

**Estrategias de Arquitectura Vernácula para el Diseño de una Vivienda Recreacional,  
en la Ciudad de Paipa, Departamento De Boyacá, Colombia.**

Tesis de profundización presentada como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Diseño Sostenible**

Arquitecto

Mario Alejandro Belén Correa

**Universidad Católica de Colombia**

**Facultad de Diseño. Maestría en Diseño Sostenible**

**Bogotá, Colombia**

**2020**

**Estrategias de Arquitectura Vernácula para el Diseño de una Vivienda Recreacional,  
en la Ciudad de Paipa, Departamento De Boyacá, Colombia.**

Tesis de profundización presentada como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Diseño Sostenible**

Director:

Arquitecto  
PhD. Tecnología de la Arquitectura  
Claudio Varini

**Universidad Católica de Colombia**

**Facultad de Diseño. Maestría en Diseño Sostenible**

**Bogotá, Colombia**

**2020**



## Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). [Advertencia](#).

### Usted es libre de:

**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

**Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

### Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.



**NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).

**No hay restricciones adicionales** — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

## RESUMEN

La presente investigación propende aportar herramientas para formular estrategias de diseño sostenible basado en principios de arquitectura vernácula aplicadas al planteamiento y desarrollo de un prototipo de vivienda recreativa para la ampliación de un centro vacacional familiar en la ciudad de Paipa, Boyacá y/o climas similares. La caracterización del clima, el análisis descriptivo de las propiedades físicas de las cabañas existentes, las condiciones de confort termo fisiológicas que éstas generan y la integración con su entorno natural determinarán el resultado de presente estudio; el cual se enfocará en el planteamiento de estrategias pasivas de diseño y la validación de estos datos a través de simulaciones CFD contra estándares internacionales de confort ASHRAE 55 y verificación tanto de la línea base y el modelo optimizado por medio de EDGE Building. De este modo se logrará establecer una línea base para la implementación de modelos basados en soluciones vernaculares que repercutan directamente sobre el bienestar de los usuarios desde la arquitectura y el urbanismo de las nuevas edificaciones del centro vacacional.

***Palabras clave:*** Diseño Sostenible, Bioclimática, Arquitectura vernácula, Construcción sostenible, Confort térmico, Paipa.

## **ABSTRACT**

This research aims to provide tools to formulate sustainable design strategies based on principles of vernacular architecture applied to the planning and development of a prototype of recreational housing for the expansion of a family vacation center in the city of Paipa, Boyacá and / or similar climates. The characterization of the climate, the descriptive analysis of the physical properties of the existing cabins, the thermophysiological comfort conditions that they generate and the integration with their natural environment will determine the result of this study; which will focus on the approach of passive design strategies and the validation of these data through CFD simulations against ASHRAE 55 international comfort standards and verification of both the baseline and the optimized model through EDGE Building. In this way, it will be possible to establish a baseline for the implementation of models based on vernacular solutions that have a direct impact on the well-being of users from the architecture and urban planning of the new buildings of the resort.

***Keywords:*** Sustainable Design, Bioclimatic, Vernacular Architecture, Sustainable Construction, Thermal Comfort, Paipa.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	3
ABSTRACT.....	4
LISTA DE GRÁFICAS .....	9
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	12
LISTA DE IMAGENES .....	14
LISTA DE TABLAS .....	16
GLOSARIO .....	18
INTRODUCCIÓN .....	23
ESTADO DEL ARTE.....	24
PROBLEMA.....	34
JUSTIFICACIÓN .....	36
OBJETIVOS .....	37
Objetivo General.....	37
Objetivos específicos .....	37
METODOLOGÍA .....	38
CONDICIONES METEOROLÓGICAS.....	39
Descripción general del clima.....	39
Clasificación del clima.....	40
Estaciones Meteorológicas.....	40
Temperatura .....	42
Humedad Relativa.....	43
Vientos .....	44
Ciclo horario de la velocidad del viento. ....	46

Ciclo Mensual de la Velocidad y la Dirección del Viento.....	47
Rosa de los Vientos.....	52
Diagrama de Hovmöller.....	54
Precipitaciones. ....	55
Radiación, Brillo Solar y Evaporación. ....	56
Distribución espacial y temporal del brillo solar en Colombia.....	58
Análisis promedio anual .....	58
Análisis espacio temporal a lo largo del año .....	59
Análisis del predio .....	68
<b>Localización.....</b>	<b>68</b>
Descripción del Lugar.....	69
<b>Entorno. ....</b>	<b>69</b>
<b>Topografía. ....</b>	<b>69</b>
<b>Suelo.....</b>	<b>71</b>
<b>Ecosistema. ....</b>	<b>72</b>
<b>Análisis del lote y su entorno. ....</b>	<b>75</b>
<b>Zona Boscosa.....</b>	<b>76</b>
<b>Zona de Servicios.....</b>	<b>77</b>
<b>Salón de Eventos.....</b>	<b>78</b>
<b>Recepción.....</b>	<b>79</b>
Cabañas Actuales.....	80
<b>Zona de Implantación.....</b>	<b>81</b>
<b>Diagnóstico bioclimático. ....</b>	<b>86</b>

Las tablas de Carl Mahoney.....	90
Confort Térmico.....	94
Trayectoria solar. ....	97
<b>Análisis de sombras. ....</b>	<b>98</b>
Estrategias bioclimáticas.....	111
<b>Ganancias solares.....</b>	<b>111</b>
<b>Ventilación natural. ....</b>	<b>112</b>
<b>Posición de los vanos: .....</b>	<b>112</b>
Diseño y cálculo bioclimático.....	113
<b>Zonificación espacial. ....</b>	<b>113</b>
<b>Implantación general.....</b>	<b>115</b>
PROYECTO .....	118
Cabaña o unidad habitacional. ....	118
Diseño y desempeño de las envolventes arquitectónicas.....	128
<b>Análisis CFD exterior del proyecto .....</b>	<b>128</b>
<b>Resultados CFD exterior.....</b>	<b>130</b>
Materiales.....	132
Cálculo del valor U. ....	132
Análisis de envolventes cabañas actuales.....	134
Simulaciones CFD de la línea base.....	142
Simulación CFD de la Cabaña optimizada con materialidad actual.....	145
<b>Envolvente. ....</b>	<b>154</b>
<b>Movimiento de tierras. ....</b>	<b>155</b>



<b>Procedimiento. ....</b>	<b>156</b>
<b>Prueba granulométrica. ....</b>	<b>157</b>
<b>Prueba de plasticidad. ....</b>	<b>159</b>
<b>    Compactado en máquina compactadora,     Cinva ram. ....</b>	<b>159</b>
<b>    Equilibrio térmico de la materialidad     optimizada. ....</b>	<b>161</b>
<b>    Simulación CFD de la edificación     optimizada con bloque de tierra     compactada. ....</b>	<b>167</b>
<b>    Simulaciones térmicas y renovaciones de     aire. ....</b>	<b>172</b>
<b>    Iluminación natural ....</b>	<b>172</b>
<b>RESULTADOS OBTENIDOS .....</b>	<b>175</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>176</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>177</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>180</b>

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Gráfica Temperaturas Medias Anuales de Paipa-Comparativo.Fuente: Elaboración Propia .....	43
Gráfica 2 Humedad relativa Paipa. ....	44
Gráfica 3 Velocidad Promedio del Viento Horario Fuente: Creación Propia, datos IDEAM.....	47
Gráfica 4 promedio mensual velocidad del viento periodo 2002-2012 Fuente: Creación Propia, datos IDEAM.....	49
Gráfica 5 Dirección mensual del viento periodo 2002-2012 Fuente: Creación Propia, datos IDEAM .....	51
Gráfica 6 Rosa de los Vientos .....	53
Gráfica 7 Diagrama de Hovmöller Duitama y Nobsa Boyacá. Fuente: IDEAM .....	54
Gráfica 8 Diagrama de Hovmöller de Samaca y Tunja Boyacá. Fuente: IDEAM.....	54
Gráfica 9 Datos Precipitación anual Estación Tinguavita. Fuente: datos IDEAM.....	55
Gráfica 10 Días con Lluvia-Estación Tinguavita Fuente: datos IDEAM.....	56
Gráfica 11 Precipitaciones y días con lluvia Fuente: datos IDEAM.....	56
Gráfica 12 Radiación Global Estación Tinguavita Per 2004-2015 Fuente: datos IDEAM .....	57
Gráfica 13 Brillo Solar Promedio Hora/día Fuente: datos IDEAM .....	60
Gráfica 14 Evaporación (mm) mensual y promedio anual Fuente: datos IDEAM .....	61
Gráfica 15 Evapotranspiración mensual y promedio anual Fuente: datos IDEAM .....	62

Gráfica 16 Perfil Estratigráfico del Terreno- Fuente: Elaboración Propia .....	71
Gráfica 17 Contenido de Material y Humedad del Suelo Fuente: Elaboración Propia .....	72
Gráfica 18 Escala de sensación térmica.....	95
Gráfica 19 Porcentaje de personas insatisfechas en función del Voto medio estimado. Fuente: ASHRAE 55-2004 .....	96
Gráfica 20 Condiciones admisibles de temperatura operativa. Fuente: ASHRAE 55-2004, Elaboración propia. ....	96
Gráfica 21 Horas de exposición solar, solsticio de verano. Fuente: Ecotect. ....	102
Gráfica 22 Horas de exposición solar, equinoccios.....	106
Gráfica 23 Horas de exposición solar solsticio de invierno. ....	110
Gráfica 24 Simulaciones de Calculo computacional 1. ....	130
Gráfica 25 Simulaciones de Calculo computacional 2. ....	131
Gráfica 26 Simulaciones de Calculo computacional 3. ....	131
Gráfica 27 Simulaciones de Calculo computacional 4. ....	132
Gráfica 28 Rangos de confort de la cabaña existente. Fuente: Elaboración propia. ....	142
Gráfica 29 Simulación BTC Opción 1 Fuente: Elaboración propia. ....	162
Gráfica 30 Simulación BTC Opción 2 Fuente: Elaboración propia .....	162
Gráfica 31 Simulación BTC Opción 3 Fuente: Elaboración propia. ....	163
Gráfica 32 Simulación BTC Opción 4 Fuente: Elaboración propia .....	163
Gráfica 33 Simulación BTC Opción 50. Fuente: Elaboración propia .....	164
Gráfica 34 Simulación BTC Opción 6. Fuente: Elaboración propia .....	164
Gráfica 35 Simulación BTC Opción 7. Fuente: Elaboración propia .....	165
Gráfica 36 Simulación BTC Opción 8. Fuente: Elaboración propia .....	165

Gráfica 37 Simulación BTC Opción 9. Fuente: Elaboración propia. ....	166
Gráfica 38 Simulación BTC Opción 10. Fuente: Elaboración propia. ....	166
Gráfica 39 Diagrama de iluminación natural 1. Fuente: Design Builder .....	173
Gráfica 40 Diagrama de iluminación natural 2. Fuente: Design Builder .....	174

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1, Distancia entre la estación meteorológica y el terreno. Fuente: Google Maps...</i>	41
<i>Ilustración 2, Vientos predominantes. Fuente: Weather tool.....</i>	50
<i>Ilustración 3, Vientos predominantes mensuales. Fuente: Weather tool. ....</i>	51
<i>Ilustración 4, Vientos, humedad, Temperatura.Fuente: Weather tool. ....</i>	52
Ilustración 5 Plano Predial Catastral-IGAC Fuente: IGAC.....	69
Ilustración 6 Levantamiento Topográfico. Fuente: Elaboración Propia.....	70
Ilustración 7 Orientación Ideal. Fuente: Weather Tool. ....	85
Ilustración 8 Diagrama Psicrométrico.Fuente: Weather tool. ....	86
Ilustración 9 Clasificación del clima. Fuente: Weather tool.....	87
Ilustración 10 Zona de calentamiento solar pasivo. Fuente: Weather tool.....	87
Ilustración 11 Zona de masa térmica. Fuente: Weather tool. ....	88
Ilustración 12 Ventilación natural. Fuente: Weather tool.....	88
Ilustración 13 Combinación de las técnicas. Fuente: Weather tool.....	89
Ilustración 14 Porcentajes de Comfort. Fuente: Weather tool.....	89
Ilustración 15 Diagrama estereográfico. Fuente: Weather tool .....	97
Ilustración 16 Proyección Ortográfica. Fuente: Weather tool.....	97
Ilustración 17 Radiación anual. Fuente: Weather tool.....	98
Ilustración 18Zonificación espacial cabaña tipo. Fuente: elaboración propia.....	114

Ilustración 19	Incidencia solar y sombras sobre zonificación. Fuente: Elaboración propia. ....	114
Ilustración 20	Zonificación cabaña tipo. Fuente: Elaboración propia. ....	115
Ilustración 21	Implantación general de proyecto. Fuente: Elaboración propia. ....	116
Ilustración 22	Incidencia de vientos. Fuente: Elaboración propia. ....	117
Ilustración 23	Ubicación de ventanas. Fuente: Elaboración Propia. ....	118
Ilustración 24	Zonificación del programa arquitectónico. Fuente: Elaboración propia. ....	119
Ilustración 25	Prensa Cinva Ram y sus partes. Fuente: VITA, 1977, pág. 1 ....	155
Ilustración 26	Relación tierra -agua. ....	158
Ilustración 27	orden de asentamiento. ....	158
Ilustración 28	Prueba de plasticidad. ....	159
<i>Ilustración 29</i>	<i>Zonas diseño optimizado. ....</i>	<i>167</i>
Ilustración 30	Simulación diseño optimizado. ....	167
Ilustración 31	Simulación diseño optimizado. ....	168
Ilustración 32	Simulación diseño optimizado. ....	168
Ilustración 33	Simulación diseño optimizado. ....	169
Ilustración 34	Simulación diseño optimizado. ....	169
Ilustración 35	Simulación diseño optimizado. ....	170
Ilustración 36	Simulación diseño optimizado. ....	170
Ilustración 37	Simulación diseño optimizado. ....	171
Ilustración 38	Simulación diseño optimizado. ....	171

## LISTA DE IMAGENES

<i>Imagen 1, Arquitectura popular en Castilla y León. Fuente: SÁINZ GUERRA, J. L. (2012). Edificios y conjuntos de la arquitectura popular en Castilla y León. Edición electrónica: Consejería de Cultura y Turismo, Junta de Castilla y León.....</i>	26
<i>Imagen 2, Proyecto San Isidro, bioconstrucción Arq. Alejandra Caballero. Fuente: Proyecto San Isidro: educación permanente, organización dedicada a experimentar, investigar y difundir modos de vida sostenible. Arq. Alejandra Caballero. <a href="http://www.proyetosanisidro.com.mx">www.proyetosanisidro.com.mx</a>.....</i>	27
<i>Imagen 3, Ciudad Alegría, Montenegro, Quindío. Antecedentes de la técnica constructiva bahareque en proyectos de vivienda de interés social. Fuente: Fuentes Aguilar, C., &amp; Marcó Navarro, J. (2012). Proyecto de viviendas de interés social en bahareque encementado para el municipio de Villamaría, Colombia (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).</i>	28
<i>Imagen 4 Arquitectura vernácula en municipios de Boyacá Fuente: Caracterización y valoración de la técnica constructiva tradicional en tierra en la arquitectura vernácula doméstica en el departamento Boyacá. Ramos Zapata, María Camila. 2017.....</i>	30
<i>Imagen 5, Muros y cubierta gruesos. Fuente: Colombia: arquitectura, hombre y clima. ....</i>	66
<i>Imagen 6, Material, adobe. Fuente: Colombia: arquitectura, hombre y clima. ....</i>	67
<i>Imagen 7 Localización del proyecto.....</i>	68
<i>Imagen 8 Localización del lote. Fuente: Elaboración Propia.....</i>	75
<i>Imagen 9 Zonificación actual del lote.Fuente: Elaboración Propia.....</i>	76
<i>Imagen 10 Zona Boscosa del Lote. Fuente: Elaboración Propia.....</i>	77

Imagen 11 Zona de Servicios del Lote. Fuente: Elaboración Propia .....	78
Imagen 12 Zona de Piscina del Lote. Fuente: Elaboración Propia.....	78
Imagen 13 Salón de Eventos del Lote. Fuente: Elaboración Propia.....	79
Imagen 14 Recepción del Lote. Fuente: Elaboración Propia .....	79
Imagen 15 Zona de Cabañas Actuales del Lote. Fuente: Elaboración Propia.....	80
Imagen 16 Exterior Cabaña Actual. Fuente: Elaboración Propia.....	80
Imagen 17 Interior Cabaña Actual.Fuente: Elaboración Propia.....	81
Imagen 18 Zona de Implantación Fuente: Elaboración Propia .....	81
Imagen 19 Orientación Cabañas Actuales Fuente: Elaboración Propia .....	82
Imagen 20 Eje inclinado 10° Fuente: Elaboración Propia.....	82
Imagen 21 Incidencia de Vientos. Fuente: Elaboración Propia.....	83
Imagen 22 Implantación del Proyecto. Fuente: Elaboración Propia. ....	84
Imagen 23 Configuración para orientación ideal. Fuente Weather Tool.....	84
Imagen 24 Enfriamiento por evaporación. Fuente: Elaboración propia-Google maps .....	117
Imagen 25 Simulación CFD de la Cabaña optimizada con materialidad actual.....	154
Imagen 26 Prensa CInva-Ram. ....	155
Imagen 27 Tierra de excavación In Situ. ....	156
Imagen 28 Prueba granulométrica. Fuente: Propia.....	157
Imagen 29 Proporción entre arenas, limos y arcillas.....	158
Imagen 30 Cerrado de la cámara compactadora. Fuente: Propia .....	160
<i>Imagen 31 Bloque eyectado. Fuente: Propia .....</i>	<i>160</i>
Imagen 32 Curado de los bloques. Fuente: Propia. ....	161
Imagen 33 Apilamiento de bloques. Fuente: Propia.....	161



## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1, Estrategias de diseño arquitectónico en clima frío en los andes tropicales. ....</i>	33
<i>Tabla 2, Clasificación del Clima de Paipa.(IDEAM, 2012, p. 7).....</i>	40
<i>Tabla 3, Estaciones Meteorológicas en Paipa (IDEAM, 2010b) .....</i>	40
<i>Tabla 4, Ficha de la Estación Meteorológica Tunguavita .....</i>	41
<i>Tabla 5, Cuadro de Temperatura de Paipa.....</i>	42
<i>Tabla 6, Cuadro de Humedad Relativa de Paipa, (IDEAM, 2010b).....</i>	44
Tabla 7 Reporte de vientos estaciones meteorológicas. Fuente: Creación Propia, datos IDEAM	46
<i>Tabla 8, Velocidad Promedio del Viento Horario Fuente: Creación Propia, datos IDEAM .....</i>	47
Tabla 9 promedio mensual velocidad del viento periodo 2002-2012 Fuente: Creación Propia, datos IDEAM .....	48
Tabla 10 Dirección mensual del viento periodo 2002-2012 Fuente: Creación Propia, datos IDEAM .....	50
Tabla 11 Reporte precipitación anual (mm) Estación Tunguavita. Fuente: datos IDEAM.....	55
Tabla 12 Días con Lluvia-Estación Tunguavita Fuente: datos IDEAM.....	56
Tabla 13 Radiación Global Estación Tunguavita Per 2004-2015 Fuente: datos IDEAM .....	57
Tabla 14 Brillo Solar Promedio Hora/día Fuente: datos IDEAM .....	60
Tabla 15 Evaporación (mm) mensual y promedio anual Fuente: datos IDEAM .....	61
Tabla 16 Evapotranspiración mensual y promedio anual Fuente: datos IDEAM .....	61
Tabla 17 Relaciones del clima identificados en las temperaturas máximas y mínimas y su relación gráfica .....	65
Tabla 18 Lista de Coordenadas finales de los Deltas Fuente: Elaboración Propia .....	70

Tabla 19 Datos de máximos, mínimos y amplitud media mensual Fuente: Elaboración propia..	90
Tabla 20 Datos de humedad relativa promedio, grupo de humedad Fuente: Elaboración propia.	90
Tabla 21 Grupo de humedad. Fuente: Elaboración propia. ....	90
Tabla 22 Precipitaciones y vientos. Fuente: Elaboración Propia. ....	91
Tabla 23 Limites de confort según grupo de humedad y TMA. Fuente: Elaboración Propia.....	91
Tabla 24 Diagnóstico de confort térmico. Fuente: Elaboración Propia.....	91
Tabla 25 Indicadores de Mahoney para estrategias de diseño. Fuente: Elaboración Propia.....	92
Tabla 26 Recomendaciones específicas Mahoney Fuente: Elaboración Propia.....	93
Tabla 27 Entorno térmico aceptable para la comodidad general. Fuente: ASHRAE 55-2004 ....	96
Tabla 28 Sombras solsticio de verano. Fuente: Elaboración propia-Gráficos Ecotect.....	101
Tabla 29 Altitud-Azimut, Solsticio de verano. Fuente: Ecotect.....	102
Tabla 30 Sombras equinoccio de otoño-primavera. ....	105
Tabla 31 Altitud-Azimut, equinoccios. ....	106
Tabla 32 Sombras solsticio de invierno. Fuente: Elaboración propia-Gráficos Ecotect. ....	109
Tabla 33 Altitud-Azimut, solsticio de invierno.Fuente: Ecotect. ....	110
Tabla 34 Programa arquitectónico. Fuente: Elaboración propia. ....	113
Tabla 35 Análisis de sombras cabaña, solsticio de verano. ....	122
Tabla 36 Análisis de sombras, Equinoccio de Otoño/Primavera .....	125
Tabla 37 Análisis de sombras, Solsticio de invierno.....	128
Tabla 38, Análisis de materialidad cabañas actuales.....	141
Tabla 39 Simulaciones CFD de la línea base. ....	145
Tabla 40 Simulación CFD de la Cabaña optimizada con materialidad actual. ....	153

## GLOSARIO

**Adobe:** Ladrillo formado por una masa de tierra arcillosa, agua y algún aditivo, secada al sol y al aire (Gendrop & Heyden, 1975).

**Arquitectura bioclimática:** Arquitectura que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort higrotérmico interior y exterior. Involucra y juega -exclusivamente- con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin utilizar sistemas mecánicos (sistemas de apoyo). (Garzón, 2004)

**Arquitectura vernácula:** Sistema social y cultural complejo, que nace de la relación hombre-entorno, y que refleja de una forma directa, las maneras de habitar. (Tillería González, 2010)

Conjunto de construcciones que surgen de la implantación de una comunidad en su territorio y que manifiestan en su diversidad y evolución su adaptación ecológica, tanto a los condicionantes y recursos naturales, como a los procesos históricos y modelos socioeconómicos que se han desarrollado en cada lugar (Benito & Tiemblo, 2014).

**Bahareque:** Técnica constructiva que dependiendo del tiempo y lugar de ejecución pasa de tejidos de tallos amarrados con bejucos y cubiertos de barro, a estructuras bien soportadas en maderas finas (rollizas o guadua generalmente) con cualidades favorables y resistentes a los esfuerzos propios y externos. (Alzate Soto & Osorio Ríos, 2015)

**Brillo Solar:** La magnitud física de la duración del brillo solar o insolación es el tiempo. La unidad que se emplea generalmente es la hora. Con fines climatológicos, se utilizan expresiones tales como: "horas de Sol al día", "horas de Sol efectivo en el día" u "horas de

insolación diaria". También se hace referencia a la duración de la insolación extraterrestre posible (SDo) o a la duración de la insolación máxima posible (SDmax). Los promedios mensuales de horas de Sol al día se pueden multiplicar por los días del mes respectivo para obtener el promedio del acumulado de horas de Sol al mes. (IDEAM)

**BTC:** Bloque de tierra comprimida, Se obtienen a partir de la mezcla de tierra (82,75%), arena (6,20%) y cemento (11,03%), para luego ser compactada. El material debe ser cernido previamente al mezclado y estabilizado. La máquina utilizada para la compactación es conocida como prensa o bloquera; la más conocida es la CINVARAM. (Medina & Medina, 2011)

**CFD:** Software de simulación de dinámica de fluidos computacional (CFD) de SIMULIA.

**Ciclo horario de la velocidad del viento:** Gráfico que representa el valor de la velocidad del viento promedio, para cada una de las horas del día en un lugar determinado. El consolidado de las 24 horas, permite evaluar el ciclo diario de la velocidad, identificando intervalos de tiempo con valores máximos y mínimos, entre otros. (IDEAM)

**Confort térmico:** El confort térmico es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico. Según la norma (Olesen, 2002) el confort térmico “es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico” (Olesen, 2002). Esta zona está definida entre 20 °C TBS y 25.5 °C TE (temperatura efectiva), con una presión de vapor superior a 5 mm Hg y una HR menor al 80% (Fuentes, 2013).

**Diagrama de Hovmöller:** Un diagrama que muestra la longitud e intensidad de valles y crestas en el nivel de 500 mb en el medio latitudes en función del tiempo. (Hovmöller, 1949)

**Diagrama psicrométrico:** Representaciones gráficas de las ecuaciones de las diferentes propiedades del aire húmedo. (Cánovas, 2019)

**Diseño sostenible:** El diseño sostenible aborda los desafíos globales agravados de la disponibilidad de recursos, la calidad del agua y la creciente contaminación. Es parte del enfoque de un arquitecto para proteger la salud, la seguridad y el bienestar del público. Los objetivos de sostenibilidad de la comunidad se cumplen en gran parte gracias a la capacidad de un arquitecto para crear soluciones prácticas a los desafíos planteados por el cambio climático, el crecimiento de la población y la búsqueda de comunidades más conectadas y saludables.(AIA)

**EDGE BUILDING:** sistema de certificación de edificios ecológicos que permite a los equipos de diseño y propietarios de proyectos evaluar las formas más rentables de incorporar opciones de ahorro de energía y agua en hogares, hoteles, hospitales, oficinas y espacios comerciales (GCBI, 2016).

**Eficiencia energética:** Resultado del cociente entre la energía útil o utilizada por el sistema y la energía total utilizada, es necesario establecer qué es la energía total utilizada o rendimiento energético (J. S. Díaz, 2011; Gallardo Frías, 2013).

**Evapotranspiración:** Máxima cantidad de agua que puede evaporarse desde un suelo completamente cubierto de vegetación, que se desarrolla en óptimas condiciones, y en el supuesto caso de no existir limitaciones en la disponibilidad de agua. La Evapotranspiración es un proceso combinado que comprende la evaporación de todos los tipos de superficies (vegetal - suelo - lámina de agua) y la transpiración de las plantas (Gómez & Cadena, 2017).

**Humedad relativa del aire:** Relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura (Mena, 2012).

**IDEAM:** Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, como establecimiento público adscrito al Ministerio del Medio Ambiente (IDEAM).

**OMM:** Organización Meteorológica Mundial (OMM) es un organismo especializado de las Naciones Unidas, integrado por 193 Estados y Territorios Miembros (OMM, 2019).

**Radiación solar:** La radiación solar depende de la inclinación con que llega ésta a la superficie de la tierra y del ángulo en que se encuentra el sol respecto del norte (Mena, 2012).

**Rosa de los Vientos:** Diagrama circular con rombos unidos entre sí, un símbolo internacionalmente reconocido en el mundo de la náutica. Con esta representación se hace referencia al rumbo de los vientos.

**Tablas de Mahoney:** Conjunto de tablas de referencia utilizado en la arquitectura, como guía para diseñar el clima apropiado.

**Temperatura:** Se refiere a la radiación solar que es acumulada por el suelo y luego entregada al aire como radiación infrarroja. La temperatura normalmente es medida como temperatura relativa del aire en grados Celsius (°C). Cuando hablamos de temperatura interior de un recinto se debe considerar la temperatura del aire y la temperatura radiante de los muros (Mena, 2012).

**Velocidad del viento:** distancia que recorre una partícula de aire en la unidad de tiempo. Habitualmente, se expresa en metros por segundo (m/s), kilómetros por hora (km/h) o en nudos (kt).

**Weather tool:** es una red creciente de estaciones meteorológicas de observación automatizadas colocadas con una densidad de observación planificada de cada seis a siete millas. Estas estaciones espacialmente densas proporcionan datos meteorológicos altamente granulares y precisos directamente a nuestros modelos de pronóstico especializados cada hora (Tools, 2015).

## INTRODUCCIÓN

El confort térmico en el ambiente interno, constituye un factor fundamental en la concepción de cualquier proyecto de construcción. El mejoramiento de las condiciones de la edificación bajo parámetros y estrategias bioclimáticas son un recurso necesario en el propósito de la sostenibilidad (Manzano-Agugliaro, Montoya, Sabio-Ortega, & García-Cruz, 2015). La arquitectura en su misión de proteger al ser humano del ambiente externo por medio del diseño sostenible y la interacción energética con los recursos del exterior permite lograr así condiciones de confort térmico en los habitantes (Manzano-Agugliaro et al., 2015).

Las características bioclimáticas de la arquitectura vernácula se adaptan a la zona en la que se ubican, los materiales junto con los saberes locales logran un gran resultado en las edificaciones; desde 1918 en Francia y España para diferentes proyectos se han usado conceptos de arquitectura vernácula para disminuir las pérdidas de calor y optimizar las ganancias a la vez que representan un ahorro significativo en el consumo energético (Cantin et al., 2010; Martín, Mazarrón, & Cañas, 2010).

Se hace referencia a este modo de hacer arquitectura, puesto que el objetivo de este proyecto es otorgar confort término dentro de la edificación con la utilización de materiales del lugar que posean memoria implícita del paso del tiempo y de las condiciones medioambientales que le rodean. En Colombia al igual que en otros países se tiene memoria de la arquitectura con materiales provenientes de la tierra y su contenido de arcilla, el bambú, la paja, la piedra entre otros.

Existen lugares de alta conservación arquitectónica ancestral como la ciudad perdida en el parque nacional Tayrona y sus construcciones en piedra y paja, la construcción en tierra característica de la ciudad de Barichara en el departamento de Santander o el uso de la guadua y el bambú como tradición constructiva en los departamentos del Quindío y Risaralda



(Gama, 2007b; Osorio Velásquez, 2013). Esto nos lleva a pensar y replantear la forma como estamos llevando a cabo nuestros diseños en la actualidad y la manera como éstos impactan el medio ambiente, además la conciencia del compromiso ético que debemos adoptar los arquitectos en nuestra labor como creadores espacios y el modo en que las personas se apropian de la edificación.

Por tal razón se hace necesario implementar estrategias de diseño pasivo dentro del marco de la arquitectura sostenible en los nuevos proyectos de edificación. El presente estudio se enfoca en la búsqueda de elementos constructivos y materiales ecoeficientes provenientes del análisis de lugar y mediante soluciones ingeniosas incorporar componentes de la naturaleza.

## **ESTADO DEL ARTE**

La arquitectura tradicional vernácula, constituye el origen de dialogo fluido entre el entorno y la edificación, desde mucho antes que se establecieran de formas artificiales climas internos en las edificaciones o se emplearan materiales productos de un mayor procesamiento. Diferentes estudios han realizado el análisis del uso de este conocimiento vernáculo, a continuación, se realizará una descripción general los antecedentes de modelos de arquitectura sostenible con modelos bioclimáticos y posteriormente se realizará una descripción de los proyectos e investigaciones sobre el uso de técnicas constructivas vernáculas en arquitectura contemporánea y la respuesta a los factores bioclimáticos similares a Paipa.

La construcción de edificaciones siempre ha estado ligado al factor climático y su relación con el mantenimiento de la temperatura confort para el ser humano. Sin embargo, este concepto de bioclimática que se establece en 1963 cuando Olgyay publican su libro *Diseño*

*con clima*, desarrolla la primera carta bioclimática, mostrando como la relación del viento y la radiación solar con el confort térmico humano (Ness, 2017; Olgyay, 2015). Posteriormente Givoni en 1969 crea la primera Carta bioclimática de construcción y traza el gráfico la zona de confort y las áreas de influencia de diferentes estrategias pasivas. Esto genera las bases para el desarrollo de programas y diagramas que permiten utilizar los datos meteorológicos para el diseño de edificaciones con eficiencia energética (Ness, 2017).

Previo a esto, la arquitectura vernácula ya respondía las necesidades de protección al clima y sostenibilidad de acuerdo también al entorno, siendo en esta arquitectura el clima una más de las fuerzas que condiciona la forma de la construcción. La forma y altura de los techos, los materiales de muros y techos, la ubicación de fuentes de calor como la cocina, la ubicación en elevación frente al sol, la forma de construir más compacta protección mutua contra los vientos fríos, a pesar de un menor acceso de radiación solar a las aberturas, son características de los climas con temperaturas más bajas (Coch, 1998).

Esto se evidencia en la región de Castilla y León, España durante el invierno con una temperatura promedio de 12.5 °C es decir, que generalmente presenta un clima frío la mayor parte del año. Arellano en 2013 realiza una descripción de los materiales empleados en la arquitectura vernácula de esta región de acuerdo a los materiales que ofrece el entorno tales como las piedras calizas, pizarras, marga, granitos y gnies que forman la cadena montañosa, adicionalmente las arcillas, arenosas o no, las margas, con mucha o poca cantidad de yeso y algunas areniscas. Las construcciones en altura se realizaban para aprovechar el calor de los animales que comparten la vivienda y protegida por la planta superior, destinada a guardar el heno. Arellano (2013) y Saínz (2012) también describen como de acuerdo a la ubicación geográfica y la disponibilidad se levantan muros de tierra o bien, con entramados cuajados de adobe, cascote o ladrillo de tejar (Arellano, 2013; Saínz Guerra, 2012), ver imagen 1.



