonas adyacentes y ganancias solares tal como lo describe la tabla 61.

Tabla 61. Ganancias y pérdidas de calor por hora en la casa 2 el 21 de diciembre.

HOUR	HVAC (Wh)	FABRIC (Wh)	SOLAR (Wh)	VENT. (Wh)	INTERN (Wh)	ZONAL (Wh)
0	0	4010	0	431	297	496
1	0	2835	0	246	297	476
2	0	2155	0	115	297	403
3	0	1620	0	0	297	336
4	0	1198	0	0	297	225
5	0	995	0	0	297	139
6	0	798	0	0	297	111
7	0	720	162	0	297	180
8	0	1109	525	0	297	474
9	0	2087	708	169	297	736
10	0	3246	1025	434	297	1027
11	0	5802	1155	672	297	1531
12	0	7420	1422	832	297	1754
13	0	8240	1566	968	297	1787
14	0	9114	1626	1075	297	1769
15	0	9733	1693	1097	297	1461
16	0	10070	1792	1083	297	1284
17	0	9639	884	984	297	1021
18	0	8612	0	786	297	669
19	0	6722	0	663	297	545
20	0	6761	0	545	297	531
21	0	6371	0	411	297	583
22	0	5901	0	265	297	754
23	0	5345	0	140	297	698
TOTAL	0	120503	12558	10915	7133	18989

Elaborado por: Aguilar S, 2017.

La ganancia de calor en este caso es de **170'098wh** distribuidos tal como lo muestra la tabla 61.

Tabla 62. Resumen de las ganancias y pérdidas de calor en las casas de análisis.

CASA	Día	FABRIC (Wh)	SOLAR (Wh)	VENT. (Wh)	INTERN (Wh)	ZONAL (Wh)	GANANCIAS TOTALES
1	Más frío	26607	2264	43	9833	2	38'749wh
	Más cálido	102925	4330	9606	9833	16896	143'590wh
2	Más frío	32753	6631	48	7133	-3245	43'320wh
	Más cálido	120503	12558	10915	7133	18989	170'098wh

Elaborado por: Aguilar S, 2017.

De acuerdo a la tabla 62 la casa que tiene mayor ganancia de calor tanto en el día más cálido como el más frío es la casa 2.

- **Distribución anual de temperatura de casa 1 y 2.**

La distribución anual de temperaturas permite conocer el total de horas y el porcentaje de confort térmico anual de las viviendas analizadas, además se consigue información detallada de la temperatura anual de cada uno de sus ambientes (ver anexo 2). Para este análisis se consideró los gráficos del comportamiento térmico anual de todas las zonas térmicas y tablas de resumen de las horas y porcentajes de confort térmico de cada vivienda, permitiendo de esta manera promediar y sacar el porcentaje total de las horas que las viviendas se mantienen dentro de la franja de confort térmico.

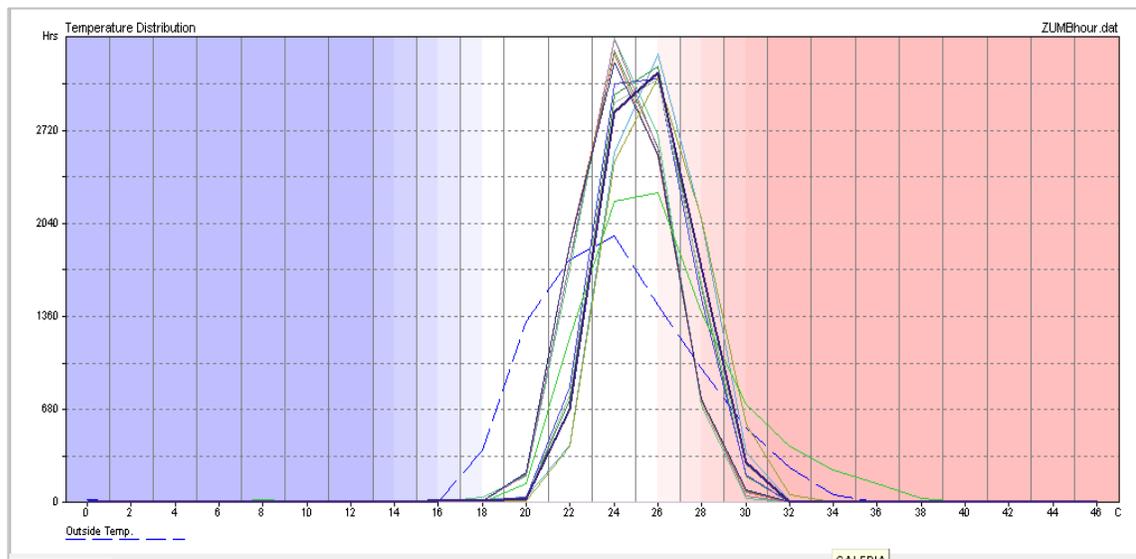


Figura 91. Distribución anual de temperaturas de todas las zonas térmicas de la casa 1
Elaborado por: Aguilar S, 2017.

Tabla 63. Porcentaje de confort térmico anual de cada ambiente de la casa 1.

ZONAS	Confort		ZONAS	Confort	
	Horas	Porcentaje		Horas	Porcentaje
ZT1(Cocina)	6724	76.8%	ZT6(Dorm 4)	7905	90.2%
ZT2(Gradas)	6314	72.1%	ZT7(Balcón)	8012	90.1%
ZT3(Estudio)	6974	79.6%	ZT8(Dorm 1)	7947	90.7%
ZT4(Sala)	7049	80.5%	ZT9(Dorm 2)	7930	90.5%
ZT5(Comedor)	6852	78.2%	ZT10(Dorm 3)	7887	90.0%
			Cubierta	5809	66.3%
			Confort promedio anual	82.4%	

Elaborado por: Aguilar S, 2017.

De acuerdo a los reportes de las temperaturas anuales por ambiente el espacio con mejor comportamiento térmico, es la ZT8 (dormitorio 1) de la planta alta y las zonas que presentan menor confort térmico son las de planta baja y cubierta. Es decir estas de cierta manera afectadas por la radiación solar y la ventilación natural.

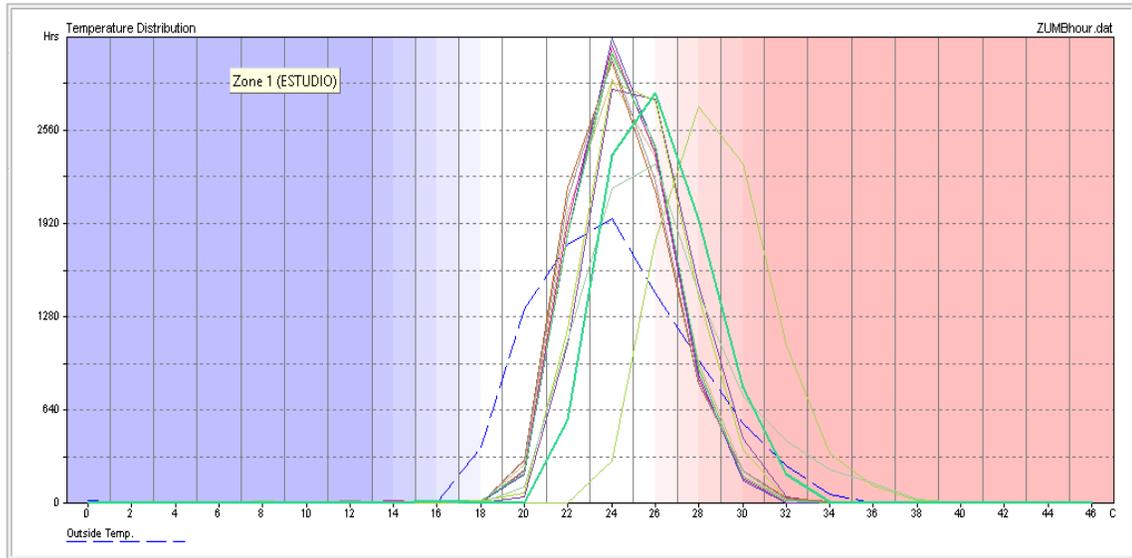


Figura 92. Distribución anual de temperaturas de todas las zonas térmicas de la casa 2.

Elaborado por: Aguilar S, 2017.

Tabla 64. Confort térmico promedio anual en la casa 2.

ZONAS	Confort		ZONAS	Confort	
	Horas	Porcentaje		Horas	Porcentaje
ZT1(Estudio)	5781 Hrs	66.0%	ZT6(Dorm. 1)	7741 Hrs	88.4%
ZT2(Baño S.)	6900 Hrs	78.8%	ZT7(Baños)	7745 Hrs	88.4%
ZT3(Área S.)	6679 Hrs	76.2%	ZT8(Dorm. 2)	7663 Hrs	87.5%
ZT4(Dorm. 3)	7518 Hrs	85.8%	ZT9(Dorm. 4)	7759 Hrs	88.6%
ZT5(Vest.)	7722 Hrs	88.2%	ZT10(Baños)	7555 Hrs	86.2%
			Cubierta	5719 Hrs	65.3%
			Confort promedio anual	81.76%	

Elaborado por: Aguilar S, 2017.

En caso de la casa 2 se determinó que el confort térmico de todas sus zonas térmicas es menor que las de la casa 1 con una diferencia mínima, donde los espacios con menos confort térmico se ubican igualmente en la planta baja con 66% ZT1 (estudio) y cubierta 65.3%, mientras que en planta alta la zona térmica con mejor rendimiento es ZT9 (dormitorio 4) con un 88.9%. El resto de zonas térmicas tiene porcentajes cercanos por lo que de manera general la vivienda tiene un buen rendimiento térmico.

Finalmente se determina que ambas viviendas tienen un buen rendimiento térmico anual. Donde de las 8760 horas del año la casa 1 tiene un promedio total de 7218 horas dentro de la franja de confort que significa 82.4% y la casa 2 tiene 7162 horas de confort térmico lo que indica que el porcentaje anual es de 81.76%. Es decir el desconfort térmico no se da en la mayoría de los días del año sino más bien en los días de extremo calor.

2.4.6 Monitoreo y registro de datos ambientales en las viviendas seleccionadas y en el exterior bajo sombra.

Para el monitoreo en sitio de las dos viviendas a analizar se tomó como meses de análisis a Julio y Diciembre en vista que de acuerdo al análisis climatológico del sector, estos dos meses son el más frío (julio) y el más cálido (diciembre). Esta toma de datos comprenderá medir la temperatura y humedad relativa durante un día de los dos meses antes mencionados para comprobar si se encuentran dentro de la franja de confort térmico, la misma que es de 22°C a 27°C para este sector.

Además de monitorear las viviendas también se levantó información del ambiente exterior bajo sombra, lo que nos permite conocer la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior. El instrumento utilizado para la toma de datos fue el termómetro higrómetro ambiental.

2.4.6.1 Instrumentos de medición térmica.

El termómetro higrómetro ambiental es usado específicamente para medir temperaturas del ambiente interior, el mismo que debido a sus dimensiones manejables permite ser transportado muy fácilmente. Al momento de iniciar un monitoreo de ambientes, el termómetro comienza a reconocer datos reales del ambiente cuando se lo mantiene en un mismo sector por un lapso de tiempo de 5 a 10 minutos. Las variables que se monitorea con este instrumento son la temperatura en °C y humedad relativa en % parámetros muy

influyentes en el confort térmico. Su escala de medición tiene un rango de 0°C a 50°C dividida en intervalos de 1°C.

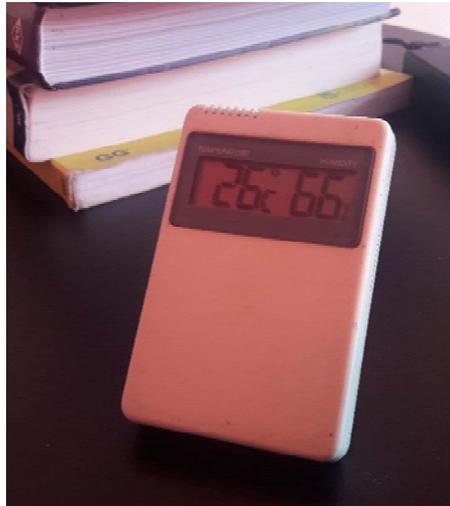


Figura 93. Termómetro Ambiental.
Elaborado por: Aguilar S, 2017

Como se indicó anteriormente, el monitoreo fue hecho en casa 1 y 2 las que tienen igual orientación, ubicación, similar distribución arquitectónica interna.

2.4.6.2 Registro de datos ambientales y ganancias térmicas en el interior de los espacios arquitectónicos de cada una de la viviendas seleccionadas.

Considerando que las viviendas a monitorear se encuentran bajo las mismas condiciones climatológicas y orientación, se procedió a seleccionar el espacio a monitorear tomando datos de todos los ambientes de las viviendas para identificar el ambiente con desconfort y luego continuar con el monitoreo puntual por 12 horas en dos días, uno en el mes más frío y el otro en el más cálido, donde dicho monitoreo tendrá intervalos de una hora iniciando desde las 6h00 hasta las 18h00. Seleccionado el ambiente y establecido el período de monitoreo se procedió a colocar el termómetro higrómetro dentro del mismo considerando lo siguiente: que los puntos de tomas de datos no estén junto a ventanas y ejes de ventilación debido a que la presencia de ventilación hace que la temperatura sea menor, por lo que se eligió ubicar estos puntos en espacio poco ventilados a una altura de 1m debido a que son punto crítico térmicamente.

De acuerdo al análisis de determinación del ambiente con disconfort se obtuvo que, en la temporada fría las zonas más afectadas se ubican en planta alta mientras que en épocas de calor los ambientes de menor rendimiento térmico están en la planta baja en ambas viviendas. Tabla 65. Ambientes y puntos de monitoreo térmico de casa 1.

Mes más frío	Mes más cálido
<p>ZT10 (dormitorio 3) P. Alta</p>	<p>ZT1 (cocina) P. Baja</p>
Elaborado por: Aguilar S, 2017	

Tabla 66. Ambientes y puntos de monitoreo térmico de casa 2.

Mes más frío	Mes más cálido
<p>ZT8 (dormitorio 2) P. Alta</p>	<p>ZT1 (estudio) P. Baja</p>
Elaborado por: Aguilar S, 2017	

Tabla 67. Registro de ganancia térmica en la casa 1, 2 y a la intemperie el 21 julio (mes más frío)

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			TEMPERATURA INTERIOR °C			
Latitud: 04°51'52"			Casa 1		Casa 2	
Longitud: 79°08'00"						
Altitud: 1100-1400msnm						
HORA	Datos a la intemperie		Temp °C	Humedad %	Temp °C	Humedad %
	Temp °C	Humedad %				
6:00	18°C	92%	22°C	89%	18°C	90%
7:00	18°C	89%	22°C	87%	18°C	90%
8:00	19°C	84%	21°C	79%	19°C	82%
9:00	20°C	80%	21°C	77%	20°C	79%
10:00	21°C	74%	22°C	68%	20°C	70%
11:00	22°C	66%	22°C	60%	20°C	62%
12:00	23°C	55%	22°C	52%	21°C	54%
13:00	23°C	50%	22°C	51%	21°C	52%
14:00	24°C	50%	23°C	51%	20°C	51%
15:00	24°C	49%	22°C	50%	21°C	51%
16:00	23°C	45%	23°C	47%	20°C	49%
17:00	22°C	50%	23°C	54%	19°C	55%
18:00	22°C	57%	23°C	53%	19°C	55%
PROM.	21,46°C	65%	22,15°C	63%	19,69°C	65%

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Tabla 68. Registro ganancia térmica en la casa 1, 2 y la intemperie el 21 diciembre (mes más cálido)

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			TEMPERATURA INTERIOR °C			
Latitud: 04°51'52"			Casa 1		Casa 2	
Longitud: 79°08'00"						
Altitud: 1100-1400msnm						
HORA	Datos a la intemperie		Temp °C	Humedad %	Temp °C	Humedad %
	Temp °C	Humedad %				
6:00	18°C	70%	24°C	60%	23°C	67%
7:00	18°C	65%	24°C	54%	23°C	58%
8:00	19°C	57%	24°C	52%	24°C	49%
9:00	20°C	55%	24°C	50%	24°C	48%
10:00	21°C	56%	24°C	47%	25°C	49%
11:00	23°C	44%	25°C	45%	26°C	40%
12:00	24°C	36%	25°C	43%	28°C	33%
13:00	25°C	33%	25°C	41%	29°C	30%
14:00	26°C	30%	25°C	40%	30°C	26%
15:00	26°C	27%	25°C	39%	32°C	24%
16:00	27°C	23%	26°C	38%	34°C	20%
17:00	26°C	30%	26°C	37%	32°C	21%
18:00	25°C	35%	26°C	40%	29°C	25%
PROM.	22,9°C	43%	24,84°C	45%	27,61°C	38%

Elaborado por: Aguilar S, 2017

2.4.6.3 Interpretación de los datos ambientales de cada una de las variables.

Con un rango de confort térmico para la ciudad de Zumbade **22.2°C a 27.2°C** determinado en el punto 2.2.3 y los resultados obtenidos en la etapa de toma de datos de cada vivienda se procedió a graficar los mismos, en el día del mes más frío y el día del más cálido.

Estas grafías contienen una franja roja clara que representa al rango de confort, líneas de color celeste temperaturas a la intemperie, línea color verde temperaturas de la casa 2 y línea de color rojo temperaturas de casa 1 lo que nos da una clara idea del comportamiento térmico de las viviendas en cada una de estas épocas el año.

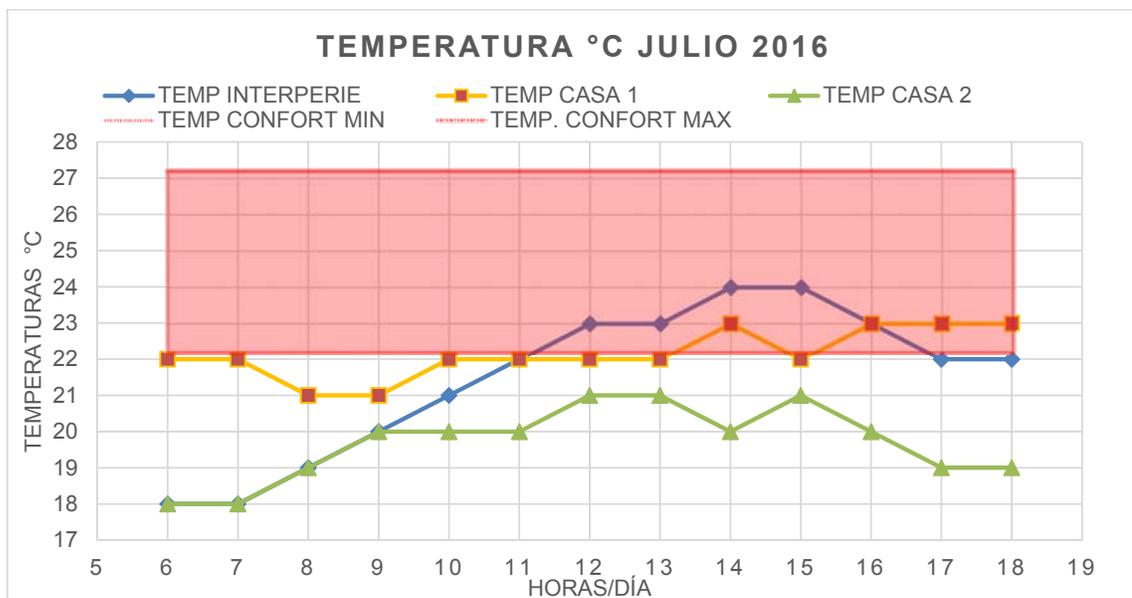


Figura 94. Comportamiento térmico de casa 1, 2 e intemperie el 21 de julio (mes más frío).
Elaborado por: Aguilar S, 2017

De acuerdo a la figura 94 la vivienda que se aproxima a la franja de confort o al rango mínimo de 22.20°C en esta época de invierno es la vivienda de bahareque, la misma que durante las 8am y las 16:00pm se mantiene muy cercana a la franja, mientras que la vivienda de hormigón siempre está por debajo de la misma y también de la línea de temperatura de la vivienda de bahareque. Por lo que es muy notorio que la edificación tiene deficiencia térmica.

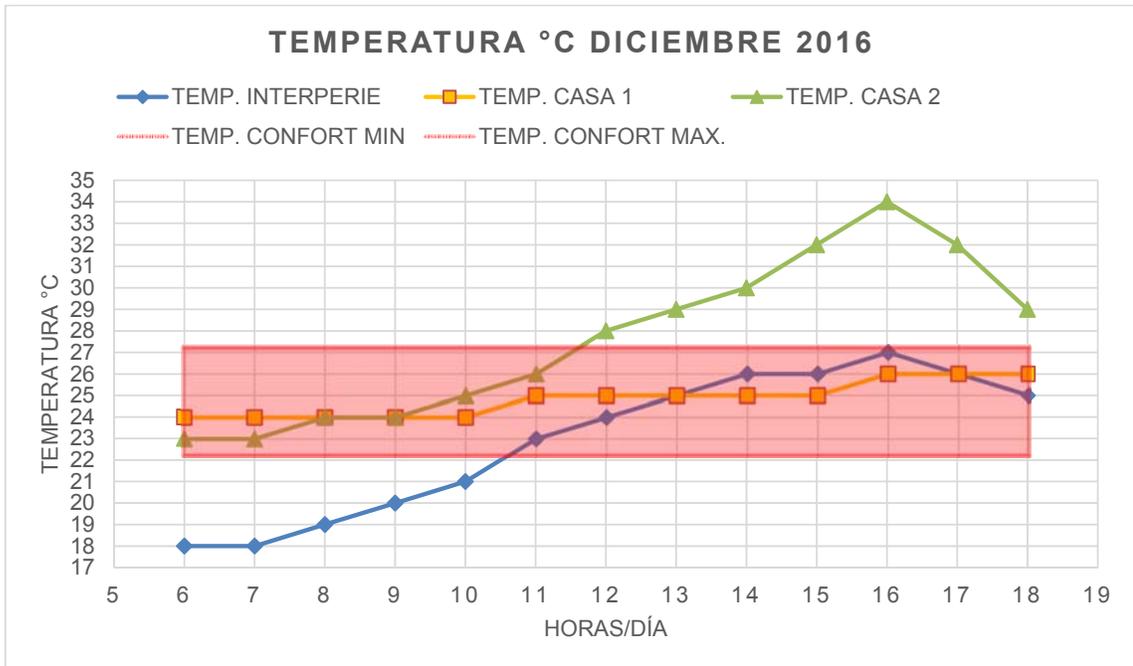


Figura 95. Comportamiento térmico de casa 1, 2 e interperie el 21 de diciembre mes más cálido
Elaborado por: Aguilar S, 2017

En la figura 95 podemos observar que la vivienda que se aproxima a la franja de confort en esta época calurosa, es la vivienda de bahareque la misma que solo por el lapso de 6am a 11am está fuera de la franja de la misma, además es muy evidente el disconfort térmico en horas de la tarde en la vivienda de hormigón armado la misma que registra una temperatura máxima de 32°C.

Concluidos los análisis térmicos de cada una de las viviendas se obtuvo el resumen del comportamiento térmico de cada una de ellas en las tres etapas. En el caso del análisis numérico nos sirve para comprobar si las viviendas cumple o no con los rangos de confort establecidos por la NEC-11, mientras que en la simulación y monitoreo se analiza en dos días extremos del mes más frío y del mes más cálidos con la finalidad de conocer los comportamientos térmicos diarios, ganancias y pérdidas de calor por hora y su comportamiento anual.

Tabla 69. Resumen del análisis térmico de las edificaciones seleccionadas.