*Imagen 1, Arquitectura popular en Castilla y León. Fuente: SÁINZ GUERRA, J. L. (2012). Edificios y conjuntos de la arquitectura popular en Castilla y León. Edición electrónica: Consejería de Cultura y Turismo, Junta de Castilla y León.*

En este sentido Yépez en el 2012 realiza un análisis de la arquitectura vernácula en el Ecuador por distintas regiones entre ellas la Región Sierra que presenta entre otros un clima templado (2500 -3500 msnm y temperatura promedio de 17 °C), características similares a las de Paipa, en este análisis Yépez realiza una descripción de los materiales propios de este tipo de arquitectura en la Región Sierra se caracteriza por tener tecnologías constructivas en tierra y piedra (adobe, tapial, y bahareque) y realiza un análisis de uso actual en la construcción de viviendas por parte del Ministerio de desarrollo urbano y vivienda del Ecuador, teniendo en cuenta que materiales como bloque de cemento y techo de láminas metálicas de zinc resultan excesivamente frías en el páramo y en la costa y Oriente demasiado calurosas, los materiales de tierra y piedra ofrecen un mayor confort para esta población (Yépez Tambaco, 2012).

Por su parte Gutiérrez en el 2013 realiza un análisis de la arquitectura vernácula en el estado de Tlaxcala que comparte algunas condiciones climáticas con el municipio de Paipa (2200 - 4400 msnm, con temperatura promedio de 16 °C) encontrando que el adobe, bahareque y tapia son los tres sistemas de muros más utilizados en los espacios habitables que el adobe es el principal. Los bloques de tierra amarilla con poca cantidad de arcilla (4-8%

de volumen) estabilizados con fibras vegetales de acículas de pino, zacate triturado, paja de trigo, estiércol de equinos y bovinos. Los tres sistemas de construcción de muro ofrecen espacios habitables de un solo nivel, con áreas reducidas y poco iluminadas (Gutiérrez, 2013). En este análisis también se realiza una comparación con un proyecto actual llevado a cabo por la arquitecta Alejandra Caballero llamado Proyecto San Isidro, ubicado en este estado, en el cual emplean técnicas constructivas con tierra amasada, bajareque, pacas de paja, zacatlaniloli, pajarcilla, tierra compactada, adobe, como una respuesta de diseño bioclimático intuitivo (Vargas, 2019) ver imagen 2.



*Imagen 2, Proyecto San Isidro, bioconstrucción Arq. Alejandra Caballero. Fuente: Proyecto San Isidro: educación permanente, organización dedicada a experimentar, investigar y difundir modos de vida sostenible. Arq. Alejandra Caballero. [www.proyetosanisidro.com.mx](http://www.proyetosanisidro.com.mx)*

En Colombia, Osorio en el 2013 también realiza un análisis centrándose en el uso de la técnica constructiva de bahareque, desde un recorrido histórico de su uso en el paisaje cultural cafetero en respuesta a las condiciones climáticas de la región y como está construcción ha permitido una continuidad en el uso del bahareque para construcciones de dos y tres pisos como la Casa de la Cultura de Marsella, Risaralda acentuando el factor estético que han proporcionado estas construcciones en esta zona (Osorio Velásquez, 2013), Actualmente el

impulso de construcción de espacios de vivienda con bahareque y guadua está dirigido a proyectos de vivienda de interés social que responden a un sistema que es “es ambientalmente sostenible, eficiente y -lo mejor- es que se puede hacer de manera comunitaria” como lo menciona el arquitecto Colombiano Álvaro Mosquera, citado por Bonilla, 2015, quien resalta características importantes de esta técnica de construcción como bajo costo, versatilidad y propiedades sismoresistentes (Bonilla, 2015). Otro proyecto centrado específicamente en sismo resistencia del material ubicado en Villamaría, Caldas (1920 msnm con temperatura media de 18 °C) proponen tres tipos de viviendas de interés social con un factor importante de sostenibilidad (Fuentes Aguilar & Marcó Navarro, 2012). Los antecedentes de esta investigación recogen proyectos como “Ciudad Alegría” en Montenegro, Quindío ver imagen 3.



*Imagen 3, Ciudad Alegría, Montenegro, Quindío. Antecedentes de la técnica constructiva bahareque en proyectos de vivienda de interés social. Fuente: Fuentes Aguilar, C., & Marcó Navarro, J. (2012). Proyecto de viviendas de interés social en bahareque encementado para el municipio de Villamaría, Colombia (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).*

En el departamento de Boyacá, Colombia donde se implantarán las estrategias el diseño arquitectónico sostenible objeto de este documento, se presentan construcciones que de acuerdo a sus técnicas constructivas y materiales se catalogan como arquitectura vernácula.

Se evidencian dos fenómenos particulares en el departamento de Boyacá respecto al estado actual de la arquitectura vernácula o la arquitectura de tierra. Por un lado centros urbanos como Villa de Leyva donde los cerramientos en tapia pisada y /o adobe, más conocidos localmente como bardas o vallados, general el legado arquitectónico, y al ser protagonistas del espacio público y del paisaje local se configuran como técnicas constructivas en uso actual, más allá de la conservación patrimonial. Esto as su vez ha desarrollado una importante producción alfarera constituida fundamentalmente por ladrillo cocido y teja, al tiempo que las medianas y pequeñas empresas familiares artesanales, chircales, también producen adobe (Gama, 2007b).

El otro fenómeno particular radica en el argumento de como esta solución arquitectónica respondía a las necesidades de vivienda de manera sostenible en épocas anteriores, dado que se evidencia un desuso en las técnicas actuales de construcción de los materiales como la tierra y el bahareque en municipios como Tinjacá, Ramiriquí y Tibasosa. Actualmente en este departamento también se evidencia que el abandono de esta técnica constructiva limita su uso a zonas rurales y se relaciona aun más con condiciones socioeconómicas de acceso limitado a materiales constructivos más industrializados. Ramos en el 2017 en su trabajo de grado como Magister en Conservación del Patrimonio Cultural Inmueble realiza una investigación titulada “Caracterización y valoración de la técnica constructiva tradicional en tierra en la arquitectura vernácula doméstica en el departamento de Boyacá” establece desde la mirada de la intervención en conservación las ventajas, que más allá de la restauración de una técnica como patrimonio obsoleto, tiene mantener y fomentar está técnica constructiva a partir del concepto amplio de la arquitectura vernácula y particularmente la materialidad empleada en relación con el entorno social, cultural y ambiental que refleja en esa armonía entre la construcción, el entorno, la calidad de vida y el confort. En esta investigación se observa

como la arquitectura vernácula empleada de manera tradicional y orgánica ha sido progresivamente ignorada y ha ido deteriorándose, sin que las nuevas formas de construcción generen un acople y se introduzcan otro tipo de elementos (Ramos Zapata, 2017). Ver imagen 4



*Imagen 4 Arquitectura vernácula en municipios de Boyacá Fuente: Caracterización y valoración de la técnica constructiva tradicional en tierra en la arquitectura vernácula doméstica en el departamento Boyacá. Ramos Zapata, María Camila. 2017.*

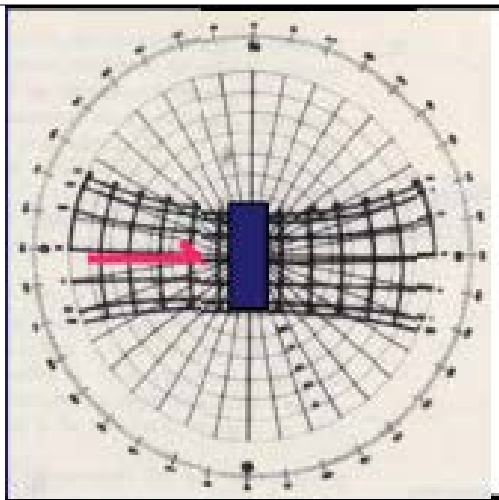
En el 2019 Merlano y Caicedo proponen la utilización de la técnica constructiva relacionada con la arquitectura vernácula por medio del uso del bloque de tierra comprimida (BTC) como materia prima de un edificio multifamiliar en el municipio de Paipa, Boyacá. En esta propuesta se señalan como principios de sostenibilidad los siguientes:

*“Residuos: El BTC después de terminar su vida útil, ¿es completamente reciclable... BTC tiene la capacidad de almacenar calor permitiendo la regulación de los cambios de temperatura que se dan durante el transcurso del día, acumulando horarios de mayor temperatura y liberándolos cuando esta baja”(Merlano Lagos, 2019)*

Es claro que las estrategias de arquitectura sostenible ayudan a reducir el consumo de energía y ayudan a mejorar la adaptación al espacio; estas estrategias están vinculadas a las condiciones particulares del sitio donde se implantará el proyecto. En cuanto a la arquitectura bioclimática, cada región incorpora estrategias de diseño pasivo que se ajustan al clima para lograr confort. Los materiales y elementos arquitectónicos se estudian previamente

realizando simulaciones para establecer la ruta de intervención en la edificación. como lo demuestra Taheri (2016) al evaluar la aplicación del modelo de confort bioclimático es eficaz para lograr una condición bioclimática con respecto a la arquitectura sostenible, encontrando estrategias de diseño sostenible para una ciudad con clima frio (Taheri Pileroud & Proceedings, 2016).

A continuación podemos observar cómo se establecen criterios claros de intervenciones a partir de las condiciones del clima en los andes tropicales, tabla creada a partir de los análisis realizados por Pablo González Rozo, (Roza, 2010).

<b>COLOR</b>	<b>ORIENTACION</b>	<b>CAPTACION Y PROTECCIÓN SOLAR</b>
<p>Los tonos oscuros absorben la radiación y contribuyen a la captación solar</p>		<p>Entre más frío, la orientación debe responder a la captación estratégica de radiación solar directa, al igual que a exponer la mayor cantidad de masa del edificio a la radiación. Por tal razón la orientación más conveniente es exponiendo las caras a Este y Oeste. También es importante tener en cuenta que el sol sale por la mañana por el Este y se oculta por el Oeste, esto combinado a las temperaturas del día sugiere que las caras pueden tener un tratamiento distinto. Es importante cuidarse de pérdidas de calor y tener buen aislamiento térmico en las fachadas Norte, Sur. Las fachadas este y cubierta pueden ser buenos elementos captadores en la</p>

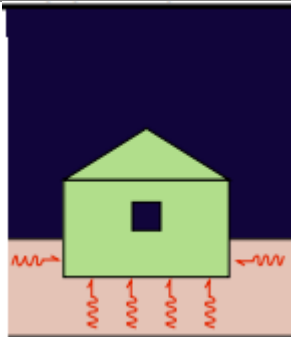


---

mañana y durante el día, mientras que la fachada Oeste debe procurar captar la mayor cantidad de calor para guardar para la noche.

---

**FACTOR DE FORMA E  
IMPLANTACIÓN**



Entre más frío sea el clima, la importancia de compactar las edificaciones es mayor, es decir, la mayor cantidad de volumen contenido por la menor cantidad de superficie expuesta a las condiciones exteriores. La inercia térmica es un recurso interesante para aportar calor durante la noche, entre más contacto haya con el suelo, entre más profundo y mayor cantidad de superficie intercambiando calor, el efecto será más notorio

---

**VENTILACIONES Y PROPORCIONES  
DE LLENOS Y VACÍOS**

En climas fríos y muy fríos el manejo de la ventilación es más delicado, ya que es necesaria la renovación del aire, pero a su vez es importante no tener pérdidas de calor. Para renovar el aire, pero atemperado es conveniente utilizar intercambiadores de calor para la ventilación, igualmente es conveniente mantener la rata de renovación al mínimo. El viento también sirve para controlar la humedad, a través de inyectarle sacarle agua. En días excepcionalmente calurosos es importante tener la posibilidad de regular la temperatura con ventilaciones cruzadas. En este clima los vacíos es recomendable limitarse a los estrictamente necesarios para iluminar y captar radiación solar, con el objetivo fundamental de evitar pérdidas de calor

---

**MASA TÉRMICA, AISLAMIENTO Y HERMETICIDAD**

Es fundamental hacer edificios herméticos para evitar pérdidas de calor. Utilizar construcciones pesadas, cuya masa sirva para almacenar calor que puede ser aprovechado durante la noche.

---

**ESTRATEGIAS  
COMPLEMENTARIAS**

**PASIVAS.**

---

Aislar estas superficies en la cara exterior con el fin de captar calor de la radiación directa y no permitir que se en el intercambio con una atmósfera generalmente más fría. Evitar puentes térmicos.	Terraza/invernadero Muro Trombe Persianas herméticas Cubierta aislante <b>ACTIVAS</b> Intercambiadores de calor Panel solar térmico Energía geotérmica
--	--

*Tabla 1, Estrategias de diseño arquitectónico en clima frío en los andes tropicales.*

En 1968 se publicó el libro *Arquitectura y Clima* de Victor Oglyay, desde entonces ha habido una serie de avances importantes en la forma como los arquitectos se plantean las problemáticas e incidencias del entorno en los diseños que se desarrollan y particularmente en Colombia inicialmente con una conciencia casi desprevenida pasando a una estricta hegemonía de lo enteramente formal y finalmente a lo funcional en términos de confort.

El Manual de diseño de arquitectura bioclimática para el clima tropical colombiano (Ramos, 1993), facilita estrategias de diseño como resultado de una comprensión climática en términos de confort térmico para lograr que las soluciones arquitectónicas sean más confortables, utilicen racionalmente la energía y sea el mismo diseño del edificio el que responda ante las condiciones climáticas donde se ubica.

A partir de los resultados de este capítulo es importante resaltar la importancia de evaluar más allá de connotaciones estéticas, de tradición y cultura, el impacto en la calidad de vida y el tiempo que las personas que harán uso de los espacios diseñados, bajo un concepto de arquitectura vernácula y puedan lograr por medio de un confort térmico logrado desde el diseño pasivo. Adicionalmente es importante resaltar que los estudios en Colombia sobre el uso de materiales extraídos de la naturaleza y mínimamente procesados está dirigido a el área de construcción de vivienda de interés social y en el área comunitario, siendo esto un foco de desarrollo en términos de país, pero a nivel turístico como se plantea en el presente proyecto

también implica un área de desarrollo económico importante. Los diferentes estudios realizados hasta el momento plantean la necesidad de seguir articulando estrategias de diseño sostenible, en aras de construcciones con eficiencia energética.

## **PROBLEMA**

Técnicas y materiales de construcción actuales, tales como; el concreto, el ladrillo, aquellas que usan plásticos como materia prima, asbesto, la fibra de vidrio entre otros, están fuertemente relacionados con un negativo impacto ambiental, el uso poco eficiente de la energía genera pérdidas económicas y ambientales que deterioran progresivamente la calidad de vida del ser humano. Específicamente se ha evidenciado en el municipio de Paipa, Boyacá como estas técnicas actuales industrializadas y poco coherentes con el entorno han generado un deterioro en sus recursos naturales. En el 2015 una investigación determinó que, entre otros factores, la construcción de infraestructura en zonas ricas en biodiversidad, entendiéndose por la construcción de hoteles alrededor del Lago Sochagota responde a un 21% de los factores que generan impacto ambiental. (A. E. L. Díaz, 2015)

Entendiendo la arquitectura vernácula como “Conjunto de construcciones que surgen de la implantación de una comunidad en su territorio y que manifiestan en su diversidad y evolución su adaptación ecológica, tanto a los condicionantes y recursos naturales, como a los procesos históricos y modelos socioeconómicos que se han desarrollado en cada lugar” (Benito & Tiemblo, 2014), esta ofrece el uso de bloques de tierra comprimida como una técnica sostenible que puede responder a una forma de construcción responsable que permite adicionalmente establecer estrategias energéticas eficientes para favorecer el confort en el espacio habitable.

En razón de lo anterior, el bloque de tierra comprimida (BTC) estabilizado, como una derivación de técnicas vernaculares de construcción en tierra, a diferencia de los materiales comunes señalados anteriormente, se presenta como una alternativa eficaz para lograr las condiciones de confort térmico operativo, bajo principios de sostenibilidad, eficiencia energética y bajos niveles de contaminación durante el ciclo de vida del material.

Los resultados del presente proyecto están enfocados dar respuesta al siguiente planteamiento ¿La construcción con bloque de tierra comprimida, como técnica derivada de la arquitectura vernácula, logra mejores condiciones de confort térmico en comparación con aquellos materiales técnicas constructivas usadas en las cabañas actuales del centro vacacional de la ciudad de Paipa, departamento de Boyacá?

## **JUSTIFICACIÓN**

En Colombia el análisis de la energía en la arquitectura, aunque con grandes avances y esfuerzos, se enfrenta a problemas y limitaciones en cuanto a la generación de conocimiento; cómo se puede observar en las líneas de tiempo del desarrollo de proyectos reales y de investigación, Colombia no representa un porcentaje significativo dentro de dicha línea. Es por esto que el presente proyecto pretende aportar herramientas a quien requiera implementar estrategias de diseño sostenible que incorporen elementos de arquitectura vernácula siendo así la necesidad de conservar energía y la utilización de recursos naturales de forma eficiente indican que el diseño de los edificios debe ser razonables, por tal razón el calentamiento y el enfriamiento de las viviendas se enfocará en función de la eficiencia disminuyendo la cantidad de energía requerida para lograr las condiciones ambientales internas deseadas.

## OBJETIVOS

### *Objetivo General*

Garantizar condiciones de confort térmico, a partir de la construcción en tierra como técnica de arquitectura vernácula para la construcción de nuevas cabañas en un centro vacacional de la ciudad de Paipa, departamento de Boyacá, Colombia.

### *Objetivos específicos*

1. Identificar las preexistencias del predio y sus características físicas naturales, para definir la implantación general de las nuevas cabañas del proyecto.
2. Establecer la línea base de diseño a partir de las condiciones materiales de las cabañas existentes y del análisis de sus características constructivas.
3. Definir cuales elementos de arquitectura vernácula garantizan las condiciones de confort operativo y la relación con el entorno.
4. Establecer las estrategias bioclimáticas a implementar en las nuevas cabañas a partir del análisis de las condiciones meteorológicas de Paipa.
5. Diseñar una cabaña tipo a partir de los resultados de los análisis de la línea base y las recomendaciones bioclimáticas en función de la mejor orientación y coordinación con el paisajismo.
6. Comprobar por medio de simulaciones CFD y EDGE BUILDING tanto los balances térmicos e iluminación natural de la cabaña y su materialidad.

## METODOLOGÍA

La metodología del presente proyecto en cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos se basa en la comprobación de las estrategias bioclimáticas que se implementarán en el desarrollo de los diseños de la vivienda recreacional y su contexto urbano por medio de simulaciones CFD.

Inicialmente contaremos con datos de algunas estaciones meteorológicas ubicadas en la ciudad de Paipa y otras en ciudades de no más de 50 km de distancias como Duitama, ya que construir los datos requiere de la información que puedan ofrecer las diferentes estaciones instaladas por el IDEAM.

Se realizarán análisis de las condiciones meteorológicas de la ciudad a nivel general, describiendo el clima, estableciendo las temperaturas medias máximas y mínimas, humedad relativa a través de gráficas y tablas al igual que los vientos, precipitaciones y radiación solar.

El análisis del predio se realizará por medio de la descripción de las preexistencias del lugar a través de sus características físicas, naturales y climáticas; se llevará a cabo una descripción del ecosistema circundante (vegetación y cuerpos de agua). Este análisis arrojará las conclusiones necesarias para mejorar las condiciones de implantación del proyecto.

Posteriormente se ejecutará un diagnóstico bioclimático a partir de los cálculos de temperatura y humedad, determinación de los meses críticos. Se implementará el diagrama psicrométrico y las tablas de Mahoney para iniciar el proceso de recomendaciones de diseño pasivo teniendo en cuenta los rangos de confort establecidos que junto con la trayectoria solar

y el análisis de sombras se establecerán las estrategias de diseño bioclimático a tener en cuenta en el desarrollo del proyecto.

Una vez definidas las estrategias pasivas de diseño se procederá a zonificar el programa arquitectónico general y particular con criterios bioclimáticos, identificando los criterios de materialidad. Una vez definido esto se realizará el cálculo de la envolvente arquitectónica, ventilación natural, cálculos de control solar y cálculos de transmitancia térmica y la escogencia de materiales. Finalmente se ejecutarán simulaciones CFD para comprobar los balances térmicos de cada uno de los espacios del proyecto comparándolos con las condiciones materiales de las cabañas actuales del centro vacacional, a la vez que se coordinan los diseños con el paisajismo y el contexto urbano inmediato.

## **CONDICIONES METEOROLÓGICAS**

### *Descripción general del clima*

El promedio de lluvia total anual es de 881 mm, durante el año las lluvias se distribuyen en dos temporadas secas y dos temporadas lluviosas. Los meses de diciembre, enero, febrero, julio y agosto son predominantemente secos. Las temporadas de lluvia se extienden desde finales de marzo hasta principios de junio y desde finales de septiembre hasta noviembre. En los meses secos de principios de año, llueve de 4 a 6 días/mes; sin embargo, en los meses secos de mitad de año llueve en promedio 17 días/mes; en los meses de mayores lluvias puede llover entre 18 y 20 días/mes. La temperatura promedio es de 13.7 °C. Al medio día la temperatura media máxima oscila entre 20 y 22°C. En la madrugada la temperatura media mínima está entre 6 y 8°C, aunque en la temporada seca de inicio de año, las temperaturas



pueden bajar a menos de 5°C, en las madrugadas. El sol brilla cerca de 4 horas diarias en los meses lluviosos, pero en los meses secos de principios de año, la insolación llega a 6 horas diarias/día. La humedad relativa del aire es cercana al 70% en la época seca de principio de año y en épocas de lluvias alcanza el 78%. (IDEAM, 2010a, p. 36)

### *Clasificación del clima*

La clasificación del clima en Paipa es frío-muy seco.

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN	ALTITUD	CLIMA
<b>BOYACÁ</b>	PAIPA	32.164	2.513	FRIO

*Tabla 2, Clasificación del Clima de Paipa.(IDEAM, 2012, p. 7)*

### *Estaciones Meteorológicas*

Las estaciones meteorológicas ubicadas en el municipio de Paipa cercanas al lugar donde se realizará el presente proyecto son:

Código	Tipo	Nombre	Municipio	Departamento	Elevación	Longitud	Latitud
<b>24030510</b>	pm	Cerezo El	Paipa	Boyacá	2900	73°4'18.3"W	5°41'57.5"N
<b>24010870</b>	pm	Palermo	Paipa	Boyacá	2200	73°11'46.3"W	5°53'58.3"N
<b>24035170</b>	am	Tunguavita	Paipa	Boyacá	2470	73°6'58.9"W	5°44'45.3"N

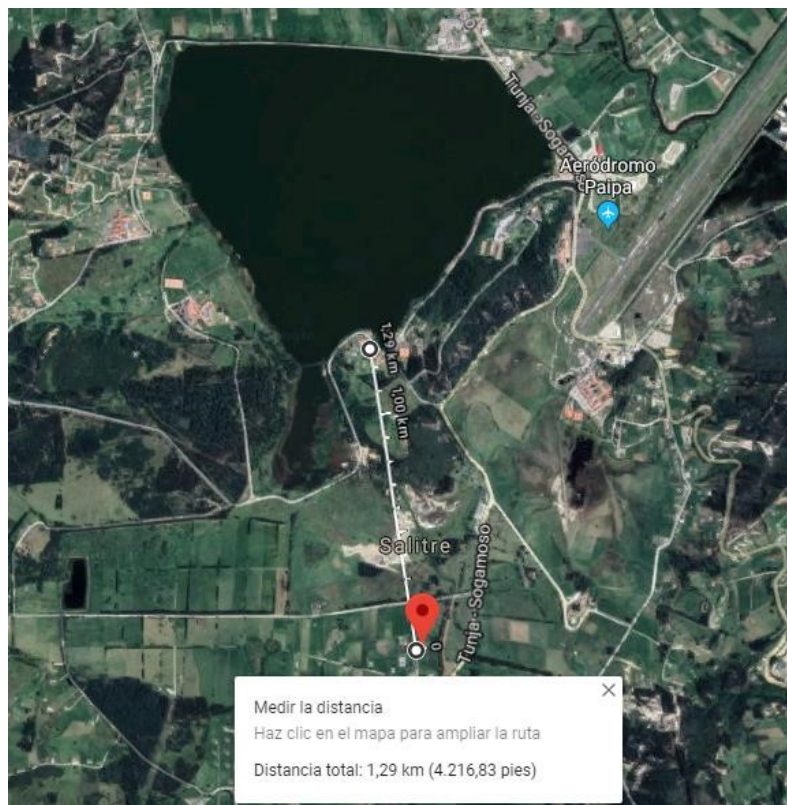
*Tabla 3, Estaciones Meteorológicas en Paipa (IDEAM, 2010b)*

La estación Tunguavita es la de mayor relevancia para el proyecto, puesto que es la única de las tres que emite datos de temperatura, precipitaciones, humedad, evaporación y brillo solar.

Esta estación se encuentra ubicada a 1.29 km del proyecto (Ver Ilustración 1). La ficha entregada por el IDEAM de la estación es la siguiente:

<b>CODIGO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>ESTADO</b>
24035170	TUNGUAVITA - AUT	Agro meteorológica	Activa
<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>MUNICIPIO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>ALTITUD</b>
Boyacá	Paipa	(5.74591667°,73.11636111°)	2,470
<b>FECHA INSTALACIÓN</b>	<b>FECHA_SUSPENSION</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>ID</b>
2004-12-15		La Miel	-265

*Tabla 4, Ficha de la Estación Meteorológica Tunguavita*



*Ilustración 1, Distancia entre la estación meteorológica y el terreno. Fuente: Google Maps*

## Temperatura

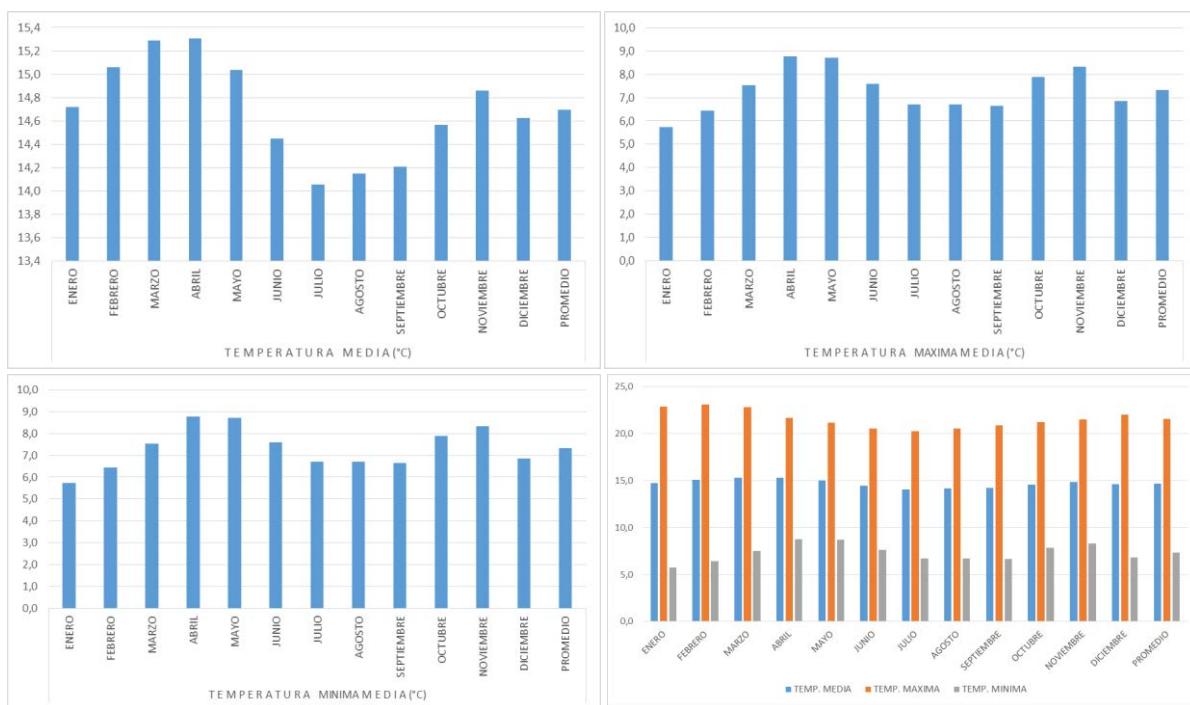
La temperatura es la manera en que percibimos las ondas en manera de calor, por ende, al ser percibida puede ser medida, en este caso se mide en las estaciones meteorológicas provenientes del IDEAM mediante termómetros, esta variable se mide en grados Centígrados (°C), (OSSA TRUJILLO, 2017, p. 19)

El siguiente cuadro establece las temperaturas medias, máxima y mínimas junto con sus promedios, (IDEAM, 2010b)

Clima	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
<b>Temp. Media</b>	14,7	15,1	15,3	15,3	15,0	14,5	14,1	14,1	14,2	14,6	14,9	14,6	14,7
<b>Temp. Maxima</b>	22,9	23,1	22,8	21,7	21,2	20,6	20,3	20,5	20,9	21,2	21,5	22,0	21,6
<b>Temp. Minima</b>	5,7	6,5	7,5	8,8	8,7	7,6	6,7	6,7	6,7	7,9	8,3	6,8	7,3

Tabla 5, Cuadro de Temperatura de Paipa.

De acuerdo con la tabla 5, se puede deducir que durante los primeros meses del año se registran las mayores y menores temperaturas al igual que las máximas medias el resto del año las temperaturas medias desde el mes junio hasta diciembre se conservan relativamente constantes sin mayores variaciones al igual que las temperaturas máximas que solo sufre una variación en aumento de 0,5 grados en el mes de diciembre, la temperatura media mínima es la que presenta mayores variaciones al año puesto que presenta su mínima en enero y la mínima media máxima en abril variando en estos rangos durante todo el año, Las temperaturas mínimas anuales coinciden con los meses donde se registran las mayores temperaturas.

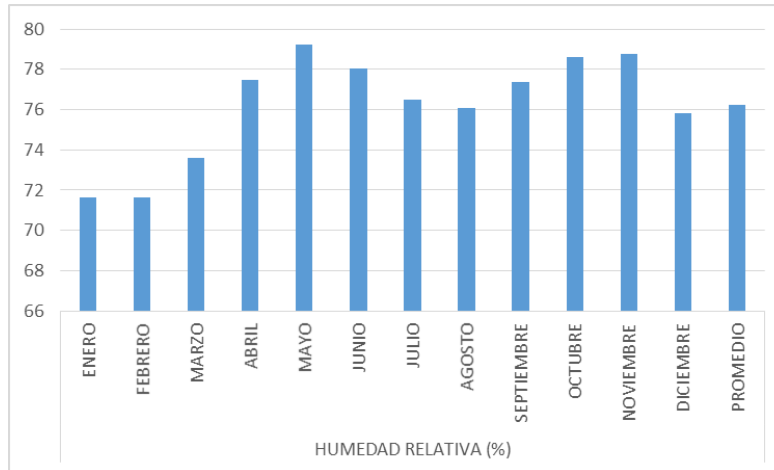


Gráfica 1 Gráfica Temperaturas Medias Anuales de Paipa-Comparativo.Fuente: Elaboración Propia  
 Humedad Relativa

“En cuanto a la humedad del aire (...), es un factor que sirve para evaluar la comodidad térmica del cuerpo vivo que se mueve en el ambiente” (Noguera-Londoño, 2015). En esta zona podemos decir que La humedad del aire presenta muy pocas variaciones durante el año conservándose entre el 72% en los primeros meses del año donde la temperatura presenta las medias máximas y mínimas, en octubre y noviembre se observan los mayores porcentajes de humedad siendo la temperatura media constante también.

Clima	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
<b>Hum. Relativa %</b>	72	72	74	77	79	78	76
Clima	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio	
<b>Hum. Relativa %</b>	76	77	79	79	76	76	

Tabla 6, Cuadro de Humedad Relativa de Paipa, (IDEAM, 2010b)

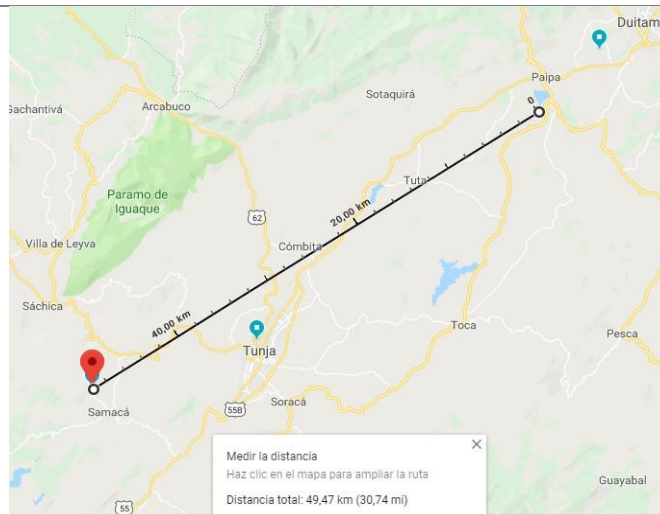


Gráfica 2 Humedad relativa Paipa.

*Vientos*

La estación Tinguavita que reposa a 1.6Km del sitio de implantación del proyecto, es una estación meteorológica clasificada como AM-Agrometeorológica. Esta estación no recopila datos de dirección y velocidad del tiempo. Por tal razón se tendrán en cuenta los resultados de las estaciones cercanas a Paipa que emitan este tipo de datos e información propia del IDEAM para construir el comportamiento del viento en este municipio. Las estaciones a tener en cuenta son:

<b>Código</b>	<b>24015220</b>
<b>Nombre</b>	Villa Carmen
<b>Departamento</b>	Boyacá
<b>Municipio</b>	Samaca
<b>Corriente</b>	Gachaneca
<b>Latitud</b>	5,51
<b>Longitud</b>	-73,50



---

<b>Periodo</b>	2002 - 2008
----------------	-------------

---

<b>Distancia desde el lugar del proyecto</b>	49.47 km
--	----------

---

<b>Código</b>	24035120
---------------	----------

---

<b>Nombre</b>	Surbata Bonza
---------------	---------------

---

<b>Departamento</b>	Boyacá
---------------------	--------

---

<b>Municipio</b>	Duitama
------------------	---------

---

<b>Corriente</b>	Surba
------------------	-------

---

<b>Latitud</b>	5,80
----------------	------

---

<b>Longitud</b>	-73,07
-----------------	--------

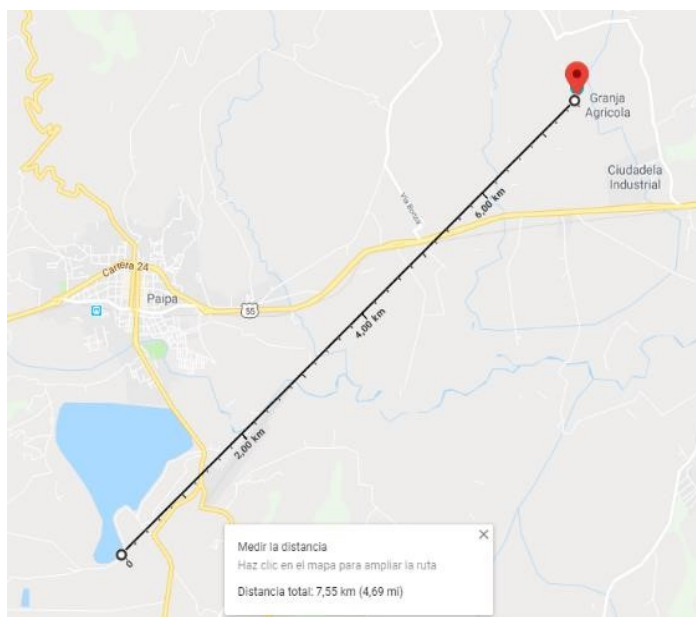
---

<b>Periodo</b>	2002 - 2004
----------------	-------------

---

<b>Distancia desde el lugar del proyecto</b>	7.55 km
--	---------

---



---

<b>Código</b>	24035130
---------------	----------

---

<b>Nombre</b>	UPTC
---------------	------

---

<b>Departamento</b>	Boyacá
---------------------	--------

---

<b>Municipio</b>	Tunja
------------------	-------

---

<b>Corriente</b>	Chulo
------------------	-------

---

<b>Latitud</b>	5,55
----------------	------

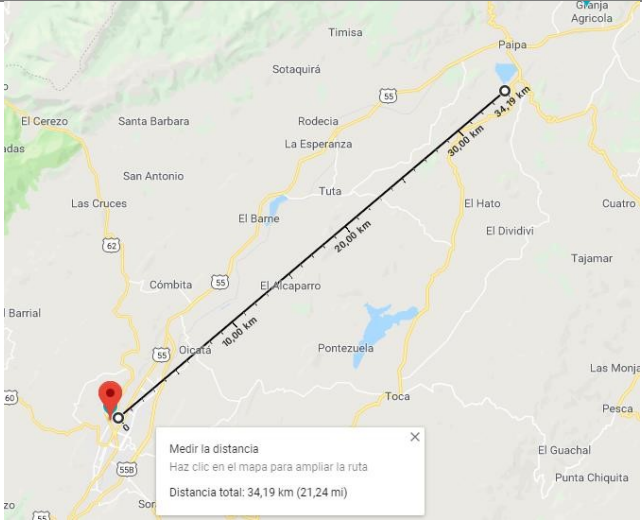
---

<b>Longitud</b>	-73,36
-----------------	--------

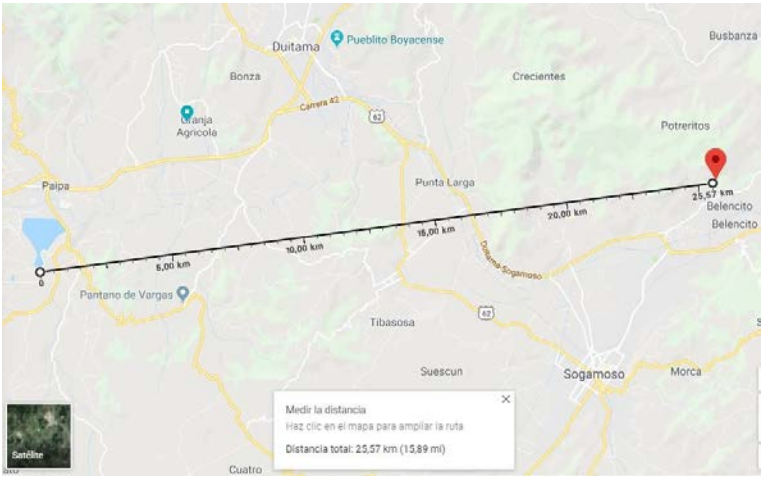
---

<b>Periodo</b>	2002 - 2008
----------------	-------------

---

<b>Distancia desde el lugar del proyecto</b>	34.19 km	
--	----------	--

<b>Código</b>	24035150
<b>Nombre</b>	Belencito
<b>Departamento</b>	Boyacá
<b>Municipio</b>	Nobsa
<b>Corriente</b>	Chicamocha
<b>Latitud</b>	5,78
<b>Longitud</b>	-72,89
<b>Periodo</b>	2002 - 2012



<b>Distancia desde el lugar del proyecto</b>	25.57 km
--	----------

Tabla 7 Reporte de vientos estaciones meteorológicas. Fuente: Creación Propia, datos IDEAM

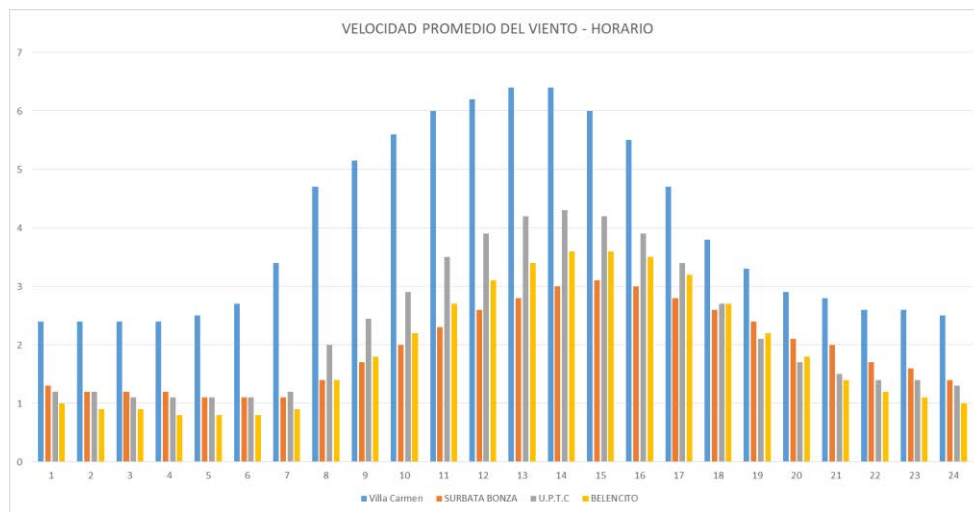
*Ciclo horario de la velocidad del viento.*

“Gráfico que representa el valor de la velocidad del viento promedio, para cada una de las horas del día en un lugar determinado. El consolidado de las 24 horas, permite evaluar el ciclo

diario de la velocidad, identificando intervalos de tiempo con valores máximos y mínimos, entre otros” (IDEAM)

VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO – HORARIO m/s																								
Estacion - Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Villa Carmen	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,7	3,4	4,7	5,15	5,6	6,2	6,4	6,4	6,4	6,5	5,7	4,8	3,8	3,3	2,9	2,8	2,6	2,6	2,5
Surbata Bonza	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,4	1,7	2,3	2,6	2,8	3,1	3,3	3,3	3,8	2,6	2,4	2,4	2,1	2,7	1,6	1,4	
U.P.T.C	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	2,2	2,45	2,9	3,5	3,9	4,2	4,3	4,4	4,2	3,9	3,4	2,7	2,1	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3
Belencito	1,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	1,4	1,8	2,2	2,7	3,1	3,4	3,6	3,6	3,5	3,2	2,7	2,2	1,8	1,4	1,2	1,1	1,1

Tabla 8, Velocidad Promedio del Viento Horario Fuente: Creación Propia, datos IDEAM



Gráfica 3 Velocidad Promedio del Viento Horario Fuente: Creación Propia, datos IDEAM

*Ciclo Mensual de la Velocidad y la Dirección del Viento.*

Gráfico que representa el valor de la velocidad del viento promedio, para cada uno de los meses del año en un lugar determinado. El consolidado de los 12 meses, permite evaluar el

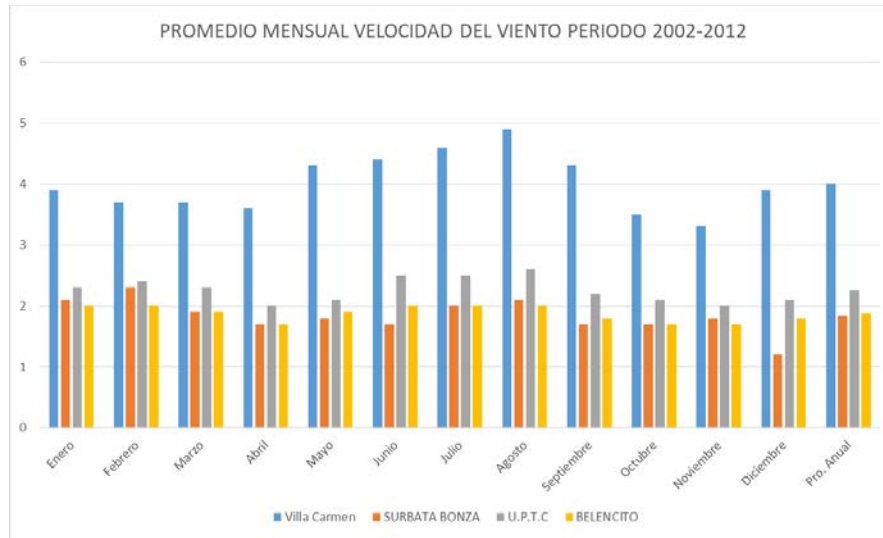


ciclo anual de la velocidad, identificando flujo predominante que fluye desde alguna dirección del horizonte.

La velocidad del viento es la relación entre la distancia recorrida por el aire y el tiempo que tarda en recorrerla. La “velocidad instantánea” o con mayor brevedad la “velocidad”, corresponde al caso de un intervalo de tiempo infinitamente pequeño. La “velocidad media”, se relaciona con el caso en que el intervalo de tiempo es finito. Desde el punto de vista físico, representa la magnitud que determina la fuerza del vector, el cual generalmente es dibujado en el sentido y la dirección del viento, con una longitud proporcional a la velocidad del mismo. En los análisis vectoriales, el parámetro se analiza en las componentes zonal (este – oeste) y meridional (norte – sur).

<b>PROMEDIO MENSUAL VELOCIDAD DEL VIENTO PERIODO 2002-2012</b>													
	Ene ro	Febr ero	Mar zo	Ab ril	Ma yo	Jun io	Jul io	Ago sto	Septie mbre	Octu bre	Novie mbre	Dicie mbre	Pro. Anual
<b>Villa Carmen</b>	3,9	3,7	3,7	3,6	4,3	4,4	4,6	4,9	4,3	3,5	3,3	3,9	4,0
<b>SURBATA BONZA</b>	2,1	2,3	1,9	1,7	1,8	1,7	2	2,1	1,7	1,7	1,8	1,2	1,8
<b>U.P.T.C</b>	2,3	2,4	2,3	2	2,1	2,5	2,5	2,6	2,2	2,1	2	2,1	2,3
<b>BELENCITO</b>	2	2	1,9	1,7	1,9	2	2	2	1,8	1,7	1,7	1,8	1,9

*Tabla 9 promedio mensual velocidad del viento periodo 2002-2012 Fuente: Creación Propia, datos IDEAM*



Gráfica 4 promedio mensual velocidad del viento periodo 2002-2012 Fuente: Creación Propia, datos IDEAM

Este gráfico representa el valor de la dirección del viento promedio, para cada uno de los meses del año en un lugar determinado. El consolidado de los 12 meses, permite evaluar el ciclo anual de la dirección, identificando flujo predominante que fluye desde alguna dirección del horizonte.

Define la procedencia del viento; en otras palabras, la dirección expresa el punto del horizonte desde el cual sopla el viento. Se expresa generalmente, en grados sexagesimales, contados en el sentido de las manecillas del reloj, a partir del norte geográfico, utilizando los rumbos de la Rosa de Vientos. Las 8 direcciones principales son: Norte (N), Noreste (NE), Este (E), Sureste (SE), Sur (S), Suroeste (SO), Oeste (O) y Noroeste (NE). La velocidad del viento es la distancia que recorre una partícula de aire en la unidad de tiempo. Habitualmente, se expresa en metros por segundo (m/s), kilómetros por hora (km/h) o en nudos (kt).

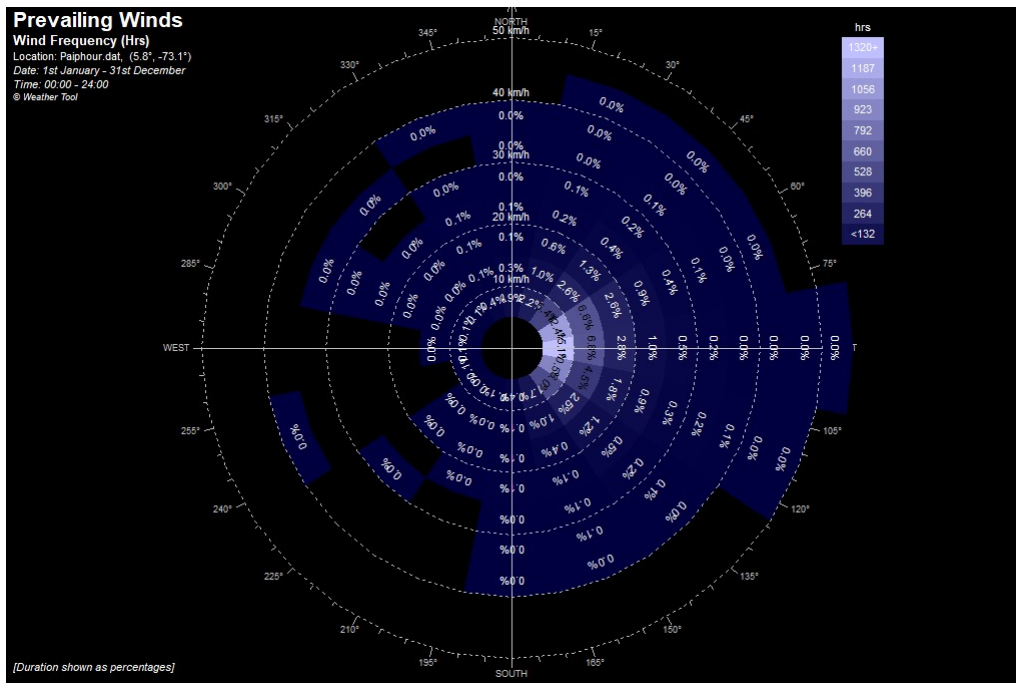
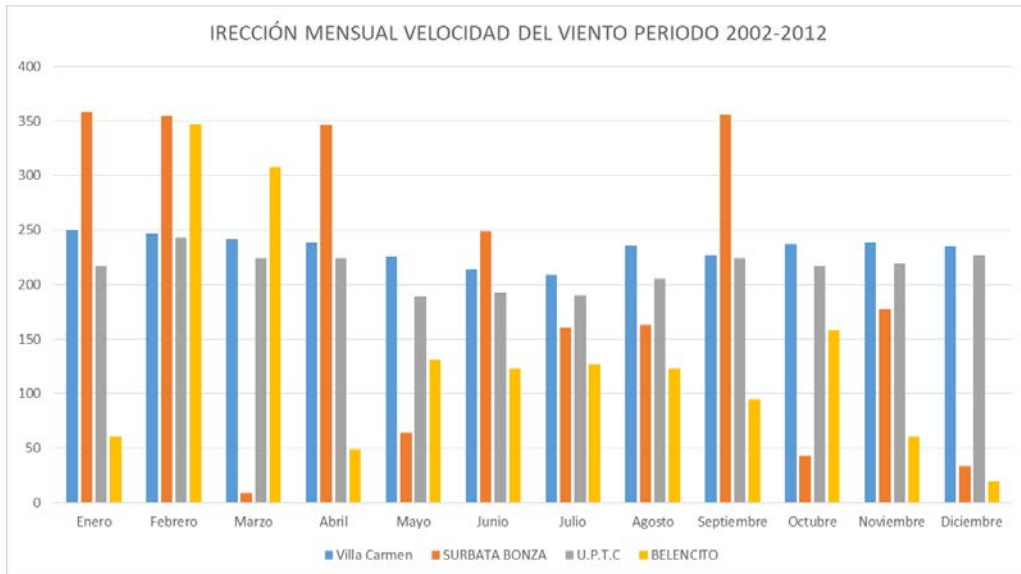


Ilustración 2, Vientos predominantes. Fuente: Weather tool.

### DIRECCIÓN MENSUAL DEL VIENTO PERIODO 2002-2012

	Ene ro	Febre ro	Mar zo	Abr il	Ma yo	Jun io	Jul io	Agos to	Septiem bre	Octu bre	Noviem bre	Diciem bre
<b>Villa Carmen</b>	250	247	242	239	226	214	20 9	236	227	237	239	235
<b>SURBAT A BONZA</b>	358	354	9	346	64	249	16 0	163	356	43	178	34
<b>U.P.T.C</b>	217	243	224	224	189	193	19 0	205	224	217	219	227
<b>BELENC ITO</b>	61	347	308	49	131	123	12 7	123	95	158	61	20

Tabla 10 Dirección mensual del viento periodo 2002-2012 Fuente: Creación Propia, datos IDEAM



Gráfica 5 Dirección mensual del viento periodo 2002-2012 Fuente: Creación Propia, datos IDEAM

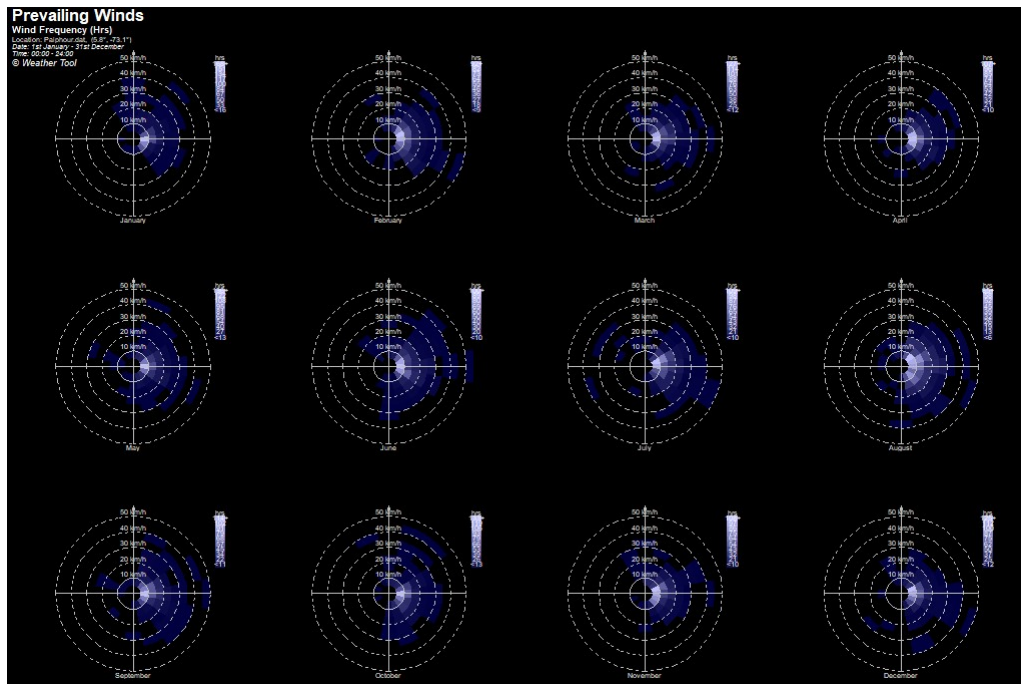
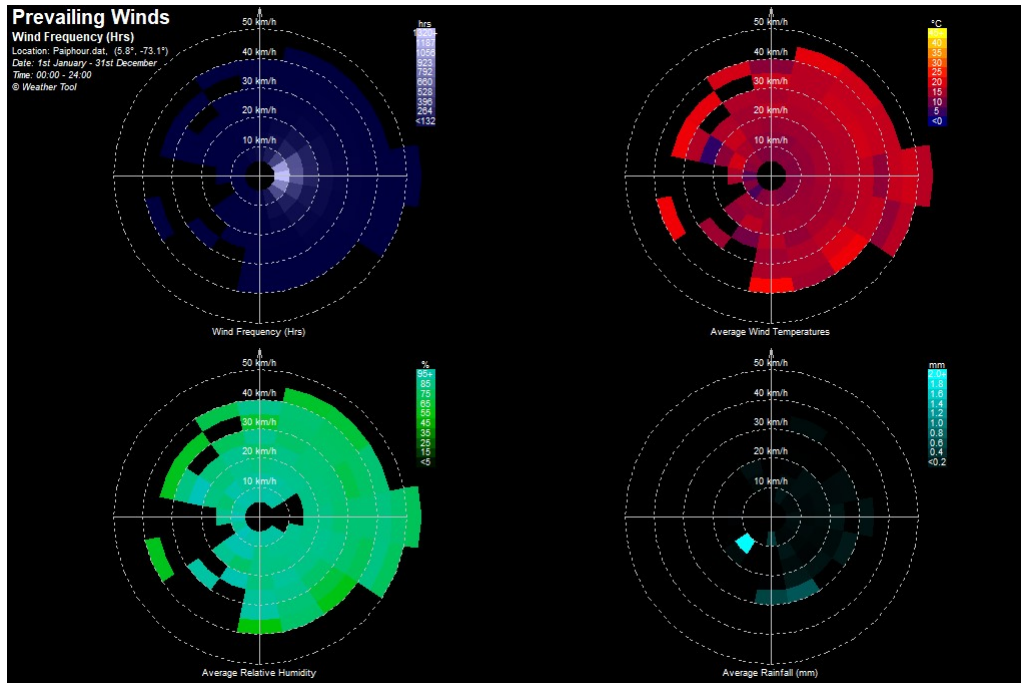


Ilustración 3, Vientos predominantes mensuales. Fuente: Weather tool.

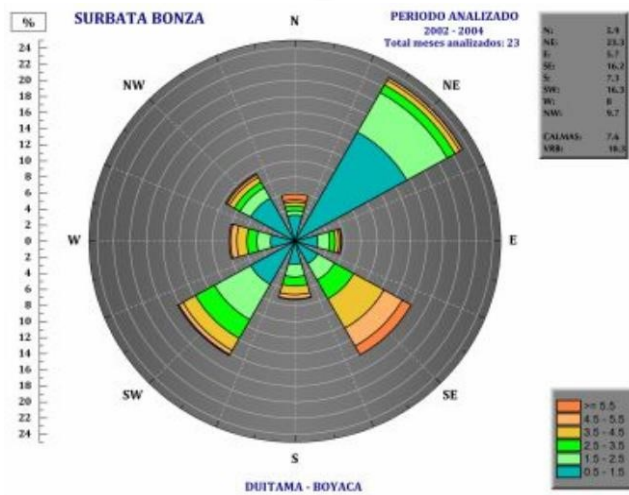
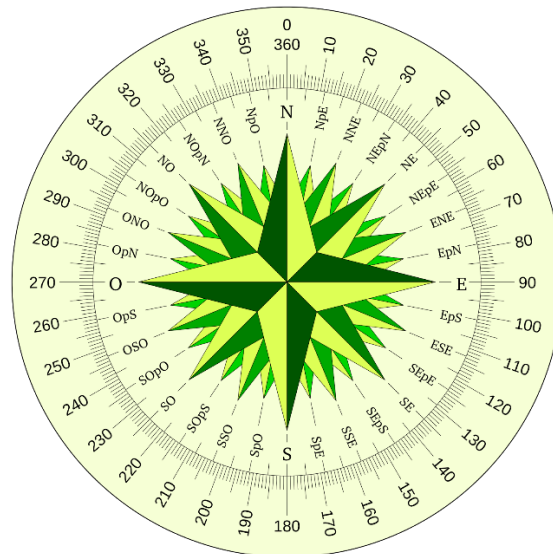


*Ilustración 4, Vientos, humedad, Temperatura. Fuente: Weather tool.*

### *Rosa de los Vientos.*

Representa gráficamente la dirección predominante de las diferentes velocidades del viento, de un lugar en particular. Se obtiene a partir del cálculo de las frecuencias de ocurrencia observadas en intervalos de dirección y velocidad, determinados por estándares o por el investigador. En el presente Atlas de Viento, se han dividido los 360° en 8 sectores así:

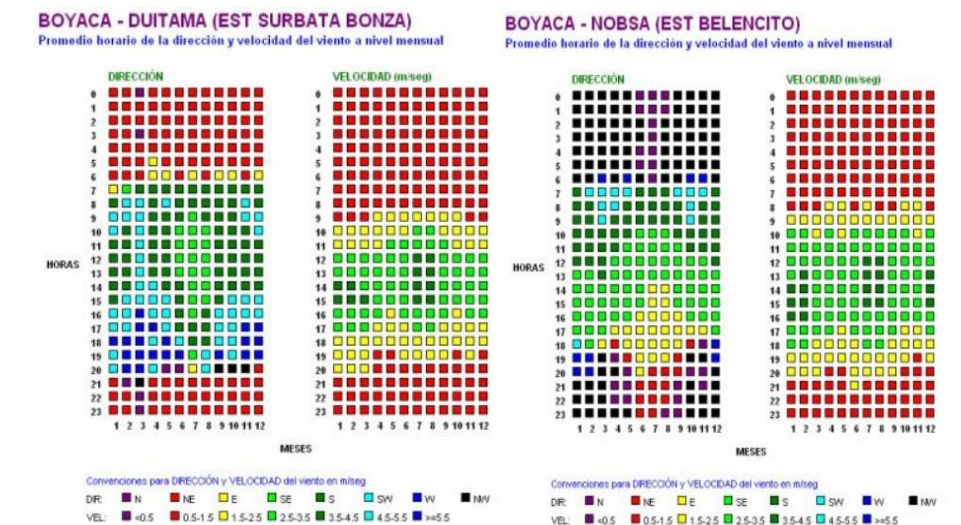
ABREVIATURA	DIRECCIÓN	GRADOS (Desde)	GRADOS (Hasta)
N	Norte	337.6	22.5
NE	Noreste	22.6	67.5
E	Este	67.6	112.5
SE	Sureste	112.6	157.5
S	Sur	157.6	202.5
SW	Suroeste	202.6	247.5
W	Oeste	247.6	292.5
NW	Noroeste	292.6	337.5
-	Calma	-	-
-	Variable	-	-



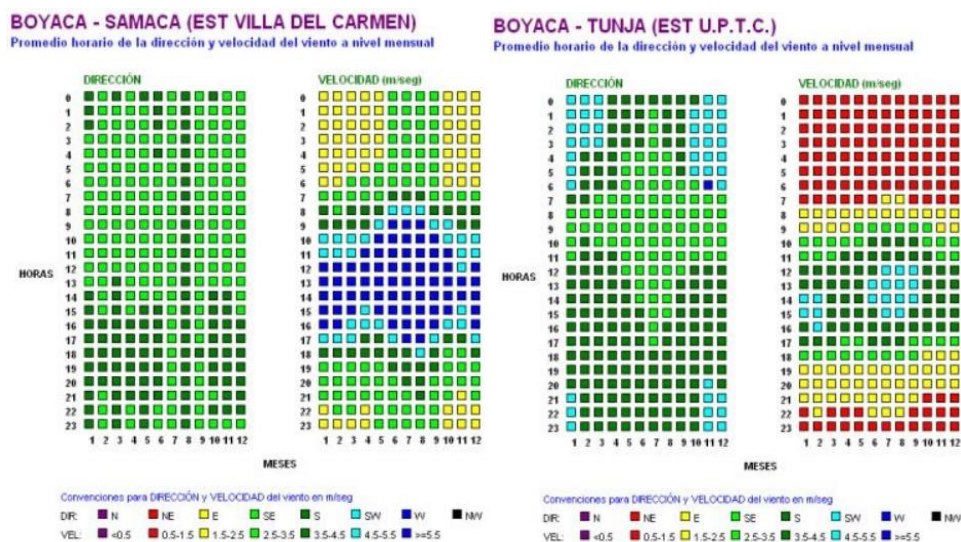
Gráfica 6 Rosa de los Vientos

*Diagrama de Hovmöller.*

Aunque típicamente representa una variable tiempo – espacio, en el presente Atlas, este diagrama nos permite identificar simultáneamente el ciclo horario y el ciclo mensual de la dirección y la velocidad del viento; los diagramas a continuación muestran la información recolectada en las diferentes estaciones climatológicas descritas anteriormente.



*Gráfica 7 Diagrama de Hovmöller Duitama y Nobsa Boyacá. Fuente: IDEAM*



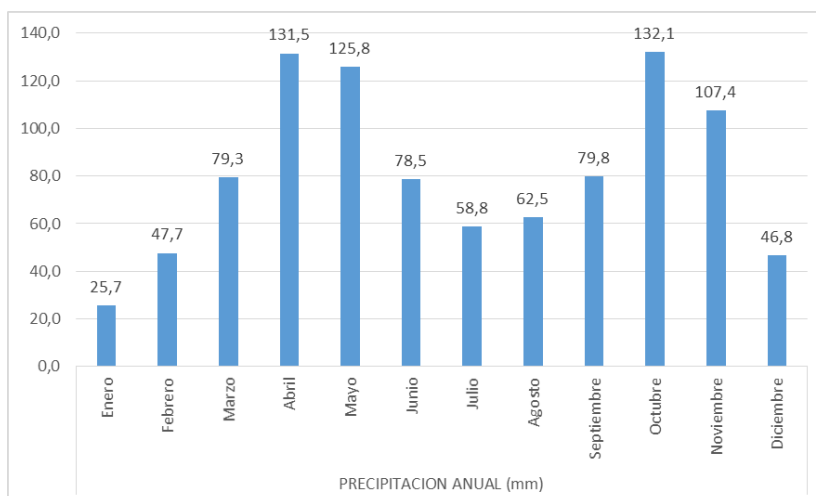
*Gráfica 8 Diagrama de Hovmöller de Samaca y Tunja Boyacá. Fuente: IDEAM*

### *Precipitaciones.*

La cantidad de precipitación es el volumen de agua lluvia que pasa a través de una superficie en un tiempo determinado. Como unidades de volumen y superficie se utilizan el litro y el metro cuadrado, respectivamente. La unidad de precipitación es el milímetro (mm). Un milímetro de precipitación equivale a un (1) litro de agua por metro cuadrado de superficie o a diez (10) metros cúbicos de agua por hectárea. Las líneas que unen puntos con igual cantidad de precipitación se denominan isoyetas. Los mapas de isoyetas se utilizan para analizar la variación espacial de la precipitación, en diferentes escalas temporales: medio Decadal (diez días), mensual y anual. Un día con lluvia es aquel durante el cual se presentan cantidades de precipitación iguales o superiores a 0.1 mm.