	Variables analizadas	Rango establecidos para clima cálido	Casa 1	Casa 2
Análisis numérico	Factor de forma	Superior a 1.20	0.94	0.79
	Asentamiento	Los niveles de asentamientos recomendables para clima cálidos son en porcentajes bajos debido a que asegura buena ventilación.	21%	19%
	Perforación	35% (NEC-2015 NO-SO-NE-SE)	18%	14%
	Tersura	30% (NEC-2015 NO-SO-NE-SE)	70%	37%
	Color	60% (reflexión)	48%	38%
Simulación térmica	Temperatura horaria	18°C-26°C	23.7°C-25.9°C	22.7°C-28.1°C
			29.8°C-33.2°C	27.7°C-37.4°C
	Ganancia y pérdida de calor por hora		38749wh	43320wh
			143644wh	151109wh
Distribución anual de temperatura	8760h (100%)	82.40%(7218h)	81.76%(7162h)	
Monitoreo en sitio	Temperatura	22.2°C-27.2°C	21°C-23°C	18°C-21°C
			24°C-26°C	23°C-34°C
	Humedad relativa	30-70%	63%-45%	65%-38%

Elaborado: Aguilar S, 2017.

De acuerdo a la tabla de resumen la tendencia del comportamiento térmico de las viviendas coincide en los tres análisis, la forma arquitectónica que se adapta mejor al clima cálido húmedo es la de la casa 1 debido a su alto porcentaje de tersura que le brinda una buena protección solar para evitar la ganancia de calor a través sus superficies expuestas.

A través del estudio de la forma arquitectónica se ha comprobado que cada vivienda analizada tienen sus propias formas de contrarrestar al clima de la región, donde la característica principal que marca diferencia en la ganancia térmica es la forma de la envolvente arquitectónica misma que según su composición permite en un caso protegerse de la radiación solar mientras la otra aprovecha la ventilación natural.

Debido a la forma arquitectónica en este caso de estudio, la casa 2 (hormigón armado) permite mayor ganancia térmica durante la tarde, ya que sus volados de planta baja y alta son de 90 y 50cm que sólo se protegen de la radiación solar aproximadamente hasta las 14:00 pm, por lo que esta edificación tienen ganancias térmicas desde esta hora hasta cuando el sol se pierde, llegando a registrar temperaturas de hasta 32°C en sus espacios más afectados a pesar que tiene buena ventilación natural. En cambio las viviendas de bahareque por su portal y galería a todo lo largo de la fachada principal tiene buena protección solar de las superficies expuestas en un periodo de tiempo más amplio donde se registra menores ganancias térmicas con temperaturas de 22.1°C a pesar de la mala ventilación, este portal es una especie de

amortiguador que aporta al buen comportamiento térmico en la edificación. Por lo tanto se puede decir que la forma de la envolvente interviene mucho más de lo que imaginamos en la ganancia o pérdida de calor.

Mediante este análisis del comportamiento térmico realizado a las edificaciones seleccionadas, y considerando además que el sector tiene un clima cálido casi constante durante todo el año, donde las principales problemática de las viviendas son: las temperaturas elevadas en los días de máximo calor en horas la tarde en la casa 2 sin protección solar y la elevada humedad relativa en el interior tanto de la casa1 como de la 2. También se ha comprobado que los niveles de desconfort térmico anual en ambas viviendas son mínimo, sin embargo existe la problemática de confort térmico en los días de máximo calor.

**3. PROPUESTA DE LINEAMIENTOS TÉRMICOS EN VIVIENDA PARA CLIMAS CÁLIDO
HÚMEDO**

Ajustar el diseño arquitectónico a las condiciones del clima, convierte a las limitaciones térmicas en recurso potenciador positivo de la envolvente, transformando el problema en solución.

Por lo tanto, un proyectista analizando la variable térmica, decidirá usar un edificio “pesado”, masivo, con mampostería de ladrillos, losas de hormigón, etc., en el caso que quiera acumular energía y esto solo será conveniente si las diferencias térmicas diarias son suficientes como para usar este recurso, tanto para aprovechar el frescor nocturno como la radiación diurna. Mientras que, por otro lado, se decidirá optar por un edificio “liviano”, si las diferencias térmicas no son importante, como es el caso de Zumba, con noches tan cálidas como en el periodo diurno.

La estrategia de ventilación (permanente o selectiva) o las de modificación de la humedad del aire, las de sombreado o de exposición al sol definen claramente la forma, disposición y tamaño de las aberturas.

La elección de elevar el edificio o enterrarlo, la forma de vincularlo al suelo y disponer el entorno próximo, la manera de disponer las superficies expuestas, tanto como la elección del material y color tiene relación con el clima. La voluntad del proyectista en la consideración de éstas variables o la decisión de ignorarlas generará resultados antagónicos, en lo económico y lo ético.

Por lo que en este caso se propone lineamientos que rescaten las estrategias térmicas de las viviendas tradicionales sin afán de replicarlas tal cual sino más bien sacar los conceptos mismos que han permitido durante mucho tiempo contar con edificaciones que tengan un buen confort térmico de bajo consumo energético, es decir equipar a la forma arquitectónica actual con la finalidad de mejorar el confort térmico de las futuras remodelaciones y planificaciones de viviendas para que se adapte al clima del sector.

- La forma arquitectónica adaptada al clima cálido húmedo
- Control solar directo
- Refrigeración pasiva continua

Estos lineamientos se refieren a alternativas de control térmico pasivo en vista de que existe poca variabilidad térmica entre el día y la noche en el clima del sector de análisis y de acuerdo al análisis térmico las edificaciones el comportamiento anual está por sobre el 80% en ambas viviendas. Los lineamientos que se proponen tienen la finalidad de mitigar la captación solar antes de que ingrese al inmueble y aprovechar de la ventilación natural para provocar la

ventilación continua en las edificaciones debido a que la velocidad del aire en el sector es baja.

3.1 La forma arquitectónica adaptada al clima cálido húmedo

La forma arquitectónica es definida según el clima del sector, ubicación y orientación con respecto al sol y aire de donde se implante el proyecto. Por lo que tratándose de un clima cálido húmedo y una ciudad con la trama urbana orientada norte- sur donde existen diversidad de orientación de predios, se propone alternativas que permitan la protección solar y el aprovechamiento de los vientos predominantes según conveniencias de acuerdo a cada caso.

Es decir la remodelación o planificación de las viviendas en el sector deben tener en cuenta en primera instancia las orientación, para que de acuerdo a esto obtener una forma arquitectónica apropiada que permita evitar la ganancia solar o a su vez aprovechar de las corriente de aire predominante, teniendo en cuenta de no caer en la sobre protección y exceso de ventilación.

La presencia de la humedad en el clima del sector hace más difícil la evaporación del sudor por lo que es muy importante equipar la edificación de sistemas pasivos de ventilación natural orientando la edificación hacia los viento dominantes en vista de que, es mucho más fácil emplear elementos de sombra que canalizar las corrientes aire.

Lo que quiere decir que de forma general en este tipo de clima debe prevalecer la buena ventilación en las edificaciones sin descuidar la protección solar, donde las edificaciones deben contar con las siguientes características generales en su forma arquitectónica.

- **Forma alargada con orientación sur-oeste a nor-este y oeste-este.**

Este tipo de plantas nos permite orientar la superficie vertical más pequeña hacia el sur-oeste y oeste reduciendo el impacto solar de la tarde y a la vez permite obtener buen aprovechamiento de los vientos dominantes del sector para refrigerar las edificaciones en épocas de veranos.

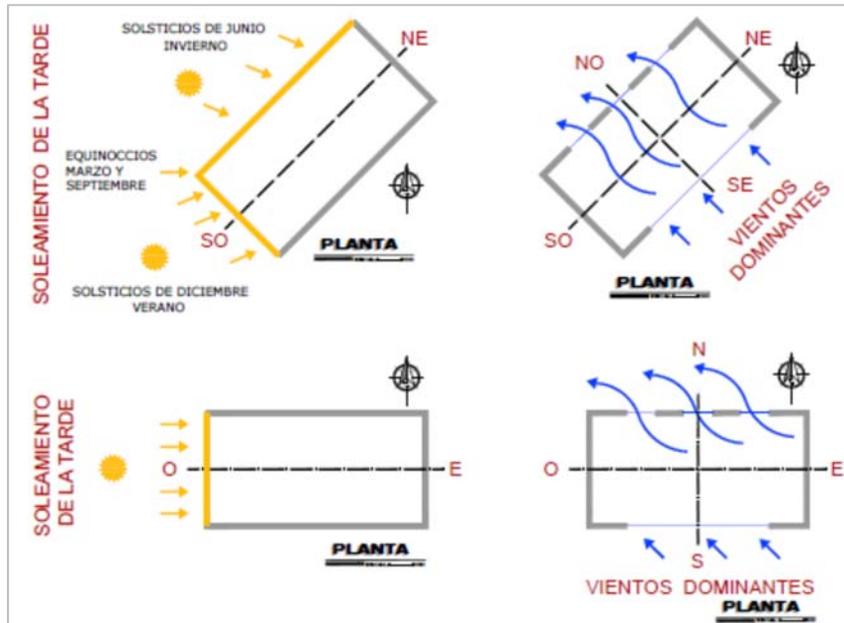


Figura 96. Orientaciones idóneas para climas cálidos húmedos que permiten disminuir la ganancia térmica y aprovecha la corriente de los vientos dominantes.

Elaborado por: Aguilar S, 2017

- **Alturas de entresijos mínimas de 3m**

Esta altura de entresijo permite regular la temperatura interior debido a que la ventilación será mejor. Además si a esta altura de entresijos se le combina con un sistema de ventilación cruzada o unilateral permitirá disminuir los porcentajes de humedad relativa en el aire, mejorando el rendimiento térmico en las viviendas. Se debe tener en cuenta que las grandes alturas permiten la estratificación del aire caliente.

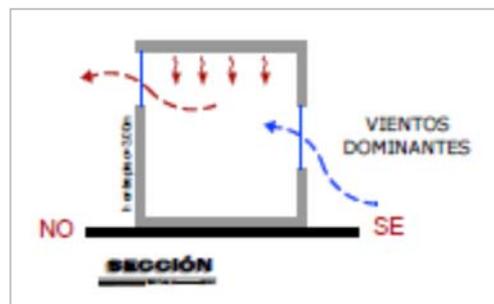


Figura 97. Alturas mínimas de entre pisos 3m libre con la finalidad de mejorar la ventilación interna.

Elaborado por: Aguilar S, 2017

- **Formas irregulares**

A través de esta característica se logra crear envolventes que permiten crear sombra propia permanente, mismas que se debe aplicar en los planos verticales orientados a lado **sur-oeste, oeste y nor-oeste**.



Figura 98. Alternativas de aumento de tersura en fachadas que son afectadas por la radiación solar de la tarde
Elaborado por: Aguilar S, 2017

En el caso que la fachada principal estuviera orientada hacia las orientaciones antes mencionadas su coeficiente de tersura debe estar por arriba del 30% para asegurar una buena protección solar de las mismas. Lo que nos permitirá conseguir un factor de forma que se adapte al clima cálido húmedo.

- **Cubiertas inclinadas y ventiladas**

Los remates de las edificaciones en este tipo de climas deben ser cubiertas inclinadas y ventiladas, debido a que permite reducir las ganancias térmicas por la continua renovación de aire y a su vez evita las soluciones secundarias causadas por infiltraciones de agua en las cubiertas de losa debido al alto contenido de humedad ambiente en el sector.



Figura 99. Las edificaciones de estos sitios en lo posible deben estar terminadas con cubierta inclinada y ventilada
Elaborado por: Aguilar S, 2017

Las que pueden ser de una, dos o más caídas según la conveniencia de cada proyecto sin olvidar de conseguir la cámara de aire en las mismas. Además también se puede utilizar una cubierta aislada del tumbado consiguiendo una especie de doble cubierta que permite ventilar y aislar la superficie receptora de los ambientes contiguos.

Estas estrategias se las puede aplicar tanto en áreas urbanas como rurales, considerando que habrán casos donde será difícil plasmar alguna de ellas por lo que, en todo caso debe prevalecer el aprovechamiento de la ventilación natural, al ser más fácil protegerla de la radiación solar que canalizar los vientos.

3.2 Control solar directo

Para una adecuada protección solar lo primero que se debe hacer es reconocer el periodo del año en que la radiación solar del sector es más fuerte. En este caso, según el estudio climatológico del sector se debe proteger las edificaciones en los meses de octubre, noviembre y diciembre por ser los más cálidos del año.

Una vez identificados los meses de máxima radiación solar, lo que se debe hacer es minimizar la radiación solar sobre el edificio tomando medidas preventivas y diseñando todos los elementos constructivos como cubiertas, cerramientos, ventanas, color de fachada, etc. pensando en las implicaciones energéticas. Debido a que es mucho más fácil impedir el sobrecalentamiento que eliminar una vez que está dentro del edificio.

Es decir, en este sector es importante proteger de la radiación solar tanto en las cubiertas como en las fachadas oeste, sur-oeste y nor-oeste equipándolas con sistemas de control solar directa la misma que nos permite conseguir sombra propia permanente en las superficies afectadas, así como también reducir las aberturas de ventanas en las fachadas antes mencionadas y por ultimo seleccionar colores apropiados en las superficies externas.

- **Protección solar.**

Teniendo en cuenta que la radiación solar de verano es muy intensa y afecta más al plano horizontal que al vertical, la protección y aislamiento son muy necesarios en las cubiertas de las edificaciones. Así como la protección solar de las fachadas oeste, nor-oeste y sur-oeste donde la protección puede ser de forma vertical u horizontal con elementos fijos o móviles teniendo cuidado con su colocación, en vista que puede afectar a la iluminación y ventilación del espacio interior. Además por el clima se debe utilizar materiales que sean resistentes a

los altos porcentajes de humedad con la finalidad de asegurar un largo periodo de vida útil de estos elementos de protección.

Las protecciones solares del hueco acristalado es un aspecto fundamental en lo que a medidas preventivas sobre el sobrecalentamiento se refiere. En clima como el de Zumba, donde todo el año permanece estable, se recomienda utilizar mecanismos de control solar exteriores, mismos que permitan mitigar la entrada de los rayos solares a los espacios interiores habitables, lo que puede ser: portales o elementos protectores de la piel de los edificios que se los pueden ser fijos o móviles, este tipo de protección se debe utilizarlo en las fachadas **oeste, nor-oeste y sur-oeste**.

Y para tener una clara idea de la exposición solar de un proyecto arquitectónico se puede apoyar del weather tool, el mismo que le permitirá conocer el recorrido solar anual de su proyecto. Ejemplo un predio orientado sur-este a nor-oeste con la fachada principal sur-oeste a las 5pm en los solsticios del 21 de diciembre.

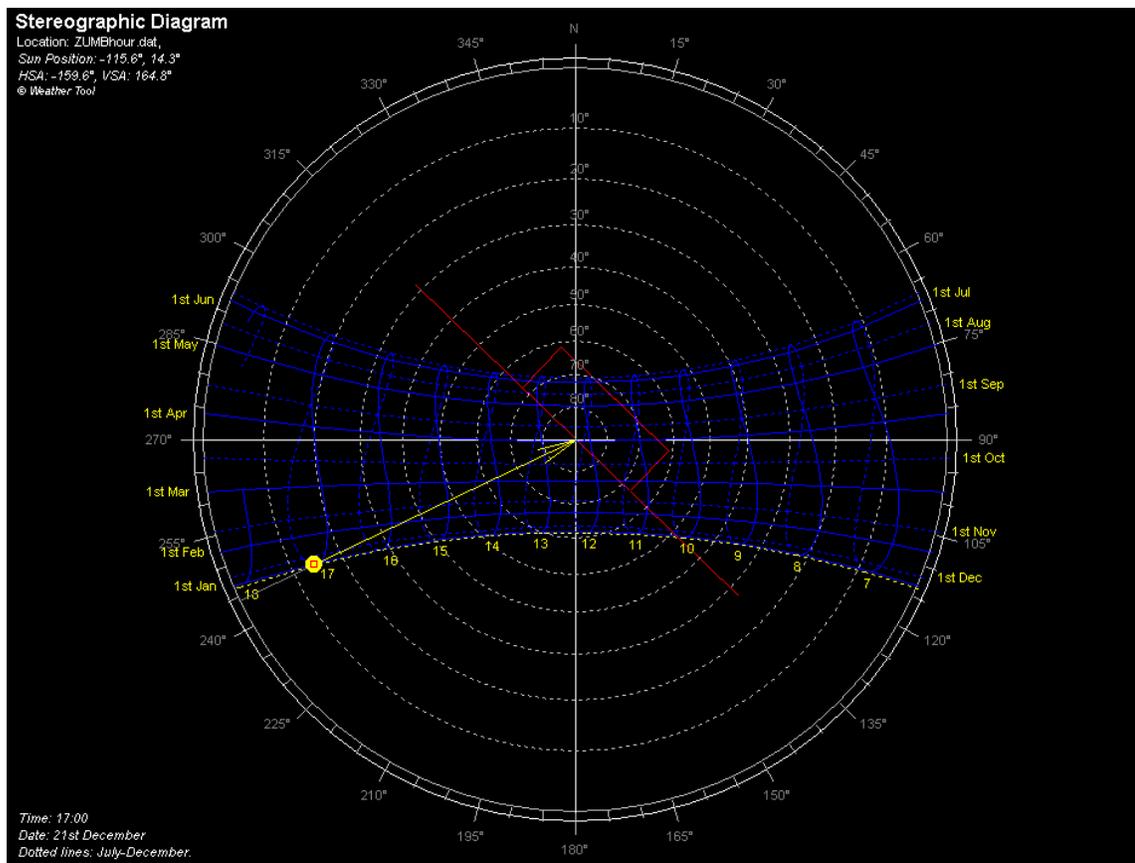


Figura 100. Exposición solar de un predio con fachada principal sur-oeste (45°) afectada por la radiación solar de 17pm.
Elaborado: Aguilar S, 2017

Este análisis lo podemos conseguir calculando el ángulo de orientación del eje principal de la edificación el mismo que debe ser geo referenciado. Esto nos permite definir qué tipo de protección solar nos conviene.

Portales.

Esta alternativa nos permite conseguir espacios sombreados intermedios entre el espacio exterior y el interior, mismos que se puede aplicar en fachadas afectadas por la radiación solar de la tarde como también en las que no para aprovechar el sol de la mañana.

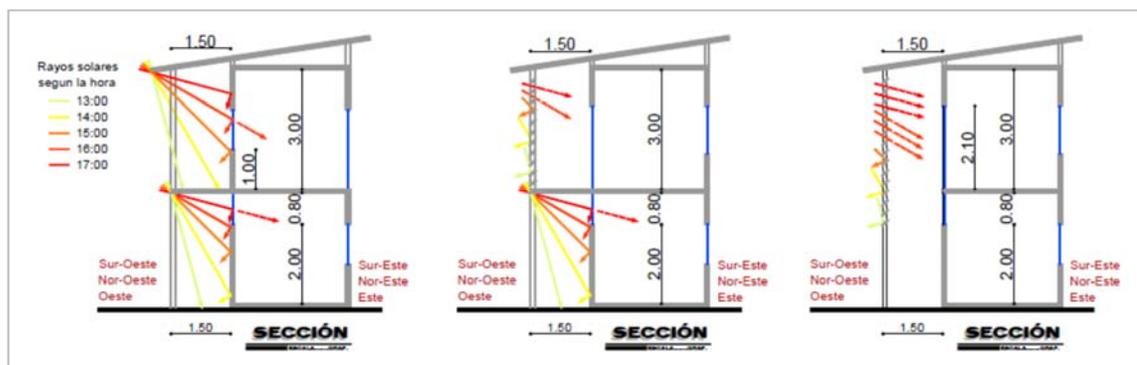


Figura101. Protección solar a través de portales sin o con celosías horizontales.
Elaborado: Aguilar S, 2017

Con un portal de 1,50m y entre pisos 3m la edificación obtiene un 57% de sombras en las fachadas afectadas permitiendo de esta manera evitar el sobrecalentamiento de los espacios interiores.

Además a este portal se le puede añadir celosías horizontales creando espacios de transición o también como soporte para crear una doble fachada de protección solar tal como se muestra en la figura 101.

Elementos de protección solar fija

Forman parte de los recursos de la arquitectura popular para obtener sombras propias permanentes. Este tipo de elementos de protección solar son mucho más efectivos si los separamos de las mamposterías expuestas debido a que evita la transmisión de calor por conducción.

Los mismos que pueden ser horizontales o verticales. Las protecciones horizontales tienen la ventaja de permitir una buena distribución de la iluminación y ventilación en los ambientes

interiores de las edificaciones y además permite tener una protección solar en los 365 días del año en el área donde se haya colocado estas protecciones, los mismos que pueden ser volados, aleros, celosías.

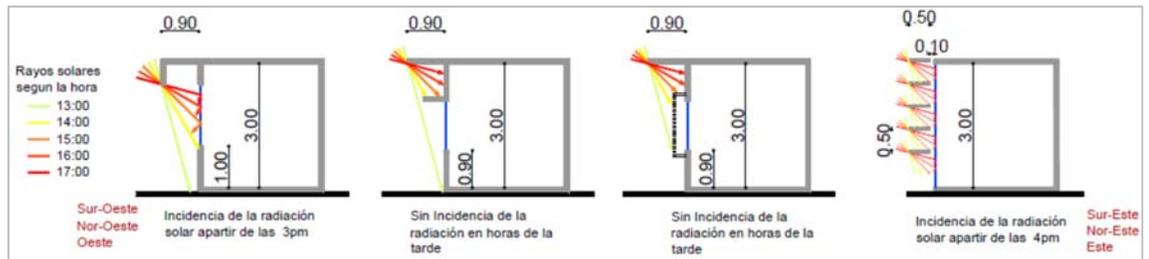


Figura 102. Protección solar horizontal a través de volados, celosías en la fachada afectada por la radiación solar de la tarde.

Elaborado: Aguilar S, 2017

Se plantea volados mínimos de 90cm combinado para mejorar la protección solar de las edificaciones debido a que es un sector donde es primordial generar sombra propia en las fachadas que reciben el sol de la tarde, para evitar el exceso de ganancia de calor.

Los Dispositivos verticales que se proponen son los partesoles, los mismos que deben estar ubicado según conveniencia y puede ser perpendiculares u oblicuos a la fachada como parte de ella o también separados. Este tipo de protección es recomendable para cuando se requiere espacios bien iluminados, es decir fachadas con gran cantidad de vidrio, los partesoles evitan el sobrecalentamiento de los ambientes interiores.