PRECIPITACION ANUAL (mm)-Estación Tinguavita												
Ene ro	Febre ro	Mar zo	Abr il	Ma yo	Juni o	Juli o	Agos to	Septiem bre	Octub re	Noviem bre	Diciem bre	Pro. Anual
25,7	47,7	79,3	131,5	125,8	78,5	58,8	62,5	79,8	132,1	107,4	46,8	976,1

*Tabla 11 Reporte precipitación anual (mm) Estación Tinguavita. Fuente: datos IDEAM*



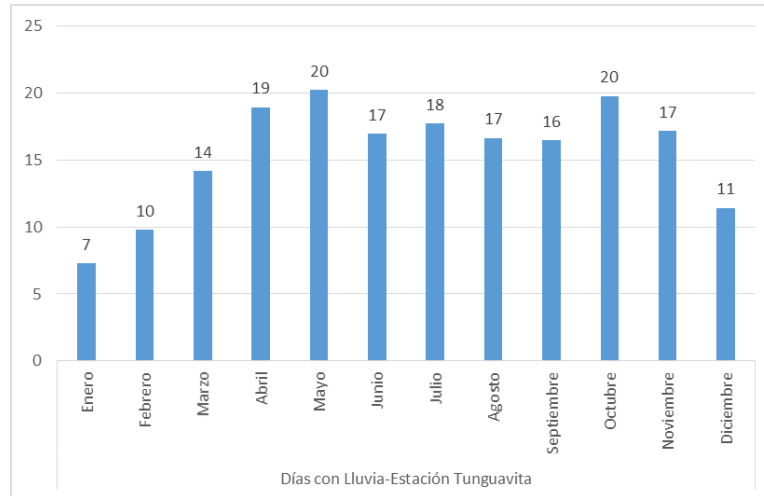
*Gráfica 9 Datos Precipitación anual Estación Tinguavita. Fuente: datos IDEAM*



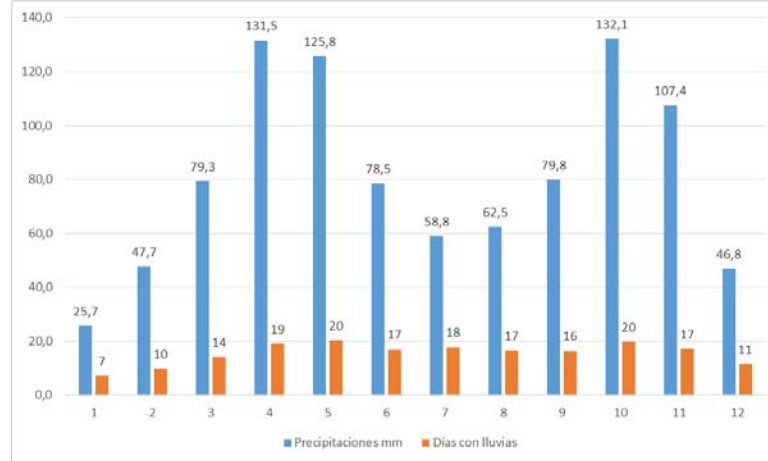
### Días con Lluvia-Estación Tunguavita

Ene ro	Febre ro	Mar zo	Abr il	Ma yo	Juni o	Juli o	Agos to	Septiem bre	Octub re	Noviem bre	Diciem bre	Pro. Anual
7	10	14	19	20	17	18	17	16	20	17	11	185

*Tabla 12 Días con Lluvia-Estación Tunguavita Fuente: datos IDEAM*



*Gráfica 10 Días con Lluvia-Estación Tunguavita Fuente: datos IDEAM*



*Gráfica 11 Precipitaciones y días con lluvia Fuente: datos IDEAM*

### *Radiación, Brillo Solar y Evaporación.*

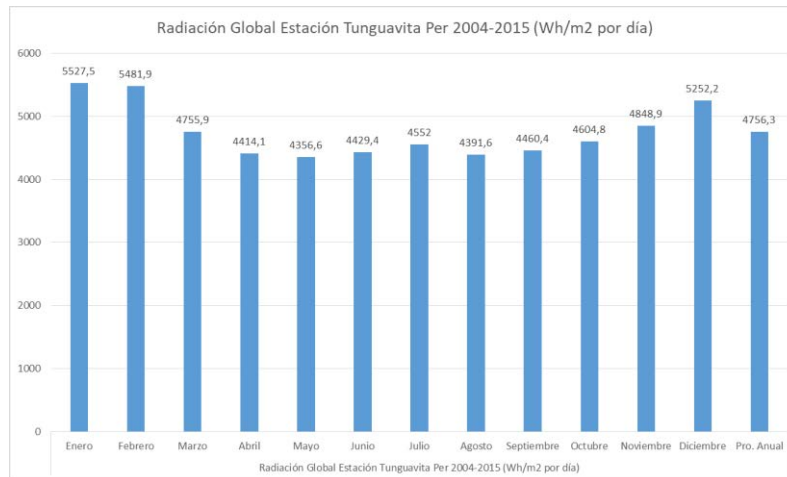
La irradiación global horizontal, que es la suma de las componentes directa y difusa, es el parámetro más importante para la evaluación del potencial de la energía solar en una región

en particular. Esta magnitud de radiación instantánea está expresada en unidades de potencia por unidad de superficie Área Tiempo Energía \* y es medida en vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>). Las cantidades de radiación expresadas en términos de irradiancia son generalmente integradas en el tiempo como Área Energía y las unidades utilizadas son el kWh/m<sup>2</sup> por día (si es integrada en el día) ó por año (si es integrada en el año). También se utiliza el MJ/m<sup>2</sup> por día (o por año). No todos los puntos de la superficie terrestre reciben la misma cantidad de radiación solar. La posición relativa de la Tierra respecto al Sol y el movimiento de la misma, alrededor del astro condicionan, por ejemplo, que en el ecuador se reciba más energía que en los polos y que en verano llegue más energía que en invierno.

**Radiación Global Estación Tinguavita Per 2004-2015 (Wh/m<sup>2</sup> por día)**

Ene ro	Febre ro	Mar zo	Abri l	May o	Juni o	Juli o	Agos to	Septiem bre	Octu bre	Noviem bre	Diciem bre	Pro. Anual
5527,5	5481,9	4755,9	4414,1	4356,6	4429,4	452	4391,6	4460,4	4604,8	4848,9	5252,2	4756,3

*Tabla 13 Radiación Global Estación Tinguavita Per 2004-2015 Fuente: datos IDEAM*



*Gráfica 12 Radiación Global Estación Tinguavita Per 2004-2015 Fuente: datos IDEAM*

### *Distribución espacial y temporal del brillo solar en Colombia*

Otra forma de conocer la radiación del sol es a través de la medición de las horas de sol efectivo en el día (insolación o brillo solar), que se asocia a la cantidad de tiempo durante el cual la superficie del suelo es irradiada por la radiación solar directa. Según la OMM, la duración de la insolación correspondiente a un periodo determinado, se define como la suma de los subperiodos durante los cuales la irradiancia solar directa supera los 120 W/m<sup>2</sup>.1.

### *Análisis promedio anual*

La cantidad de horas de brillo solar en Colombia, se presenta en los mapas mensuales y en el mapa anual. Estos mapas, fueron obtenidos con información de las 497 estaciones que se presentan en la sección: Evaluación del brillo solar en Colombia. Se utilizó información para cada estación, desde su instalación hasta el 31 de diciembre de 2012 o hasta que dejó de funcionar si fue antes de esta fecha. En la figura 3 se presenta el mapa nacional con el promedio anual de horas de sol al día (hSd), junto con los histogramas para las principales ciudades del país, que representan los promedios de los acumulados mensuales de horas de sol. De acuerdo con este mapa, los mayores valores de brillo solar medio diario se presentan en la región Caribe, la Orinoquía y la región Andina, destacándose lo siguiente: - En la región Caribe se presentan amplios sectores en La Guajira y el norte del Cesar con promedios entre 7 y 9 horas de sol al día (hSd); en gran parte del centro y el resto del norte de la región se presentan valores entre 6 y 7 hSd, mientras que al sur de la región los promedios están entre 4 y 6 hSd. En esta región se encuentra el municipio con mayor promedio de brillo solar en el país, el cual es Uribia en el departamento de la Guajira con 8,3 hSd. - En la Orinoquía se presentan dos pequeños sectores con promedios entre 6 y 7 hSd en Vichada y Arauca, mientras que gran parte de la región tiene valores entre 5 y 6 hSd. - En la región Andina hay

pequeños sectores con promedios entre 6 y 7 hSd en los santanderes, Tolima y Antioquia.

También hay amplios sectores con promedios entre 5 y 6 hSd, localizados en los Santanderes, Antioquia, Boyacá, Huila y Tolima, así como en algunos sectores de Cundinamarca, eje cafetero, Cauca, Valle del Cauca y Nariño. Por otro lado, los promedios más bajos en el país, entre 2 y 3 hSd, se presentan en pequeños sectores de Chocó, Valle del Cauca, Cauca, Nariño y Putumayo. Teniendo en cuenta la red del IDEAM, el municipio con menor promedio de brillo solar en el país es Totoró en el Cauca con 1,7 hSd. 2.

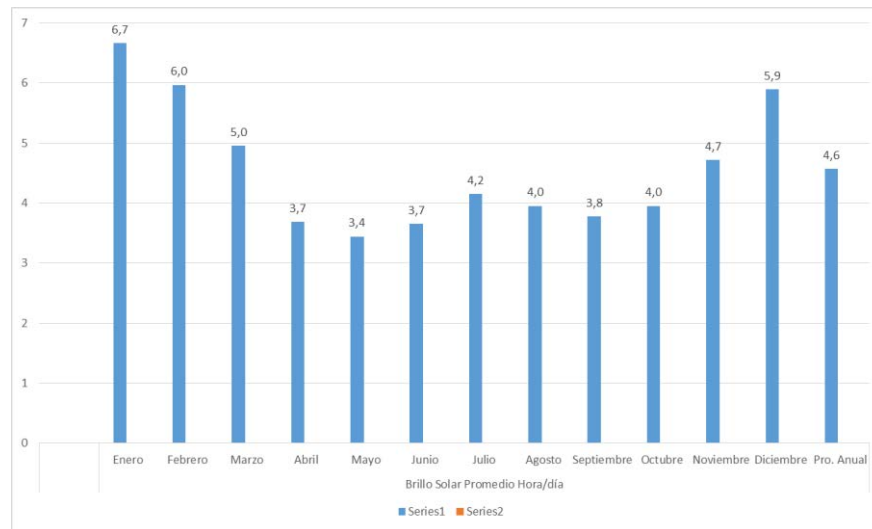
#### *Análisis espacio temporal a lo largo del año*

En los mapas mensuales se presenta la distribución espacial y temporal del brillo solar a lo largo del año. Se observa lo siguiente: - Región Caribe: presenta un comportamiento bimodal, en el cual, los mayores promedios se dan en enero, presentándose posteriormente una disminución de los mismos hasta un mínimo en mayo, seguido por un incremento de los promedios hasta julio y agosto y una disminución hasta un segundo mínimo en octubre. En esta región los promedios son más altos a principios de año (enero) que a mediados (agosto) y son más bajos, en la mayoría de las estaciones, en el segundo. Región Andina: presenta un comportamiento bimodal, en el cual, los mayores promedios se dan en enero y febrero, seguidos de una disminución hasta un mínimo en los meses de abril y mayo y de un incremento hasta julio y agosto. Posteriormente se registra una disminución hasta un segundo mínimo en octubre, finalizando con un incremento para llegar nuevamente a los máximos de enero. En la región Andina, en la mayoría de las estaciones, los promedios son más altos a principios de año (enero) que a mediados (agosto) y son más bajos en el primer mínimo (abril – mayo) que en el segundo (octubre). En algunas estaciones del sur de la región, se presenta

un comportamiento monomodal, con los valores más altos a principios y finales del año y valores bajos para el resto de año.

Brillo Solar Promedio Hora/día												
Ene ro	Febre ro	Mar zo	Abr il	Ma yo	Juni o	Juli o	Agos to	Septiem bre	Octub re	Noviem bre	Diciem bre	Pro. Anual
6,7	6,0	5,0	3,7	3,4	3,7	4,2	4,0	3,8	4,0	4,7	5,9	4,6

Tabla 14 Brillo Solar Promedio Hora/día Fuente: datos IDEAM



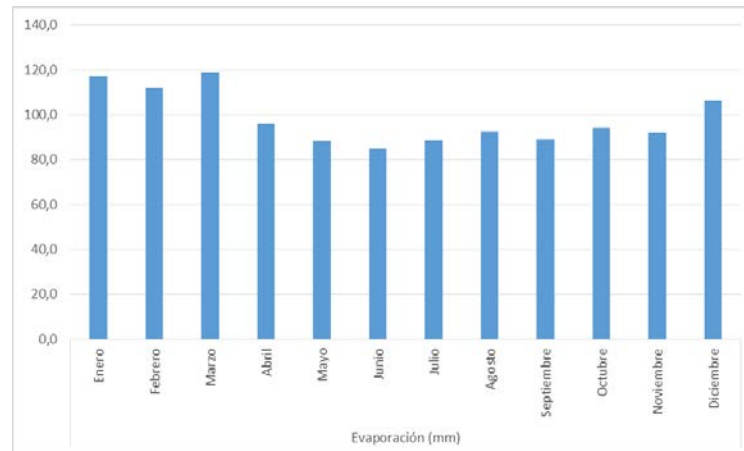
Gráfica 13 Brillo Solar Promedio Hora/día Fuente: datos IDEAM

“Se denomina evapotranspiración al conjunto de pérdidas físicas (evaporación) y biológicas (transpiración de plantas) del suelo en vapor de agua. Se expresa en mm por unidad de tiempo. Depende de factores de orden climático (radiación, humedad del aire, viento), relativos a las plantas (cubierta vegetal) y edáficos (tipo de suelo, estado de humedad del suelo), por lo que es conveniente distinguir entre evapotranspiración efectiva (cantidad de agua realmente transferida la atmósfera) t evapotranspiración potencial (cantidad máxima,

teórica de agua que puede evaporarse desde un suelo completamente cubierto de vegetación y constantemente abastecido de agua”(España, 2010).

<b>Evaporación (mm)</b>												
<b>Ene ro</b>	Febre ro	Mar zo	Abr il	Ma yo	Juni o	Juli o	Agos to	Septiem bre	Octub re	Noviem bre	Diciem bre	Pro. Anual
<b>117,4</b>	112,0	118,9	95,9	88,2	84,7	88,6	92,3	88,9	94,4	92,1	106,6	1161,6

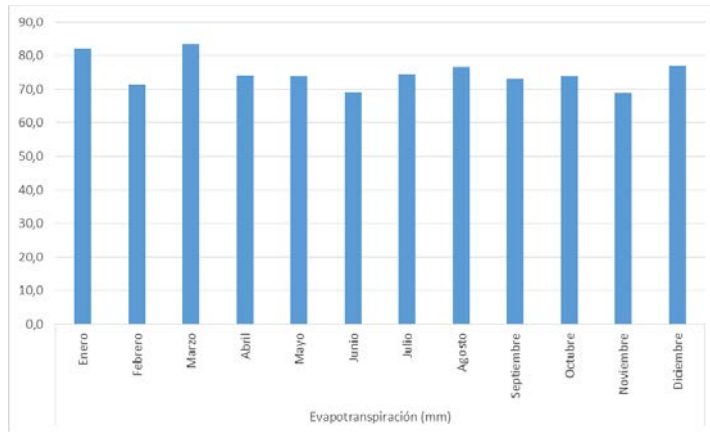
*Tabla 15 Evaporación (mm) mensual y promedio anual Fuente: datos IDEAM*



*Gráfica 14 Evaporación (mm) mensual y promedio anual Fuente: datos IDEAM*

<b>Evapotranspiración (mm)</b>												
<b>Ene ro</b>	Febre ro	Mar zo	Abr il	Ma yo	Juni o	Juli o	Agos to	Septiem bre	Octub re	Noviem bre	Diciem bre	Pro. Anual
<b>82,2</b>	71,4	83,4	74,0	73,8	69,1	74,5	76,6	73,1	73,8	69,0	76,8	897,7

*Tabla 16 Evapotranspiración mensual y promedio anual Fuente: datos IDEAM*



Gráfica 15 Evapotranspiración mensual y promedio anual Fuente: datos IDEAM

**RELACION DEL CLIMA IDENTIFICADOS EN LAS TEMPERATURAS  
MAXIMAS**

Temperatura	Datos/Meses del año	ENE R O	FEBR E R O	MAR Z O	AB R IL	MAY O	JUNI O	JUL I O	AGOS T O	SEPTIE M BRE	OCTUB RE	NOVIE MB RE	DICIE M BRE	PROM E DIO	
		TEMP. MEDIA	14,7	15,1	15,3	15,3	15,0	14,5	14,1	14,1	14,2	14,6	14,9	14,6	14,7
	TEMP. MAXIMA	22,9	23,1	22,8	21,7	21,2	20,6	20,3	20,5	20,9	21,2	21,5	22,0	21,6	
	TEMP. MINIMA	5,7	6,5	7,5	8,8	8,7	7,6	6,7	6,7	6,7	7,9	8,3	6,8	7,3	
	HUM. RELATIVA	72	72	74	77	79	78	76	76	77	79	79	76	76	
Vientos	Velocidad	Villa Carmen	3,9	3,7	3,7	3,6	4,3	4,4	4,6	4,9	4,3	3,5	3,3	3,9	4,0
		SURBATA BONZA	2,1	2,3	1,9	1,7	1,8	1,7	2	2,1	1,7	1,7	1,8	1,2	1,8
		U.P.T.C	2,3	2,4	2,3	2	2,1	2,5	2,5	2,6	2,2	2,1	2	2,1	2,3
		BELENCITO	2	2	1,9	1,7	1,9	2	2	2	1,8	1,7	1,7	1,8	1,9
	Dirección	Villa Carmen	250	247	242	239	226	214	209	236	227	237	239	235	
		SURBATA BONZA	358	354	9	346	64	249	160	163	356	43	178	34	
		U.P.T.C	217	243	224	224	189	193	190	205	224	217	219	227	
		BELENCITO	61	347	308	49	131	123	127	123	95	158	61	20	
<b>Lluvias</b>	Precipitaciones mm	25,7	47,7	79,3	131,5	125,8	78,5	58,8	62,5	79,8	132,1	107,4	46,8	976,1	
	Días con lluvias	7	10	14	19	20	17	18	17	16	20	17	11	185	
<b>Energía</b>	Radiación (wh/m2.día)	5527,5	5481,9	4755,9	4414,1	4356,6	4429,4	4552	4391,6	4460,4	4604,8	4848,9	5252,2	4756,3	
	Brillo Solar h/día	6,7	6,0	5,0	3,7	3,4	3,7	4,2	4,0	3,8	4,0	4,7	5,9	4,6	



<b>Evaporación</b>	Evaporación	117,4	112,0	118,9	95,9	88,2	84,7	88,6	92,3	88,9	94,4	92,1	106,6	1161,6
	Evapotranspiración	82,2	71,4	83,4	74,0	73,8	69,1	74,5	76,6	73,1	73,8	69,0	76,8	897,7

**RELACION DEL CLIMA IDENTIFICADOS EN LAS TEMPERATURAS  
MINIMAS**

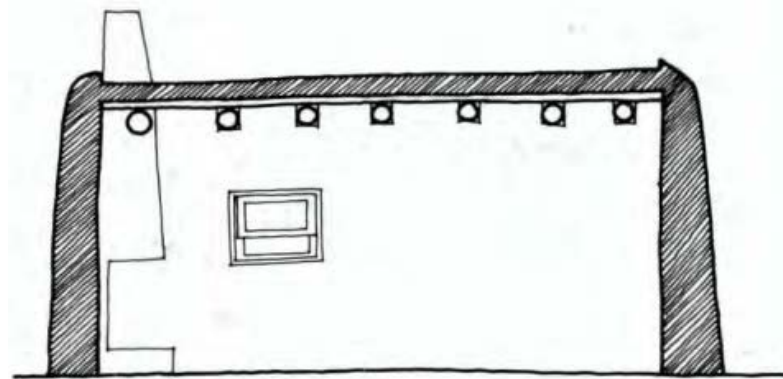
	Temperatura	Datos/Meses del año	ENE R O	FEBR E RO	MAR Z O	AB R IL	MAY O	JUNI O	JUL IO	AGOS T O	SEPTIE M BRE	OCTUB RE	NOVIE MB RE	DICIEM B RE	PROM E DIO
			TEMP. MEDIA	14,7	15,1	15,3	15,3	15,0	14,5	14,1	14,1	14,2	14,6	14,9	14,6
	TEMP. MAXIMA	22,9	23,1	22,8	21,7	21,2	20,6	20,3	20,5	20,9	21,2	21,5	22,0	21,6	
	TEMP. MINIMA	5,7	6,5	7,5	8,8	8,7	7,6	6,7	6,7	6,7	7,9	8,3	6,8	7,3	
	HUM. RELATIVA	72	72	74	77	79	78	76	76	77	79	79	76	76	
Vientos	Velocidad	Villa Carmen	3,9	3,7	3,7	3,6	4,3	4,4	4,6	4,9	4,3	3,5	3,3	3,9	4,0
		SURBATA BONZA	2,1	2,3	1,9	1,7	1,8	1,7	2	2,1	1,7	1,7	1,8	1,2	1,8
		U.P.T.C	2,3	2,4	2,3	2	2,1	2,5	2,5	2,6	2,2	2,1	2	2,1	2,3
		BELENCITO	2	2	1,9	1,7	1,9	2	2	2	1,8	1,7	1,7	1,8	1,9
Dirección		Villa Carmen	250	247	242	239	226	214	209	236	227	237	239	235	
		SURBATA BONZA	358	354	9	346	64	249	160	163	356	43	178	34	
		U.P.T.C	217	243	224	224	189	193	190	205	224	217	219	227	
		BELENCITO	61	347	308	49	131	123	127	123	95	158	61	20	
<b>Lluvias</b>	Precipitaciones mm	25,7	47,7	79,3	131,5	125,8	78,5	58,8	62,5	79,8	132,1	107,4	46,8	976,1	
	Días con lluvias	7	10	14	19	20	17	18	17	16	20	17	11	185	
<b>Energía</b>	Radiación (wh/m2.día)	5527,5	5481,9	4755,9	4414,1	4356,6	4429,4	4552	4391,6	4460,4	4604,8	4848,9	5252,2	4756,3	

	Brillo Solar h/día	6,7	6,0	5,0	3,7	3,4	3,7	4,2	4,0	3,8	4,0	4,7	5,9	4,6
<b>Evaporación</b>	Evaporación	117,4	112,0	118,9	95,9	88,2	84,7	88,6	92,3	88,9	94,4	92,1	106,6	1161,6
	Evapotranspiración	82,2	71,4	83,4	74,0	73,8	69,1	74,5	76,6	73,1	73,8	69,0	76,8	897,7



*Tabla 17 Relaciones del clima identificados en las temperaturas máximas y mínimas y su relación gráfica .*

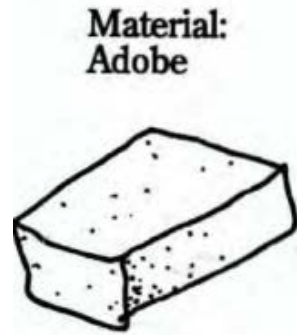
Durante los meses de enero y febrero se presentan las mayores temperaturas, (enero: 22.9°C y febrero: 23.1°C) al tiempo se registran también las menores temperaturas (enero: 5.7°C y febrero: 6.5°C) con precipitaciones de 25.7 mm y 47.7 mm también unas de las menores registradas durante el año. Para el proyecto representa que debe responder de forma eficiente a una variación importante en el rango de temperatura en los meses que se podría denominar como críticos, es decir, enero y febrero. La materialidad a través de su inercia es clave ya que las variaciones entre el día y la noche son de hasta 17.2°C y aunque en Paipa no se evidencian variaciones importantes de temperatura en el día o durante la noche, el efecto de la altura si es determinante en este rango diferencial, sumado a esto la radiación solar sin mayor variación y resequeadad del aire y del suelo, (...) “el hombre ha desarrollado una arquitectura de muros gruesos y pesados que amortigua el impacto del radical cambio de temperatura que se presenta entre el día y la noche” (...) (Moreno, 1991)p.10)



*Imagen 5, Muros y cubierta gruesos. Fuente: Colombia: arquitectura, hombre y clima.*

Según, Moreno (1991), los muros y la cubierta gruesos impiden el cambio brusco de temperaturas. Se calientan lentamente durante el día acumulando energía que dispersan durante la noche. Este tipo de materialidad se puede encontrar en el adobe simple o en el

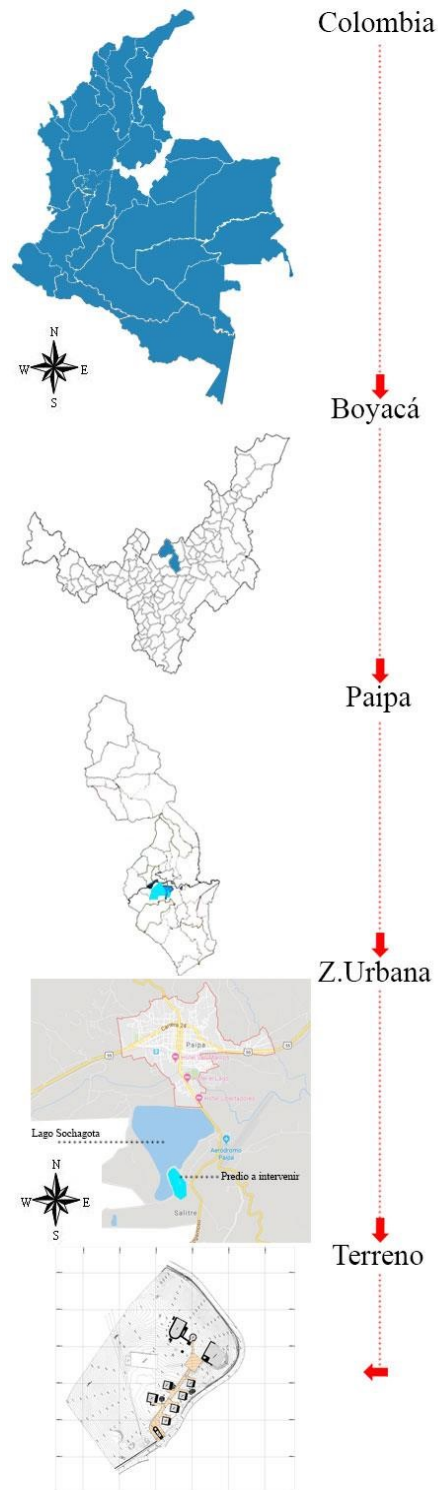
Bloque de tierra compactada (BTC) que es un material pesado y de alta capacidad acumulativa de calor el cual también obedece a cualidades y aspectos propios de la construcción vernácula nacional y local.



*Imagen 6, Material, adobe. Fuente: Colombia: arquitectura, hombre y clima.*

*Análisis del predio*

*Localización.*



*Imagen 7 Localización del proyecto.*

### Descripción del Lugar.

### Entorno.

El terreno donde se desarrollará el presente proyecto, está rodeado por un entorno natural junto a un gran cuerpo de agua (lago Sochagota) y una topografía irregular, actualmente el predio posee 7 cabañas, junto con una zona de administración, piscina y salón de eventos y reuniones sociales. Cuenta también con una cancha de tenis, parqueadero para 8 automóviles. La zona de administración y piscina se encuentran en las partes más altas del terreno y las cabañas en las zonas deprimidas junto con la cancha de tenis. Son las zonas de servicio son las que cuentan con vista directa hacia el lago Sochagota. Existe una vía rural intermunicipal que circunda aproximadamente dos cuartas partes del perímetro del predio y sobre la cual se realiza la recolección de residuos.

### Topografía.

Según datos catastrales suministrado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el lote posee 30.000 m<sup>2</sup> de área bruta y un área construida de 1965 m<sup>2</sup> distribuida entre las edificaciones actuales del complejo vacacional.

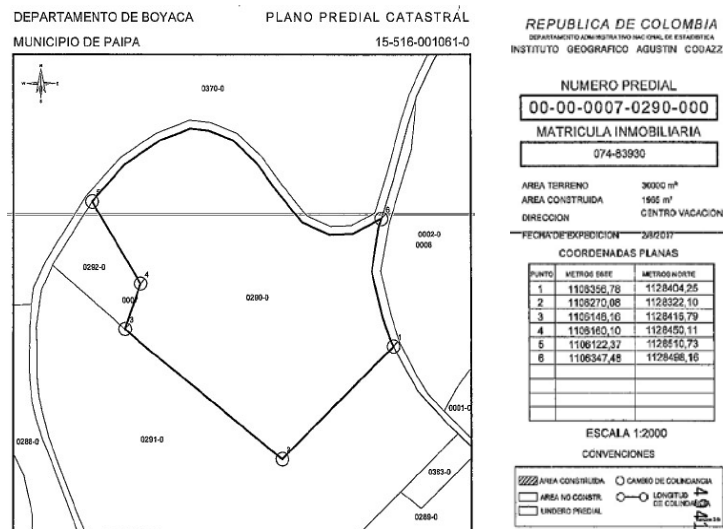
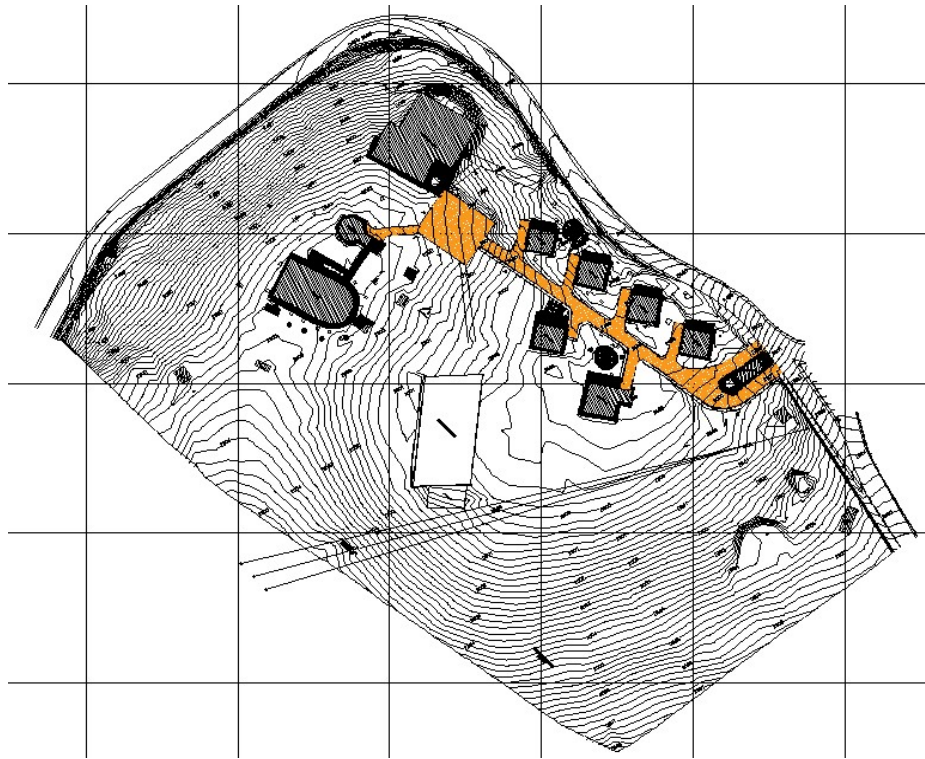


Ilustración 5 Plano Predial Catastral-IGAC Fuente: IGAC



*Ilustración 6 Levantamiento Topográfico. Fuente: Elaboración Propia*

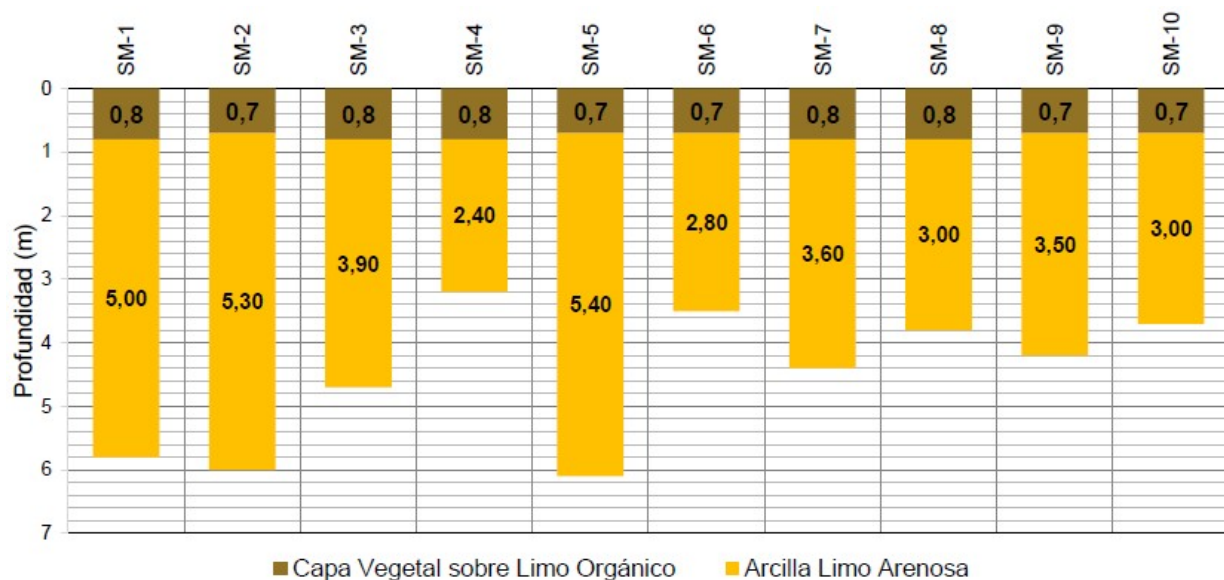
La topografía del proyecto se obtuvo a través de un punto certificado perteneciente a la red geodésica. El tiempo mínimo de observación es de 30 minutos más 5 por kilómetro entre la base y el punto desconocido. La topografía corresponde al sistema MAGNA-SIRGAS y la lista de coordenadas finales se observan a continuación.