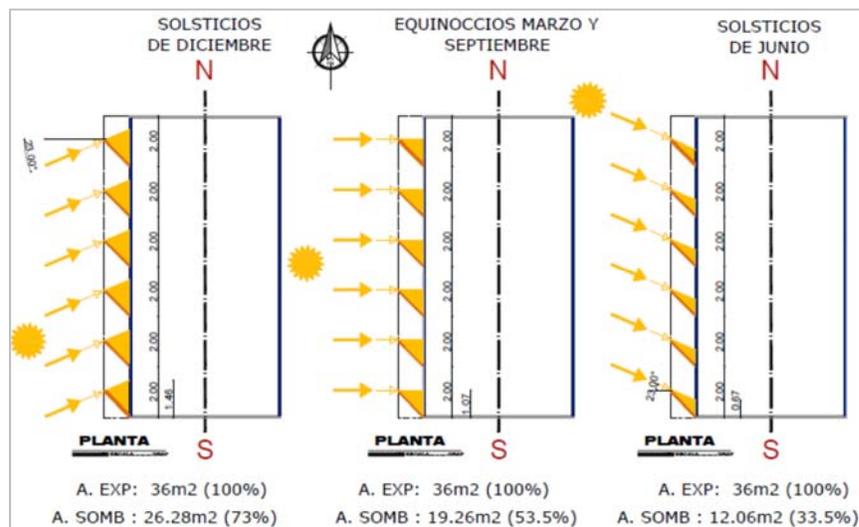


Figura 103. Partesol vertical oblicuos fijos para proteger la fachada oeste

Elaborado: Aguilar S, 2017

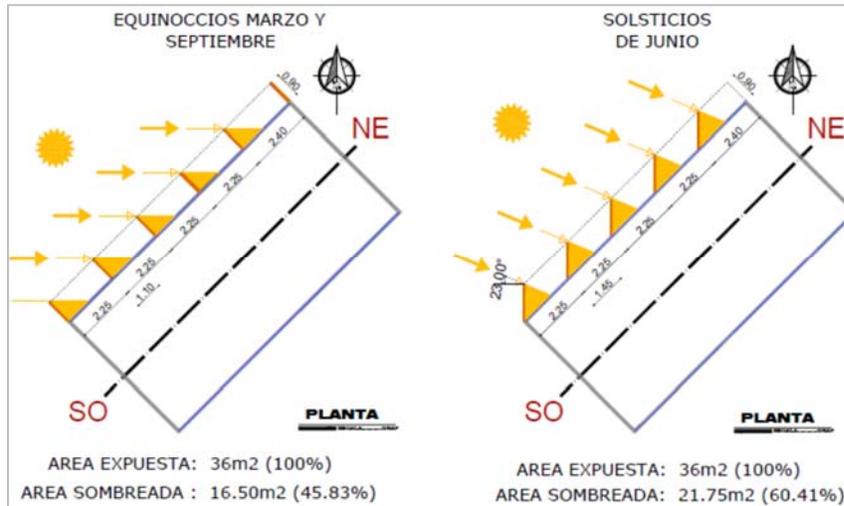


Figura 105. Partesoles verticales oblicuos fijos para proteger fachada noroeste
 Elaborado: Aguilar S, 2017

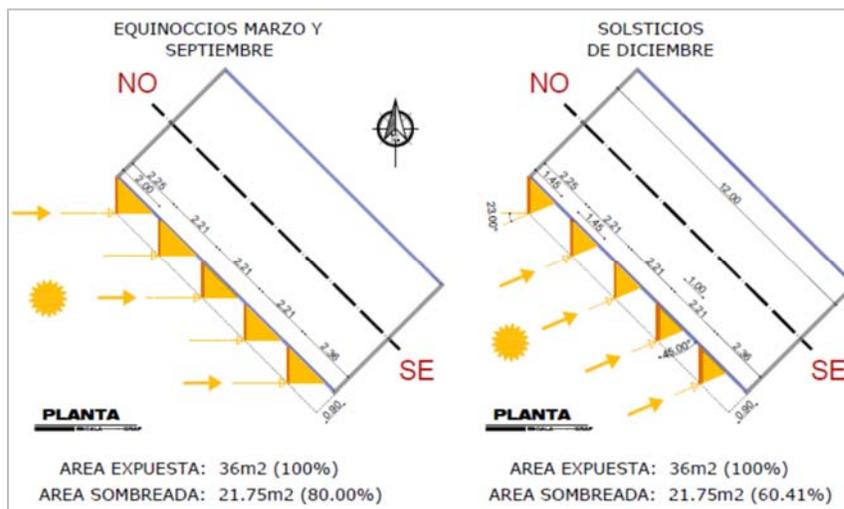


Figura 104. Partesoles verticales oblicuos fijos para proteger fachada suroeste
 Elaborado por: Aguilar S, 2017

Estos elemento de protección fijos tienen la ventaja de que necesitan poco mantenimiento es decir no necesitan ser manipuladas por ende no existe el riesgos de ser mal utilizadas. Además de que son parte de la arquitectura no parches.

- **Reducción de las aberturas.**

Las aberturas de las ventanas son elementos delicados del edificio, porque por ellos penetran una gran cantidad de radiación solar y por ende la ganancia de energía. Además tiene un coeficiente de transmisión térmica mucho mayor que el del cerramiento y porque a través de

ellos incide la radiación solar sin apenas obstáculos, se debe evitar las perforaciones de gran tamaños en los **planos verticales nor-oeste, sur-oeste y oeste.**

Y así pues, la orientación óptima de las de ventanas grandes en este sector es hacía las fachadas este, nor-este y sur-este.

Las aberturas también deben reducirse al mínimo en las cubiertas, debido a que la luz del sol de veranos es más intenso en el plano horizontal que en las verticales.

- **Colores de acabados exteriores.**

El color de los acabados exteriores tiene mucha importancia en los climas cálidos donde la temperatura de verano es alta y tiene riesgos de sobrecalentamiento de las superficies exteriores y el coeficiente de absorción varía dependiendo de la tonalidad del color. Por lo que es recomendable utilizar colores claros en las superficies exteriores.

Tabla 70. 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

Elaborado por: Aguilar S, 2017

3.3 Ventilación natural continúa.

En regiones cálidas húmedas como es el caso de Zumba el movimiento del aire constituye el elemento principal para alcanzar el confort, por lo tanto se propone aumentar la ventilación en las viviendas del sector para disminuir los altos niveles de humedad relativa, esto se puede conseguir a través del aumento de la velocidad del aire en épocas de verano y la ventilación permanente de los espacios interiores con sistemas pasivos de refrigeración como: la ventilación cruzada, ventilación unilateral y tipo chimenea.

Debido a que es un clima que se caracteriza por altas temperaturas diurnas y nocturnas y por su elevado porcentaje de humedad ambiental se propone:

- **Aumento de velocidad de aire en épocas de verano.**

Al aumentar la velocidad de aire interior se mejora el confort de verano porque al incidir sobre el cuerpo humano produce un efecto refrigerante directo y por el enfriamiento derivado de una evaporación más rápida del sudor.

Por lo tanto para conseguir este aumento en la velocidad del aire interior se debe ventilar los ambientes a través de la ventilación cruzada donde las entradas sean pequeñas y las salidas grande que cumplan la relación óptima planteada por Sobin de 1.25 del cociente entre área de salida dividido para la área de entrada.

Este tipo de ventilación se lo debe aplicar en ambientes que tengan una alta frecuencia de uso donde las profundidades de los ambientes no sean demasiado grandes para garantizar la buena del sistema de ventilación.

La orientación óptima de las aberturas para este sector son: las **entradas hacia el sur este** y las **salidas al nor-oeste** y como segunda alternativa también puede ser **entradas en el sur** y **salidas en el norte**, estas orientaciones nos permite bajar la temperatura máxima interior en 2-3°C por debajo de la máxima exterior.

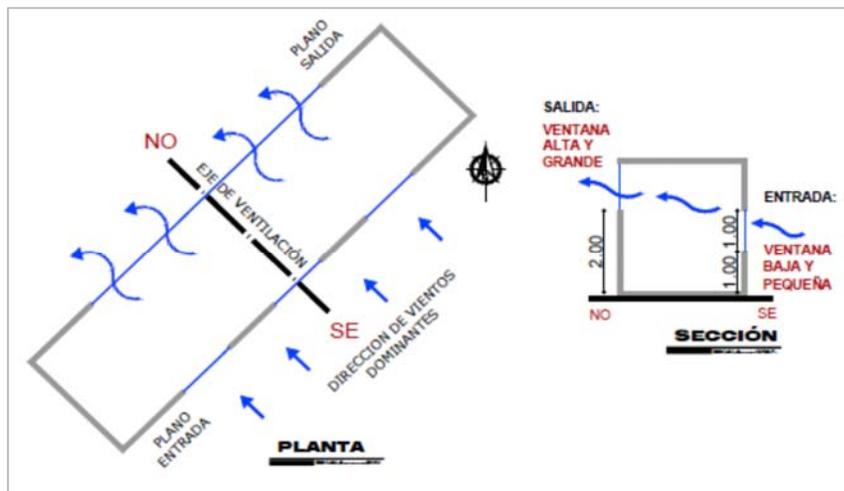


Figura 106. Orientación óptima para colocación de aberturas de ventilación en climas cálidos húmedos
Elaborado por: Aguilar S, 2017

Tabla 71. Ejemplos de la relación óptima ventanas comunes.

Entrada recomendadas			Salida (dimensionamiento de ventanas comunes en el medio)			Relación Óptima
Ancho (m)	Alto (m)	Área (m ²)	Ancho (m)	Alto (m)	Área (m ²)	
1.60	1.00	1.60	2.00	1.00	2.00	1.25
1.30	1.00	2.30	1.80	1.60	2.88	
1.00	0.86	0.86	0.9	1.20	1.08	
1.54	1.00	1.54	1.20	1.60	1.92	

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Estas son algunas de las alternativas para dimensionamiento de ventanas comunes donde cumple la relación óptima para la ventilación cruzada, dichos dimensionamientos no son rígidos sino que en este caso se propone ventanas de forma horizontal en vista que permiten mejor distribución del aire.

- **Ventilación permanente**

Es muy importante garantizar una buena ventilación diurna y nocturna que aumente la sensación de bienestar, tratando de disminuir la humedad ambiental con la ventilación continua en los ambientes.

Para conseguir la renovación continua del aire interior de las edificaciones se propone utilizar ventanas combinadas con tarjeteros permeables e impermeables. Lo que nos permitirá asegurar la ventilación continua de los espacios. Para esta ventilación continua, los tarjeteros se proponen horizontales debido a que permiten distribuir mejor el viento.

Ventanas para ventilación cruzada deben tener las de la entrada, un tarjetero permeable con celosías horizontales y malla anti mosquitos en la parte inferior de la misma, mientras que la ventana de salida debe cambiar el tarjetero de ventilación a la parte superior de la ventana para que salga el aire caliente.



Figura 107. Detalles de la ventanas para ventilación cruzada.
Elaborado por: Aguilar S, 2017

Otra opción para la ventilación cruzada, es a través de la combinación de cerramientos externos y divisiones permeables que aproveche el viento dominante. Esto sirve para el espacio que necesita ventilación continua.

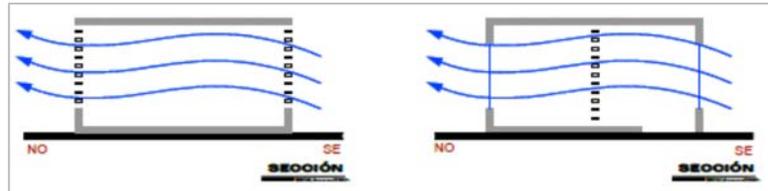


Figura 108. Ventilación continua a través de paredes permeables
Elaborado: Aguilar S, 2017

Ventanas para ventilación unilateral en cambio deben tener dos paños permeables en la misma ventana, uno en la parte inferior como entrada del aire y otro en la parte superior para la salida del aire viciado de las habitaciones. Esto cuando se cuenta con una sola ventana en la habitación.

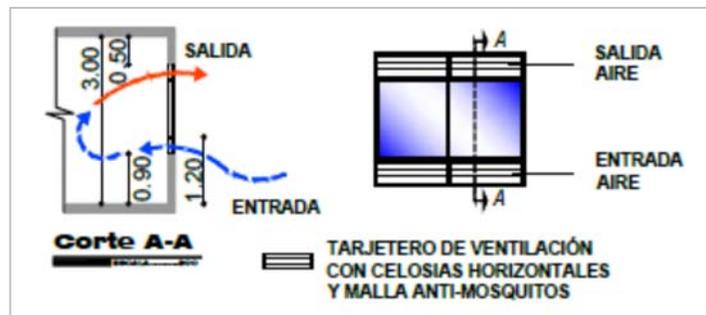


Figura 109. Ventanas para ventilación unilateral
Elaborado: Aguilar S, 2017

Ventilación vertical tipo chimenea las edificaciones elevadas favorecen a la circulación de aire y, en consecuencia, la disminución de la humedad. Por lo tanto, son aconsejables los emplazamientos elevados porque proporcionan mayor posibilidad de ventilación. En climas muy húmedos es recomendable la construcción separada del terreno para obtener una mayor exposición de las brisas.

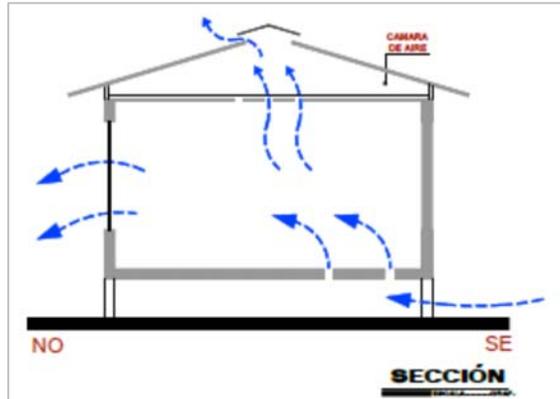


Figura 110. Ventilación a través del piso y cubierta.
Elaborado por: Aguilar S, 2017

Cubiertas ventiladas, deben tener una cámara de aire con pendientes mínimas de 30% para evacuar ligeramente las aguas lluvias y a las vez dar amplitud a la misma, también se la puede equipar con efecto chimenea, ventilación cruzada y sistemas reflejantes.

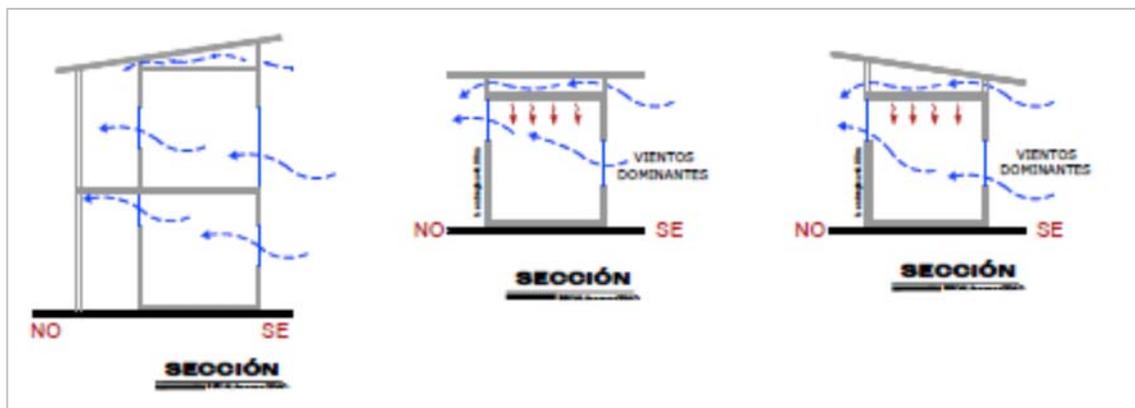


Figura 111. Tipos de cubiertas inclinadas con su respectiva cámara de aire.

Siempre que sea posible se debe considerar el 30% de vanos en las edificaciones implantadas en clima cálido húmedo, para que se obtenga una edificación con suficiente ventilación, esto de acuerdo a la NEC.

Cuando la dirección de los vientos no es coincidente con la mejor orientación solar, debe priorizar la ventilación, debido a mayor facilidad de utilizar elementos para sombrear que para direccionar los vientos. En todo caso la orientación del edificio no necesariamente debe ser perpendicular a la dirección de los vientos. También se puede rotar en un 20° a 30° respecto a los vientos predominantes de verano, utilizando recursos que faciliten la ventilación cruzada.

El hecho de utilizar sistemas pasivos tanto para la ventilación como para la protección solar tiene las ventajas siguientes:

- Forman parte de la construcción propia.
- Son económicos, por su bajo coste adicional.
- Tienen gran durabilidad, análoga a la del propio edificio.
- Funcionamiento sencillo.
- Mínimo mantenimiento y no requieren energía auxiliar para su funcionamiento.

En el caso de las alternativas de protección solar su eficiencia puede ser comprobada a través de análisis térmico en la simulación con el ecotec.

4. APLICACIÓN DE LINEAMIENTOS TÉRMICOS PLANTEADOS EN EL CASO DE ESTUDIO

Realizada la investigación, se ha logrado conocer cómo, cuál y por qué el comportamiento térmico de las dos viviendas analizadas. Donde el análisis numérico, de simulación térmica y monitoreo en sitio arrojaron resultados que demuestran que dependiendo de la forma arquitectónica se obtiene mayor o menor ganancia de calor.

En este caso tenemos las fachadas de mayor superficie de cada vivienda orientadas al nor-este donde reciben el sol de la mañana y la del sur-oeste le afecta la radiación solar de la tarde, por lo que la casa 1 con su portal en la fachada SUR-OESTE se adapta positivamente protegiendo a la edificación y evitando la ganancia solar de las tardes. Mientras que la casa 2 con volados mínimos no tiene una protección solar adecuada permitiendo la ganancia solar, por lo cual en los días más soleados en horas de la tarde tiene altas ganancias de calor lo que le permite alcanzar temperaturas de 34°C en sus ambientes según monitoreo en sitio y de 37°C de acuerdo a la simulación térmica. Por tal razón, se propone realizar una intervención térmica en la casa 2 con la finalidad de equiparla para los días de máximo soleamiento en el sector.

La intervención térmica se plantea a nivel exterior de la edificación con la finalidad de evitar molestias a los ocupantes, es decir no se interrumpe el funcionamiento de la vivienda mientras se realiza la obra de rehabilitación si fuera el caso, además esto nos ayuda a mantener las mismas superficies habitables.

4.1 Intervención de la forma arquitectónica de la vivienda de hormigón armado con la finalidad de mejorar el comportamiento térmico.

Al tratarse de una intervención térmica donde existen zonas que tienen temperaturas interiores fuera de la banda de confort en épocas de verano, se propone resolver esta problemática mediante aumento de ventilación natural y protección solar debido a que estos mecanismos permitirán mitigar las horas de elevadas temperaturas, aumentando el confort térmico anuales.

En la tabla 72 se expone el resumen de las características propias de la edificación que modifican la ganancia o pérdida térmica donde se muestra los datos de rangos normales según la NEC-11 y porcentajes del estado actual de la vivienda. Dándonos una clara idea de la situación térmica actual de la edificación para poder tomar decisiones posteriormente en la intervención térmica de la misma.

Se ha considerado intervenir solo en la tersura (volados) y perforaciones debido a que el resto de características cumple con los rangos establecidos por la norma, es decir debido a la cercanía a la norma tienen poca influencia en el cambio de temperatura interior.

Tabla 72. Tersura de la casa 2

Protección solar	Rangos normales para orientación SO-SE-NO-NE, según la NEC-11	Casa 2				
		Porcentajes actual		Estrategias de corrección		
Tersura	30%	Fachada SO	Planta Baja	Hora	Sombras %	Aumentar la protección solar en un 8% y 22%, para estas dos horas de la tarde, es
				16h00	22%	
		17h00	8%			
		Fachada NO	Doble Altura	15h00	23%	Mientras que en planta alta se debe equipar de protección para evitar la ganancia de calor a partir de la 15h00.
16h00	14%					
17h00	8%					
13h00	58%	En esta fachada se debe analizar la posibilidad de proteger, a partir de la 14h00 debo a que no tiene una correcta protección solar.				
14h00	27%					
15h00	15%					
16h00	9%					
17h00	4%					

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Tabla 73. Resumen de Características propias de las edificaciones que modifican la ganancia o pérdida de calor en la ventilación natural.

Ventilación	Rangos normales para orientación SO-SE-NO-NE, según la NEC-11	Casa 2		
		Porcentajes actual		Estrategias de corrección
Perforación	35%	Fachada	%	
		Sur-oeste	31%	4%
		Nor-este	8%	27%
		Sur-este	9%	26%
		Nor-oeste	9%	26%

Elaborado por: Aguilar S, 2017

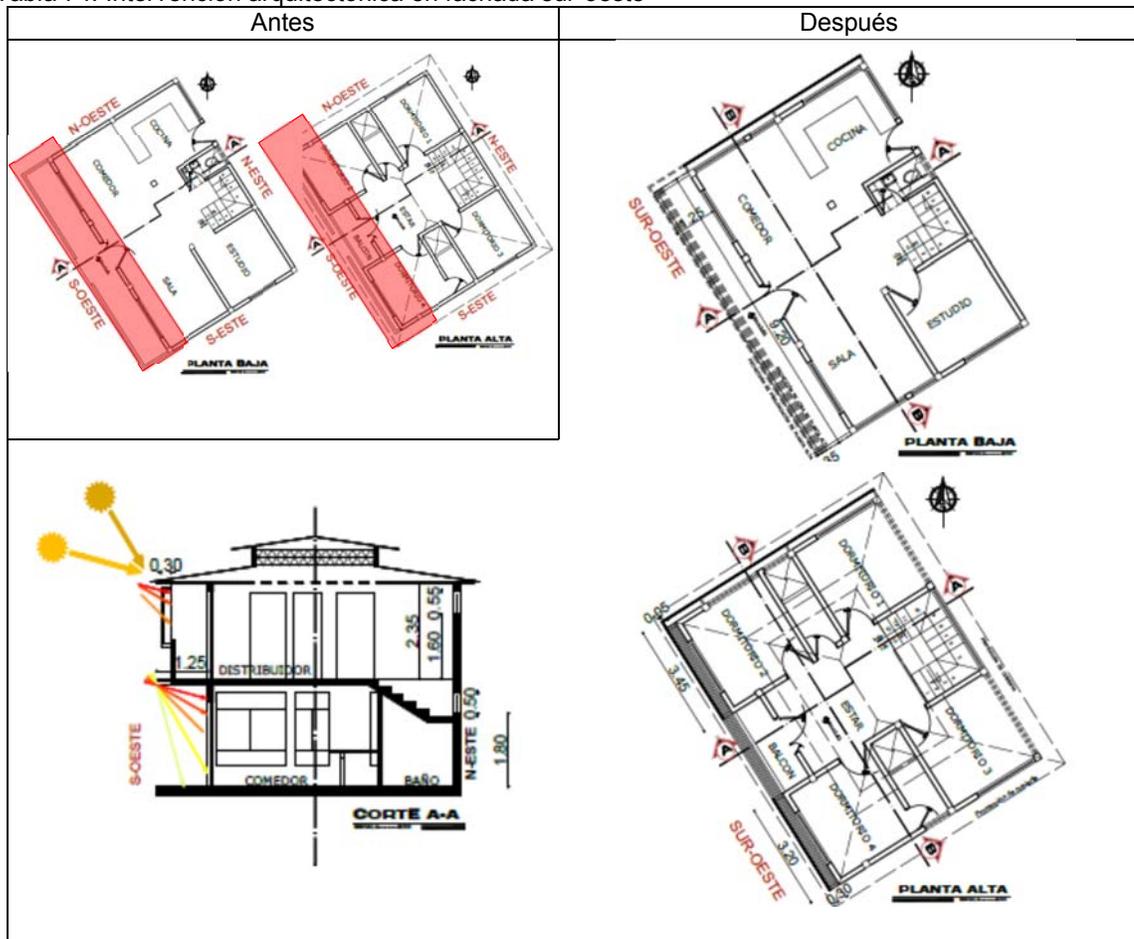
De acuerdo a las tablas de resúmenes en lo que tiene que ver con la tersuras se debe aumentar para mejorar la protección de las fachadas sur-oeste y nor-oeste y también se aumenta la perforación en las fachadas sur-este y nor-oeste lo que permitirá mejorar la ventilación natural del inmueble.

4.2 Aumento de sombras en fachada sur-oeste y nor-oeste.

Considerando los datos de la tabla 73, en este caso se debe aumentar la protección solar en ambas fachadas para evitar las ganancias térmicas por conducción. **En la fachada sur-oeste** por ser, la más afectada por la radiación solar de la tarde durante todo el año se aumentará la protección solar de manera estratégica para compensar su orientación desfavorable.