Punto	Norte	Este	Cota	Descripción
D-1	1128399.606	1106324.148	2504.296	D-1
D-2	1128400.010	1106195.797	2502.969	D-2
D-3	1128447.334	1106135.330	2502.921	D-3
D-4	1128509.217	1106160.418	2500.707	D-4
D-5	1128512.496	1106216.292	2501.698	D-5
D-6	1128467.207	1106269.540	2499.105	D-6
GPS-1	1128347.869	1106401.351	2508.838	GPS-1
GPS-2	1128437.624	1106347.158	2503.438	GPS-2
D-1-1	1128429.010	1106297.620	2499.882	D-1-1
D-4-1	1128487.086	1106197.112	2502.615	D-4-1
D-4-2	1128556.818	1106219.330	2497.070	D-4-2
D-5-1	1128516.346	1106241.360	2498.941	D-5-1

*Tabla 18 Lista de Coordenadas finales de los Deltas Fuente: Elaboración Propia*

### Suelo.

Los materiales encontrados en las exploraciones geotécnicas identifican una capa vegetal de limos orgánicos de color marrón y con presencia de raíces y humedad media, el espesor de esta capa varía de 0.7 a 0.8 m después de esta capa se encuentran arcillas limo arenosa color habano y marrón, en los sondeos realizados se puede evidenciar que los perfiles son uniformes en toda la extensión del terreno.

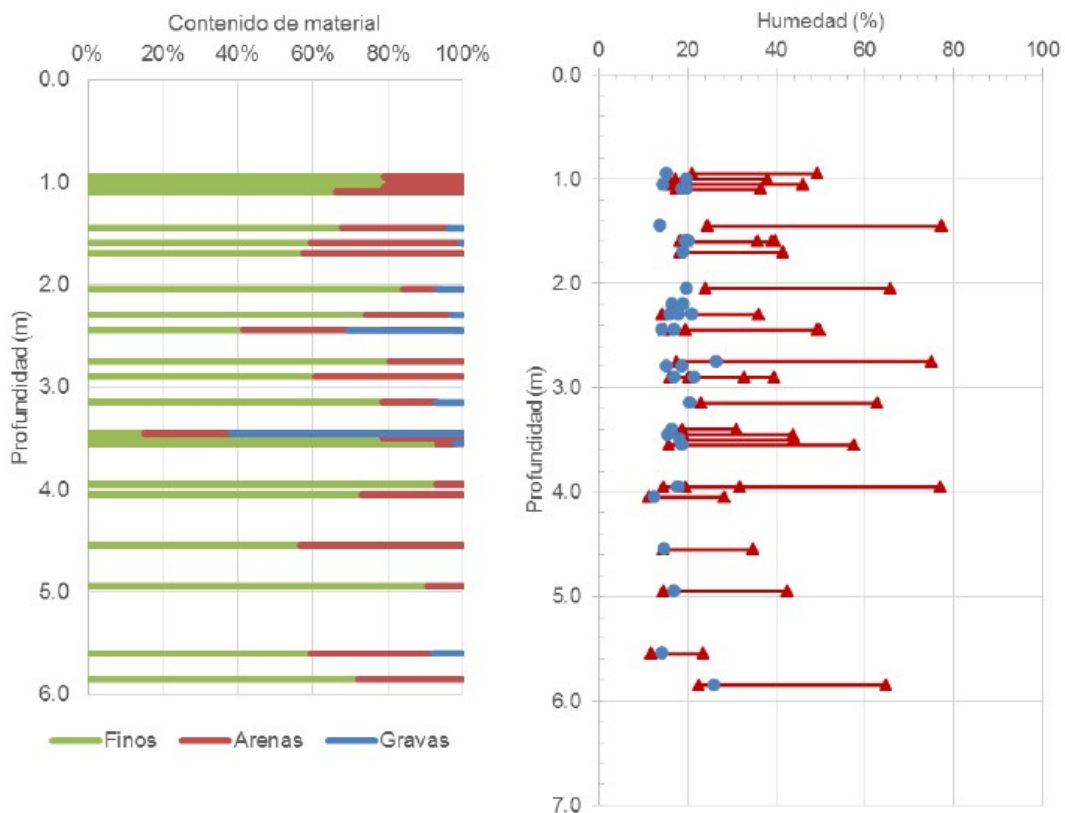


Gráfica 16 Perfil Estratigráfico del Terreno- Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con los resultados del ensayo de lavado sobre Tamiz 200, tenemos que existe un predominio respecto al contenido de finos con un 75%, seguido por el contenido de arenas con el 23% y por último y en menor proporción se presentan gravas con un 7%. A continuación, se presentan los resultados de acuerdo a la profundidad de la muestra tanto en materiales como en humedad del suelo. Es por esto que podemos deducir que las condiciones naturales del sitio favorecen a la construcción con elementos vernaculares provenientes de la tierra del lugar, específicamente de las excavaciones in situ que de la ejecución de la obra sean necesarias. En este sector y el departamento de Boyacá particularmente al oriente de



Tunja, aún conserva edificaciones vernáculas en adobe y han desarrollado una importante producción alfarera por las condiciones de sus terrenos. Según, (Gama, 2007a), las bondades de las construcciones de adobe relacionadas con su bajo costo económico, la sostenibilidad de esta tecnología en ese contexto, la materia prima que está presente en el lugar y la asociación con la producción y el comercio artesanal. Se podría así proponer, como uno de los soportes del modelo territorial, incentivar el desarrollo de sistemas productivos sostenibles asociados con el adobe.



Gráfica 17 Contenido de Material y Humedad del Suelo Fuente: Elaboración Propia

### Ecosistema.

Según el instituto Humboldt. "La región de Paipa hace parte del cinturón de páramos de la Cordillera Oriental, donde se encuentran los de mayor extensión y número de especies

respecto a los páramos de las otras cordilleras. Se caracteriza por presentar dos ecosistemas muy importantes para el aprovisionamiento de agua y claramente diferenciados entre sí: los páramos y los bosques altoandinos. En abril de 2013 un grupo de trabajo conformado por los investigadores del Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), el grupo de investigación LimnoBasEBiotaMAR de la Universidad de Antioquia, la Fundación Natura y la comunidad local, llevaron a cabo una investigación de campo para identificar las especies de animales y plantas que habitan los páramos y los bosques altoandinos de Paipa. Esta investigación se desarrolla en el marco del proyecto “Planeación Ambiental para la Conservación de la Biodiversidad en las Áreas Operativas de Ecopetrol” (convenio Ecopetrol - IAvH). En total se registraron 289 especies de fauna y flora. De estas, 179 son plantas, 4 peces, 3 anfibios, 5 reptiles, 84 aves y 14 mamíferos. Es de resaltar el registro de cuatro especies: una planta, el frailejón de Paipa (*Espeletia paipana*, En Peligro Crítico) una especie microendémica (que solamente se encuentra en una localidad del municipio de Paipa) y de la que al parecer solo quedan 38 individuos (López, 2004), una lagartija restringida a la alta montaña (*Anolis heterodermus*); una marmosa (*Micoureus* sp.) nuevo registro para el área de estudio y la presencia del roedor *Thomasomys niveipes* que, aunque es abundante en la zona, tiene una distribución restringida a un área de aproximadamente 12.000 km<sup>2</sup>, en elevaciones superiores a 2.600 m en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá (Gómez-Laverde et al. 1997)” (González, Vasquez-Valderrama, Díaz-Pulido, Lina María Mesa-Salazar, & Fajardo, 2014).

Con respecto a la flora “se registraron 179 especies de plantas agrupadas en 67 familias botánicas y 36 órdenes. las plantas vasculares fueron numeradas del FFG-1349 al 1559, de las familias Asteraceae, Ericaceae y Melastomataceae son la que están representadas por un mayor número de especies, adicionalmente se encontraron 37 familias con presencia de una

sola especie cada una, 15 familias con presencia de dos especies y tres familias con tres especies. Los géneros más importantes fueron *Miconia*, *Espeletia* e *Hypericum*” (González et al., 2014).

Las familias de plantas predominantes en la región de Paipa son: Melastomataceae, Cyperaceae, Ericaceae, Blechnaceae, Clusiaceae, Rubiaceae, Aquifoliaceae, Geraniaceae, Clethraceae, Eriocaulaceae, Loranthaceae, Orchidaceae, Asteraceae, Bromeliaceae, Iridaceae, Polygalaceae, Apiaceae, Poaceae, Gentianaceae, Symplocaceae, Cunoniaceae, Myrsinaceae, Lycopodiaceae, Alstroemeriaceae, Scrophulariaceae, Columelliaceae, Lauraceae, Chloranthaceae, Piperaceae, Myrtaceae, Oxalidaceae, Phyllanthaceae, Winteraceae, Araliaceae, Pentaphylacaceae, Cyatheaceae, Onagraceae, Rosaceae. Estas familias constituyen un gran recurso para el diseño e implantación paisajística del proyecto, por medio de esta información se podrán definir que plantas serán usadas de forma eficiente alrededor de las viviendas rurales algunas con alto potencial ornamental para esto se utilizará un instrumento de valoración del potencial ornamental y paisajístico de las familias más relevantes.

El lago Sochagota que bordea el costado norte del predio, es un factor determinante en la biodiversidad que afectará al proyecto tanto en el clima como en su potencial paisajístico aunque este también constituya una de las principales causas de contaminación generadas por el turismo itinerante de la ciudad, la generación de desechos en el lago Sochagota según Díaz, 2015. “Al ser el Lago Sochagota el atractivo más afectado, el tipo de contaminación predominante en el mismo es la generación de basuras y el uso indiscriminado de lanchas, motos acuáticas y demás elementos que generan más contaminación y malos olores en las aguas. De igual forma, estas actividades recreativas en el ecosistema depredan la flora y fauna característica del lago”. A partir de esto podemos afirmar que se debe tener en cuenta

para la implantación del proyecto la contaminación visual y auditiva puesto que se pretende lograr de forma integral aspectos de diseño sostenible que no solo hagan referencia al confort térmico de la edificación, sino las condiciones de su entorno general (A. E. L. Díaz, 2015).

#### *Análisis del lote y su entorno.*

El lote se encuentra ubicado al costado sur del lago Sochagota (Ver Imagen 7), el lago se encuentra en situación crítica debido a la contaminación por desechos generada por los turistas que al año pueden ascender hasta los 170.000 usuarios, no deja de ser un gran elemento para formulación del proyecto puesto que se interpreta como una determinante del lugar, (A. E. L. Díaz, 2015).



*Imagen 8 Localización del lote. Fuente: Elaboración Propia*

El lote se encuentra rodeado en su costado norte por una vía terciaria de tipo intermunicipal por la cual se realizan las recolecciones de basuras, en la ilustración 10, se destaca la zonificación actual de lote; 1- Zona de bosque no nativo de 7.000 m<sup>2</sup> aproximadamente según medidas obtenidas por el estudio topográfico realizado, 2- Zona de servicios y dotacionales complementarias, 3- Cancha de tenis, 4- Zona de cabañas actuales.



*Imagen 9 Zonificación actual del lote. Fuente: Elaboración Propia*

### *Zona Boscosa*

En la zona boscosa del lote predominan alisos y tilos, propios de la cordillera y comunes en la región de paipa, el aliso es un árbol perteneciente a la familia Betulacea posee un follaje ornamental, se trata de un árbol que alcanza entre 20 y 25 metros de altura y particularmente dentro del lote considerando la proximidad con el lago Sochagota, se puede considerar un lugar de conservación para permitir un hábitat natural a especies de aves y otros animales que requieran este tipo de entornos ecológicos para su subsistencia y de este modo estructurar un proyecto con características eco sostenibles.



*Imagen 10 Zona Boscosa del Lote. Fuente: Elaboración Propia.*

### *Zona de Servicios*

La zona de servicios en la actualidad cuenta con tres recintos distribuidos de forma lineal en la franja norte del lote con vista directa hacia el lago Sochagota, estos espacios están distribuidos así: 1-Piscina, 2Salón de eventos, 3-Recepción la cual consta de espacios para juegos, administración, vivienda fiscal, lavandería y un mirador tipo terraza hacia el lago (Ver ilustración 12). La piscina se encuentra dentro de una edificación construida con muros de mampostería común en bloque No. 5, revoque en pañete y estuco pintado en color blanco, la cubierta está fabricada en policarbonato no alveolar gris lo cual sugiere que la intención podría ser mantener alta la temperatura al interior del recinto (Ver imagen 10).



*Imagen 11 Zona de Servicios del Lote. Fuente: Elaboración Propia*



*Imagen 12 Zona de Piscina del Lote. Fuente: Elaboración Propia*

### *Salón de Eventos.*

El salón de eventos del centro vacacional al igual que la piscina está construido con muros de mampostería común en bloque No. 5, revoque en pañete y estuco pintado en color blanco. La cubierta es en teja de barro tipo española sobre un machihembrado de pino, los antepechos son en ladrillo a la vista donde reposan ventanas con marcos en madera y vidrio crudo de 5mm (Ver imagen 12).



*Imagen 13 Salón de Eventos del Lote. Fuente: Elaboración Propia*

### *Recepción*

La recepción del complejo es una edificación con muros en mampostería estructural a la vista pintada en color blanco, algunos muros están revocados con pañete y estuco. La cubierta es en teja tipo termoacústica ondulada.



*Imagen 14 Recepción del Lote. Fuente: Elaboración Propia*



### *Cabañas Actuales.*



*Imagen 15 Zona de Cabañas Actuales del Lote. Fuente: Elaboración Propia*

El centro vacacional posee 6 cabañas unifamiliares de entre 70 y 80 m<sup>2</sup> con una distribución interna de tres habitaciones, sala, comedor, cocina, un baño privado y uno público. Las cabañas están dotadas con chimenea a leña y electrodomésticos básicos como: Nevera, licuadora, lavadora, horno microondas, 2 televisores.



*Imagen 16 Exterior Cabaña Actual. Fuente: Elaboración Propia*

La materialidad de las cabañas está constituida por muros en bloque No 5 con revoque en pañete y estuco acabado en graniplast color blanco con base de pared en amarillo. El techo está fabricado con teja tipo termoacústica sencilla ondulada de color rojo y un cielo raso

interno en machihembrado de pino, el piso en las zonas públicas de la cabaña se encuentra en cerámica y en las habitaciones madera laminada.



*Imagen 17 Interior Cabaña Actual. Fuente: Elaboración Propia*

### *Zona de Implantación.*

La zona disponible dentro del lote para realizar la implantación de cabañas nuevas con un área aproximada de 80 m<sup>2</sup> cada una junto con sus vías de acceso, ampliación de parqueaderos, es la que se encuentra disponible junto a las cabañas actuales, teniendo que eliminar la cancha de tenis trasladándola a otro lugar dentro del mismo complejo (Ver Imagen 17).



*Imagen 18 Zona de Implantación Fuente: Elaboración Propia*

Las cabañas actuales que estarán junto al nuevo proyecto se encuentran orientadas en dirección norte-sur dejando las caras inclinadas y los aleros de la cubierta dispuestas en sentido este-oeste (Ver imagen 18), existe una rotación de  $10^\circ$  desde su eje en sentido sur-oeste / noreste (Ver imagen 19).



Imagen 19 Orientación Cabañas Actuales Fuente: Elaboración Propia

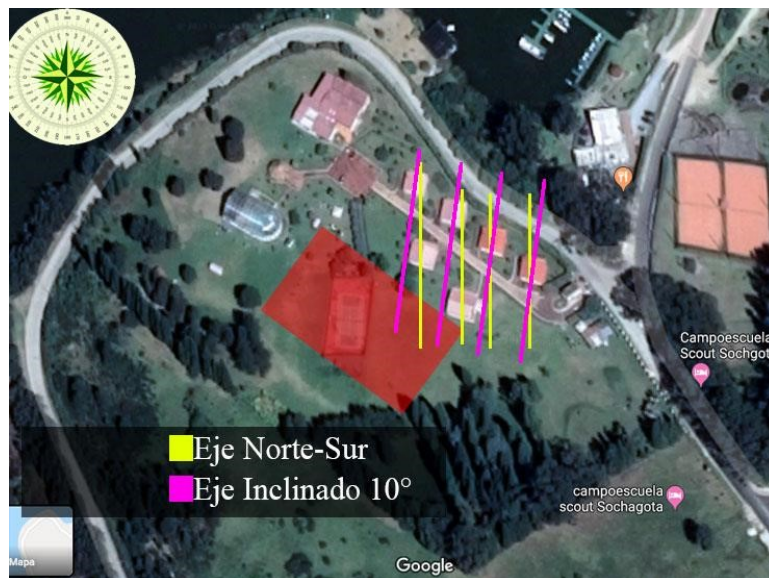
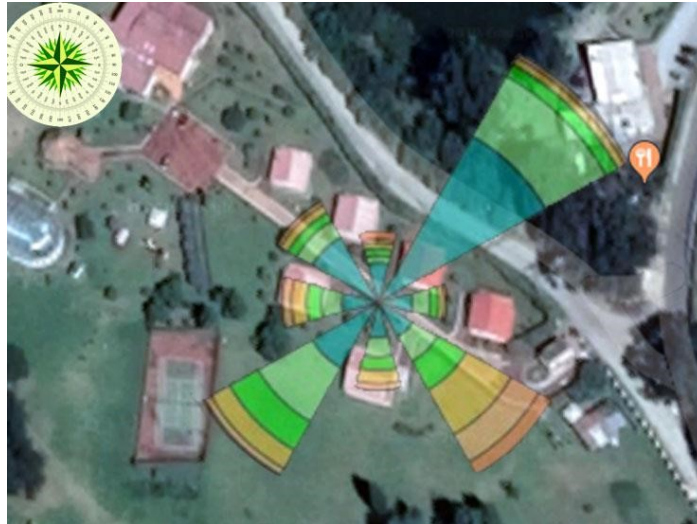


Imagen 20 Eje inclinado  $10^\circ$  Fuente: Elaboración Propia

Los vientos predominantes generan presión positiva en las esquinas de las cabañas y los de menor predominancia hacen presión en las caras planas de las cabañas, los vientos con mayor

predominancia se encuentran en dirección nor-este / sur-oeste con una velocidad promedio de 3.5 m/s.



*Imagen 21 Incidencia de Vientos. Fuente: Elaboración Propia.*

Teniendo en cuenta las determinantes propias del lote y las edificaciones actuales se define como sitio ideal para la implantación de las nuevas cabañas la zona destinada para la cancha de tenis, donde se instalará una vía vehicular de velocidad reducida que servirá como eje articulador de dos franjas de 5 cabañas cada una, orientadas hacia el norte con una inclinación en su eje de  $10^{\circ}$  para aprovechar los vientos predominantes en sus esquinas, que puede ser afrontado arquitectónicamente con ventanas esquineras de forma inicial, con la posibilidad de variar en la medida que se desarrolla el diseño, y las caras planas reciben presión por parte de los vientos menos predominantes. Dentro de los que a la zonificación respecta, esta forma de cabañas favorece a la caracterización del proyecto, puesto que todas las unidades habitacionales quedan agrupadas en un mismo sector el cual queda circundado por un bosque que brinda potencial recreativo con senderos peatonales para caminar, correr, usarlo con bicicleta, etc.

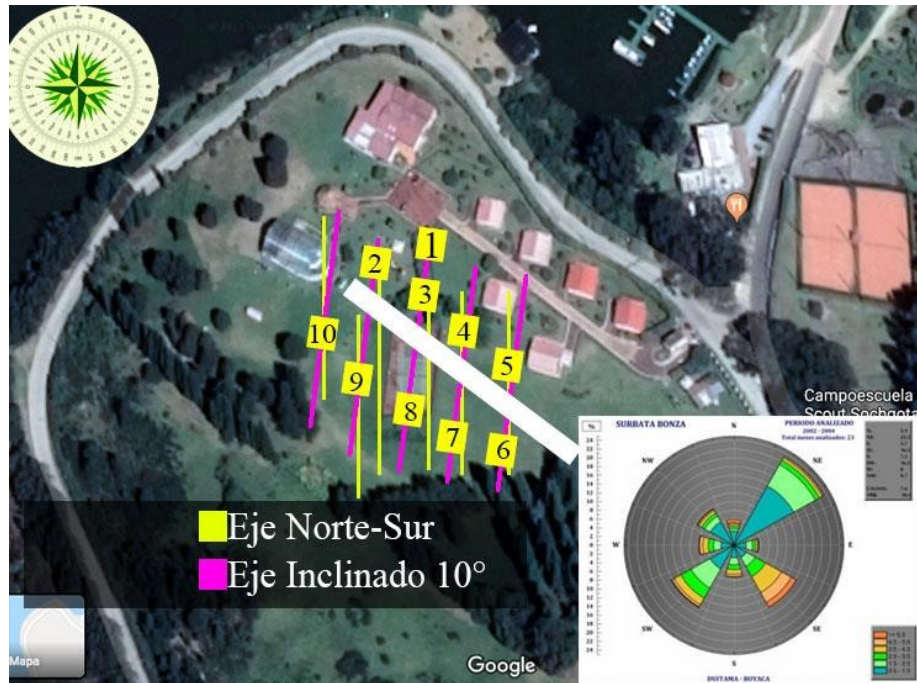


Imagen 22 Implantación del Proyecto. Fuente: Elaboración Propia.

Weather Tool: Settings... ? X

Optimum Orientation

To calculate the optimum orientation, select the three hottest and coldest months of the year using the controls below. These will usually correspond to the summer and winter seasons.

The best orientation for a vertical surface is when there is the most solar radiation during the underheated period and least during the overheated period.

**Select Under and Overheated Periods**

Hottest/Coldest Months

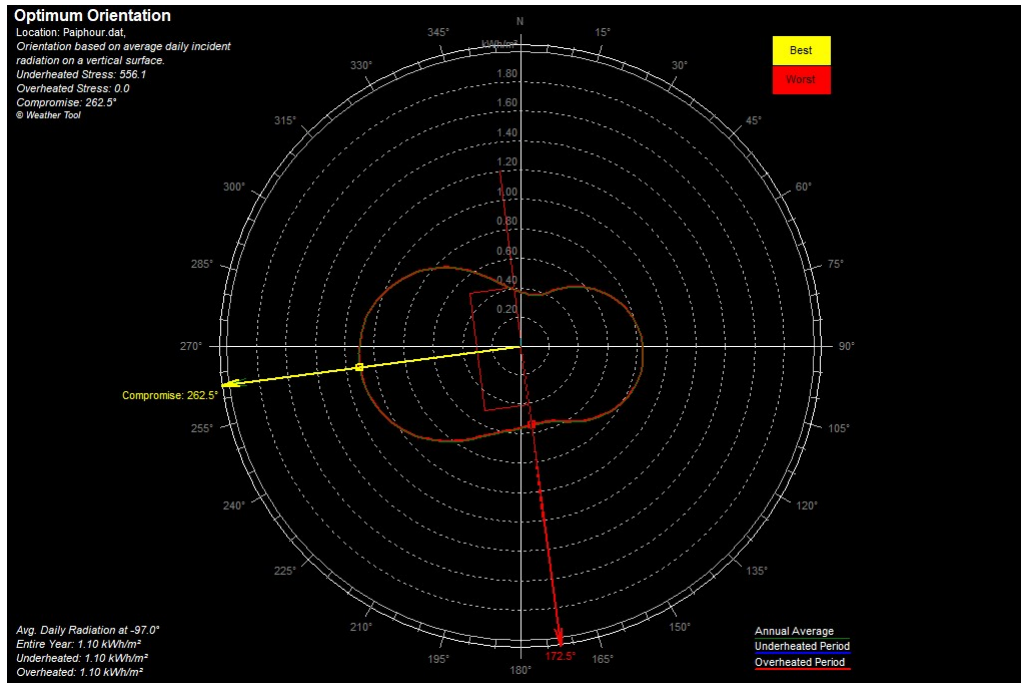
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec

Overheated Period (Hottest time): 335 to 334

Underheated Period (Coldest time): 335 to 334

Help... OK Cancel

Imagen 23 Configuración para orientación ideal. Fuente Weather Tool.



*Ilustración 7 Orientación Ideal. Fuente: Weather Tool.*

Adicionalmente se han establecido con anterioridad algunas especies de plantas ornamentales y de follaje nativas con el propósito de brindarle al proyecto una adecuada implantación paisajística con especies propias del lugar. Un aspecto relevante tiene que ver con el análisis de suelos ya que en caso de requerir un material de gran masa para los muros se puede recurrir al bloque de tierra compactada en cinva-ram, porque como lo muestra el análisis después de los 80 cm nos encontramos con material limo-arcilloso con contenido de arcillas de entre un 70% y 80%, lo cual nos permite usar el material de excavación para generar un bloque de adobe compactado resistente y eficiente para la construcción de las cabañas cumpliendo con creces aspectos fundamentales de la arquitectura sostenible.

## Diagnóstico bioclimático.

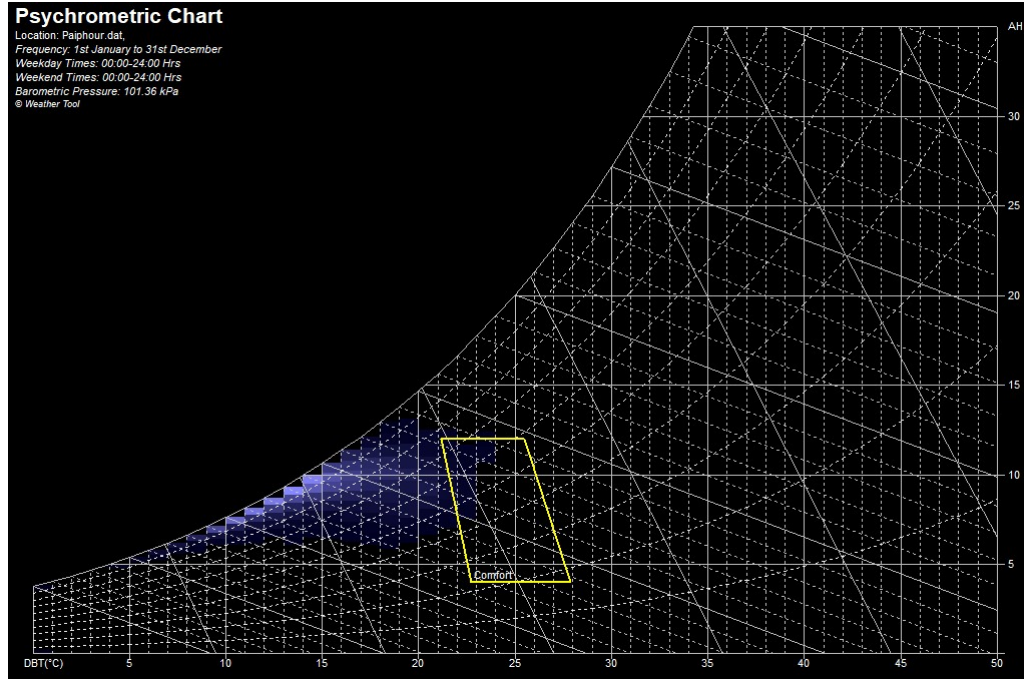
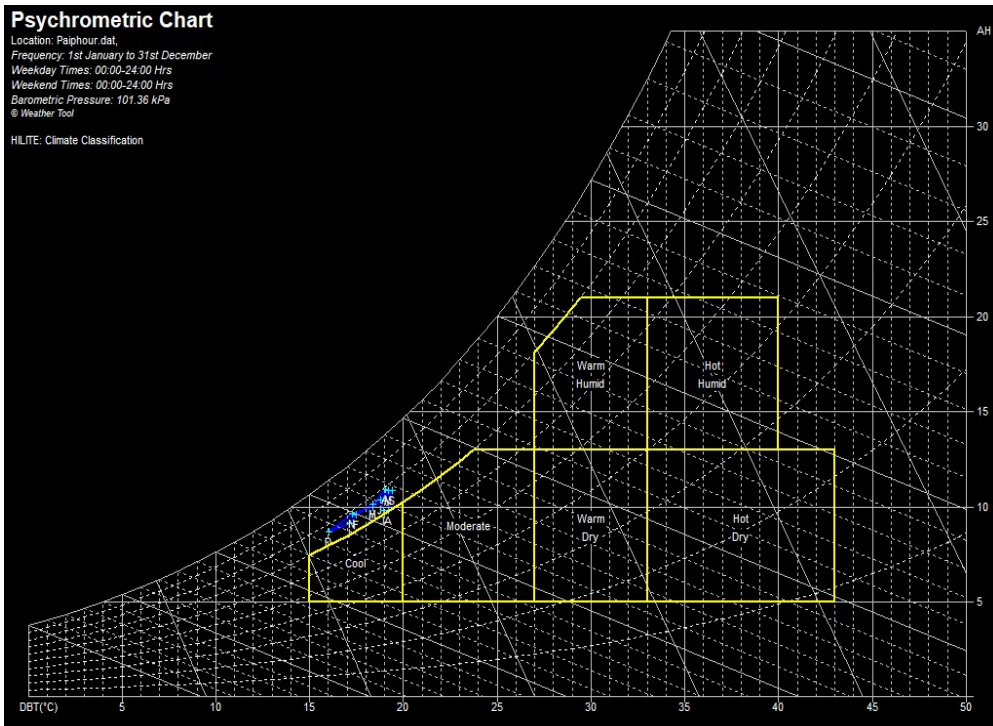


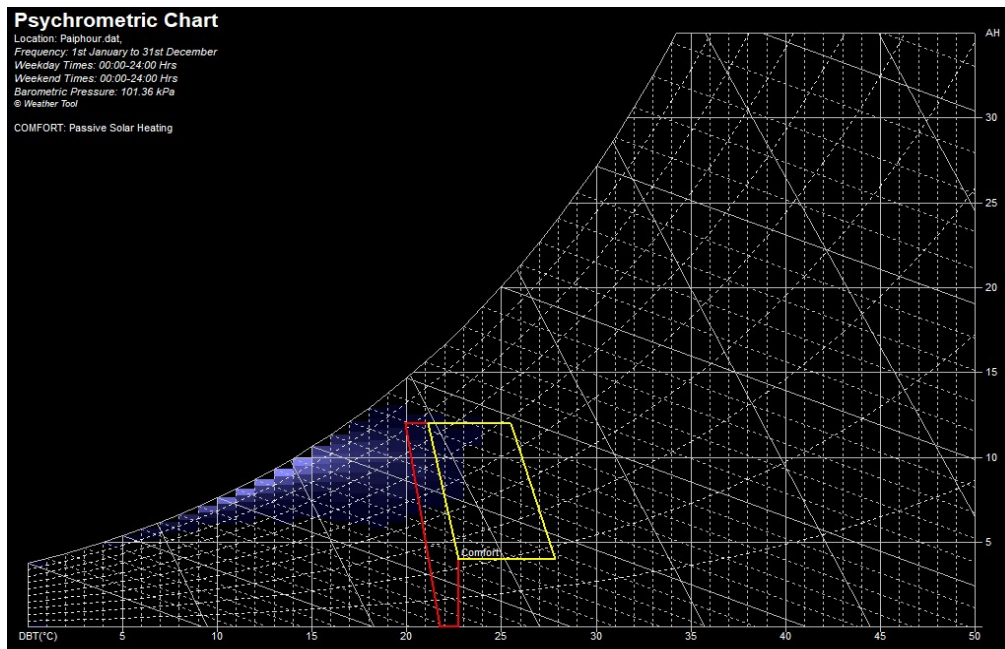
Ilustración 8 Diagrama Psicrométrico. Fuente: Weather tool.

El diagrama psicrométrico para la ciudad de Paipa muestra una zona de que oscila entre los 7 °C y 23 °C, los rangos de temperatura y humedad mensual se sitúan fuera de ésta zona de confort, es por esto que se deben recurrir a estrategias pasivas de diseño establecidas en el mismo diagrama de Givoni.

Givoni en su diagrama psicrométrico establece zonas de confort expandidas basadas en soluciones de diseño bioclimático para la edificación entre las que podemos identificar dos estrategias claramente señaladas para implementar en el proyecto; 1- Ganancias internas y 2- a través de soluciones solares pasivas.



*Ilustración 9 Clasificación del clima. Fuente: Weather tool.*



*Ilustración 10 Zona de calentamiento solar pasivo. Fuente: Weather tool.*



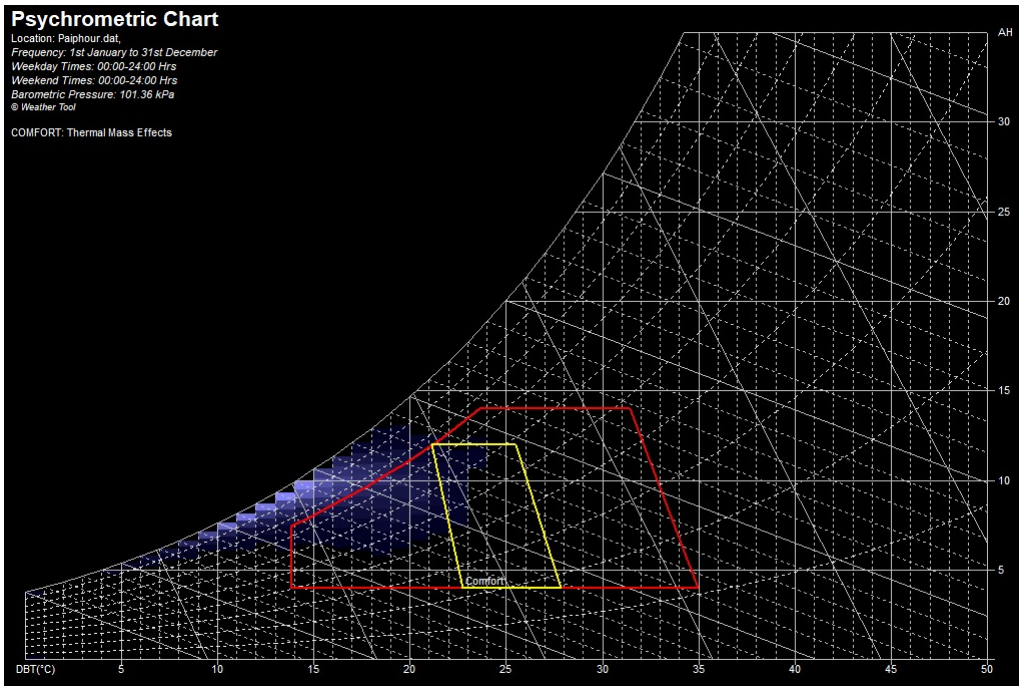


Ilustración 11 Zona de masa térmica. Fuente: Weather tool.

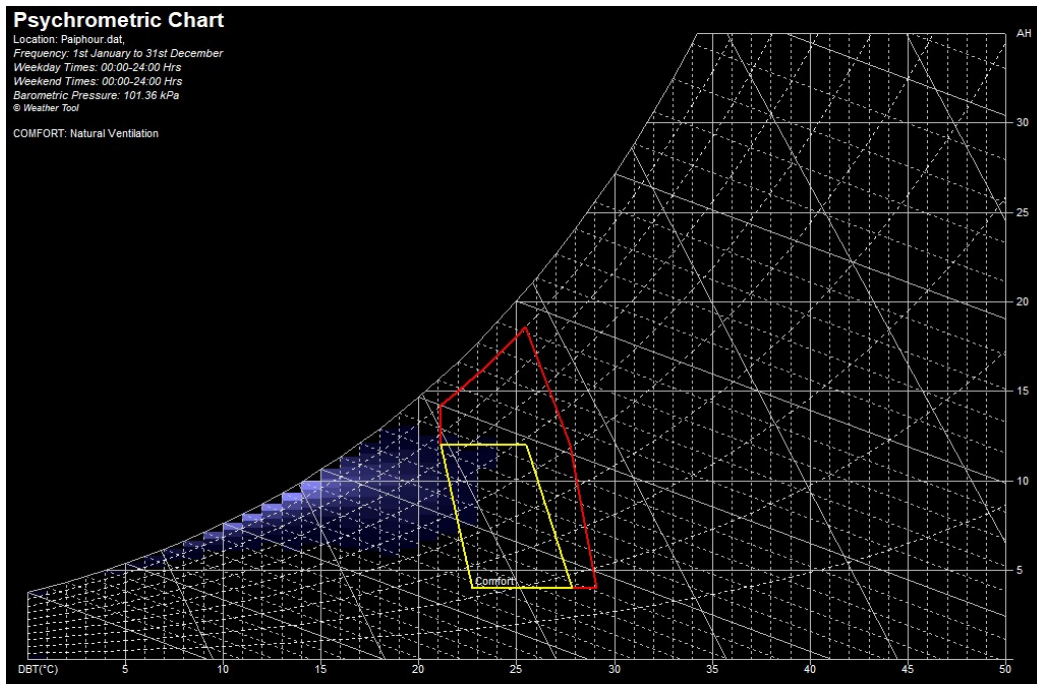


Ilustración 12 Ventilación natural. Fuente: Weather tool.

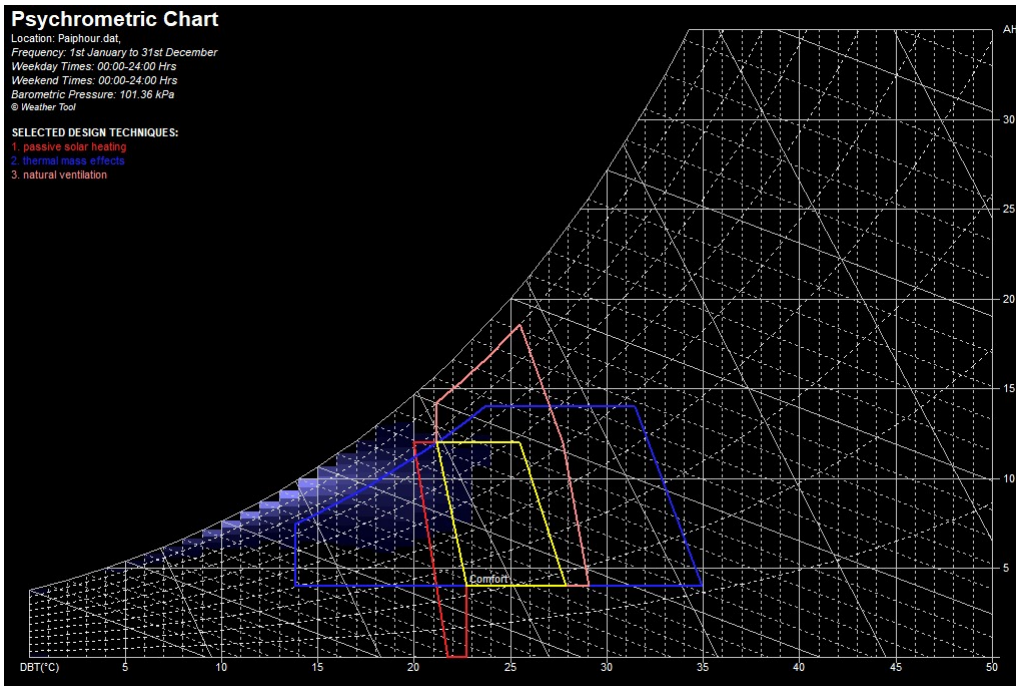


Ilustración 13 Combinación de las técnicas. Fuente: Weather tool.

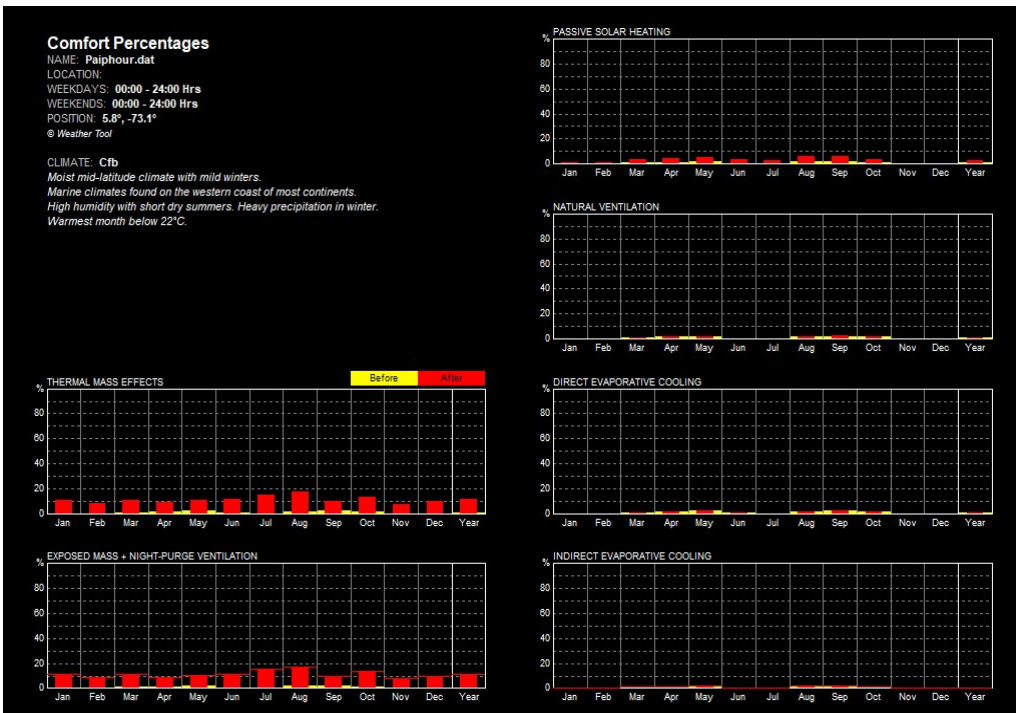


Ilustración 14 Porcentajes de Comfort. Fuente: Weather tool.

*Las tablas de Carl Mahoney.*

Las tablas de Mahoney es un método que tiene como finalidad, (...) comparar los datos climáticos con un límite de confort establecido para un lugar en específico y permiten evaluar las condiciones climáticas para tener referencia del tipo de recurso bioclimático a utilizar. En las tablas se realiza un estudio dividido en cuatro etapas: 1. Análisis de datos meteorológicos mensuales; 2. Comparación de los datos climatológicos contra valores de límites o zonas de confort; 3. Identificación de indicadores y; 4. La definición de recomendaciones para el diseño arquitectónico (...) (Machuca, Molina, & Espinoza, 2012)

*p.4)*

TEMPERATURA DEL AIRE (°C)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ALTA
MEDIA MENSUAL MÁXIMA	22,9	23,1	22,8	21,7	21,2	20,6	20,3	20,5	20,9	21,2	21,5	22,0	23,115
MEDIA MENSUAL MÍNIMA	5,7	6,5	7,5	8,8	8,7	7,6	6,7	6,7	6,7	7,9	8,3	6,8	5,74
AMPLITUD MEDIA MENSUAL	17,2	16,7	15,3	12,9	12,5	13,0	13,6	13,9	14,3	13,4	13,2	15,2	<b>BAJA</b>

*Tabla 19 Datos de máximos, mínimos y amplitud media mensual Fuente: Elaboración propia*

HUMEDAD RELATIVA (%)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
MEDIA MENSUAL MÁXIMA	72	72	74	77	79	78	76	76	77	79	79	76
MEDIA MENSUAL MÍNIMA	72	72	74	77	79	78	76	76	77	79	79	76
PROMEDIO	71,6	71,7	73,6	77,5	79,2	78,0	76,5	76,1	77,4	78,6	78,8	75,8
GRUPO DE HUMEDAD	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

*Tabla 20 Datos de humedad relativa promedio, grupo de humedad Fuente: Elaboración propia.*

GRUPO DE HUMEDAD	1	SI LA HR PROMEDIO ES:	< 30%
	2		30-50%
	3		50-70%
	4		> 70%

*Tabla 21 Grupo de humedad. Fuente: Elaboración propia.*



H2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
ÁRIDO: A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SIGNIFICADO	INDICADOR	ESTRÉS TÉRMICO		PRECIPITACIONES	GRUPO DE HUMEDAD	AMPLITUD MEDIA MENSUAL
		DI A	NOC HE			
MOVIMIENTO DE AIRE NECESARIO	H1	C			4	
		C			2,3	MÁS DE 10 °C
MOVIMIENTO DE AIRE CONVENIENTE	H2	B			4	
PROTECCIÓN CONTRA LA LLUVIA NECESARIA	H3			MÁS DE 200 mm		
INERCIA TÉRMICA NECESARIA	A1				1,2, 3	MÁS DE 10 °C
CONVIENE DORMIR AL AIRE LIBRE	A2		C		1,2	
		C	B		1,2	MÁS DE 10 °C
PROTECCIÓN CONTRA EL FRÍO	A3	F				

Tabla 25 Indicadores de Mahoney para estrategias de diseño. Fuente: Elaboración Propia.

A partir de esta técnica y en función de los indicadores que resultan de aplicar eficientemente los datos de clima de Paipa, son las estrategias de confort térmico recomendadas. En este caso cada mes resulta con el mismo número indicador H3, que corresponde a zonas húmedas y frías.

INDICADORES TOTALES DE LA TABLA 2									
H1	H2	H3	A1	A2	A3				
0	0	12	0	0	0	X	= INDICADOR	<b>RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS</b>	
<b>UBICACIÓN</b>									
			0 a 10			X	1	ORIENTACIÓN NORTE-SUR (EJE LONGITUDINAL ESTE-OESTE)	
			11a 12		5 a 12	0			
					0 a 4	0	2	ORGANIZACIÓN COMPACTA CON PATIOS	
<b>ESPACIOS</b>									
11a 12						0	3	ESPACIOS ABIERTOS PARA LA PENETRACIÓN DE BRISAS	
2 a 10						0	4	COMO 3, PERO PROTEGIDOS DE VIENTOS FRÍOS Y CALIDOS	
0 a 1						X	5	ORGANIZACIÓN COMPACTA DE LOS EDIFICIOS	
<b>MOVIMIENTO DE AIRE</b>									
3 a 12						0	6	HABITACIONES EN CRUJÍA SIMPLE, CON VENTILACIÓN PERMANENTE	
1 a 2			0 a 5			0			
			6 a 12			0	7	HABITACIONES EN DOBLE CRUJÍA QUE PERMITAN LA VENTILACIÓN REGULARMENTE	
0	2 a 12					0			
	0 a 1					X	8	NO SE REQUIERE MOVIMIENTO DE AIRE	
<b>ABERTURAS</b>									
			0 a 1	0	0	0	9	GRANDES, 40-80%	
			11a 12	0 a 1	0	0	10	MUY PEQUEÑAS, 10-20%	
CUALQUIER OTRA CONDICIÓN						X	11	MEDIANAS, 20-40%	
<b>MUROS</b>									
			0 a 2			0	12	LIGEROS, TRANSMISIÓN TÉRMICA INMEDIATA	
			3 a 12			X	13	PESADOS, EN EL EXTERIOR E INTERIOR	
<b>TECHOS</b>									
			0 a 5			0	14	LIGEROS Y AISLADOS	
			6 a 12			X	15	PESADOS, TRANSMISIÓN TÉRMICA DIFERIDA MÁS DE 8 h	
<b>DORMIR AL AIRE LIBRE</b>									
				2 a 12		0	16	SE REQUIERE UN ESPACIO PARA ESTA FUNCIÓN	
<b>PROTECCIÓN CONTRA LA LLUVIA</b>									
	3 a 12					0	17	ES NECESARIA PROTECCIÓN CONTRA FUERTES LLUVIAS	

Tabla 26 Recomendaciones específicas Mahoney Fuente: Elaboración Propia.

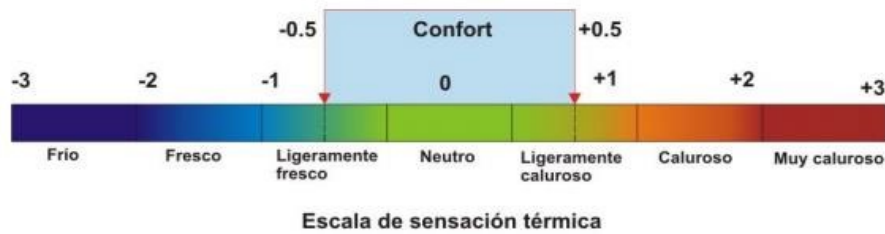
Tanto el diagrama psicrométrico y las tablas de Mahoney se constituyen como las herramientas de concepción bioclimática del presente proyecto interactuando entre sí para establecer criterios y recomendaciones o estrategias de diseño para un lugar determinado.

Entonces según las tablas de Carl Mahoney establecen las siguientes recomendaciones de diseño: Orientar el eje principal de la cabaña en sentido Norte-Sur, organización compacta de la edificación, aberturas medianas (entre el 20% y el 40% relación muro ventana), tanto muros como techos pesados con una transmisión térmica diferida a más de 8 horas.

### *Confort Térmico.*

Hacer que los hábitats sean más eficientes a partir de análisis y modelos específicos para cada proyecto repercute en el confort térmico de los seres humanos, es decir, procurando mejoras sus condiciones de vida al interior de la edificación, Se define el confort como “un estado de completo bienestar físico, mental y social”. El confort, así definido, depende de multitud de factores personales (respuesta a las sensaciones, expectativas para el momento y lugar considerados) y parámetros físicos (visuales, auditivos, térmicos, olfativos, etc.). De entre todos los factores, el confort térmico representa el sentirse bien “desde el punto de vista del ambiente higrotérmico exterior a la persona”. Los límites extremos, desde el punto de vista térmico, pueden resultar dañinos, e incluso mortales, para el ser humano. Ello es debido a que el ser humano es homeotérmico, es decir, debe mantener ciertas partes vitales a temperatura aproximadamente constante.

El método Fanger completa su análisis con la estimación del Porcentaje de personas insatisfechas (PPD) a partir del Voto medio estimado (PMV). Dicho índice analiza aquellos votos dispersos alrededor del valor medio obtenido, y representa a las personas que considerarían la sensación térmica como desagradable, demasiado fría o calurosa. Para la evaluación de la sensación térmica se tuvo en cuenta las temperaturas operativas de la simulación térmica. Este sistema de evaluación es el mismo sugerido en por el ANSI/ASRAE Standard 55 - 2004, Thermal Environmental Conditions for human Occupancy.



Gráfica 18 Escala de sensación térmica

Mediante el índice PMV de Voto Medio Previsto (Predicted Mean Vote) podemos obtener los límites de la temperatura y la humedad para obtener un grado de confort térmico razonable. El índice PMV predice el valor medio de la sensación subjetiva de un grupo de personas en un ambiente determinado por tal razón y aunque existen una amplia variedad de modelos se selecciona este método debido a que establece una tensión térmica basada en la transferencia de calor en estado estacionario entre el cuerpo y el ambiente y asigna un voto de confort a esa cantidad de tensión. La escala del PMV tiene un rango de sensación térmica de 7 puntos, desde - 3 (frío) a +3 (caliente), donde el 0 representa una sensación térmica neutra.

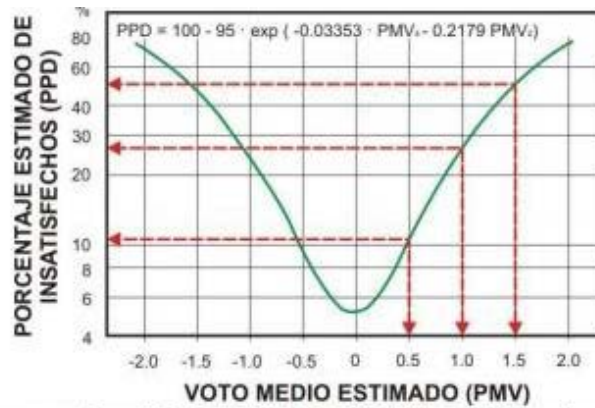
Aunque el índice PMV sea 0, todavía habrá algunos individuos que estén insatisfechos con el nivel de temperatura, a pesar que todos ellos tengan una vestimenta y un nivel de actividad similar, porque la evaluación de la comodidad difiere ligeramente entre las personas. Para predecir cuánta gente está insatisfecha en un ambiente térmico determinado, se ha introducido el índice de Porcentaje de Personas Insatisfechas PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied). En el índice PPD los votos de la gente de - 3, - 2, +2, +3 en la escala PMV se considera térmicamente insatisfechas.



**TABLE 5.2.1.2**  
**Acceptable Thermal Environment for General Comfort**

PPD	PMV Range
< 10	-0.5 < PMV < + 0.5

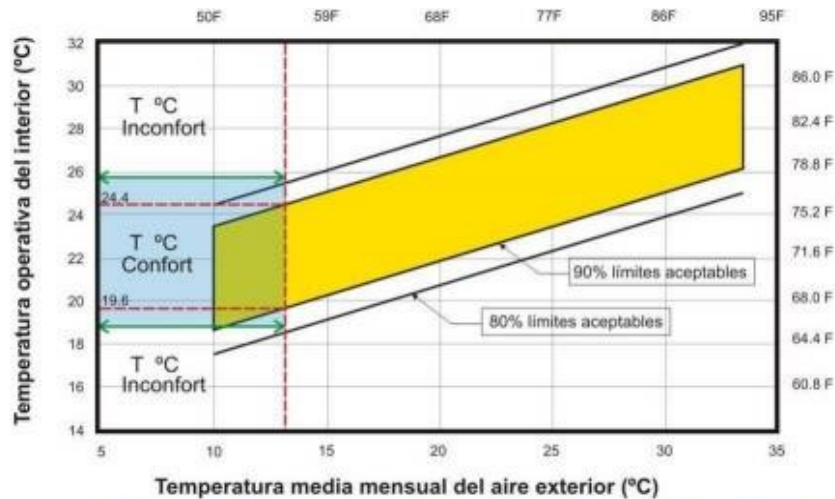
Tabla 27 Entorno térmico aceptable para la comodidad general. Fuente: ASHRAE 55-2004



Gráfica 5- Porcentaje de personas insatisfechas (PPD-predicted percentage dissatisfied), en función del Voto medio estimado (PMV-predicted mean vote).

Gráfica 19 Porcentaje de personas insatisfechas en función del Voto medio estimado. Fuente: ASHRAE 55-2004

Los requerimientos bioclimáticos antes expresados están de conformidad con lo requerido por el ASHRAE 55-2004 en función de las temperaturas operativas para este clima así:

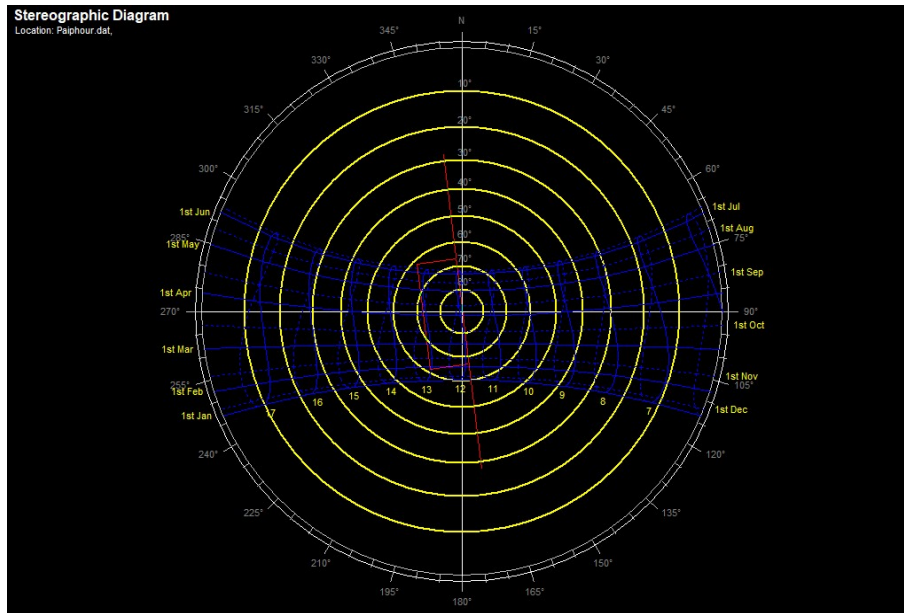


Gráfica 6- Condiciones admisibles para Paipa – Temperaturas operativas

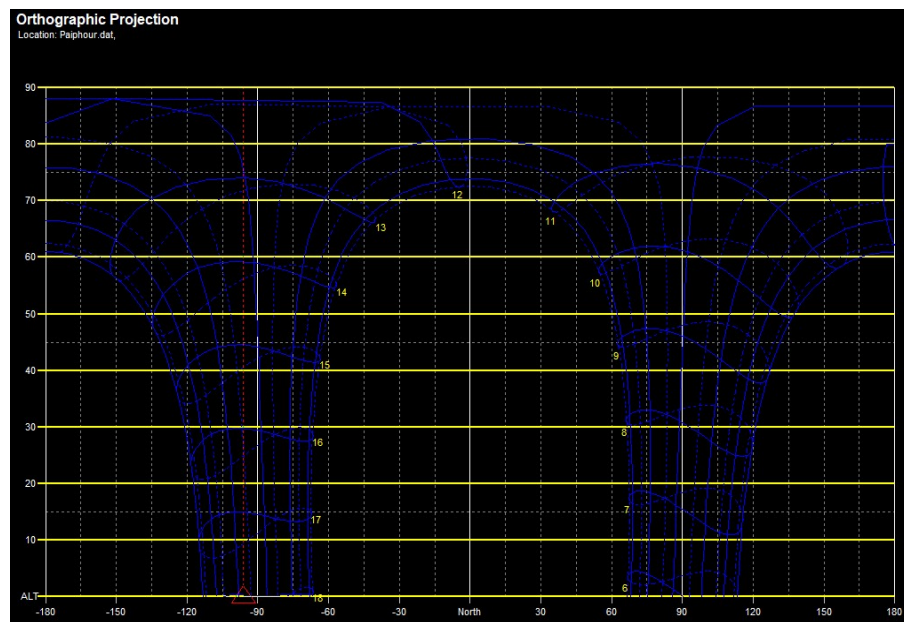
Gráfica 20 Condiciones admisibles de temperatura operativa. Fuente: ASHRAE 55-2004, Elaboración propia.

Según la tabla anterior podemos establecer que los rangos de temperatura operativa para Paipa, teniendo en cuenta la temperatura media exterior, están entre 19.6° C y 24.40C para el 90% de límites aceptables, y entre 18.4°C y 25.8 °C para el 80%.

*Trayectoria solar.*



*Ilustración 15 Diagrama estereográfico. Fuente: Weather tool*



*Ilustración 16 Proyección Ortográfica. Fuente: Weather tool.*

Las ganancias térmicas anuales por efecto de la radiación directa y exposición al sol son de 736 kwh/m2 y el rango durante el año es de 1700 – 2300 kwh/m2.

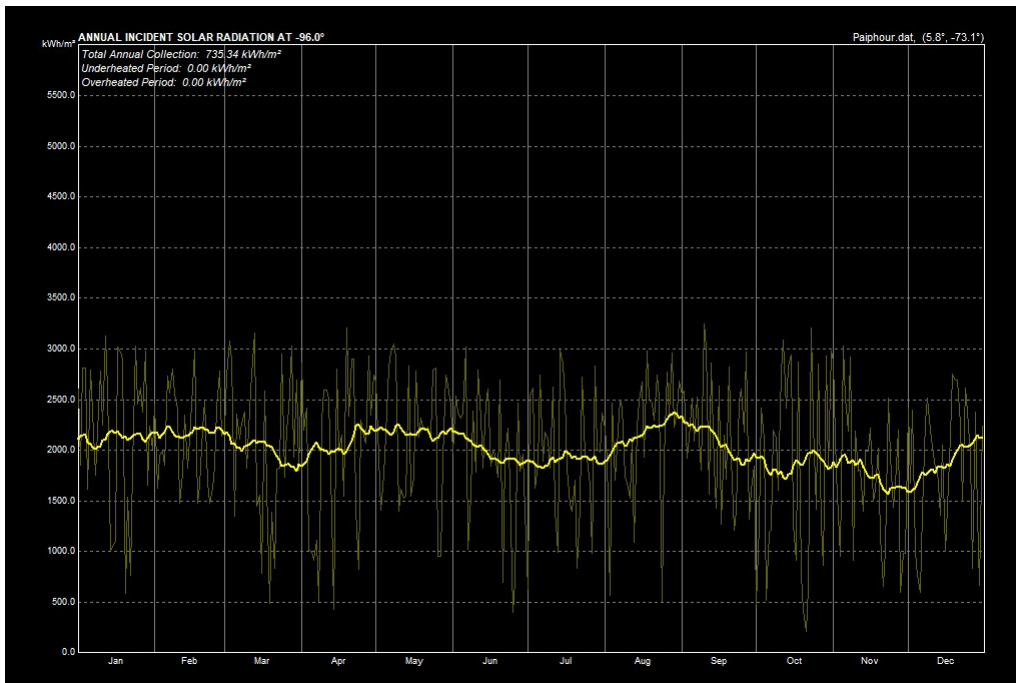


Ilustración 17 Radiación anual. Fuente: Weather tool.

### *Análisis de sombras.*

El análisis de sombras nos permitirá evaluar la conveniencia de la situación e implantación de las edificaciones dentro del conjunto, la incidencia del sol sobre las superficies es vital en términos de confort puesto que dentro de las alternativas anteriormente propuestas se encuentran obtener ganancias de calor por medio de estrategias pasivas solares. Usaremos un prisma básico para observar el comportamiento del sol y las sombras sobre sus superficies, de igual manera tendremos en cuenta la orientación ideal del volumen implantado que se ha definido anteriormente es decir 262 grados.