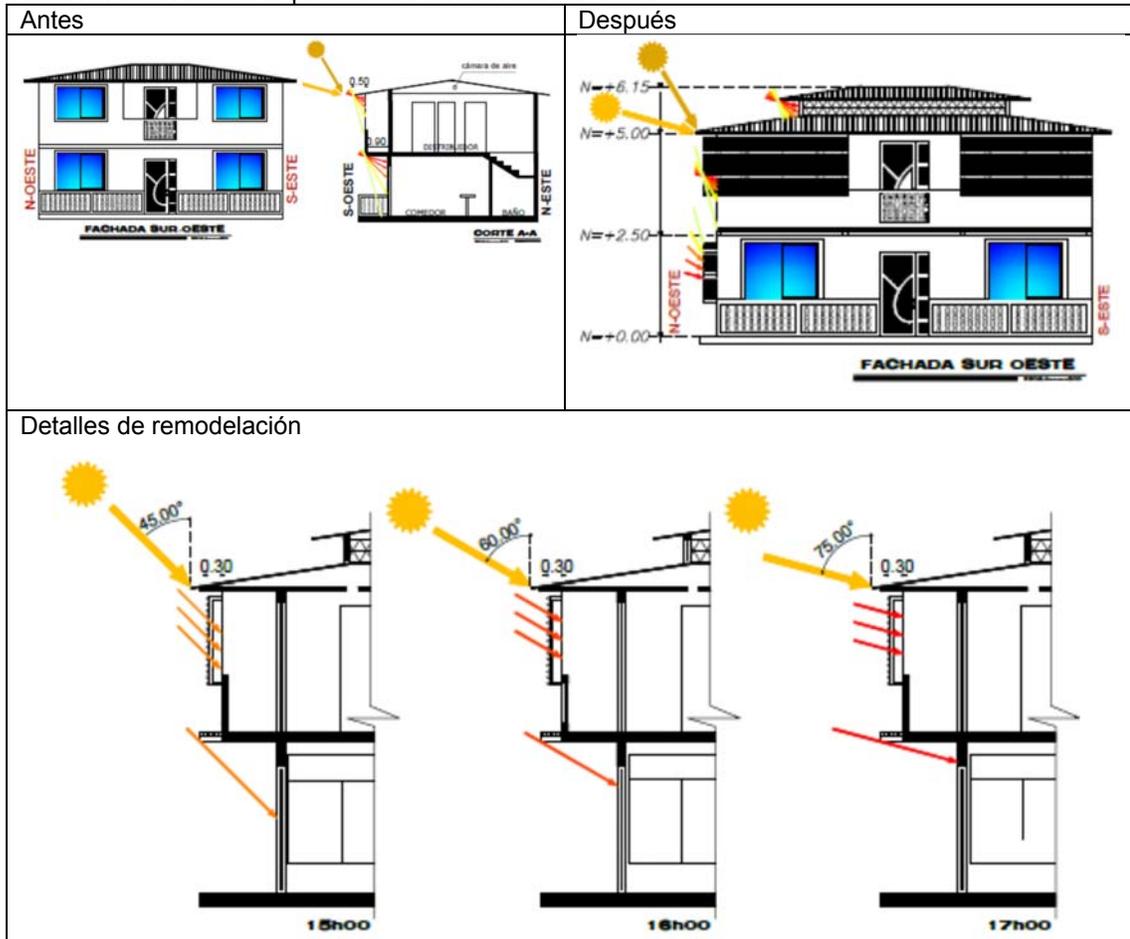
Aumenta la protección en una franja que cubra la superficies vidriadas y parte de la pared lo que permitirá evitar el paso de la radiación directa, estos dispositivos serán fijos y separados de la superficie de la fachada evitando el paso de calor por conducción al espacio interior de la edificación, en planta baja en cambio con una prolongación del volado de 0.90m a 1.25m se consigue proteger hasta las 4pm en un 30% quedando una sola hora de insolación de las superficies exteriores, tiempo que no es suficiente para sobrecalentar las paredes y transmitirlo al espacio interior (ver tabla 74).

Tabla 74. Intervención arquitectónica en fachada sur-oeste



Elaborado por: Aguilar S, 2017

Tabla 75. Intervención arquitectónica en fachada sur-oeste



Elaborado por: Aguilar S, 2017

Como se puede ver la intervención es exterior y mínima por tratarse de una edificación existente y que el impacto visual es mínimo pero significativo en la modificación del ambiente térmico del inmueble. Donde se utilizó protecciones horizontales tanto en la proyección de volado de planta baja como la protección de superficie vidriada con celosías horizontales en planta alta.

Como medio de verificación del aumento de protección solar de cada una de la propuesta se elaboró la tabla 76 donde se indican los porcentajes de sombras de la alternativa e incluso su estado actual para tener claro el mejoramiento (ver tabla 76).

Tabla 76. Resumen de porcentajes de sombras en la fachada sur-oeste de antes y después de la intervención arquitectónica de la Casa 2.

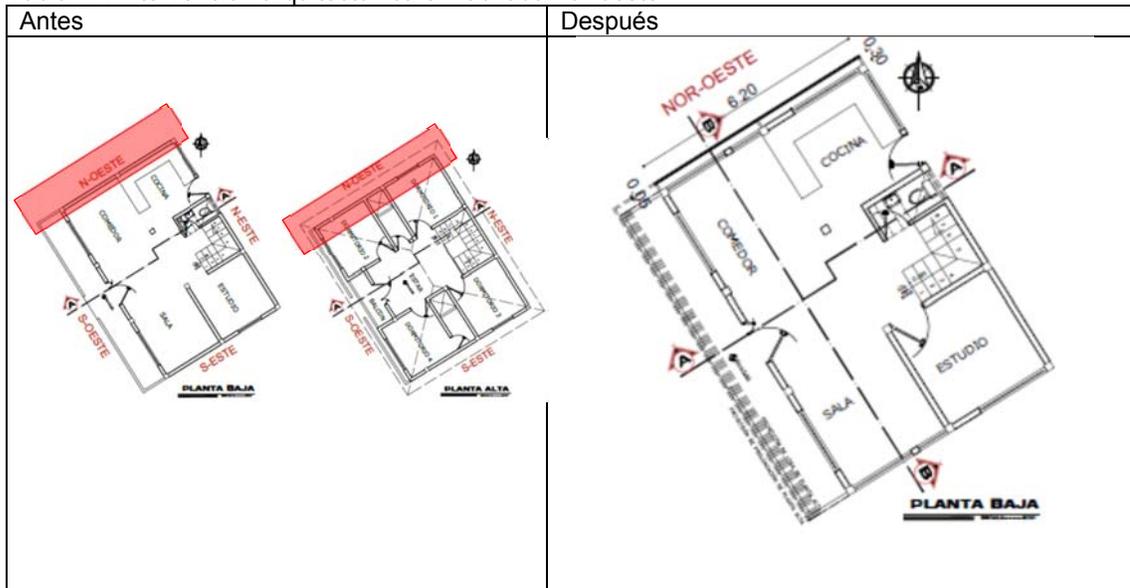
Plantas	Superficie expuesta (m ²)	Hora de incidencia solar	Antes		Después	
			Volado Actual de 0.90m		Volado de 1.25m	
			Sombras		Sombras	
			(m ²)	%	(m ²)	%
Baja	23.0m ²	13h00	23.00	100	23.00	100
		14h00	14.35	62	19.96	87
		15h00	8.28	36	11.50	50
		16h00	4.78	21	6.62	29
		17h00	1.93	8	3.04	13
Alta	23.00m ²		Volado Actual de 0.50m		Doble fachada en superficies vidriada	
		13h00	17.57	76	23.00	100
		14h00	8.65	38	18.03	78
		15h00	5.34	23	16.28	71
		16h00	3.31	14	15.36	67
		17h00	1.93	8	14.54	63

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Con la intervención de la fachada sur-oeste en planta baja se obtuvo un mejoramiento de la protección solar hasta 16h00 y en planta alta con la pantalla en las superficies vidriadas se logrará estar toda la tarde sobre el porcentaje de sombras recomendadas para estas orientaciones según la NEC-11.

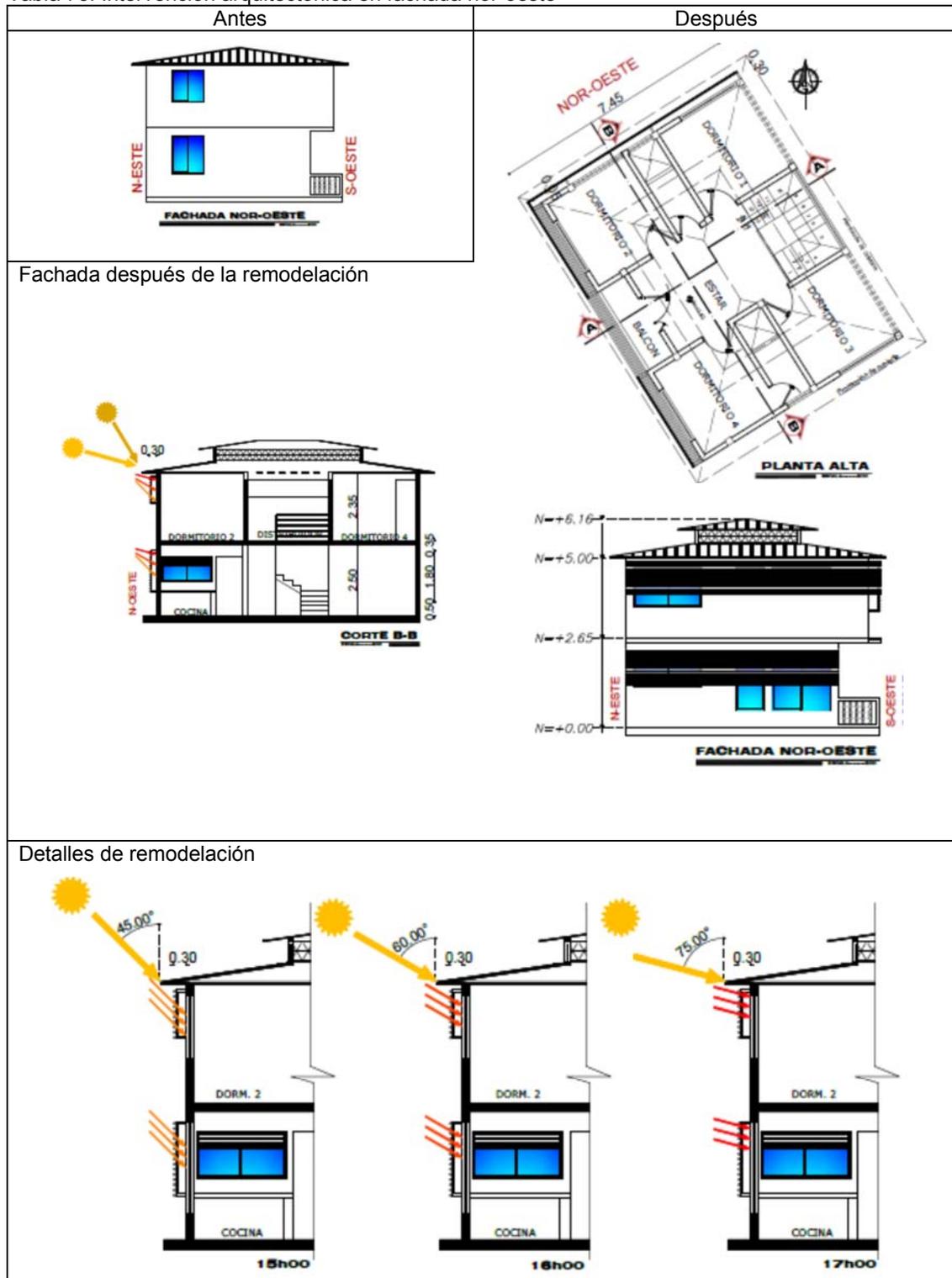
Intervención de la fachada nor-oeste, se propone proteger de la radiación solar de cierta manera que permita ganar calor en la época de invierno. La protección solar se plantea en sentido horizontal tanto de las superficies vidriadas y pared que se alinea a las mismas en planta alta y baja en vista que ésta fachada necesita ganar calor en tiempo de invierno.

Tabla 77. Intervención arquitectónica en fachada nor-oeste



Elaborado por: Aguilar S, 2017

Tabla 78. Intervención arquitectónica en fachada nor-oeste



Elaborado por: Aguilar S, 2017

Como hemos visto en la tabla 77 y 78 se protege con dispositivos fijos exteriores en sentido horizontal evitando así la ganancia solar a través de las superficies vidriadas al interior de la vivienda.

Con la casa 1 se consigue sombras que fluctúan de 62% a las 17h00, al 93% a las 13h00 es decir está equipada para de cierto modo disponer superficies expuestas a la radiación solar en época de invierno.

Tabla 79. Cálculo de sombras en fachada nor-oeste con protecciones horizontales en las superficies vidriadas.

Plantas arquitectónicas	Superficie expuesta (m ²)	Hora de incidencia solar	Antes		Después	
			Volado Actual de 0.90m		Alternativa 1 volado de 1.25m	
			Sombras		Sombras	
			m ²	%	m ²	%
Planta baja y alta	33.25	13h00	13.28	40	30.87	93
		14h00	6.18	19	24.56	74
		15h00	3.55	11	22.17	67
		16h00	2.06	6	21.24	64
		17h00	0.92	3	20.55	62

Elaborado por: Aguilar S, 2017

4.3 Incremento de perforaciones en fachada sur-oeste, nor-oeste y sur este

De acuerdo al análisis de perforación de la edificación los porcentaje de sus cuatro fachadas están por debajo de lo recomendado, por lo tanto antes de tomar una decisión se debe pensar cual sería las mejor posibilidad en vista de que no se trata de tener las cuatro fachadas con el 35% de perforaciones sino más bien detectar cuál de estas superficies conviene elevar su porcentaje de perforación para aprovechar los vientos dominantes y ventilar la vivienda a través de la ventilación cruzada, unilateral o tipo chimenea. En este caso conviene intervenir en las fachadas sur-este para la entrada de aire frío y la fachada nor-oeste para la salida de los aires viciados, aprovechado así los viento dominantes del sector que tiene sentido Sur-este y de esta manera lograr una ventilación idónea para disminuir los niveles de humedad en la edificación y activar la ventilación pasiva.

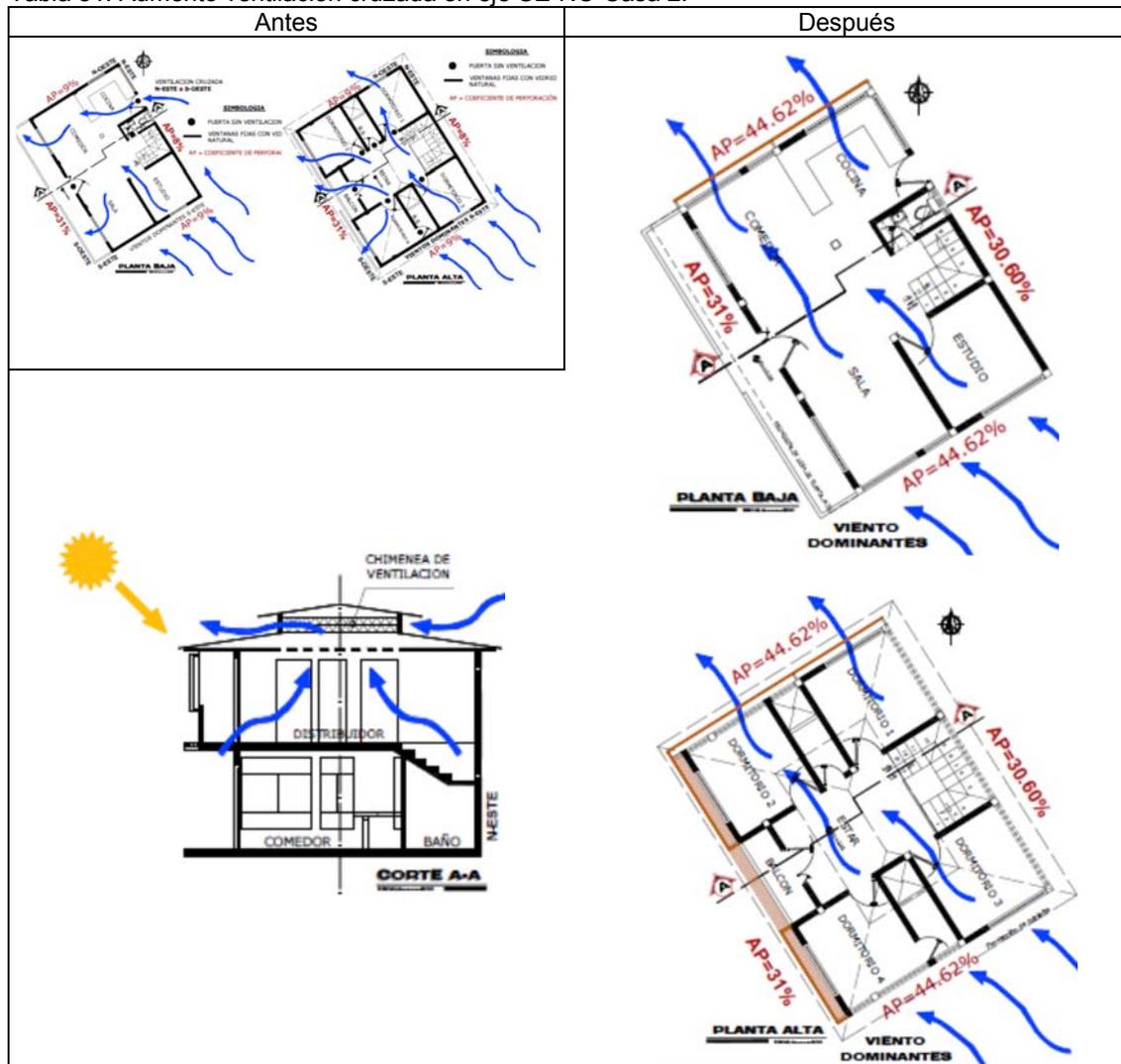
Tabla 80. Porcentaje de perforación propuesta para la rehabilitación térmica de la vivienda.

CASA 2	Fachada	Superficie global (Sg)	Superficie de perforación (Spr) actual	Perforaciones	
				Ante	Después
	Sur-oeste	49.22m ²	15.68m ²	31.00%	31.00%
	Nor-este	57.94m ²	17.73m ²	8.00%	30.60%
	Sur-este	39.08m ²	17.44m ²	9.00%	44.62%
	Nor-oeste	39.08m ²	17.44m ²	9.00%	44.62%

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Este aumento de perforación estratégica estará acompañada por el cambio de ventanas normales por ventanas propuestas para ventilación continua. Las que se utilizar de acuerdo a la necesidad de cada ambiente de la edificación, es decir para los dormitorios se utilizaran la ventanas de dos tarjeteros permeables uno inferior y el otro superior, lo que permitirá entrada de aire frío y salida de aire caliente.

Tabla 81. Aumento ventilación cruzada en eje SE-NO Casa 2.



Elaboracion por: Aguilar S, 2017

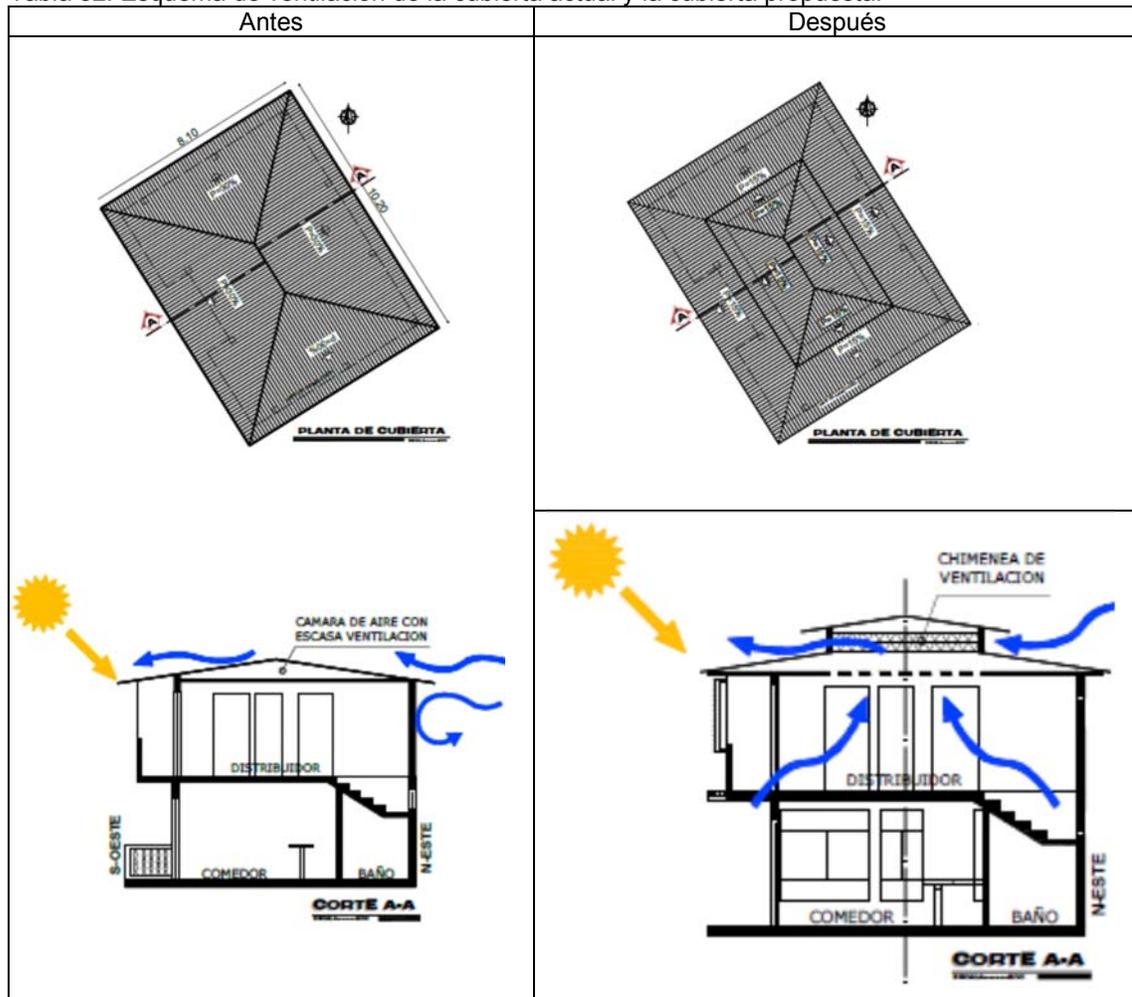
Para potencializar la ventilación naturalmente de la zona social en planta baja se plantea ventilación cruzada considera que se puede aumentar la perforación en la fachada SE-NO y equiparlas con ventanas combinadas las mismas que cuenten con un tarjetero con celosías horizontales que permiten la ventilación continua. Donde las ventanas de la fachada SE las celosías irán en la parte inferior aprovechando las corriente de viento dominante, mientras que

en la fachada NO se ubicará en la parte superior para evacuar el aire caliente, ya que el aire caliente se eleva y busca salidas superiores.

4.4 Equipamiento de cubierta con cámara de aire ventilada.

La cubierta, por ser un elemento fundamental en la protección de la edificación, es importante equiparla con buenos componentes bioclimáticos para contrarrestar el clima cálido húmedo de la ciudad de Zumba.

Tabla 82. Esquema de ventilación de la cubierta actual y la cubierta propuesta.



Elaborado por: Aguilar S, 2017

Por lo que se propone la doble cubierta, creando una cámara de aire ventilada con entrada inferior la misma que se encarga de evacuar el aire viciado de la planta baja y alta a través del efecto chimenea por convección.