---

21 de junio-solsticio de verano

---

Hora

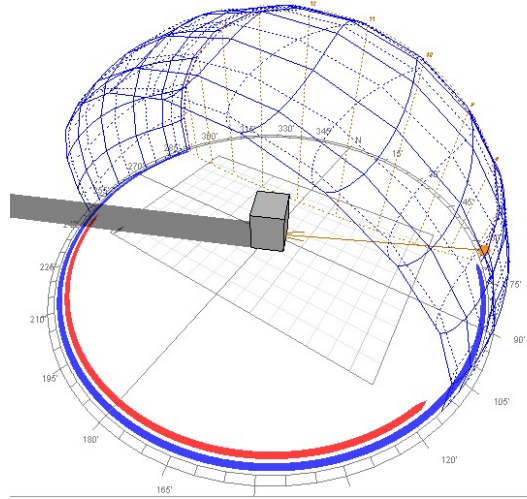
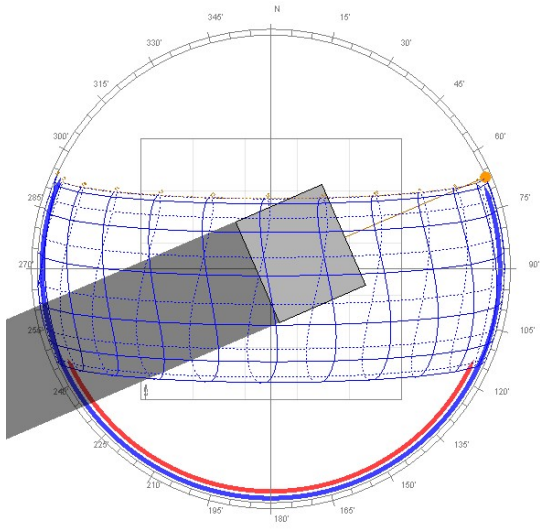
**Planta**

**Perspectiva**

---

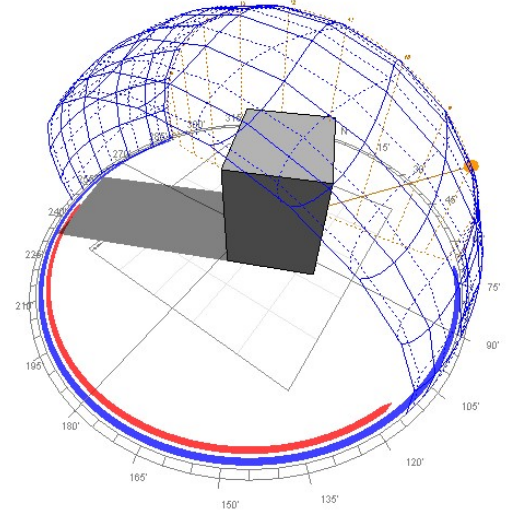
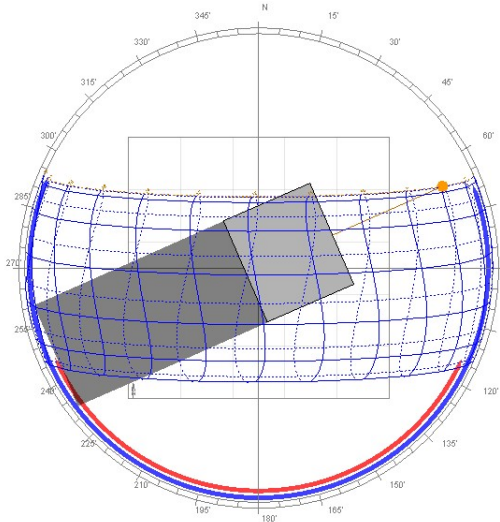
am

6:00



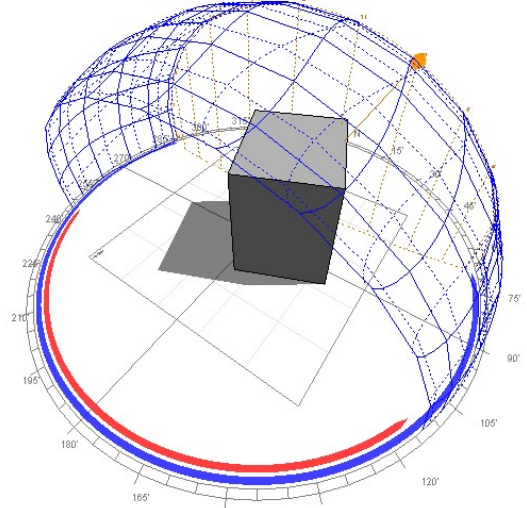
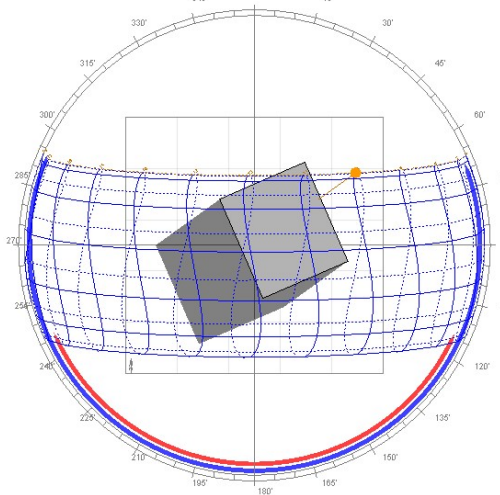
am

8:00

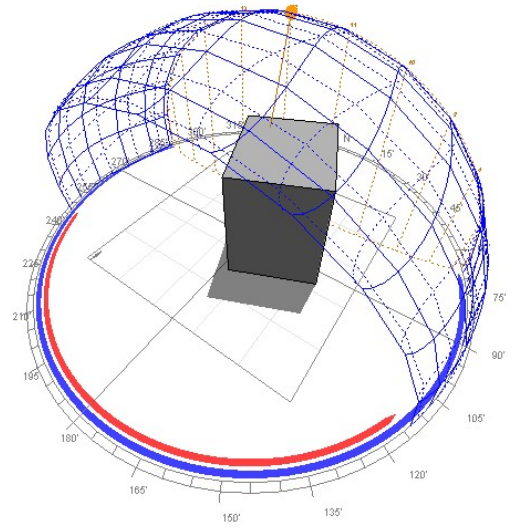
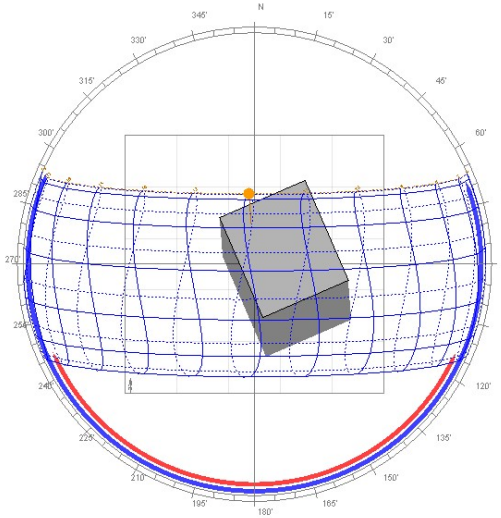


am

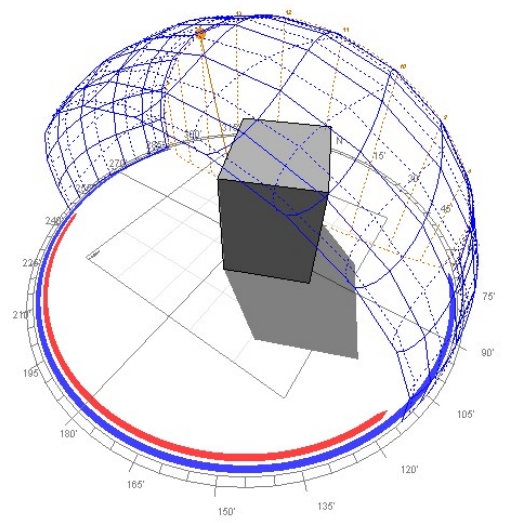
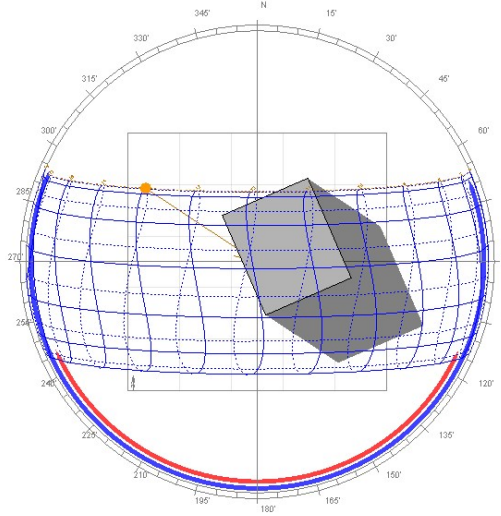
10:00



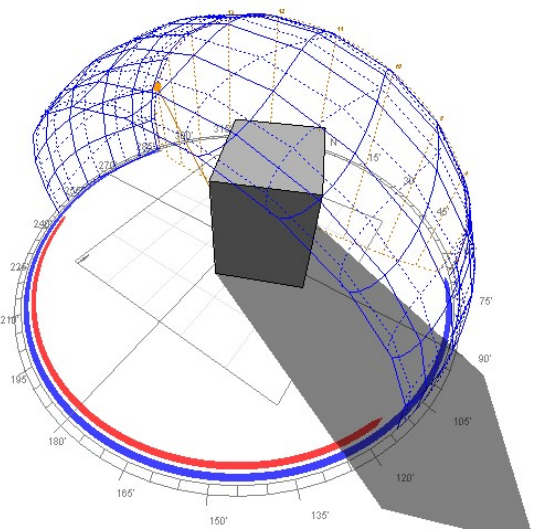
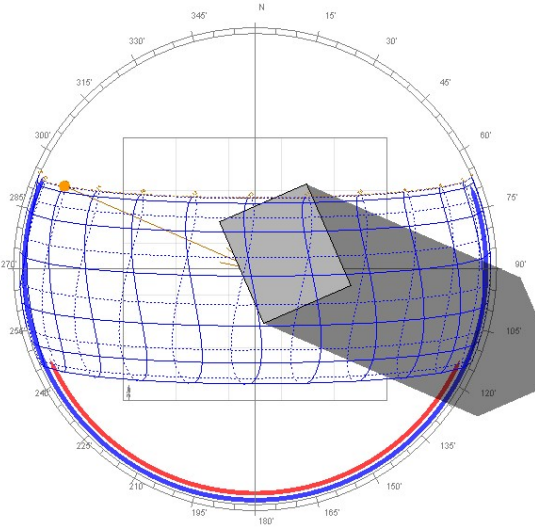
12:00

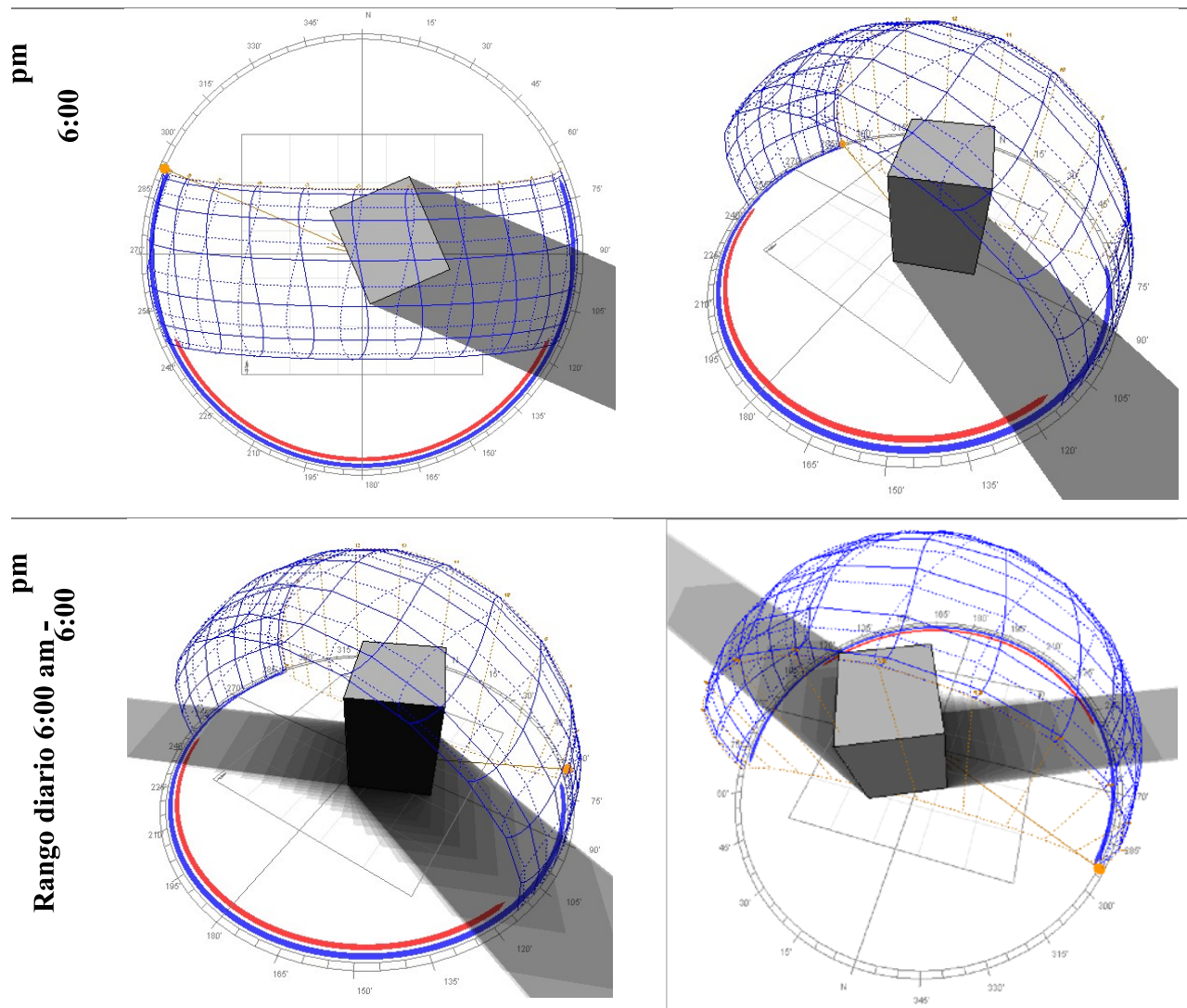


2:00 pm



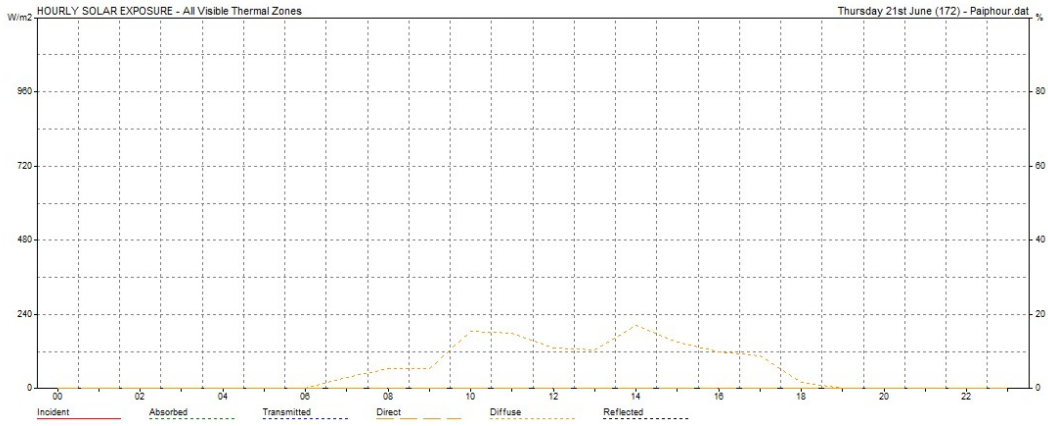
4:00 pm





*Tabla 28 Sombras solsticio de verano. Fuente: Elaboración propia-Gráficos Ecotect*

Durante el solsticio de verano el comportamiento de la trayectoria solar con respecto a la orientación del volumen muestra una incidencia directa sobre las caras expuestas en sentido noreste – noroeste, con una exposición al sol desde las 6:00am hasta las 6:30 pm (Ver ilustración 42); los ángulos tanto de altura como azimut se encuentran en la ilustración 43.



Gráfica 21 Horas de exposición solar, solsticio de verano. Fuente: Ecotect.

**Tabulated Daily Solar Data**

Latitude: 5.8°  
Longitude: -73.1°  
Timezone: -75.0 [-5:0hrs]  
Orientation: 130.0°

Date: 21st June  
Julian Date: 172  
Sunrise: 05:43  
Sunset: 18:04

Local Correction: 6.0 mins  
Equation of Time: -1.6 mins  
Declination: 23.4°

Local	(Solar)	Azimuth	Altitude	HSA	VSA
06:00	(06:06)	66.8°	3.7°	-63.2°	8.1°
06:30	(06:36)	67.2°	10.5°	-62.8°	22.2°
07:00	(07:06)	67.2°	17.4°	-62.8°	34.5°
07:30	(07:36)	66.9°	24.3°	-63.1°	45.0°
08:00	(08:06)	66.1°	31.1°	-63.9°	54.0°
08:30	(08:36)	64.7°	37.9°	-65.3°	61.8°
09:00	(09:06)	62.5°	44.6°	-67.5°	68.8°
09:30	(09:36)	59.3°	51.1°	-70.7°	75.1°
10:00	(10:06)	54.3°	57.4°	-75.7°	81.0°
10:30	(10:36)	46.8°	63.2°	-83.2°	86.6°
11:00	(11:06)	36.0°	68.1°	-95.0°	92.0°
11:30	(11:36)	17.5°	71.4°	-112.5°	97.3°
12:00	(12:06)	-4.6°	72.3°	-134.6°	102.6°
12:30	(12:36)	-25.3°	70.3°	-155.3°	108.0°
13:00	(13:06)	-40.4°	66.3°	-170.4°	113.4°
13:30	(13:36)	-50.2°	60.9°	-179.8°	119.1°
14:00	(14:06)	-56.6°	54.9°	-173.4°	124.9°
14:30	(14:36)	-60.7°	48.5°	-169.3°	131.0°
15:00	(15:06)	-63.5°	41.9°	-168.5°	137.3°
15:30	(15:36)	-65.3°	35.2°	-164.7°	143.8°
16:00	(16:06)	-66.5°	28.4°	-163.5°	150.6°
16:30	(16:36)	-67.1°	21.5°	-162.9°	157.6°
17:00	(17:06)	-67.3°	14.7°	-162.7°	164.7°
17:30	(17:36)	-67.1°	7.8°	-162.9°	171.9°
18:00	(18:06)	-66.5°	0.9°	-163.5°	179.0°

Tabla 29 Altitud-Azimet, Solsticio de verano. Fuente: Ecotect

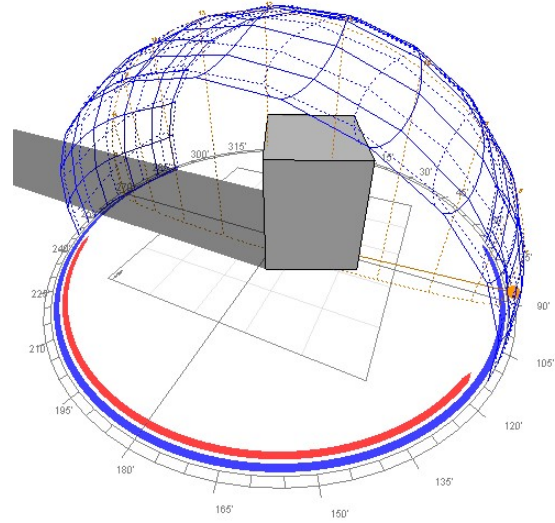
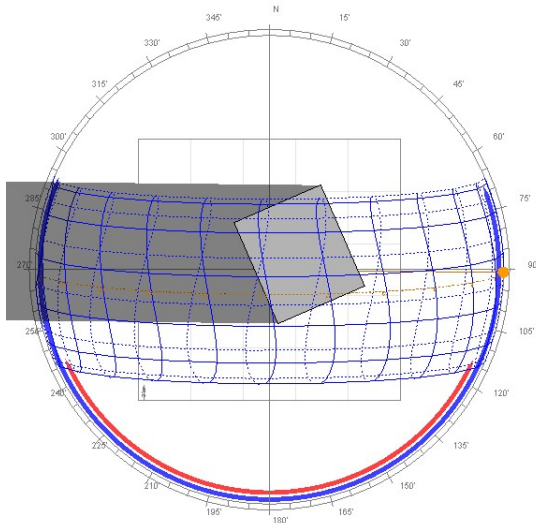
21 de marzo/septiembre Equinoccio de Otoño/Primavera

Hora

Planta

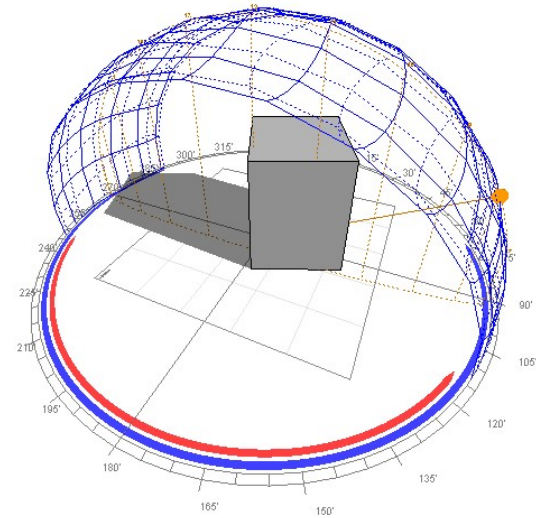
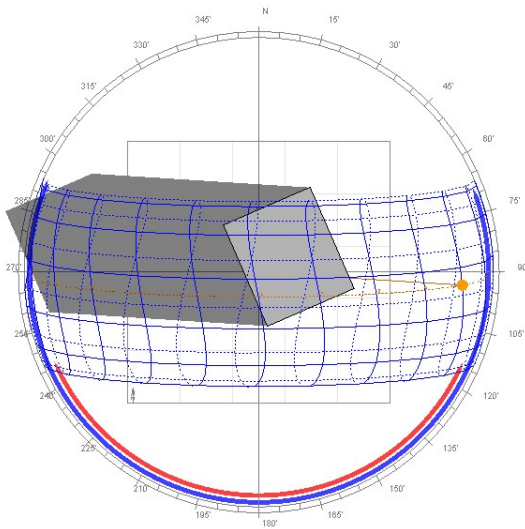
Perspectiva

6:15 am



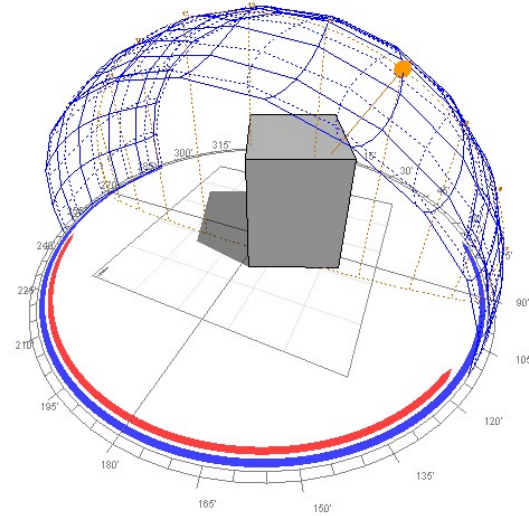
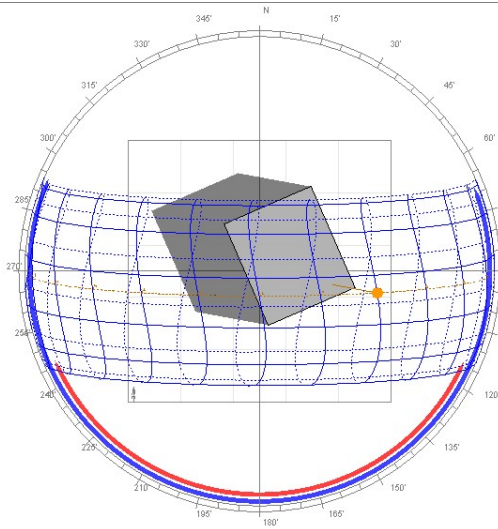
am

8:00

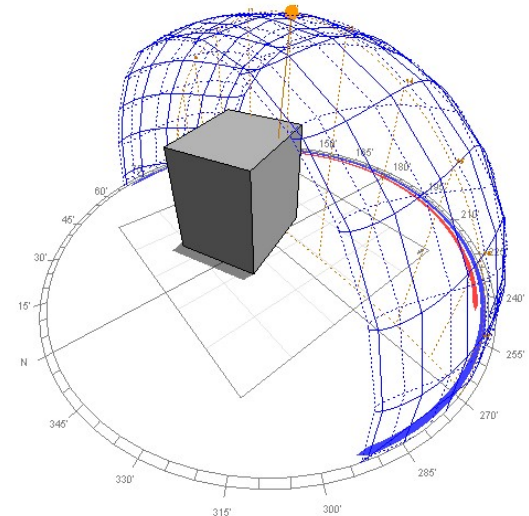
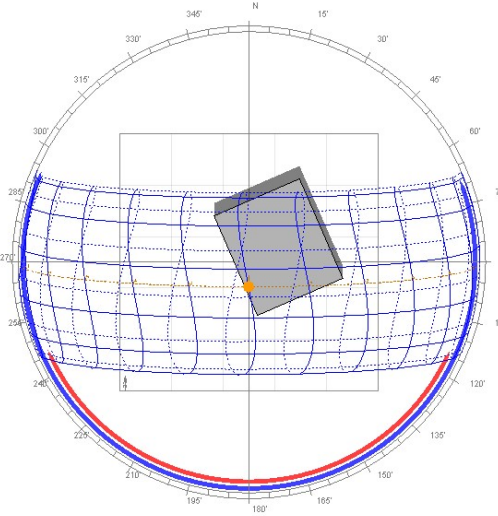




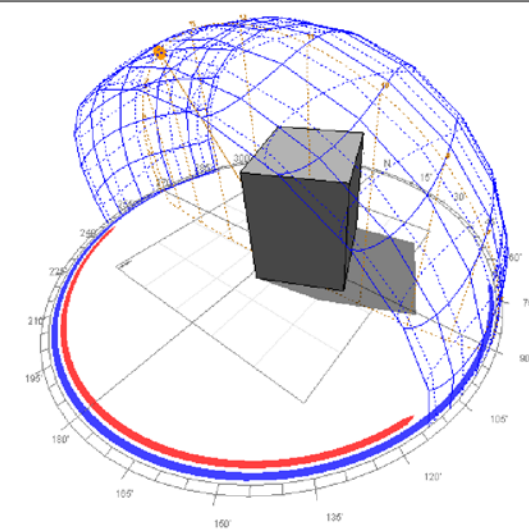
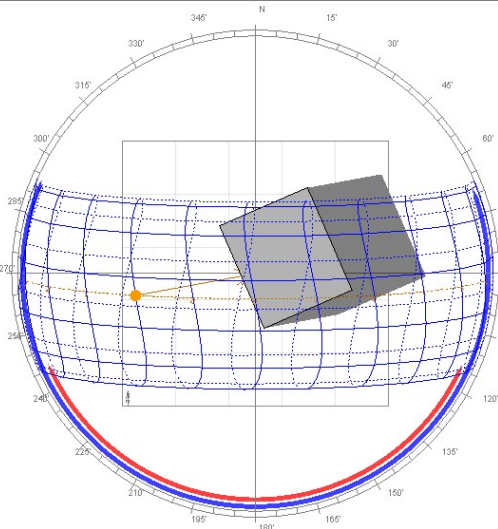
am  
10:00



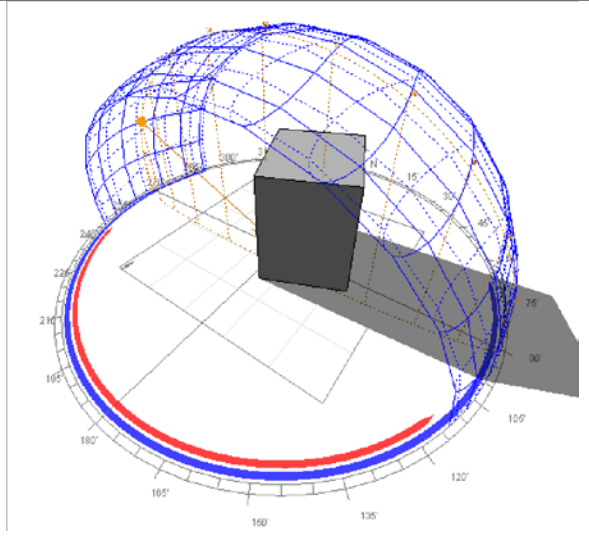
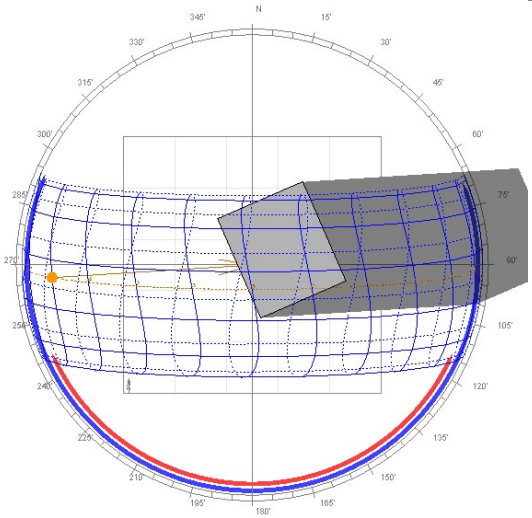
am  
12:00



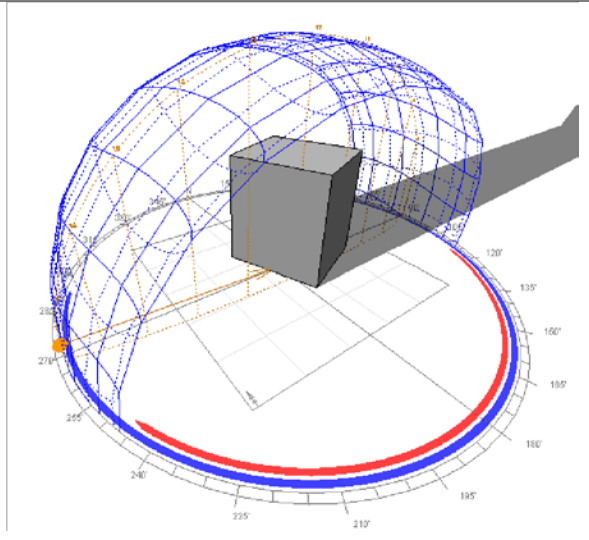
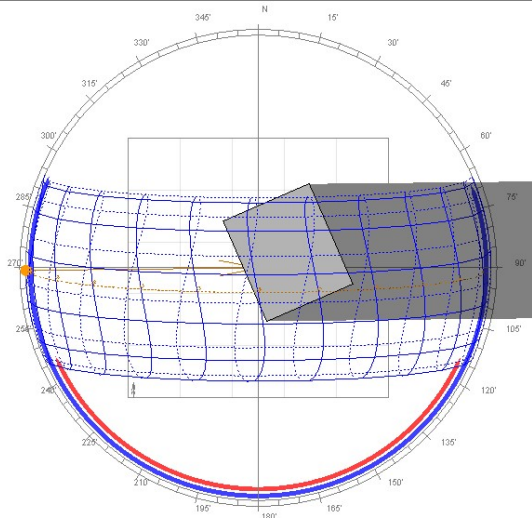
pm  
2:00



pm  
4:00



5:45 pm



Rango diario 6:15 am -5:45 pm

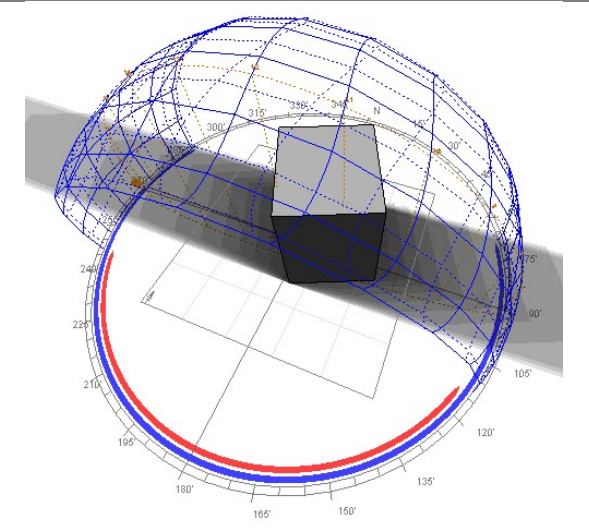
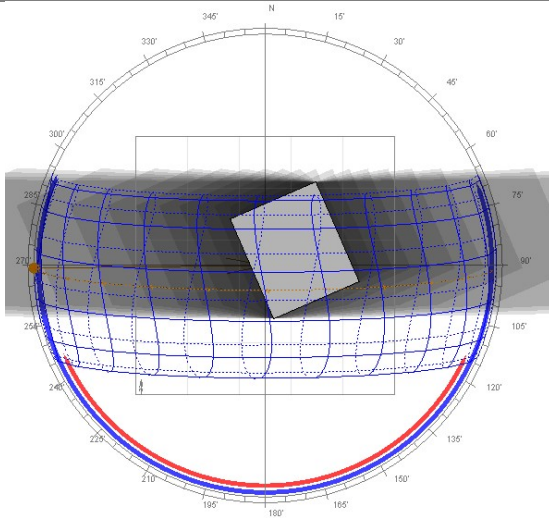
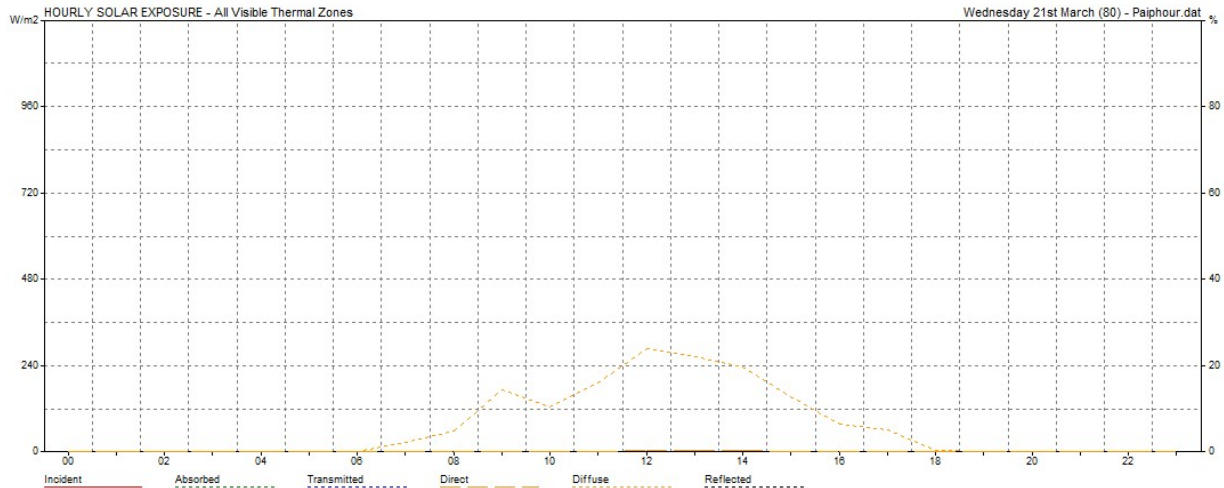


Tabla 30 Sombras equinoccio de otoño-primavera.

Durante los días 21 de marzo y de septiembre el comportamiento del sol y su trayectoria están marcados por una línea horizontal en sentido este-oeste que incide sobre las 4 caras del prisma durante todo el periodo de radiación diaria.



Gráfica 22Horas de exposición solar, equinoccios.

La exposición al sol inicia desde las 6:15 am hasta las 5:45 pm, siendo estos los días con menor exposición, pero con mayor incidencia en las superficies del volumen.