4.5 Simulación del ecotec en la propuesta de intervención de la vivienda de hormigón armado.

Una vez comprobado manualmente la intervención arquitectónica en la casa 2 se la somete a la simulación térmica con ecotec verificación el mejoramiento del confort térmico en la misma. A través del cálculo de las temperaturas diarias, ganancias y pérdida de calor por hora y la distribución anual de la temperatura en los dos meses más críticos térmicamente como son julio el más frío y diciembre el más cálido, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Temperatura horaria en la propuesta**

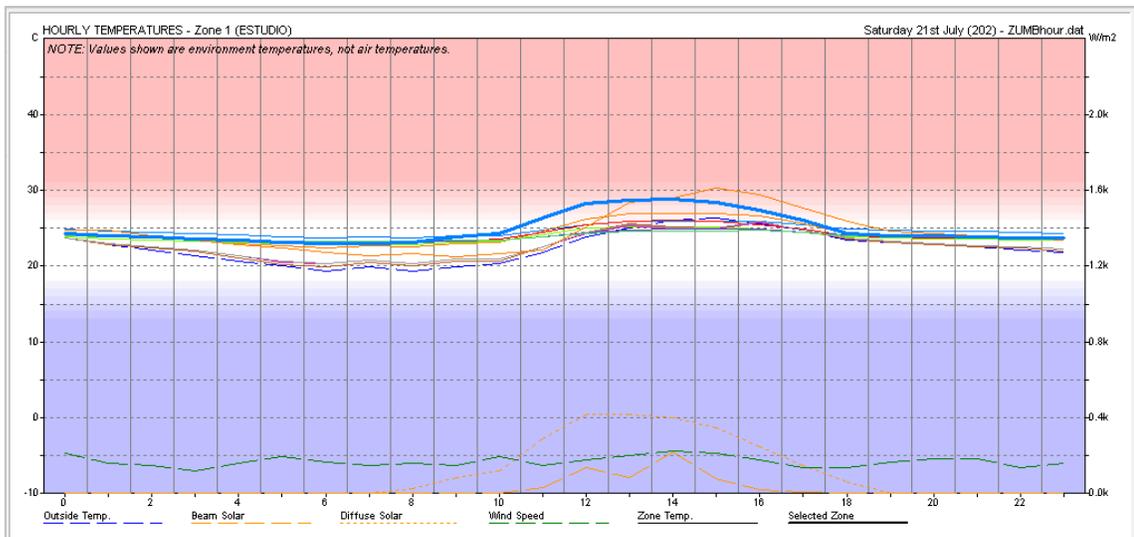


Figura 112. Temperaturas diarias de las zonas térmicas de la remodelación de la casa 2. Elaborado por: Aguilar S, 2017

Tabla 83. Temperaturas máximas y mínimas de la casa 2 sin intervención de la forma arquitectónica

Plantas	Zonas térmicas e intemperie	Temp. Diarias en el mes más frío		Temp. diaria en el mes más cálido	
		Temp. Ext. e Int. Min. (°C)	Temp. Ext. e Int. Max. (°C)	Temp. Ext. e Int. Min. (°C)	Temp. Ext. e Int. Max. (°C)
	Intemperie	19.30	26.30	22.80	35.10
Baja	ZT1 (Estudio)	24.40	28.10	30.00	35.40
	ZT2 (baño)	25.50	25.90	28.20	37.40
	ZT3 (s, c y c)	23.40	26.70	28.20	34.50
Alta	ZT4(dorm.3)	22.90	26.20	28.10	33.40
	ZT5(Estar)	23.60	25.00	29.40	32.20
	ZT6 (dorm. 1)	23.30	25.60	28.50	32.40
	ZT7 (baño)	23.70	25.50	28.90	32.30
	ZT8 (dorm. 2)	22.70	25.40	27.70	33.80
	ZT9(dorm. 4)	22.90	25.20	28.50	32.50
	ZT10(baño)	23.30	26.00	28.60	33.40

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Tabla 84. Temperaturas máximas y mínimas de la casa 2 con intervención de la forma arquitectónica

Plantas	Zonas térmicas e intemperie	Temp. Diarias en el mes más frío		Temp. diaria en el mes más cálido	
		Temp. Ext. e Int. Min. (°C)	Temp. Ext. e Int. Max. (°C)	Temp. Ext. e Int. Min. (°C)	Temp. Ext. e Int. Max. (°C)
	Intemperie	19.30	26.30	22.80	35.10
Baja	ZT1 (Estudio)	23.00	28.80	27.80	34.10
	ZT2 (baño)	23.80	26.00	29.10	32.90
	ZT3 (s, c y c)	22.40	27.00	26.30	31.70
Alta	ZT4(dorm.3)	23.00	26.00	28.60	33.10
	ZT5(Estar)	22.90	25.30	28.20	32.10
	ZT6 (dorm. 1)	20.30	25.70	19.10	29.70
	ZT7 (baño)	23.20	24.90	28.30	31.20
	ZT8 (dorm. 2)	20.00	26.00	19.20	31.90
	ZT9(dorm. 4)	20.30	25.90	20.20	31.20
	ZT10(baño)	23.30	24.70	28.70	31.40

Elaborado por: Aguilar S, 2017

De acuerdo a los resultados obtenidos las temperaturas diarias de la casa 2 remodelada tienen una mejoramiento del comportamiento térmico en todas sus zonas térmicas donde la disminución de la temperatura es evidente si comparamos con los datos de temperaturas de la tabla 113 y 114 que son los resumen de las máximas y mínimas de cada zona los detalles de las temperaturas diarias se puede revisar en anexos 3.

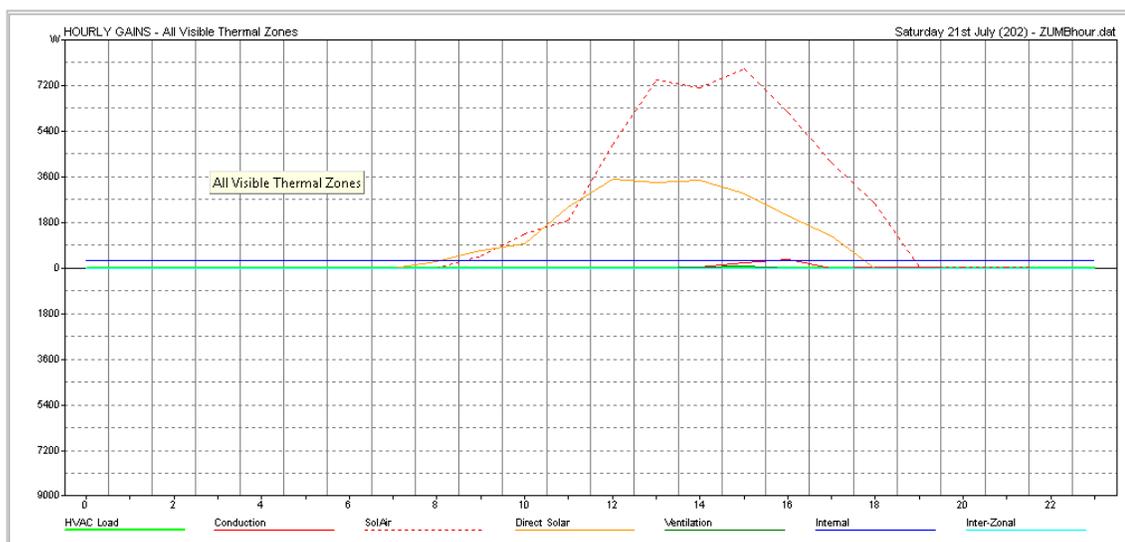


Figura 113. Ganancia y pérdida de calor por hora del 21 de julio (mes más frío) en remodelación. Elaborado por: Aguilar S, 2017

- **Ganancias y pérdidas de calor por hora en la propuesta**

Tabla 85. Resumen de la ganancia y pérdida de calor de la casa en remodelación.

CASA 2	Día	FABRIC (Wh)	SOLAR (Wh)	VENT. (Wh)	INTERN (Wh)	ZONAL (Wh)	GANANCIAS TOTALES
Sin intervención	Mas frio	32753	6631	48	7133	-3245	43'320wh
	Más cálido	120503	12558	10915	7133	18989	151'109wh
Con remodelación	Mas frio	28269	5756	100	7133	-1124	40'134wh
	Más cálido	104206	11389	12676	7133	15445	105'849wh

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Al igual que temperatura diaria las ganancias de calor en la remodelación también se disminuyen de un 43320wh a 40134wh en el mes más frío y de 151109wh a 105849wh en el mes más cálido. Estas pérdidas de calor son más representativas en la variable de material y por la exposición solar directa debido a que se aumentó la protección solar en las superficies vidriadas y superficie expuesta en las fachadas más afectada por la radiación solar de la tarde.

Los detalles de la ganancia solar de la remodelación se la pueden ver en anexo 4 tanto de la época fría como la calurosa

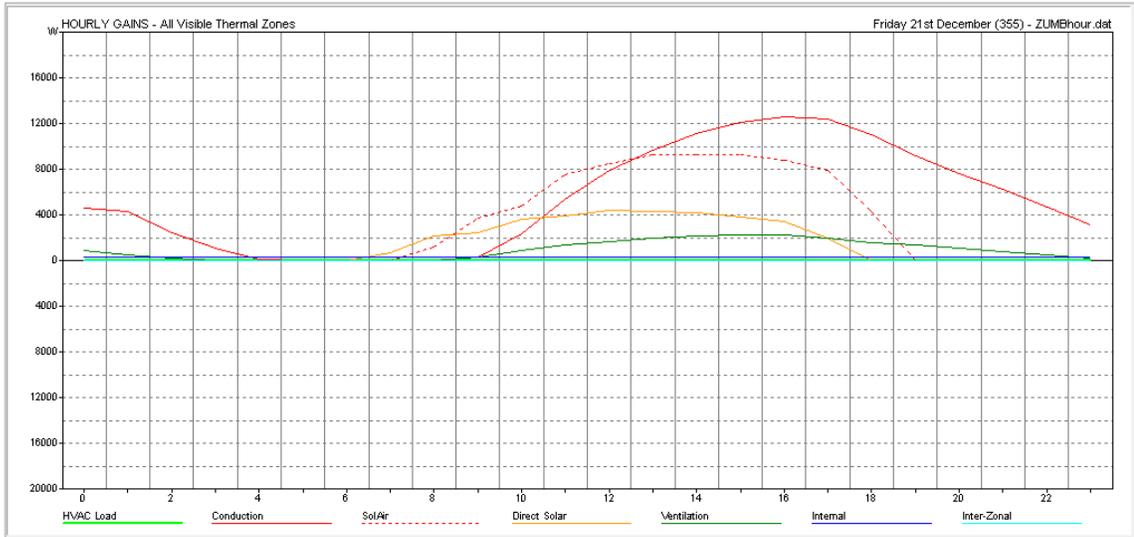


Figura 115. Ganancia y pérdida de calor por hora del 21 de diciembre (mes más frío) en remodelación
Elaborado por: Aguilar S, 2017

- **Distribución anual de temperatura en la remodelación**

Con una banda de confort de 18.00 – 26.00 °C para la ciudad de Zumba como referencia para determinar cuantas horas se mantiene dentro de este rango se determinó los siguientes resultados para la propuesta.

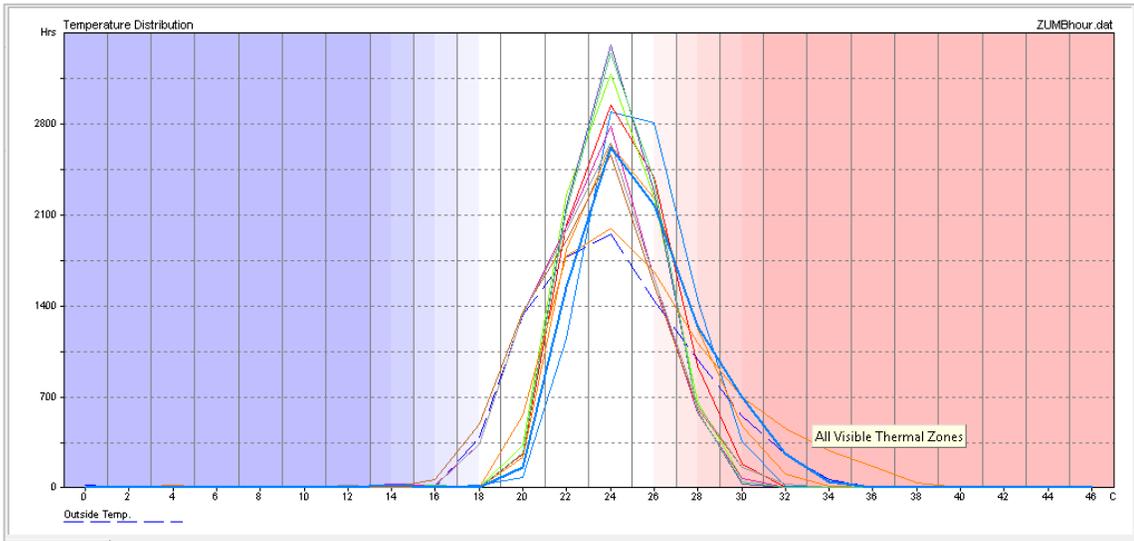


Figura 116. Comportamiento térmico de anual de la casa 2 con remodelación.
Elaborado por: Aguilar S. 2017

Tabla 86. Comportamiento térmico anual de la casa 2 con y sin remodelación.

ZONAS	Confort sin remodelación		Confort con remodelación	
	Horas	Porcentajes	Horas	Porcentajes
ZT1(Estudio)	5781	66.0%	6492	74.10%
ZT2(Baño S.)	6900	78.8%	6945	79.30%
ZT3(Area S.)	6679	76.2%	6919	79.00%
ZT4(Dorm. 3)	7518	85.8%	7610	86.90%
ZT5(Vest.)	7722	88.2%	7994	91.30%
ZT6(Dorm. 1)	7741	88.4%	8062	92.00%
ZT7(Baños)	7745	88.4%	8108	92.60%
ZT8(Dorm. 2)	7663	87.5%	7862	89.70%
ZT9(Dorm. 4)	7759	88.6%	7899	90.20%
ZT10(Baños)	7555	86.2%	8102	92.50%
Cubierta	5719	65.3%	7095	80.99%
Confort promedio anual	7162	81.76%	7554	86.23%

Elaborado por: Aguilar S, 2017

De las 8760 horas al año, la vivienda remodelada consigue estar dentro de la franja de confort en 7554 horas lo que significa mejora de 392 horas al año dejando una déficit de 1206 horas que la vivienda estaría fuera del confort. Para revisar los detalles de la distribución anual de la temperatura de cada ambiente de la remodelación ver anexo 5 y para conocer a detalle el proyecto arquitectónico de remodelación de la casa 2 revisar el anexo 6.

CONCLUSIONES

En base al estudio realizado se pudo concluir lo siguiente:

- La forma arquitectónica y sus características propias modifican la ganancia y la pérdida de calor de una edificación e influyen térmicamente, por lo tanto conocer a cabalidad sus repercusiones térmicas se convierte en una herramienta del diseñador para obtener proyectos que se adapten al medio.
- Para la generación del fichero climático se utilizaron los software: meteonorm y weather tool, cuya simulación es muy similar a la realidad climática del lugar, en el caso de localidades como Zumba que no cuenta con una estación meteorológica. A partir de la generación del fichero climático, que fue cargado en el programa de análisis térmico Ecotec, se evaluó térmicamente a detalle cada uno de los ambientes de las viviendas en análisis.
- El rango de confort térmico para esta zona según la NEC-11, que es la normativa que regula la eficiencia energética de la edificación en el Ecuador, es de 18°C a 26°C, pero los resultados del análisis climático de Zumba es de 22.2 °C a 27.2°C.
- En cuanto a la metodología empleada para el análisis térmico de la forma arquitectónica, los tres métodos de análisis térmico utilizados coinciden en las tendencias del comportamiento térmico de las edificaciones analizadas, con las que se puso determinar las causas del comportamiento térmico de cada casa.
- El análisis numérico permitió tener una primera valoración térmica de las edificaciones, la simulación en cambio con la modelación y programación de las variables de análisis generó reportes climáticos de cada uno de los ambiente de la edificación, y finalmente con el monitoreo en sitio se consiguió comprobar el margen de error de los dos análisis anteriores.
- Los resultados obtenidos del análisis numérico tanto del cálculo del factor de forma como los coeficientes de la características propias de las edificación que modifican la ganancia y pérdida de calor indican que la casa 1 (vivienda de bahareque) está mejor equipada para clima cálido húmedo que la casa 2 (vivienda de hormigón).
- La simulación térmica con sus reportes térmicos de las temperaturas diarias, ganancia y pérdida de calor en dos días extremos más la distribución térmica anual permite

conocer a cabalidad el comportamiento térmico de cada zona térmica de las viviendas en análisis.

- Las temperaturas diarias de las edificaciones del día 21 de julio, con una franja de confort de 18°C-26°C y temperaturas exteriores de 19.30°C como mínima y máxima de 26.30°C, según el ecotec la casa 1 se mantiene dentro del área de confort durante todo el día, mientras que la casa 2 tiene una temperatura mínima inferior a la casa 1 pero en horas de la tarde sale de la franja de calor en las ZT1 (estudio) con temperatura de 28.10°C.
- El 21 de diciembre con una temperatura exterior de 22.80°C como mínima y una máxima de 35.00°C, en cambio ambas edificaciones salen de la franja de confort en horas de la tarde con la diferencia de que la casa 1 registra temperaturas inferiores a la temperatura máxima exterior, lo que hace que el usuario se sienta mejor dentro de ella, mientras que la casa 2 en cambio sobrepasa la temperatura máxima exterior y registra diferencia de temperaturas de 9.7°C entre la mínima y máxima temperatura interior por tal razón el usuario percibe el exceso de calor dando malestar térmico.
- Las ganancias y pérdidas de calor por hora de cada casa, tanto en el día más frío como en el más cálido, indican que la diferencia de ganancia son por el material con una diferencia de 6'146 wh en el día más frío, mientras que en el día más caluroso es de 17'578 wh y por la ganancia de la exposición solar directa debido a la forma arquitectónica del día más frío hay una diferencia de 4'367 wh y en el más cálido de 8'228 wh triplicando la casa 2 la ganancia de la casa 1, debido a la escasa protección solar.
- La distribución anual de temperaturas tiene poca diferencia entre las dos casas debido a que en el clima de la ciudad de Zumba anualmente muestra poca diferencia, por lo que los problemas térmicos que presenta la casa 2 son específicamente en los días más cálidos del año debido a que registran cambios térmicos muy bruscos.
- El monitoreo en sitio corroboró que las dos edificaciones tienen al igual que la simulación térmica comportamientos térmicos similares que indican que la casa 1 es estable térmicamente tanto en el día más frío como en el más cálido, mientras que la casa 2 en el día caluroso registra diferencia de temperaturas elevadas; y en cuanto a la humedad relativa ambiental en ambos casos es elevada tanto en los días fríos como cálidos.

- La ventilación natural de ambas edificación es defectuosa debido a la mala orientación eólica y escasa perforación estratégica en las fachadas sur-este, y en el caso de la casa 1 también por contar con ventanas fijas y utilizar como única forma de ventilación las puertas.
- La casa 1 a pesar de tener una inapropiada orientación, en los tres análisis térmicos obtiene resultados que dicen que las vivienda tiene buen comportamiento, debido a que cuenta con protección solar adecuada con un portal de 1,50m en planta baja y una galería de 2.00m en planta alta en la fachada as afectada por la radiación solar, pero en lo que tiene que ver con la humedad ambiental de los espacios interiores no cumple con los rangos sugeridos por la NEC-11 debido a la falta de perforaciones estratégicas en las fachadas SE y NO.
- El bajo rendimiento térmico de la casa 2 se lo explica en vista de que cuenta con volados mínimos de entre 90 y 50cm mismos que no generan un promedio aceptable de sombras en la fachada sur-oeste que es la más soleada en la tarde a lo largo del año.
- Las cubiertas de las edificaciones analizadas tienen un comportamiento térmico diferente, debido a que las cámaras de aire varían, en la casa 1 la cámara de airees amplia con ventilación continua, en cambio en la casa 2 la cámara de aire es pequeña y sin ventilación, la misma que tiene un bajo rendimiento térmico y deja pasar calor a los espacios inmediatos; mientras que la cubierta de la casa 1 mitiga el paso de calor por conducción debido a la cámara de aire ventilada.
- A través del estudio de la forma arquitectónica como elemento determinante del confort térmico en las edificaciones de clima cálido húmedo, se concluye que se debe priorizar la ventilación natural continua y la protección solar exterior, equipando las edificaciones con sistemas pasivos de refrigeración, debido a que es un clima con poca variación anual.
- La aplicación de los lineamientos térmicos en la planificación o remodelación de las futuras edificaciones garantizarán el confort térmico, obteniendo edificaciones equipadas de forma apropiada para climas cálido húmedo.

RECOMENDACIONES

En la presente investigación de acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

- A la hora de plantear un diseño energéticamente sostenible, debemos tener en cuenta una serie de aspectos basados en el clima del lugar donde se implantara el proyecto.
- Las alternativas para equipar a las edificaciones en clima cálido húmedo son amplias, entre ellas tenemos los lineamientos propuestos, que sirven tanto en edificaciones nuevas como en intervenciones para mejorar las condiciones térmicas.
- La orientación recomendable para estos sectores es en sentido SO-NE con forma alargada orientando la cara corta al SO, esto evitará la exposición solar disminuyendo la superficie captadora de calor, además con esta implantación también se conseguirá aprovechar al máximo los vientos predominantes.
- En casos donde no sea posible aplicar la alternativa antes mencionada se recomienda equipar con una protección solar adecuada a las siguientes superficies verticales: la SO, O y NO donde deben contar con volados mínimo de 90cm por piso.
- En sectores de clima cálido húmedo se debe potencializar la ventilación natural en las edificaciones, aprovechando los vientos dominantes del sector para crear ventilación cruzada, unilateral o tipo chimenea ubicando estratégicamente el porcentaje adecuado de vanos. Como refuerzo para mejorar la ventilación se debe trabajar con altura mínima de entresijos de 3m en viviendas nuevas, esto nos aportará para mejorar el comportamiento térmico de las edificaciones mediante una buena ventilación natural.
- Otra manera de mejorar el confort térmico de los ambientes interiores de las edificaciones nuevas es aprovechar y tecnificar los sistemas de refrigeración pasiva de la vivienda tradicional misma que cuenta con: cubiertas ventiladas, ventanas y puertas combinadas paño con ventilación continua, portales y galerías amplias de 1.50 a 2.00m, que pueden ser utilizados en nuevas edificación o también en intervención de edificaciones existentes.
- Y en el caso de que no hubiera como equipar la fachada con protección se recomienda utilizar a la mampostería con aislantes para evitar la ganancia térmica en exceso.

BIBLIOGRAFIA

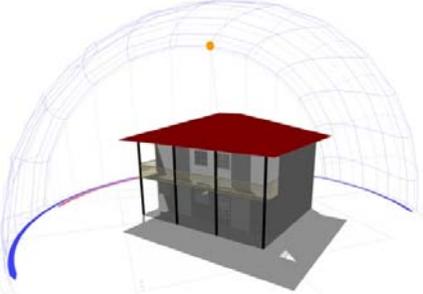
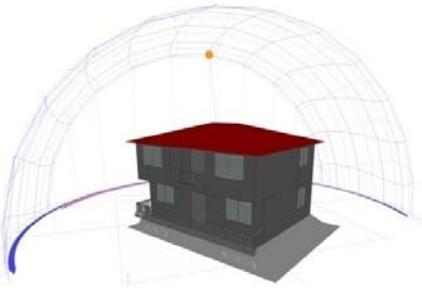
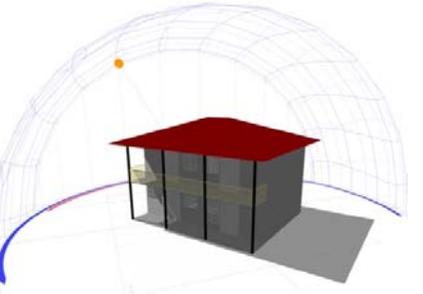
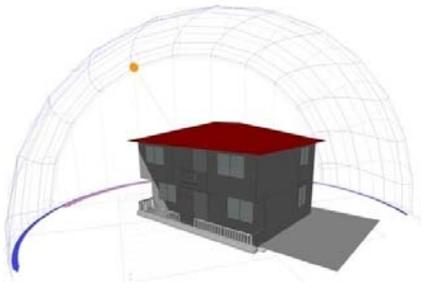
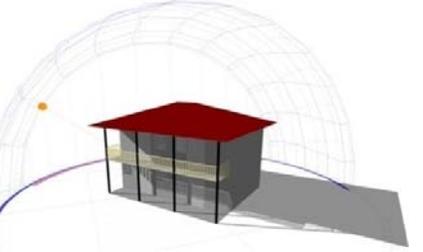
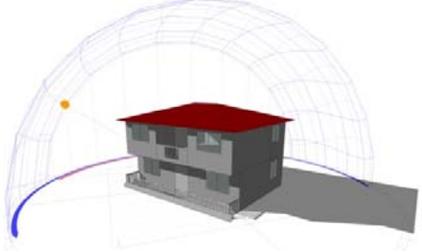
- Barrera, O. (2005). *Introducción a una Arquitectura Bioclimática para los Andes Ecuatoriales para la obtener el Título de Master, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona de la Universidad Politécnica de Cataluña*. Barcelona: España.
- Centro de Investigación de la facultad de arquitectura y urbanismo de la Universidad de Cuenca. (22 de 01 de 2016). *Arquitectura sostenible: Caso Ecuador*. Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Ecuador Ministerio de desarrollo urbano y vivienda. (2014). *Norma ecuatoriana de la construcción*. NEC-11, Quito.
- Efecto del ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la irradiancia*. (s.f.). Obtenido de Instituto de tecnologías educativas: https://fjferreer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/11_efecto_del_ángulo_de_incidencia_de_los_rayos_solares_sobre_la_irradiancia.html
- El factor de forma como estrategia de diseño*. (24 de 05 de 2013). Obtenido de Huellas de Arquitectura: <https://huellasdearquitectura.wordpress.com/2013/05/24/el-factor-de-forma-como-estrategia-de-diseno/>
- Forma de la tierra*. (s.f.). Obtenido de ESPA: <http://espacientifico.weebly.com/tema-2---bloque-ii.html>
- García, R. J. (1995). *Viento y arquitectura: El viento como factor de diseño arquitectónico*. Mexico: Trillas.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Chinchipe. (2016). *Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Chinchipe*. Zumba.
<http://img.xatakaciencia.com/2007/09/p.jpg>. (s.f.).
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (s.f.). *Anuario Meteorológico*. Quito.
- Jumbo, G. (1996).
- Movimientos de Rotación y Traslación*. (22 de 11 de 2012). Obtenido de Icarito: <http://www.icarito.cl/2012/11/22-9653-9-tercero-basico-movimientos-de-rotacion-y-traslacion.shtml/>
- OCT-COAC, I. (1998). *Departamento de Construccions Arquitectoniques ETSAB*.
- Olgay, V. (1998). *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Puente, V. (04 de 09 de 2007). *Las coordenadas geográficas*. Obtenido de XATAKA Ciencia: <https://www.xatakaciencia.com/sabias-que/las-coordenadas-geograficas>
- Roset. (2001). *Organizacion Mundial de la Salud*.
- Serra, R. (1995). *Clima, Lugar y Arquitectura. Manual de Diseño Bioclimático*. Madrid: CIEMAT.

- Serra, R., & Coch, H. (1995). *Arquitectura y Energía Natural*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Toledo, J. (2011). Análisis del confort térmico en el proceso de diseño arquitectónico. Aplicación software ecotect. Tesis para obtener el Título de Arquitecto, Escuela de Arquitectura, Universidad Técnica particular de Loja. Loja, Ecuador.
- Un Vitrubio Ecológico. (2007). *Principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Universidad Técnica Particular de Loja. (2016). *Viento y Arquitectura*. Loja: Facultad de Arquitectura.
- wikipedia. (18 de 10 de 2014). http://es.wikipedia.org/wiki/Movimientos_de_la_Tierra.
Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Movimientos_de_la_Tierra
- Yáñez, G. (2008). *Arquitectura solar e iluminación natural*. España.

ANEXOS

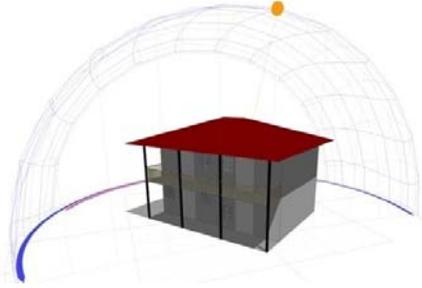
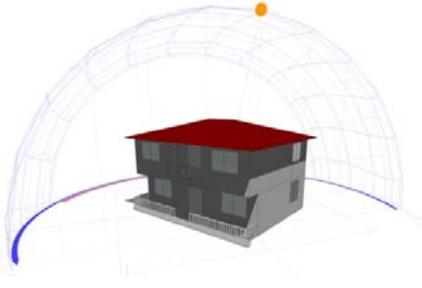
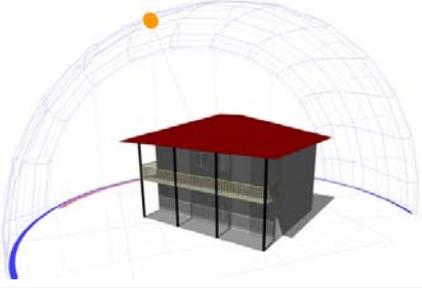
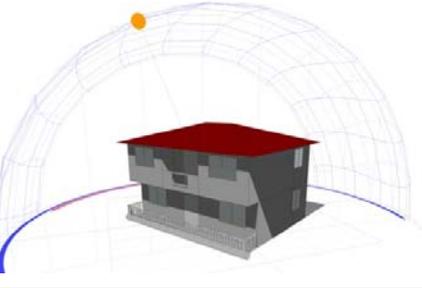
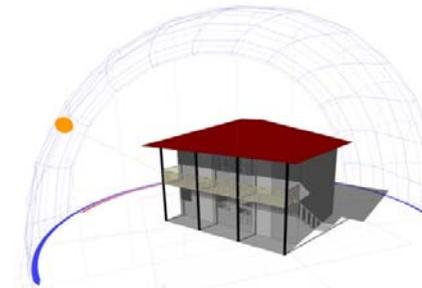
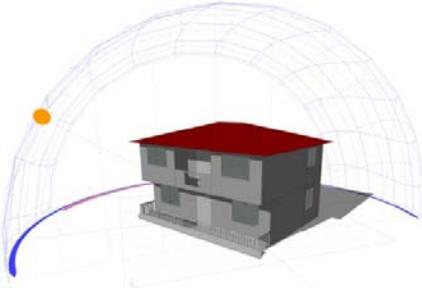
Anexo 1

Tabla 87. Radiación solar de las viviendas, en los solsticios del 21 de junio.

	Casa 1	Casa 2
SOLSTICIOS DE 21 DE JUNIO	12:00pm	
		
	14:00pm	
		
	<p>Conclusión: En cambio a esta hora, las caras expuestas al son pasan a ser la nor-oeste en un 100% y la sur-oeste comienza a recibir cierta cantidad de radiación solar.</p>	
	16:00pm	
		
<p>Conclusión: A las 16pm la cara nor-oeste alcanza el 100% de exposición solar, en ambas casas, mientras cara sur-oeste tiene una diferencia de proyección de sombras debido a las diferencia de los volados, donde la vivienda de bahareque alcanza un 80% de sombras y la vivienda de hormigón armado llega apenas a un 20% de sombra.</p>		

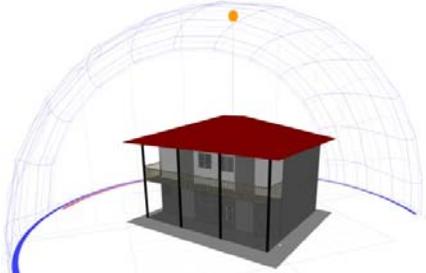
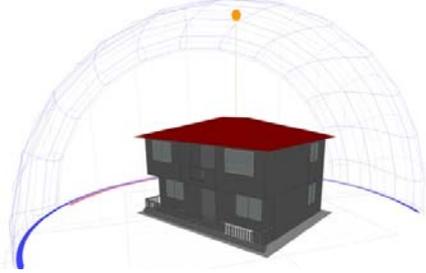
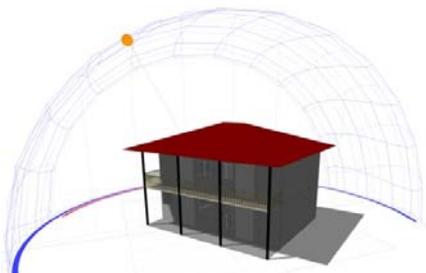
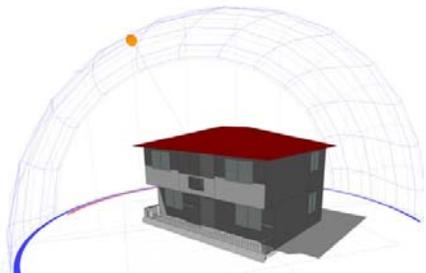
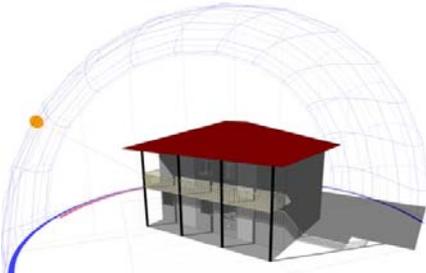
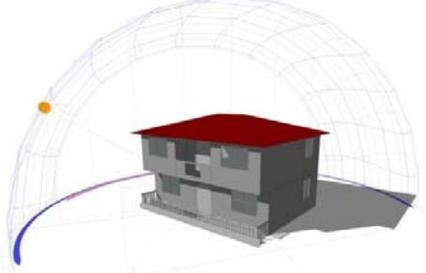
Elaborado por: Aguilar S, 2017

Tabla 88. Análisis de radiación solar de las viviendas, en los solsticios del 21 de diciembre.

	Vivienda de bahareque	Vivienda de hormigón armado
SOLSTICIOS DE 21 DE DICIEMBRE	12:00am	
		
	<p>Conclusión: En esta época del año en cambio la exposición solar cambia al lado al sur-este y nor-este donde ambas edificaciones cuentan con volados similares por lo que el porcentaje de sombras es parecido y está entre un 75% en la vivienda bahareque mientras que la de hormigón armado llega un 55%.</p>	
	14:00am	
		
	<p>Conclusión: a esta hora las sombras de la cara sur-oeste casi alcanzan el 100% de la superficie en ambas casas, mientras que las caras sur-oeste la vivienda de bahareque tiene un 80% de sombras y la casa de hormigón solo alcanza un 50%.</p>	
16:00pm		
		
<p>Conclusión: En este caso las caras sur-este alcanzan el 100% de sombras en las superficies, mientras que las caras sur-oeste disminuyen las sombras donde la vivienda de bahareque tiene un 40% y la de hormigón armado un 5%.</p>		

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Tabla 89. Análisis de radiación solar de las viviendas, en los equinoccios del 20 de marzo – 22 de septiembre

	Vivienda de bahareque	Vivienda de hormigón armado
EQUINOCCIO DEL 20 DE MARZO Y 22 DE SEPTIEMBRE	12:00pm	
		
	Conclusión: En los equinoccios las sombras proyectadas a esta hora del día en ambas edificación son del 100% en todas las superficies verticales.	
	14:00pm	
		
	Conclusión: Las sombras de esta hora del día en la vivienda de bahareque se mantienen al 100% en todas sus superficies verticales, mientras que en la vivienda de hormigón armado la cara nor-oeste y sur-oeste las sombras disminuyen a un 20%.	
16:00pm		
		
Conclusión: A esta hora las sombras proyectadas en la vivienda de bahareque disminuyen a un 50% y en la vivienda de hormigón casi a un 10%.		

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Anexo 2

Tabla 90. Distribución anual de la temperatura por zonas casa 1.

Zona 1 (COCINA)							
TEMP.	HOURS	PERCENT					
-----	-----	-----					
0	0	0.0%		24	2850	32.5%	
2	0	0.0%		26	3146	35.9%	
4	0	0.0%		28	1718	19.6%	
6	0	0.0%		30	294	3.4%	
8	0	0.0%		32	7	0.1%	
10	0	0.0%		34	0	0.0%	
12	0	0.0%		36	0	0.0%	
14	0	0.0%		38	0	0.0%	
16	17	0.2%		40	0	0.0%	
18	10	0.1%		42	0	0.0%	
20	32	0.4%		44	0	0.0%	
22	686	7.8%		46	0	0.0%	
				-----	-----	-----	
				COMFORT	6724	76.80%	
Zona 2 (GRADAS)							
TEMP.	HOURS	PERCENT					
-----	-----	-----					
0	0	0.0%		24	2554	29.2%	
2	0	0.0%		26	3278	37.4%	
4	0	0.0%		28	2063	23.6%	
6	0	0.0%		30	367	4.2%	
8	0	0.0%		32	16	0.2%	
10	0	0.0%		34	0	0.0%	
12	0	0.0%		36	0	0.0%	
14	0	0.0%		38	0	0.0%	
16	0	0.0%		40	0	0.0%	
18	24	0.3%		42	0	0.0%	
20	38	0.4%		44	0	0.0%	
22	420	4.8%		46	0	0.0%	
				-----	-----	-----	
				COMFORT	6314	72.10%	
Zona 3 (ESTUDIO)							
TEMP.	HOURS	PERCENT					
-----	-----	-----					
0	0	0.0%		24	2979	34.0%	
2	0	0.0%		26	3185	36.4%	
4	0	0.0%		28	1568	17.9%	
6	0	0.0%		30	196	2.2%	
8	0	0.0%		32	5	0.1%	
10	0	0.0%		34	0	0.0%	
12	0	0.0%		36	0	0.0%	
14	0	0.0%		38	0	0.0%	
16	17	0.2%		40	0	0.0%	
18	16	0.2%		42	0	0.0%	
20	35	0.4%		44	0	0.0%	
22	759	8.7%		46	0	0.0%	
				-----	-----	-----	
				COMFORT	6974	79.60%	

Zone 4 (SALA) Comfort Band: 18 - 26 C In Comfort: 7049 Hrs (80.5%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	3059	34.9%
	-----	-----	-----	26	3094	35.3%
	0	0	0.0%	28	1488	17.0%
	2	0	0.0%	30	202	2.3%
	4	0	0.0%	32	4	0.0%
	6	0	0.0%	34	0	0.0%
	8	0	0.0%	36	0	0.0%
	10	0	0.0%	38	0	0.0%
	12	0	0.0%	40	0	0.0%
	14	0	0.0%	42	0	0.0%
	16	17	0.2%	44	0	0.0%
	18	16	0.2%	46	0	0.0%
	20	37	0.4%	-----	-----	-----
	22	843	9.6%	COMFORT	7049	80.50%
	Zone 5 (COMEDOR) Comfort Band: 18 - 26 C In Comfort: 6852 Hrs (78.2%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	2926
-----		-----	-----	26	3084	35.20%
0		0	0.00%	28	1598	18.20%
2		0	0.00%	30	279	3.20%
4		0	0.00%	32	14	0.20%
6		0	0.00%	34	0	0.00%
8		0	0.00%	36	0	0.00%
10		0	0.00%	38	0	0.00%
12		0	0.00%	40	0	0.00%
14		0	0.00%	42	0	0.00%
16		17	0.20%	44	0	0.00%
18		15	0.20%	46	0	0.00%
20		32	0.40%	-----	-----	-----
22		795	9.10%	COMFORT	6852	78.20%
Zone 6 (Dorm. 4) Comfort Band: 18 - 26 C In Comfort: 7905 Hrs (90.2%)		TEMP.	HOURS	PERCENT	24	3308
	-----	-----	-----	26	2602	29.7%
	0	0	0.0%	28	748	8.5%
	2	0	0.0%	30	86	1.0%
	4	0	0.0%	32	0	0.0%
	6	0	0.0%	34	0	0.0%
	8	0	0.0%	36	0	0.0%
	10	0	0.0%	38	0	0.0%
	12	0	0.0%	40	0	0.0%
	14	0	0.0%	42	0	0.0%
	16	21	0.2%	44	0	0.0%
	18	12	0.1%	46	0	0.0%
	20	211	2.4%	-----	-----	-----
	22	1772	20.2%	COMFORT	7905	90.20%
	Zone 7 (BALCON) Comfort Band: 18 - 26 C In Comfort: 8012 Hrs (91.5%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	3399
-----		-----	-----	26	2677	30.60%
0		0	0.00%	28	707	8.10%
2		0	0.00%	30	32	0.40%
4		0	0.00%	32	0	0.00%
6		0	0.00%	34	0	0.00%
8		0	0.00%	36	0	0.00%
10		0	0.00%	38	0	0.00%
12		0	0.00%	40	0	0.00%
14		0	0.00%	42	0	0.00%
16		9	0.10%	44	0	0.00%
18		41	0.50%	46	0	0.00%
20		194	2.20%	-----	-----	-----
22		1701	19.40%	COMFORT	8012	91.50%

Zone 8 (DORM. 1) Comfort Band: 18 - 26 C In Comfort: 7947 Hrs (90.7%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	3383	38.60%
	-----	-----	-----	26	2581	29.50%
	0	0	0.00%	28	745	8.50%
	2	0	0.00%	30	46	0.50%
	4	0	0.00%	32	0	0.00%
	6	0	0.00%	34	0	0.00%
	8	0	0.00%	36	0	0.00%
	10	0	0.00%	38	0	0.00%
	12	0	0.00%	40	0	0.00%
	14	0	0.00%	42	0	0.00%
	16	22	0.30%	44	0	0.00%
	18	12	0.10%	46	0	0.00%
	20	207	2.40%	-----	-----	-----
	22	1764	20.10%	COMFORT	7947	90.70%
	Zone 9 (DORM. 2) Comfort Band: 18- 26 C In Comfort: 7930 Hrs (90.5%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	3279
-----		-----	-----	26	2525	28.80%
0		0	0.00%	28	735	8.40%
2		0	0.00%	30	75	0.90%
4		0	0.00%	32	0	0.00%
6		0	0.00%	34	0	0.00%
8		0	0.00%	36	0	0.00%
10		0	0.00%	38	0	0.00%
12		0	0.00%	40	0	0.00%
14		0	0.00%	42	0	0.00%
16		20	0.20%	44	0	0.00%
18		13	0.10%	46	0	0.00%
20		220	2.50%	-----	-----	-----
22		1893	21.60%	COMFORT	7930	90.50%
Zone 10 (DORM. 3) Comfort Band: 18 - 26 C In Comfort: 7887 Hrs (90.0%)		TEMP.	HOURS	PERCENT	24	3218
	-----	-----	-----	26	2544	29.00%
	0	0	0.00%	28	758	8.70%
	2	0	0.00%	30	95	1.10%
	4	0	0.00%	32	1	0.00%
	6	0	0.00%	34	0	0.00%
	8	0	0.00%	36	0	0.00%
	10	0	0.00%	38	0	0.00%
	12	0	0.00%	40	0	0.00%
	14	0	0.00%	42	0	0.00%
	16	19	0.20%	44	0	0.00%
	18	14	0.20%	46	0	0.00%
	20	224	2.60%	-----	-----	-----
	22	1887	21.50%	COMFORT	7887	90.00%
	CUBIERTA Comfort Band: 18 - 26 °C In Comfort: 5809 Hrs (66.3%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	2203
-----		-----	-----	26	2262	25.8%
0		0	0.0%	28	1385	15.8%
2		0	0.0%	30	718	8.2%
4		0	0.0%	32	407	4.6%
6		0	0.0%	34	237	2.7%
8		20	0.2%	36	139	1.6%
10		4	0.0%	38	35	0.4%
12		2	0.0%	40	4	0.0%
14		0	0.0%	42	0	0.0%
16		0	0.0%	44	0	0.0%
18		0	0.0%	46	0	0.0%
20		138	1.6%	-----	-----	-----
22		1206	13.8%	COMFORT	5809	66.30%

Tabla 91. Detalle de la distribución anual de la temperatura por zonas casa 2.

Zona 1(ESTUDIO) Comfort Band: 18 - 26 °C In Comfort: 5781 Hrs (66.0%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	2383	27.2%
	-----	-----	-----	26	2813	32.1%
	0	0	0.0%	28	1948	22.2%
	2	0	0.0%	30	793	9.1%
	4	0	0.0%	32	203	2.3%
	6	0	0.0%	34	10	0.1%
	8	0	0.0%	36	0	0.0%
	10	0	0.0%	38	0	0.0%
	12	0	0.0%	40	0	0.0%
	14	0	0.0%	42	0	0.0%
	16	25	0.3%	44	0	0.0%
	18	0	0.0%	46	0	0.0%
	20	7	0.1%	-----	-----	-----
	22	578	6.6%	COMFORT	5781	66.0%
Zone 2 (BAÑO) Comfort Band: 18 - 26 °C In Comfort: 6900 Hrs (78.8%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	2896	33.1%
	-----	-----	-----	26	2448	27.9%
	0	0	0.0%	28	1141	13.0%
	2	0	0.0%	30	379	4.3%
	4	0	0.0%	32	122	1.4%
	6	0	0.0%	34	72	0.8%
	8	0	0.0%	36	52	0.6%
	10	2	0.0%	38	32	0.4%
	12	5	0.1%	40	15	0.2%
	14	11	0.1%	42	6	0.1%
	16	23	0.3%	44	0	0.0%
	18	68	0.8%	46	0	0.0%
	20	162	1.8%	-----	-----	-----
	22	1326	15.1%	COMFORT	6900	78.8%
Zone 3 (SALA, COM, COC) Comfort Band: 18 - 26 °C In Comfort: 6679 Hrs (76.2%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	2786	31.8%
	-----	-----	-----	26	2605	29.7%
	0	0	0.0%	28	1451	16.6%
	2	0	0.0%	30	509	5.8%
	4	0	0.0%	32	86	1.0%
	6	0	0.0%	34	10	0.1%
	8	0	0.0%	36	0	0.0%
	10	0	0.0%	38	0	0.0%
	12	0	0.0%	40	0	0.0%
	14	24	0.3%	42	0	0.0%
	16	1	0.0%	44	0	0.0%
	18	1	0.0%	46	0	0.0%
	20	78	0.9%	-----	-----	-----
	22	1209	13.8%	COMFORT	6679	76.2%
Zone 4 (DORM. 3) Comfort Band: 18 - 26 °C In Comfort: 7518 Hrs (85.8%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	2893	33.0%
	-----	-----	-----	26	2330	26.6%
	0	0	0.0%	28	970	11.1%
	2	0	0.0%	30	238	2.7%
	4	0	0.0%	32	9	0.1%
	6	0	0.0%	34	0	0.0%
	8	0	0.0%	36	0	0.0%
	10	0	0.0%	38	0	0.0%
	12	0	0.0%	40	0	0.0%
	14	25	0.3%	42	0	0.0%
	16	0	0.0%	44	0	0.0%
	18	4	0.0%	46	0	0.0%
	20	286	3.3%	-----	-----	-----
	22	2005	22.9%	COMFORT	7518	85.8%

Zone 5 (ESTAR) Comfort Band: 18 - 26 °C In Comfort: 7722 Hrs (88.2%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	3144	35.9%
	-----	-----	-----	26	2576	29.4%
	0	0	0.0%	28	906	10.3%
	2	0	0.0%	30	104	1.2%
	4	0	0.0%	32	3	0.0%
	6	0	0.0%	34	0	0.0%
	8	0	0.0%	36	0	0.0%
	10	0	0.0%	38	0	0.0%
	12	0	0.0%	40	0	0.0%
	14	0	0.0%	42	0	0.0%
	16	25	0.3%	44	0	0.0%
	18	3	0.0%	46	0	0.0%
	20	215	2.5%	-----	-----	-----
	22	1784	20.4%	COMFORT	7722	88.2%
Zone 6 (DORM. 1) Comfort Band: 18 - 26 °C In Comfort: 7741 Hrs (88.4%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	3177	36.3%
	-----	-----	-----	26	2461	28.1%
	0	0	0.0%	28	856	9.8%
	2	0	0.0%	30	134	1.5%
	4	0	0.0%	32	4	0.0%
	6	0	0.0%	34	0	0.0%
	8	0	0.0%	36	0	0.0%
	10	0	0.0%	38	0	0.0%
	12	0	0.0%	40	0	0.0%
	14	24	0.3%	42	0	0.0%
	16	1	0.0%	44	0	0.0%
	18	2	0.0%	46	0	0.0%
	20	221	2.5%	-----	-----	-----
	22	1880	21.5%	COMFORT	7741	88.4%
Zone 7 (BAÑO 1) Comfort Band: 18 - 26 °C In Comfort: 7745 Hrs (88.4%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	3213	36.7%
	-----	-----	-----	26	2549	29.1%
	0	0	0.0%	28	901	10.3%
	2	0	0.0%	30	86	1.0%
	4	0	0.0%	32	3	0.0%
	6	0	0.0%	34	0	0.0%
	8	0	0.0%	36	0	0.0%
	10	0	0.0%	38	0	0.0%
	12	0	0.0%	40	0	0.0%
	14	0	0.0%	42	0	0.0%
	16	25	0.3%	44	0	0.0%
	18	18	0.2%	46	0	0.0%
	20	192	2.2%	-----	-----	-----
	22	1773	20.2%	COMFORT	7745	88.4%
Zone 8 (DORM. 2) Comfort Band: 18 - 26 °C In Comfort: 7663 Hrs (87.5%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	3051	34.80%
	-----	-----	-----	26	2172	24.80%
	0	0	0.00%	28	816	9.30%
	2	0	0.00%	30	219	2.50%
	4	0	0.00%	32	32	0.40%
	6	0	0.00%	34	5	0.10%
	8	0	0.00%	36	0	0.00%
	10	0	0.00%	38	0	0.00%
	12	24	0.30%	40	0	0.00%
	14	0	0.00%	42	0	0.00%
	16	1	0.00%	44	0	0.00%
	18	3	0.00%	46	0	0.00%
	20	300	3.40%	-----	-----	-----
	22	2137	24.40%	COMFORT	7663	87.50%

Zone 9 (DORM. 4) Comfort Band: 18 - 26 °C In Comfort: 7759 Hrs (88.6%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	3139	35.8%
	-----	-----	-----	26	2367	27.0%
	0	0	0.0%	28	825	9.4%
	2	0	0.0%	30	143	1.6%
	4	0	0.0%	32	9	0.1%
	6	0	0.0%	34	0	0.0%
	8	0	0.0%	36	0	0.0%
	10	0	0.0%	38	0	0.0%
	12	20	0.2%	40	0	0.0%
	14	4	0.0%	42	0	0.0%
	16	0	0.0%	44	0	0.0%
	18	3	0.0%	46	0	0.0%
	20	253	2.9%	-----	-----	-----
	22	1997	22.8%	COMFORT	7759	88.6%
Zone 10 (BAÑO) Comfort Band: 18 - 26 °C In Comfort: 7555 Hrs (86.2%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	3040	34.7%
	-----	-----	-----	26	2401	27.4%
	0	0	0.0%	28	938	10.7%
	2	0	0.0%	30	209	2.4%
	4	0	0.0%	32	35	0.4%
	6	0	0.0%	34	0	0.0%
	8	0	0.0%	36	0	0.0%
	10	0	0.0%	38	0	0.0%
	12	0	0.0%	40	0	0.0%
	14	0	0.0%	42	0	0.0%
	16	23	0.3%	44	0	0.0%
	18	18	0.2%	46	0	0.0%
	20	239	2.7%	-----	-----	-----
	22	1857	21.2%	COMFORT	7555	86.2%
CUBIERTA Comfort Band: 18 - 26 °C In Comfort: 5719 Hrs (65.3%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	2160	24.7%
	-----	-----	-----	26	2326	26.6%
	0	0	0.0%	28	1442	16.5%
	2	0	0.0%	30	738	8.4%
	4	0	0.0%	32	427	4.9%
	6	0	0.0%	34	238	2.7%
	8	20	0.2%	36	139	1.6%
	10	4	0.0%	38	30	0.3%
	12	0	0.0%	40	1	0.0%
	14	2	0.0%	42	0	0.0%
	16	0	0.0%	44	0	0.0%
	18	0	0.0%	46	0	0.0%
	20	116	1.3%	-----	-----	-----
	22	1117	12.8%	COMFORT	5719	65.3%

Anexo 3

Tabla 92. Temperaturas diarias del 21 de julio (mes más frío) en remodelación de casa 2

Hora	Temp Ext.	Planta baja						Planta alta			
		ZT1 (Estudio)		ZT2 baño)		ZT3 (s, c y c)		ZT4(dorm.3)		ZT5(Estar)	
		Temp. Int. (C°)	Temp. Dif. (C°)								
0	23.80	24.30	0.50	24.90	1.10	24.30	0.50	24.00	0.20	23.80	0.00
1	22.80	24.00	1.20	24.70	1.90	24.00	1.20	23.90	1.10	23.60	0.80
2	22.10	23.80	1.70	24.50	2.40	23.70	1.60	23.70	1.60	23.50	1.40
3	21.40	23.60	2.20	24.40	3.00	23.40	2.00	23.50	2.10	23.30	1.90
4	20.70	23.40	2.70	24.10	3.40	23.00	2.30	23.30	2.60	23.20	2.50
5	20.00	23.20	3.20	23.90	3.90	22.60	2.60	23.20	3.20	23.00	3.00
6	19.40	23.00	3.60	23.80	4.40	22.40	3.00	23.00	3.60	22.90	3.50
7	19.90	23.10	3.20	23.90	4.00	22.60	2.70	23.00	3.10	22.90	3.00
8	19.30	23.20	3.90	23.80	4.50	22.50	3.20	23.10	3.80	22.90	3.60
9	19.90	23.80	3.90	24.00	4.10	23.00	3.10	23.30	3.40	23.10	3.20
10	20.30	24.30	4.00	24.00	3.70	23.20	2.90	23.50	3.20	23.30	3.00
11	21.80	26.30	4.50	24.70	2.90	24.60	2.80	24.40	2.60	24.10	2.30
12	23.90	28.30	4.40	25.50	1.60	26.20	2.30	25.50	1.60	25.00	1.10
13	25.00	28.70	3.70	26.00	1.00	26.90	1.90	25.90	0.90	25.20	0.20
14	26.10	28.80	2.70	25.90	-0.20	27.00	0.90	26.00	-0.10	25.30	-0.80
15	26.30	28.40	2.10	25.90	-0.40	26.90	0.60	26.00	-0.30	25.20	-1.10
16	25.70	27.40	1.70	25.90	0.20	26.60	0.90	25.50	-0.20	25.00	-0.70
17	24.70	26.10	1.40	25.50	0.80	25.60	0.90	24.90	0.20	24.50	-0.20
18	23.50	24.30	0.80	24.90	1.40	24.30	0.80	24.10	0.60	23.80	0.30
19	23.10	24.10	1.00	24.70	1.60	24.10	1.00	23.90	0.80	23.70	0.60
20	22.80	24.00	1.20	24.60	1.80	23.90	1.10	23.80	1.00	23.60	0.80
21	22.50	23.90	1.40	24.50	2.00	23.80	1.30	23.70	1.20	23.50	1.00
22	22.10	23.80	1.70	24.50	2.40	23.70	1.60	23.60	1.50	23.50	1.40
23	21.80	23.70	1.90	24.40	2.60	23.50	1.70	23.60	1.80	23.40	1.60

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Tabla 93. Temperaturas diarias del 21de julio (mes más frío) en remodelación casa 2

Hora	Temp. Ext.	Planta alta									
		ZT6 (dorm.1)		ZT7 (Baño 1)		ZT8 (dorm2)		ZT9 (dorm4)		ZT10(baño2)	
		Temp Int. (C°)	Temp Dif. (C°)	Temp Int. (C°)	Temp Dif. (C°)	Templ nt. (C°)	Temp Dif. (C°)	Temp Int. (C°)	Temp Dif. (C°)	Templ nt. (C°)	Temp Dif. (C°)
0	23.80	23.70	-0.10	24.10	0.30	23.70	-0.10	23.70	-0.10	24.10	0.30
1	22.80	23.00	0.20	23.90	1.10	22.90	0.10	23.10	0.30	23.90	1.10
2	22.10	22.50	0.40	23.80	1.70	22.40	0.30	22.50	0.40	23.80	1.70
3	21.40	22.20	0.80	23.70	2.30	22.00	0.60	22.20	0.80	23.70	2.30
4	20.70	21.40	0.70	23.50	2.80	21.10	0.40	21.40	0.70	23.50	2.80
5	20.00	20.60	0.60	23.30	3.30	20.30	0.30	20.60	0.60	23.40	3.40
6	19.40	20.30	0.90	23.20	3.80	20.00	0.60	20.30	0.90	23.30	3.90
7	19.90	20.80	0.90	23.30	3.40	20.50	0.60	20.80	0.90	23.40	3.50
8	19.30	20.30	1.00	23.20	3.90	20.00	0.70	20.40	1.10	23.30	4.00
9	19.90	20.90	1.00	23.30	3.40	20.70	0.80	20.90	1.00	23.40	3.50
10	20.30	20.90	0.60	23.40	3.10	20.70	0.40	20.90	0.60	23.50	3.20
11	21.80	22.60	0.80	23.80	2.00	22.50	0.70	22.60	0.80	23.90	2.10
12	23.90	24.40	0.50	24.40	0.50	24.50	0.60	24.40	0.50	24.40	0.50
13	25.00	25.40	0.40	24.80	-0.20	25.60	0.60	25.50	0.50	24.70	-0.30
14	26.10	24.90	-1.20	24.90	-1.20	25.20	-0.90	25.00	-1.10	24.70	-1.40
15	26.30	24.80	-1.50	24.90	-1.40	25.10	-1.20	25.00	-1.30	24.70	-1.60
16	25.70	25.70	0.00	24.90	-0.80	26.00	0.30	25.90	0.20	24.70	-1.00
17	24.70	24.70	0.00	24.50	-0.20	24.80	0.10	24.80	0.10	24.40	-0.30
18	23.50	23.60	0.10	24.10	0.60	23.60	0.10	23.70	0.20	24.10	0.60
19	23.10	23.20	0.10	24.00	0.90	23.10	0.00	23.20	0.10	24.00	0.90
20	22.80	22.90	0.10	23.90	1.10	22.80	0.00	22.90	0.10	23.90	1.10
21	22.50	22.70	0.20	23.80	1.30	22.50	0.00	22.70	0.20	23.80	1.30
22	22.10	22.60	0.50	23.80	1.70	22.40	0.30	22.60	0.50	23.80	1.70
23	21.80	22.20	0.40	23.70	1.90	22.00	0.20	22.20	0.40	23.70	1.90

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Tabla 94. Temperaturas diarias del 21 de diciembre (mes más cálido) en remodelación casa 2

Horas	Tem p. Ext.	Planta baja						Planta alta			
		ZT1 (Estudio)		ZT2 baño)		ZT3 (s, c y c)		ZT4(dorm.3)		ZT5(Estar)	
		Temp. Int. (C°)	Temp. Dif. (C°)								
0	29.30	29.70	0.40	31.40	2.10	30.30	1.00	30.00	0.70	29.90	0.60
1	27.90	29.30	1.40	31.30	3.40	30.00	2.10	29.80	1.90	29.70	1.80
2	26.90	29.00	2.10	31.20	4.30	29.70	2.80	29.60	2.70	29.50	2.60
3	25.90	28.70	2.80	30.00	4.10	28.00	2.10	29.30	3.40	28.90	3.00
4	24.90	28.40	3.50	29.60	4.70	27.30	2.40	29.10	4.20	28.70	3.80
5	23.80	28.10	4.30	29.40	5.60	26.90	3.10	28.80	5.00	28.40	4.60
6	22.80	27.80	5.00	29.10	6.30	26.30	3.50	28.60	5.80	28.20	5.40
7	23.90	29.00	5.10	29.60	5.70	27.40	3.50	29.00	5.10	28.70	4.80
8	25.90	31.50	5.60	30.40	4.50	29.20	3.30	30.00	4.10	29.60	3.70
9	27.40	32.30	4.90	31.60	4.20	31.20	3.80	30.70	3.30	30.20	2.80
10	29.60	33.80	5.20	32.00	2.40	31.50	2.90	31.40	1.80	30.80	1.20
11	31.60	33.70	4.10	32.40	0.80	31.30	1.70	32.30	0.70	31.20	-0.40
12	32.90	33.30	3.40	32.70	-0.20	31.10	1.20	32.90	0.00	31.70	-1.20
13	34.00	33.10	2.10	32.90	-1.10	31.50	0.50	32.90	-1.10	31.90	-2.10
14	34.70	33.90	1.20	32.90	-1.80	31.70	0.00	33.10	-1.60	32.10	-2.60
15	35.10	34.10	-0.10	32.90	-2.20	31.70	-0.40	32.80	-2.30	32.00	-3.10
16	35.10	34.10	-1.00	32.70	-2.40	31.60	-0.50	32.40	-2.70	31.90	-3.20
17	34.20	33.10	-1.10	32.50	-1.70	31.50	-0.70	32.00	-2.20	31.60	-2.60
18	32.70	30.80	-1.90	32.00	-0.70	31.50	-1.20	31.00	-1.70	30.60	-2.10
19	31.60	30.40	-1.20	31.80	0.20	31.00	-0.60	30.70	-0.90	30.30	-1.30
20	30.60	30.10	-0.50	31.60	1.00	30.70	0.10	30.40	-0.20	30.10	-0.50
21	29.50	29.80	0.30	31.50	2.00	30.40	0.90	30.20	0.70	29.90	0.40
22	28.40	29.50	1.10	31.40	3.00	30.10	1.70	29.90	1.50	29.70	1.30
23	27.30	29.10	1.80	31.20	3.90	29.90	2.60	29.70	2.40	29.50	2.20

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Tabla 95. Temperaturas diarias del 21 de diciembre (mes más cálido) en remodelación casa 2

		Planta alta									
		ZT6		ZT7		ZT8		ZT9		ZT10	
		Temp. Int. (C°)	Temp. Dif. (C°)								
0	29.30	29.80	0.50	30.20	0.90	29.60	0.30	29.60	0.30	30.30	1.00
1	27.90	29.70	1.80	30.10	2.20	29.40	1.50	29.40	1.50	30.20	2.30
2	26.90	29.50	2.60	30.00	3.10	29.10	2.20	29.20	2.30	30.10	3.20
3	25.90	22.10	-3.80	29.10	3.20	21.10	-4.80	22.40	-3.50	29.30	3.40
4	24.90	20.00	-4.90	28.80	3.90	18.80	-6.10	20.50	-4.40	29.10	4.20
5	23.80	19.10	-4.70	28.60	4.80	18.70	-6.10	20.50	-4.30	28.90	5.10
6	22.80	19.10	-5.10	28.30	5.50	19.20	-6.60	20.20	-4.60	28.70	5.90
7	23.90	20.20	-3.70	28.70	4.80	19.90	-5.00	20.60	-3.30	29.10	5.20
8	25.90	23.60	-2.30	29.20	3.30	22.60	-3.30	23.90	-2.00	29.70	3.80
9	27.40	25.00	2.60	30.10	2.70	29.80	2.40	29.90	2.50	30.50	3.10
10	29.60	26.50	0.90	30.50	0.90	30.40	0.80	30.80	1.20	31.00	1.40
11	31.60	27.00	-0.60	30.80	-0.80	31.10	-0.50	30.50	-0.10	31.30	-0.30
12	32.90	28.50	-1.40	31.00	-1.90	31.90	-1.00	29.10	-0.80	31.30	-1.60
13	34.00	28.60	-2.40	31.20	-2.80	31.40	-1.60	29.60	-1.40	31.40	-2.60
14	34.70	28.70	-3.00	31.20	-3.50	31.70	-2.00	29.80	-1.90	31.30	-3.40
15	35.10	29.70	-3.40	31.20	-3.90	31.90	-2.20	31.00	-2.10	31.20	-3.90
16	35.10	29.50	-3.60	31.20	-3.90	31.10	-2.00	31.20	-1.90	31.10	-4.00
17	34.20	29.20	-3.00	31.10	-3.10	31.00	-2.20	32.10	-2.10	31.00	-3.20
18	32.70	30.50	-2.20	30.70	-2.00	30.50	-2.20	30.60	-2.10	30.70	-2.00
19	31.60	30.30	-1.30	30.50	-1.10	30.10	-1.50	30.20	-1.40	30.60	-1.00
20	30.60	30.10	-0.50	30.40	-0.20	29.90	-0.70	30.00	-0.60	30.50	-0.10
21	29.50	29.90	0.40	30.30	0.80	29.70	0.20	29.80	0.30	30.40	0.90
22	28.40	29.80	1.40	30.20	1.80	29.50	1.10	29.50	1.10	30.30	1.90
23	27.30	29.60	2.30	30.00	2.70	29.20	1.90	29.30	2.00	30.20	2.90

Elaborado por: Aguilar S, 2017

Anexo 4

Tabla 96. Ganancia y perdida de calor por hora del 21de julio (mes más frio) en remodelación casa 2

HOUR	HVAC	FABRIC	SOLAR	VENT.	INTERN	ZONAL
	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0	0	0	0	0	297	-56
1	0	0	0	0	297	-118
2	0	0	0	0	297	-93
3	0	0	0	0	297	-71
4	0	0	0	0	297	108
5	0	0	0	0	297	149
6	0	0	0	0	297	290
7	0	0	0	0	297	121
8	0	0	21	0	297	91
9	0	140	79	0	297	107
10	0	851	177	0	297	21
11	0	985	810	0	297	-33
12	0	3540	1103	0	297	-135
13	0	4196	1044	0	297	-235
14	0	5005	1352	25	297	-495
15	0	6032	575	75	297	-552
16	0	4157	433	0	297	-365
17	0	2049	162	0	297	-20
18	0	1269	0	0	297	31
19	0	23	0	0	297	146
20	0	13	0	0	297	93
21	0	9	0	0	297	-21
22	0	0	0	0	297	-55
23	0	0	0	0	297	-32
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
TOTAL	0	28269	5756	100	7128	-1124

Tabla 97. Ganancia y pérdida de calor por hora del 21 de diciembre (mes más cálido) en remodelación casa 2

HOUR	HVAC	FABRIC	SOLAR	VENT.	INTERN	ZONAL
	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0	0	2325	0	494	297	206
1	0	2154	0	251	297	273
2	0	1242	0	116	297	210
3	0	565	0	0	297	156
4	0	56	0	0	297	95
5	0	34	0	0	297	86
6	0	16	0	0	297	71
7	0	0	379	0	297	108
8	0	798	579	0	297	474
9	0	2057	841	175	297	516
10	0	3608	946	451	297	1027
11	0	6443	959	745	297	831
12	0	8248	1025	915	297	954
13	0	9504	1208	1005	297	1387
14	0	10245	1211	1116	297	1769
15	0	11727	1525	1940	297	1361
16	0	10727	1652	1125	297	1384
17	0	10216	1064	1420	297	921
18	0	7733	0	817	297	593
19	0	5605	0	689	297	473
20	0	4864	0	566	297	423
21	0	3153	0	427	297	407
22	0	1284	0	275	297	740
23	0	1602	0	149	297	980
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
TOTAL	0	104206	11389	12676	7128	15445

Anexo 5

Tabla 98. Distribución anual de la Temperatura remodelación casa 2

Zona 1 (ESTUDIO) In Comfort: 6492 hrs (74.1%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	2616	29.9%
	0	0	0.0%	26	2172	24.8%
	2	0	0.0%	28	1240	14.2%
	4	0	0.0%	30	695	7.9%
	6	0	0.0%	32	261	3.0%
	8	0	0.0%	34	44	0.5%
	10	0	0.0%	36	3	0.0%
	12	1	0.0%	38	0	0.0%
	14	24	0.3%	40	0	0.0%
	16	0	0.0%	42	0	0.0%
	18	1	0.0%	44	0	0.0%
	20	159	1.8%	46	0	0.00%
	22	1544	17.6%	COMFORT	6492	74.10%
Zone 2 (BAÑO) In Comfort: 6945 Hrs (79.3%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	2887	33.0%
	0	0	0.0%	26	2808	32.1%
	2	0	0.0%	28	1449	16.5%
	4	0	0.0%	30	353	4.0%
	6	0	0.0%	32	13	0.1%
	8	0	0.0%	34	0	0.0%
	10	0	0.0%	36	0	0.0%
	12	0	0.0%	38	0	0.0%
	14	0	0.0%	40	0	0.0%
	16	0	0.0%	42	0	0.0%
	18	25	0.3%	44	0	0.0%
	20	77	0.9%	46	0	0.0%
	22	1148	13.1%	COMFORT	6945	79.30%
Zone 3 (SALA, COM, COC) In Comfort: 6919 Hrs (79.0%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	2633	30.1%
	0	0	0.0%	26	2221	25.4%
	2	0	0.0%	28	1224	14.0%
	4	0	0.0%	30	474	5.4%
	6	0	0.0%	32	107	1.2%
	8	0	0.0%	34	11	0.1%
	10	0	0.0%	36	0	0.0%
	12	0	0.0%	38	0	0.0%
	14	25	0.3%	40	0	0.0%
	16	0	0.0%	42	0	0.0%
	18	1	0.0%	44	0	0.0%
	20	237	2.7%	46	0	0.0%
	22	1827	20.9%	COMFORT	6919	79.00%
Zone 4 (DORM. 3) In Comfort: 7610 Hrs (86.9%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	2944	33.6%
	0	0	0.0%	26	2384	27.2%
	2	0	0.0%	28	933	10.7%
	4	0	0.0%	30	186	2.1%
	6	0	0.0%	32	6	0.1%
	8	0	0.0%	34	0	0.0%
	10	0	0.0%	36	0	0.0%
	12	0	0.0%	38	0	0.0%
	14	25	0.3%	40	0	0.0%
	16	0	0.0%	42	0	0.0%
	18	1	0.0%	44	0	0.0%
	20	263	3.0%	46	0	0.0%
	22	2018	23.0%	COMFORT	7610	86.90%

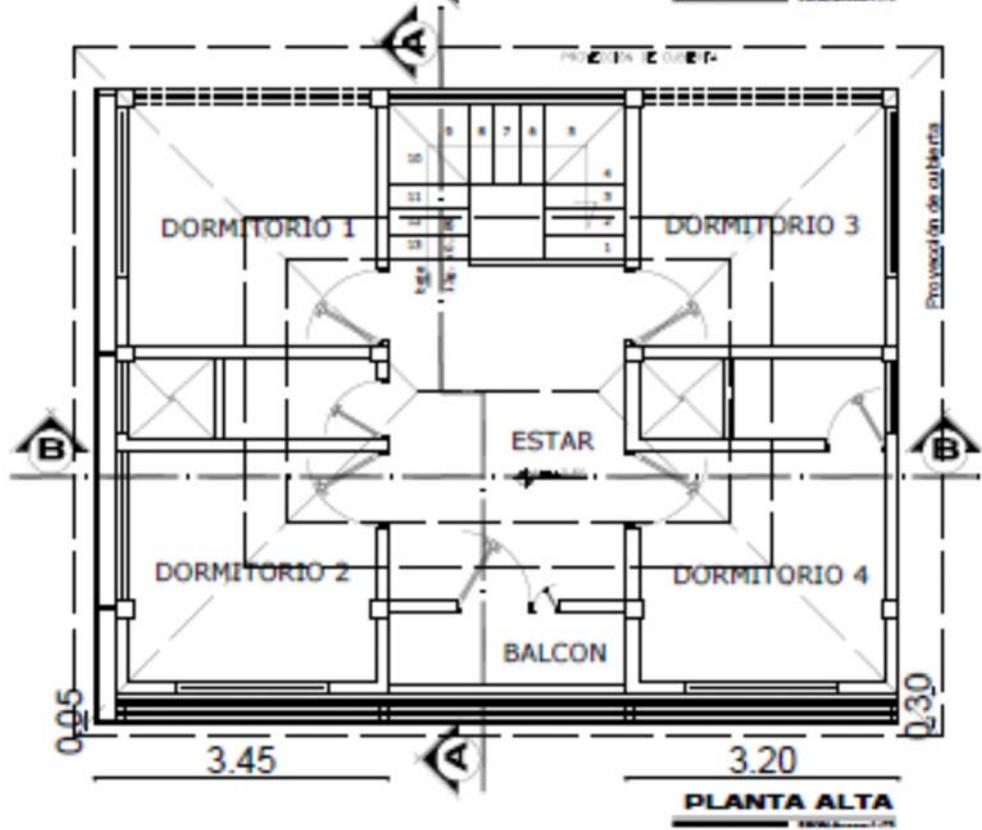
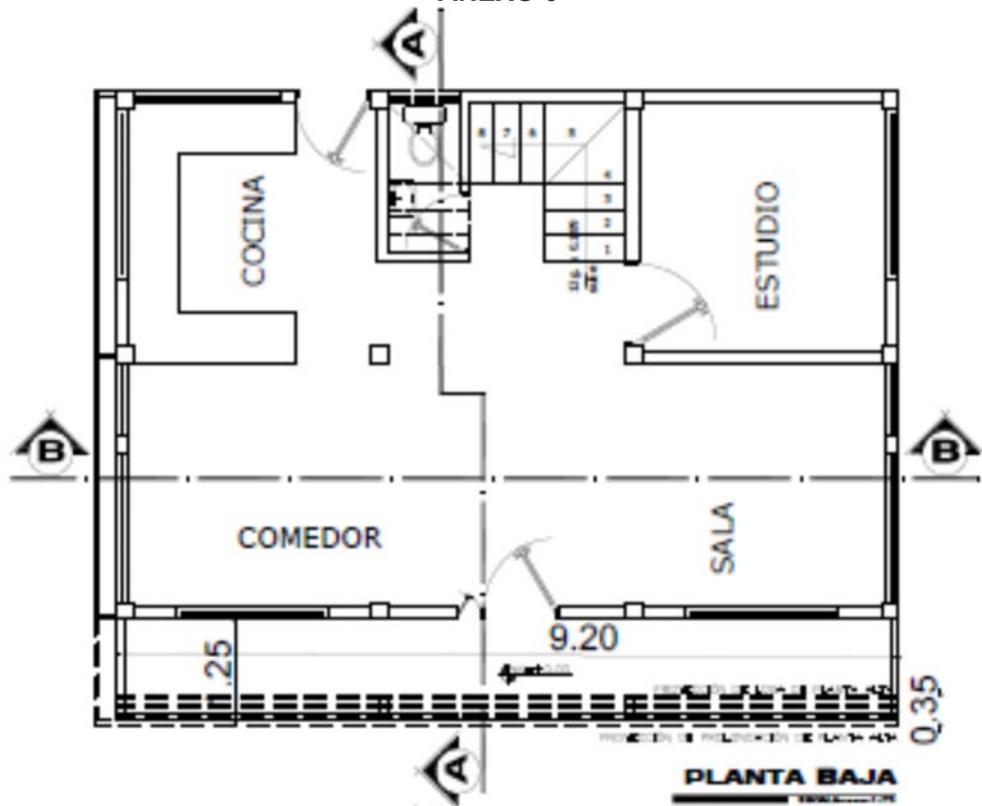
Zone 5 (ESTAR) In Comfort: 7994 Hrs (91.3%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	3178	36.3%
	0	0	0.0%	26	2230	25.5%
	2	0	0.0%	28	663	7.6%
	4	0	0.0%	30	76	0.9%
	6	0	0.0%	32	2	0.0%
	8	0	0.0%	34	0	0.0%
	10	0	0.0%	36	0	0.0%
	12	0	0.0%	38	0	0.0%
	14	25	0.3%	40	0	0.0%
	16	0	0.0%	42	0	0.0%
	18	3	0.0%	44	0	0.0%
	20	330	3.8%	46	0	0.0%
	22	2253	25.7%	COMFORT	7994	91.30%
	Zone 6 (DORM. 1) In Comfort: 8062 Hrs (92.0%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	2782
0		0	0.0%	26	1607	18.3%
2		0	0.0%	28	578	6.6%
4		0	0.0%	30	75	0.9%
6		0	0.0%	32	0	0.0%
8		0	0.0%	34	0	0.0%
10		0	0.0%	36	0	0.0%
12		0	0.0%	38	0	0.0%
14		27	0.3%	40	0	0.0%
16		18	0.2%	42	0	0.0%
18		333	3.8%	44	0	0.0%
20		1335	15.2%	46	0	0.0%
22		2005	22.9%	COMFORT	8062	92.00%
Zone 7 (BAÑO 1) In Comfort: 8108 Hrs (92.6%)		TEMP.	HOURS	PERCENT	24	3401
	0	0	0.0%	26	2271	25.9%
	2	0	0.0%	28	597	6.8%
	4	0	0.0%	30	30	0.3%
	6	0	0.0%	32	0	0.0%
	8	0	0.0%	34	0	0.0%
	10	0	0.0%	36	0	0.0%
	12	0	0.0%	38	0	0.0%
	14	0	0.0%	40	0	0.0%
	16	25	0.3%	42	0	0.0%
	18	4	0.0%	44	0	0.0%
	20	272	3.1%	46	0	0.0%
	22	2160	24.7%	COMFORT	8108	92.60%
	Zone 8 (DORM. 2) In Comfort: 7862 Hrs (89.7%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	2560
0		0	0.00%	26	1562	17.80%
2		0	0.00%	28	608	6.90%
4		0	0.00%	30	160	1.80%
6		0	0.00%	32	32	0.40%
8		0	0.00%	34	1	0.00%
10		0	0.00%	36	0	0.00%
12		24	0.30%	38	0	0.00%
14		6	0.10%	40	0	0.00%
16		67	0.80%	42	0	0.00%
18		490	5.60%	44	0	0.00%
20		1349	15.40%	46	0	0.00%
22		1901	21.70%	COMFORT	7862	89.70%

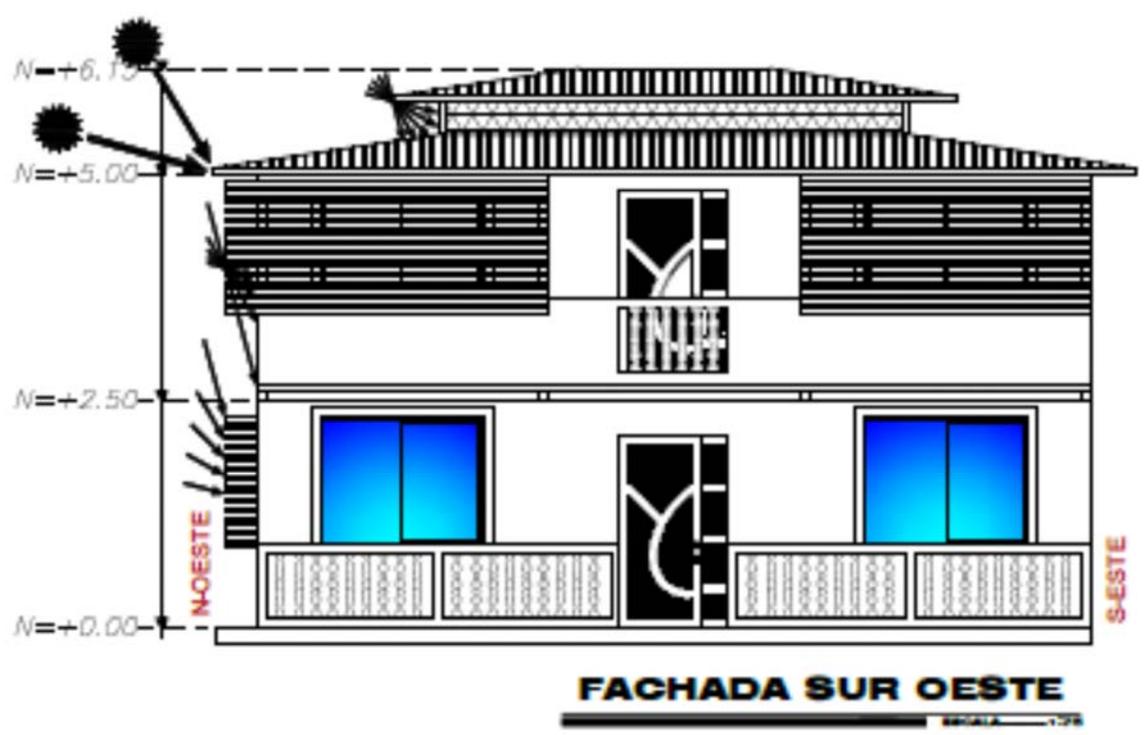
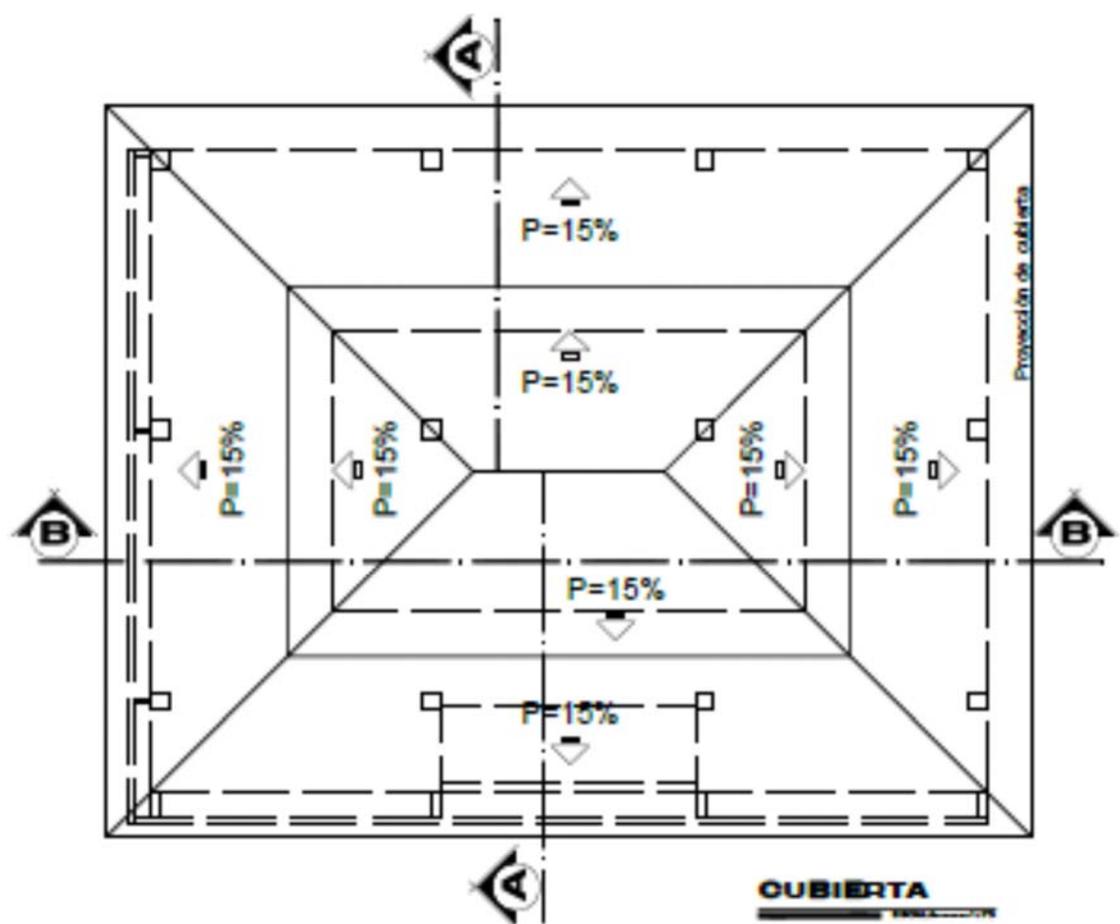
Zone 9 (DORM. 4) In Comfort: 7899 Hrs (90.2%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	2647	30.00%
	0	0	0.00%	26	1608	18.40%
	2	0	0.00%	28	634	7.20%
	4	0	0.00%	30	160	1.80%
	6	0	0.00%	32	29	0.30%
	8	0	0.00%	34	1	0.00%
	10	0	0.00%	36	0	0.00%
	12	24	0.30%	38	0	0.00%
	14	3	0.00%	40	0	0.00%
	16	10	0.10%	42	0	0.00%
	18	334	3.80%	44	0	0.00%
	20	1336	15.30%	46	0	0.00%
	22	1974	22.50%	COMFORT	7899	90.20%

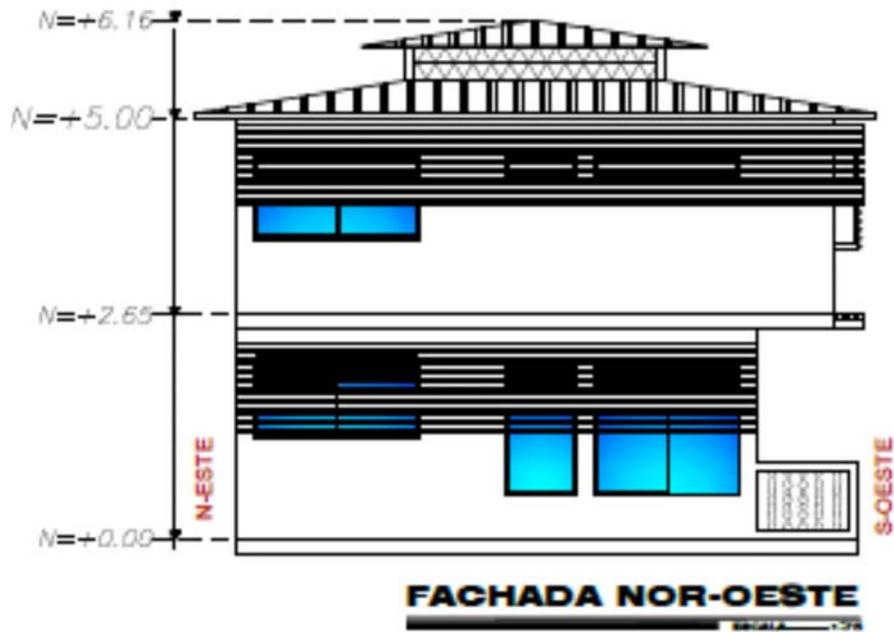
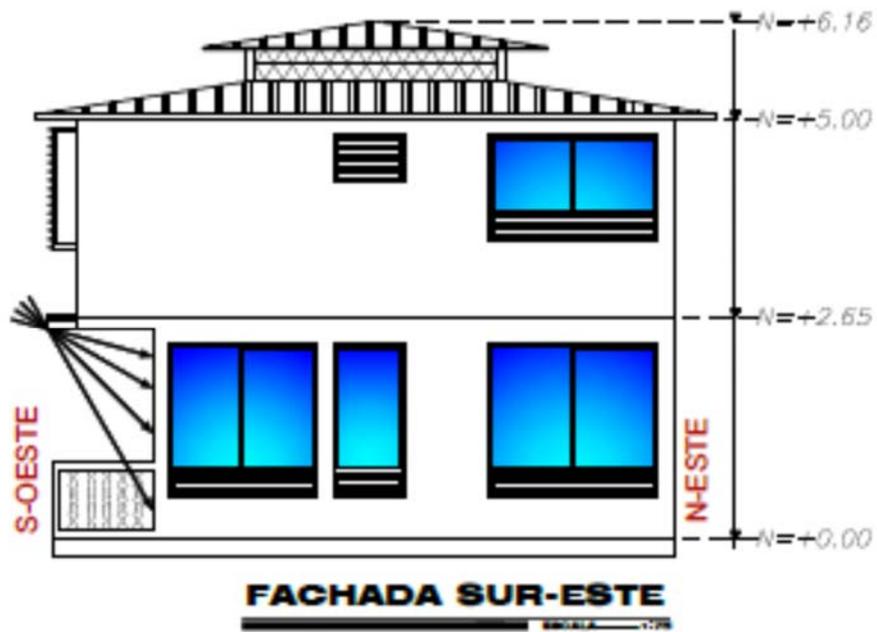
Zone 10 (BAÑO 2) In Comfort: 8102 Hrs (92.5%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	3342	38.20%
	0	0	0.00%	26	2357	26.90%
	2	0	0.00%	28	584	6.70%
	4	0	0.00%	30	49	0.60%
	6	0	0.00%	32	0	0.00%
	8	0	0.00%	34	0	0.00%
	10	0	0.00%	36	0	0.00%
	12	0	0.00%	38	0	0.00%
	14	0	0.00%	40	0	0.00%
	16	25	0.30%	42	0	0.00%
	18	5	0.10%	44	0	0.00%
	20	265	3.00%	46	0	0.00%
	22	2133	24.30%	COMFORT	8102	92.50%

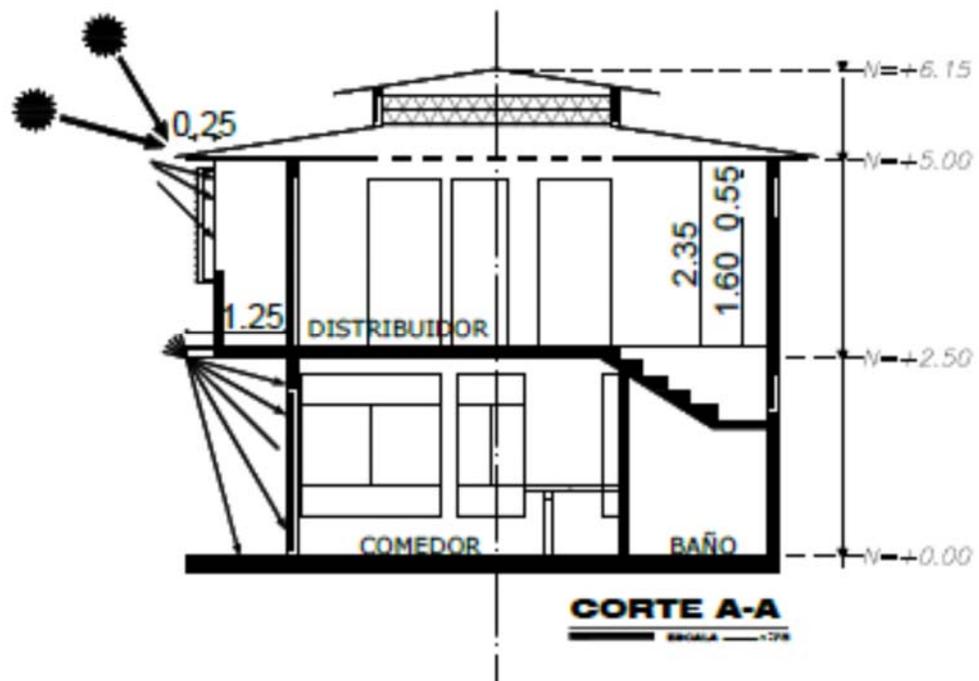
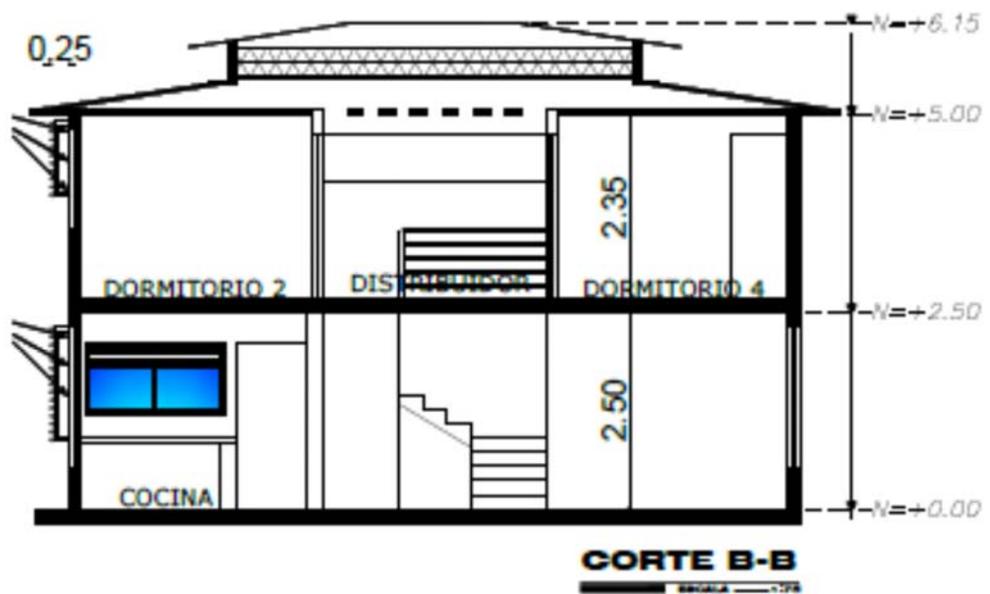
CUBIERTA In Comfort: 5984 Hrs (68.3%)	TEMP.	HOURS	PERCENT	24	1493	17.04%
	0	0	0.00%	26	1283	14.65%
	2	0	0.00%	28	697	7.96%
	4	25	0.29%	30	375	4.28%
	6	10	0.11%	32	226	2.58%
	8	0	0.00%	34	143	1.63%
	10	0	0.00%	36	119	1.36%
	12	0	0.00%	38	70	0.80%
	14	0	0.00%	40	0	0.00%
	16	0	0.00%	42	0	0.00%
	18	857	9.78%	44	0	0.00%
	20	1496	17.08%	46	0	0.00%
	22	1966	22.44%	COMFORT	7095	80.99%

ANEXO 6

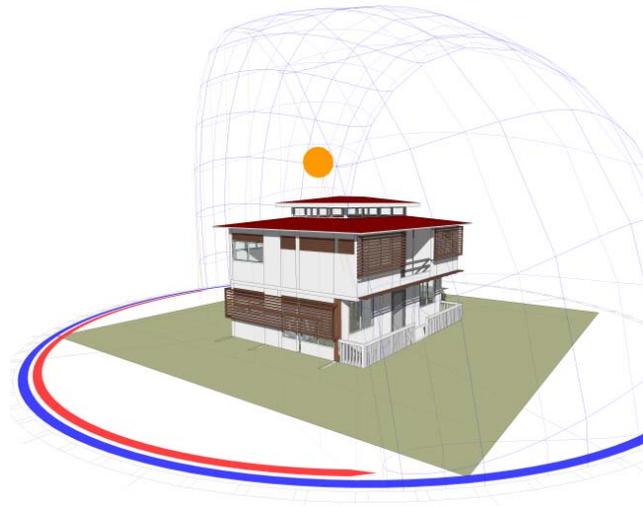
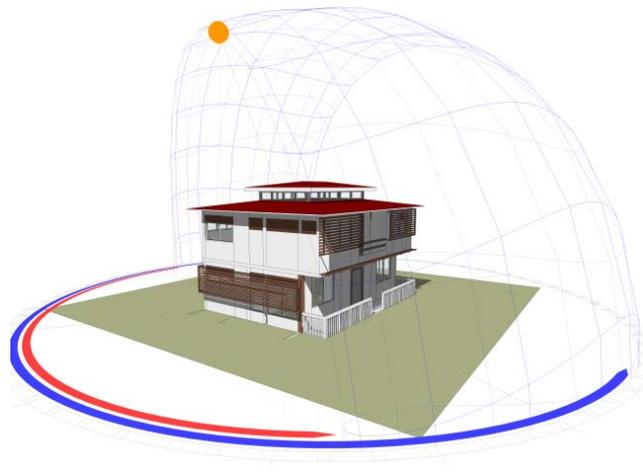
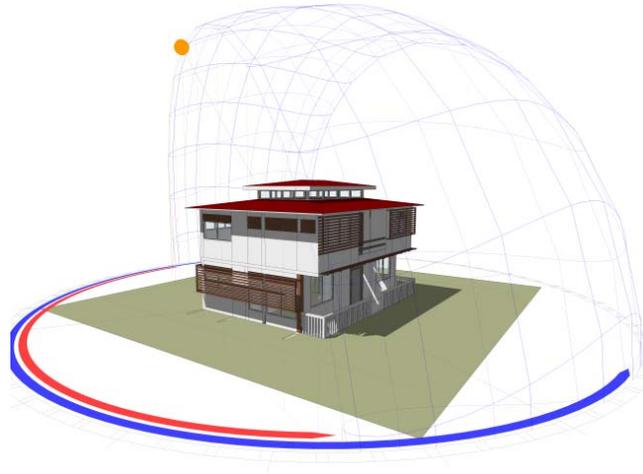




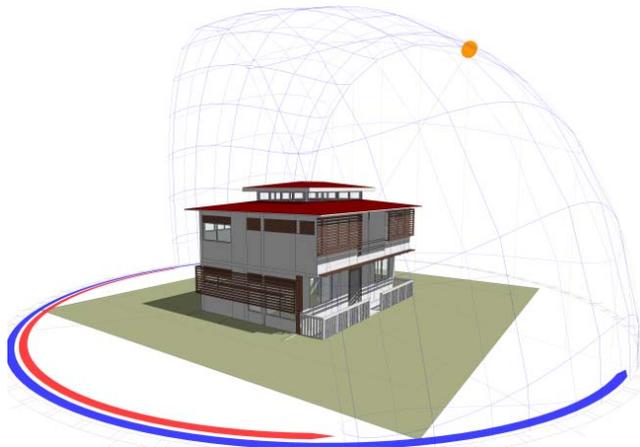
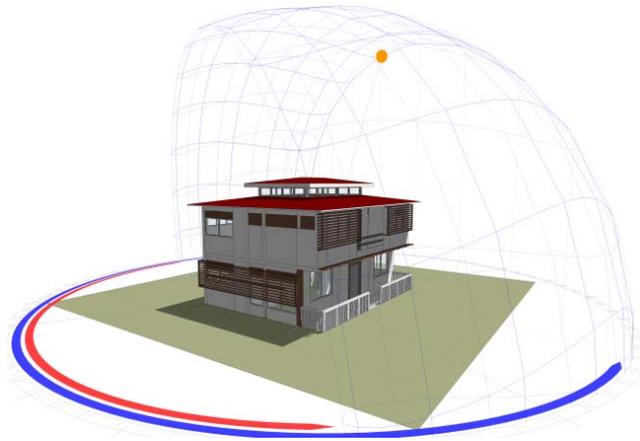




Simulación de sombras generadas en los solsticios del 21 de junio



Simulación de sombras generadas en los solsticios del 21 de diciembre



Simulación de sombras generadas en los equinoccios del 20 de marzo y 22 de septiembre