Tabulated Daily Solar Data					
Latitude: 5.8°		Date: 21st March		Local Correction: 0.4 mins	
Longitude: -73.1°		Julian Date: 80		Equation of Time: -7.2 mins	
Timezone: -75.0° [-5.0hrs]		Sunrise: 06:59		Declination: -0.3°	
Orientation: -40.0°		Sunset: 18:59			
Local	(Solar)	Azimuth	Altitude	HSA	VSA
07:00	(06:00)	90.3°	0.1°	130.3°	179.9°
07:30	(06:30)	91.0°	7.5°	131.0°	168.6°
08:00	(07:00)	91.8°	15.0°	131.8°	158.1°
08:30	(07:30)	92.7°	22.5°	132.7°	148.6°
09:00	(08:00)	93.6°	29.9°	133.6°	140.2°
09:30	(08:30)	94.8°	37.3°	134.8°	132.7°
10:00	(09:00)	96.1°	44.8°	136.1°	126.0°
10:30	(09:30)	97.9°	52.2°	137.9°	120.0°
11:00	(10:00)	100.5°	59.5°	140.5°	114.4°
11:30	(10:30)	104.4°	66.8°	144.4°	109.2°
12:00	(11:00)	111.7°	73.9°	151.7°	104.2°
12:30	(11:30)	129.1°	80.4°	169.1°	99.4°
13:00	(12:00)	-179.0°	83.9°	-139.0°	94.6°
13:30	(12:30)	-128.3°	80.3°	-88.3°	89.7°
14:00	(13:00)	-111.4°	73.8°	-71.4°	84.7°
14:30	(13:30)	-104.3°	66.6°	-64.3°	79.4°
15:00	(14:00)	-100.4°	59.3°	-60.4°	73.7°
15:30	(14:30)	-97.9°	52.0°	-57.9°	67.4°
16:00	(15:00)	-96.1°	44.6°	-56.1°	60.5°
16:30	(15:30)	-94.7°	37.1°	-54.7°	52.7°
17:00	(16:00)	-93.6°	29.7°	-53.6°	43.9°
17:30	(16:30)	-92.7°	22.3°	-52.7°	34.0°
18:00	(17:00)	-91.8°	14.8°	-51.8°	23.1°
18:30	(17:30)	-91.0°	7.3°	-51.0°	11.6°

Tabla 31 Altitud-Azimut, equinoccios.

21 de diciembre-Solsticio de invierno

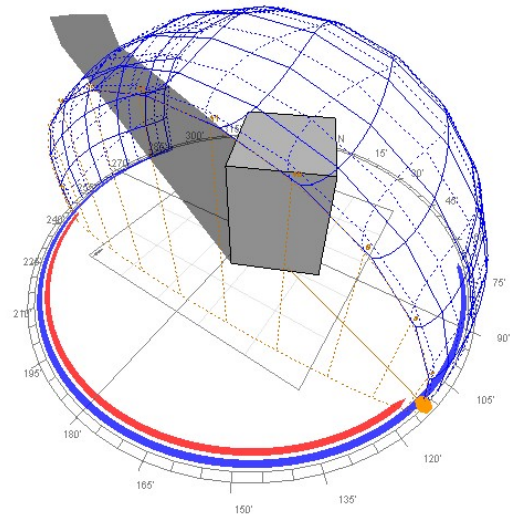
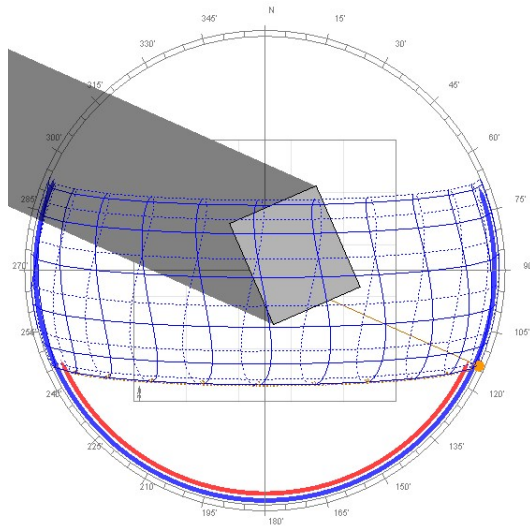
Hora

Planta

Perspectiva

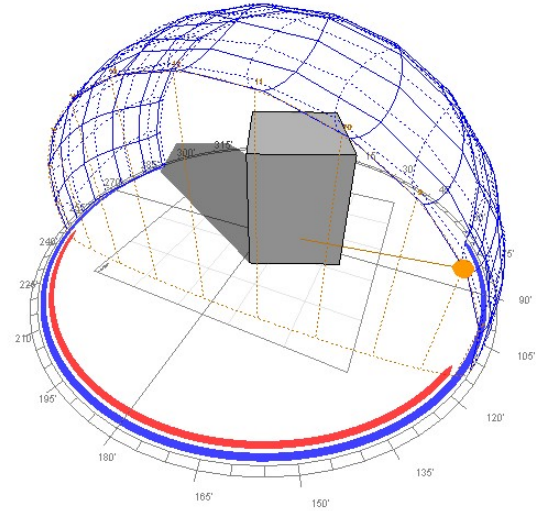
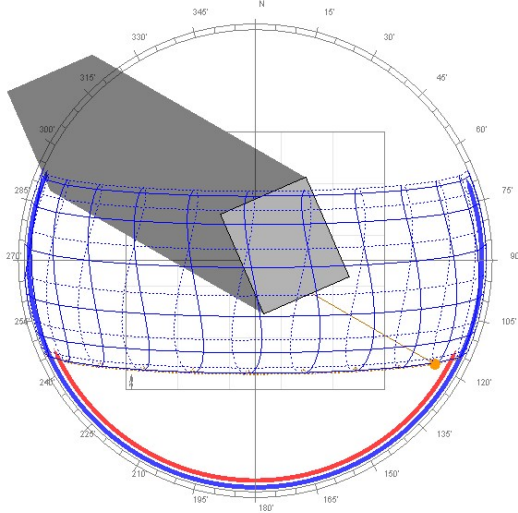
am

6:15



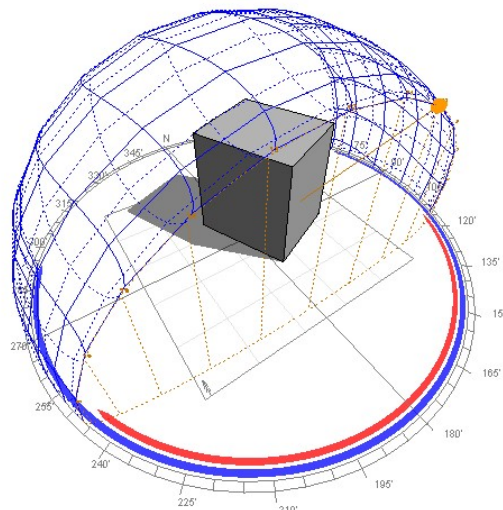
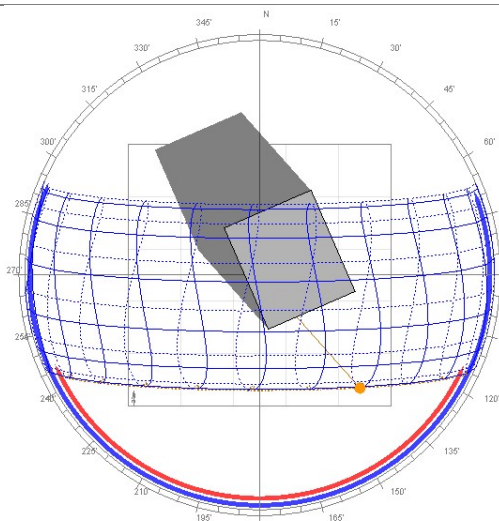
am

8:00



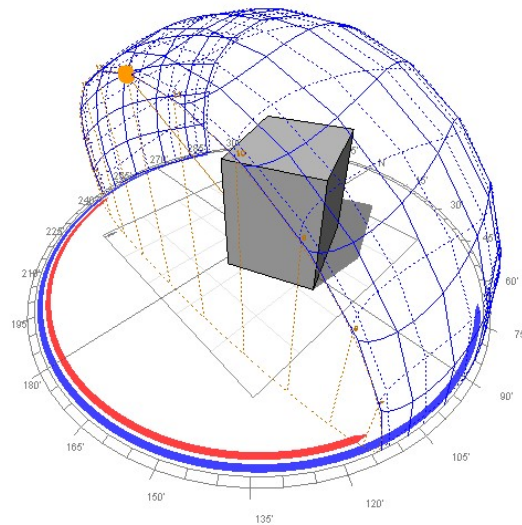
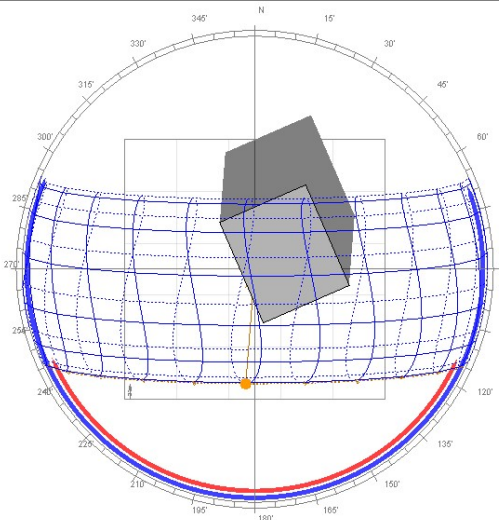
am

10:00



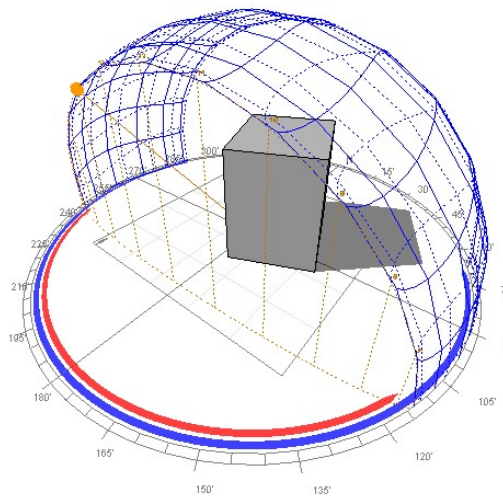
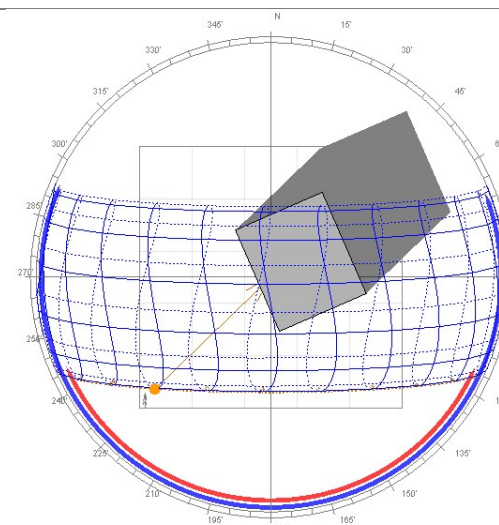
am

12:00

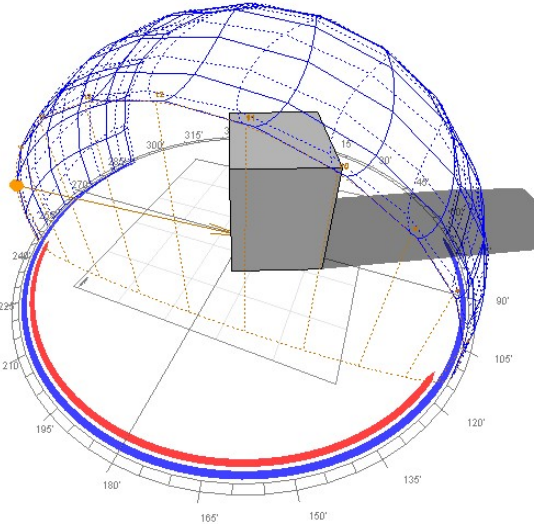
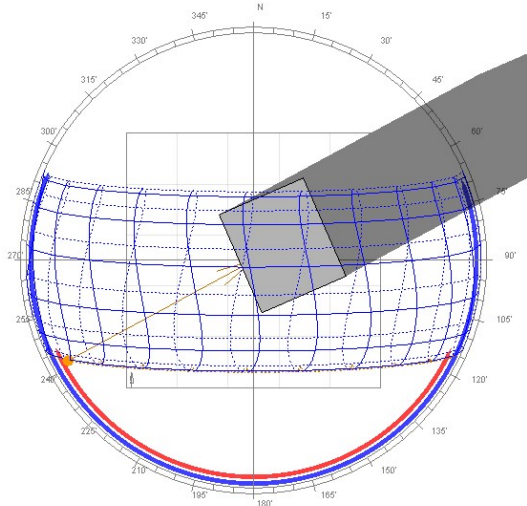


pm

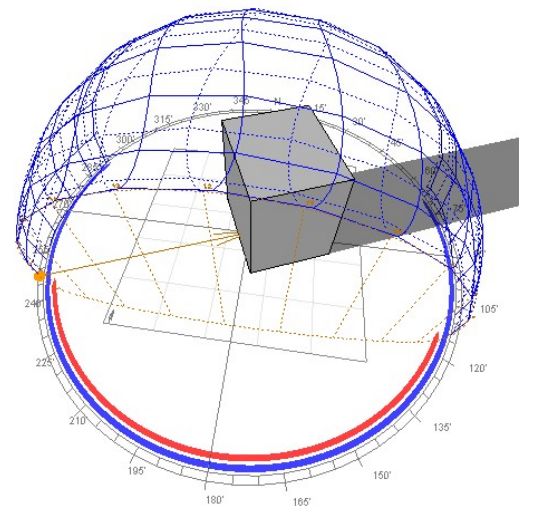
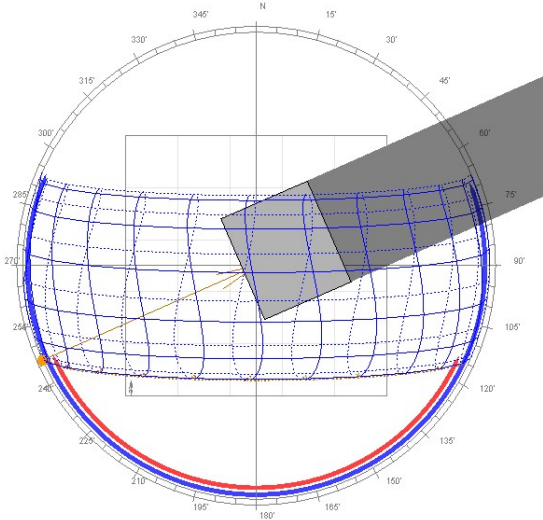
2:00



pm  
4:00



5:30 pm



Rango diario 6:15 am -5:30 pm

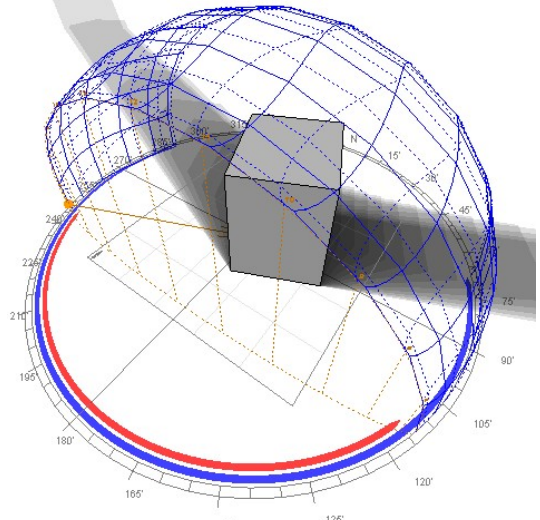
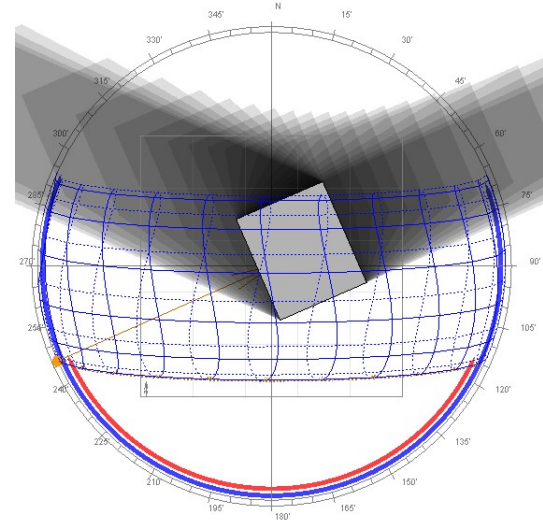
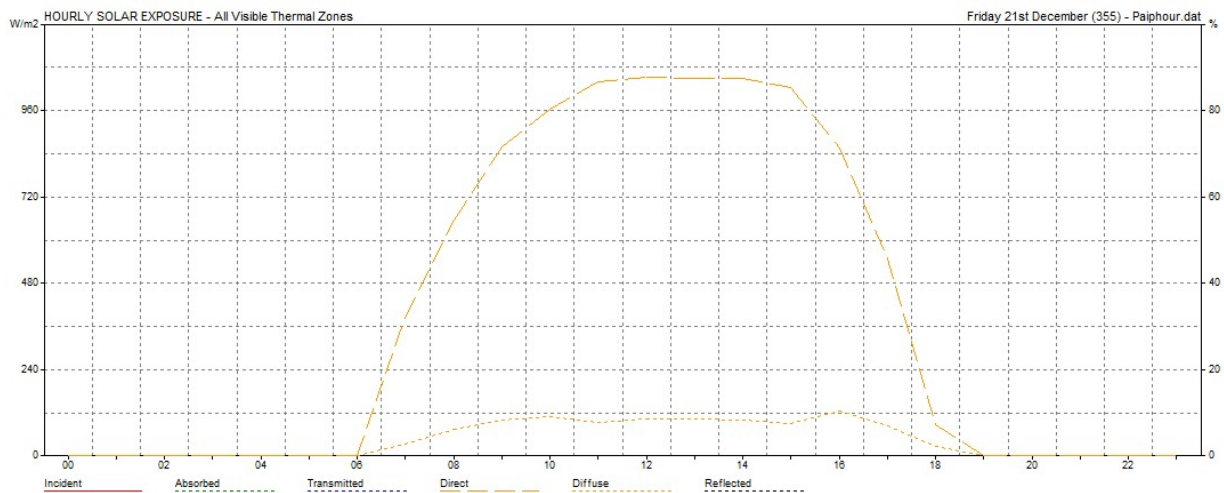


Tabla 32 Sombras solsticio de invierno. Fuente: Elaboración propia-Gráficos Ecotect.

La incidencia del sol durante el solsticio de invierno es sobre las caras suroeste y sureste siendo esta la de mayor exposición. El tiempo de exposición es a partir de las 6:15 am hasta las 5:45 pm y la radiación en su pico más alto alcanza 960 kwh/m2. Por tal razón la orientación sur-norte indicada favorece la estrategia de implantación, debido a que las ganancias térmicas directas por medio de la captación de radiación dentro del modelo compacto, puntualmente en las habitaciones del módulo reduciendo así su demanda energética.



Gráfica 23 Horas de exposición solar solsticio de invierno.

**Tabulated Daily Solar Data**

Latitude: 5.8° Longitude: -73.1° Timezone: -75.0° [-5.0hrs] Orientation: -40.0°

Date: 21st December Julian Date: 355 Sunrise: 07:00 Sunset: 18:40

Local Correction: 9.7 mins Equation of Time: 2.1 mins Declination: -23.5°

Local	(Solar)	Azimuth	Altitude	HSA	VSA
07:30	(06:39)	114.5°	6.7°	154.5°	172.6°
08:00	(07:09)	115.9°	13.5°	155.9°	165.3°
08:30	(07:39)	117.6°	20.1°	157.6°	158.4°
09:00	(08:09)	119.9°	26.7°	159.9°	151.9°
09:30	(08:39)	122.9°	33.1°	162.9°	145.8°
10:00	(09:09)	126.8°	39.2°	166.8°	140.1°
10:30	(09:39)	131.9°	45.0°	171.9°	134.8°
11:00	(10:09)	138.4°	50.2°	178.4°	129.8°
11:30	(10:39)	146.9°	54.8°	173.1°	125.0°
12:00	(11:09)	157.7°	58.3°	-162.3°	120.5°
12:30	(11:39)	170.6°	60.3°	-149.4°	116.1°
13:00	(12:09)	-175.5°	60.6°	-135.5°	111.9°
13:30	(12:39)	-162.0°	59.2°	-122.0°	107.6°
14:00	(13:09)	-150.5°	56.1°	-110.5°	103.2°
14:30	(13:39)	-141.2°	51.9°	-101.2°	98.6°
15:00	(14:09)	-134.0°	46.9°	-94.0°	93.7°
15:30	(14:39)	-128.4°	41.3°	-88.4°	88.2°
16:00	(15:09)	-124.2°	35.2°	-84.2°	81.9°
16:30	(15:39)	-120.9°	29.0°	-80.9°	74.1°
17:00	(16:09)	-118.4°	22.5°	-78.4°	64.0°
17:30	(16:39)	-116.4°	15.8°	-76.4°	50.4°
18:00	(17:09)	-114.9°	9.1°	-74.9°	31.7°
18:30	(17:39)	-113.9°	2.3°	-73.9°	8.3°

Tabla 33 Altitud-Azimuth, solsticio de invierno. Fuente: Ecotect.

### *Estrategias bioclimáticas*

Del diagnóstico bioclimático se obtendrán las estrategias a usar en el presente proyecto las cuales se han obtenido analizando los resultados del diagrama psicrométrico, las tablas de Carl Mahoney, la incidencia del sol sobre el volumen planteado inicialmente. Por lo tanto, podemos concluir que la implantación general del proyecto se realizará bajo la recomendación de la orientación ideal emitida por Ecotect, referente a rotar el eje de la cabaña -25 grados, esto permite que como se observa en los análisis de la trayectoria solar la edificación obtenga ganancias térmicas durante el año en todas sus superficies.

Ganar calor por medio de fuentes pasivas de energía mediante la radiación solar es una de las estrategias que sugiere el diagrama psicrométrico debido a las bajas temperaturas de Paipa, también podemos identificar dentro del mismo diagrama que se debe implementar los efectos de la masa térmica en su envolvente mediante materiales que permitan una inercia térmica de 8 hrs y ventilación natural.

La ventilación natural estará determinada inicialmente por las recomendaciones específicas de las tablas de Carl Mahoney en las que sugiere una relación ventana-pared entre el 20% y el 40%, sin embargo, deja implícito que no requiere movimiento de aire. Adicionalmente se incluirá una fuente de radiación en caso de que la transmitancia térmica por sí sola sea ineficiente durante las bajas temperaturas de la noche, ya que en el diagrama psicrométrico identificamos una zona que requiere de calentamiento por medios activos; esta solución puede ser una chimenea con una fuente de combustión a base de gas.

### *Ganancias solares.*

A partir de las simulaciones de estrategia solar se busca con la orientación de las cabañas ganar aportes solares a través de las ventanas y de los muros pesados con transferencia térmica diferida a más de 8 horas.



### *Ventilación natural.*

En el diseño del sistema de ventilación natural se busca lograr las renovaciones de aire necesarias para la ocupación y actividades de la vivienda, y controlarla con un sistema operable para evitar el enfriamiento excesivo debido a las condiciones de clima de Paipa.

La ventilación natural tiene tres funciones fundamentales:

- Mantener la calidad del aire al interior de los edificios cambiando el aire viciado por el aire nuevo. Renovaciones por higiene. ASHRAE 62.1 -2007
- Participa en el confort térmico del cuerpo, ayudando a la pérdida de calor, por convección y por evaporación del sudor. Confort Térmico ASHRAE 55 – 2004.
- Proporciona el enfriamiento de la masa interna del edificio en ciertas condiciones.

Ventilación Natural. (Reducción de las cargas térmicas exteriores).

### *Posición de los vanos:*

Para ventilar un espacio debe haber una entrada de aire y una salida. Este es el comportamiento del viento de acuerdo con el tamaño y ubicación de los vanos.

### **Renovaciones por calidad de aire.**

Para lograr una buena ventilación se determina el área de abertura de acuerdo al espacio ocupado y los requerimientos específicos de ventilación dados por la norma ASHRAE 62.1-2007.

### **Renovaciones por higiene.**

Los valores que se tienen en cuenta para el diseño de Calidad de Aire son las tablas de renovaciones mínimas para el uso de hotel, oficinas, apartamentos y áreas comerciales, según la norma ANSI/ASHRAE Estándar 62.1 – 2007.

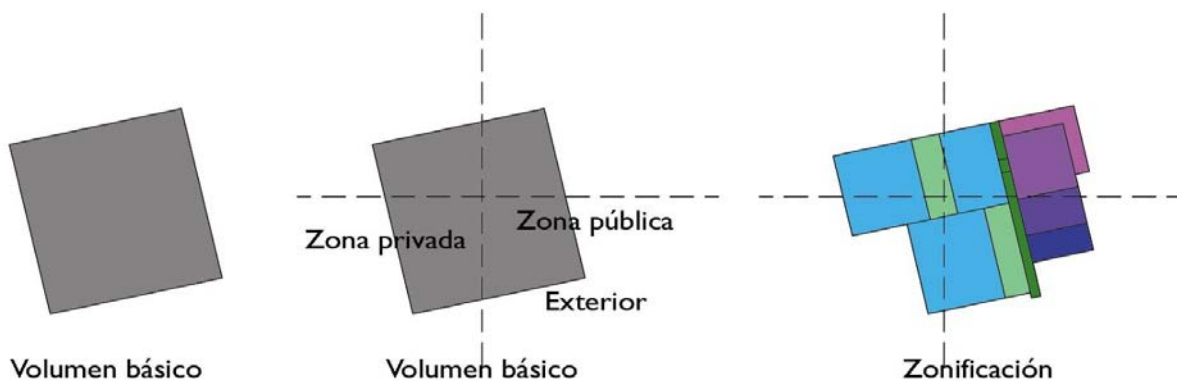
*Diseño y cálculo bioclimático.*

*Zonificación espacial.*

Los requerimientos para el programa arquitectónico de la cabaña y su entorno son los siguientes:

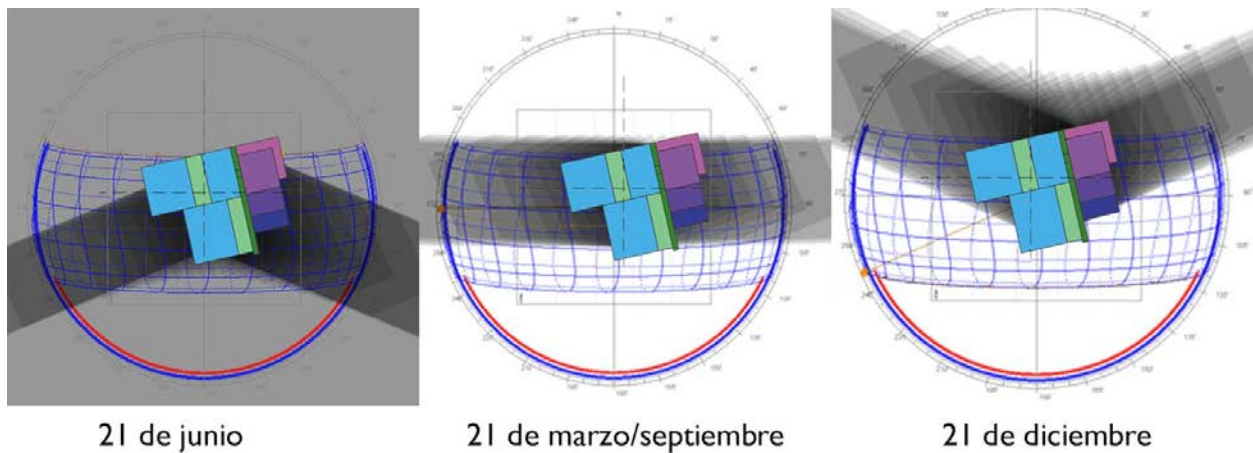
PROGRAMA ARQUITECTONICO	
<b>Usuario: Familia. (Por condición de la fuerza armada)</b>	Madre, Padre, 2-3 hijos aproximadamente. Adultos mayores, mascotas. En general personas físicamente activas que buscan esparcimiento recreativo
<b>Área:</b>	82M2
<b>Zona pública:</b>	Sala, comedor, cocina, lavado de ropa, deck exterior.
<b>Zona privada:</b>	1 habitaciones principal con baño privado y dos habitaciones auxiliares con un baño compartido. Todas las habitaciones deben tener closet.

*Tabla 34 Programa arquitectónico. Fuente: Elaboración propia.*



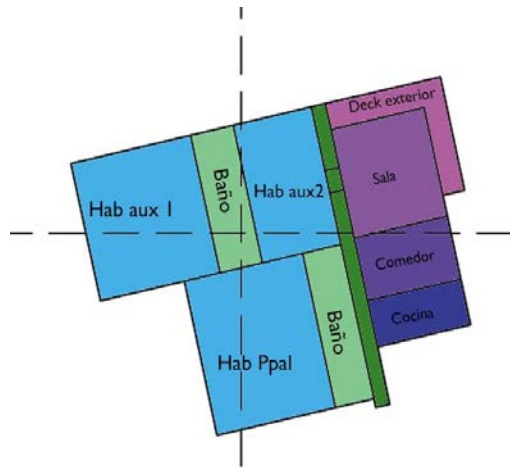
*Ilustración 18 Zonificación espacial cabaña tipo. Fuente: elaboración propia*

El ángulo de implantación de la cabaña tipo corresponde al sugerido por la orientación ideal del software Ecotect, esta orientación favorece las ganancias térmicas por efecto de la radiación solar, ya que, durante todo el año sus superficies están expuestas como se puede observar en el estudio de incidencia solar y sombras del volumen o prisma inicial. Una vez definida la orientación e implantada en el sitio se definen dos zonas de ocupación por su uso; la zona pública y la zona privada de la cabaña.



*Ilustración 19 Incidencia solar y sombras sobre zonificación. Fuente: Elaboración propia.*

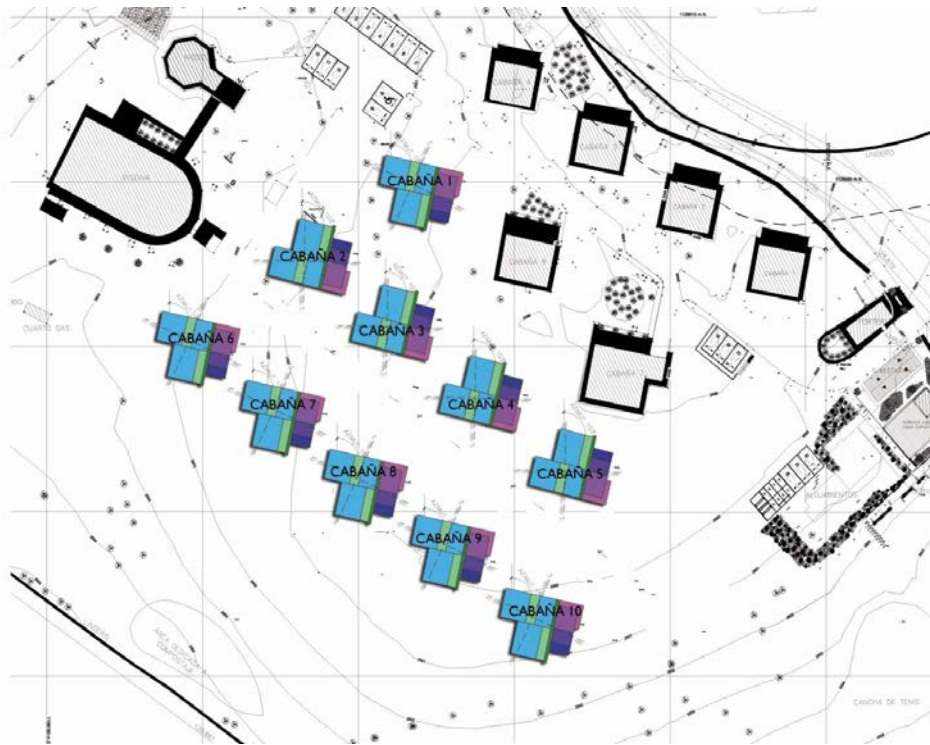
En la ilustración 18 se observa la zonificación de la cabaña tipo dentro de la trayectoria solar y la incidencia de las sombras sobre las superficies. La zona pública recibe la radiación de las primeras horas de la mañana y la zona privada la de las horas de la tarde, esto es conveniente en el sentido que conserva la mayor cantidad de calor en las habitaciones por medio de la transmitancia e inercia térmica del material de los muros exteriores durante las horas nocturnas.



*Ilustración 20 Zonificación cabaña tipo. Fuente: Elaboración propia.*

### *Implantación general.*

La implantación del proyecto a nivel general corresponde a la implementación de criterios anteriormente descritos y definidos en este capítulo, puesto que el factor determinante para la localización del conjunto de cabañas dentro del predio y su disposición, es la dirección y la velocidad del viento. De igual manera el paisajismo adquiere una gran relevancia, ya que el uso de plantas y arbustos ornamentales nativos de la región identificados previamente constituyen un factor determinante en el uso y disfrute del entorno ecológico con actividades recreativas como montar bicicleta, caminar, trotar, etc.



*Ilustración 21 Implantación general de proyecto. Fuente: Elaboración propia.*

El espacio dispuesto para disponer las 10 cabañas se encuentra junto a las cabañas actuales, esto es favorable ya que sectoriza la ubicación de los espacios por su uso, además que no requiere de una gran inversión en infraestructura complementaria como vías e iluminación artificial. Al norte del proyecto tenemos el lago Sochagota por lo cual tendremos un efecto de enfriamiento mediante la evaporación directa en el predio; dentro de las estrategias se debe evitar el enfriamiento en las cabañas puesto que las temperaturas bajas tienen un alto porcentaje de incidencia en el año. Es por esto que las cabañas se ubican en el centro del terreno, ya que es un espacio deprimido dentro del lote con hasta - 2.5 m con respecto a la zona norte la cual se encuentra elevada y actúa como una barrera natural contra este fenómeno.

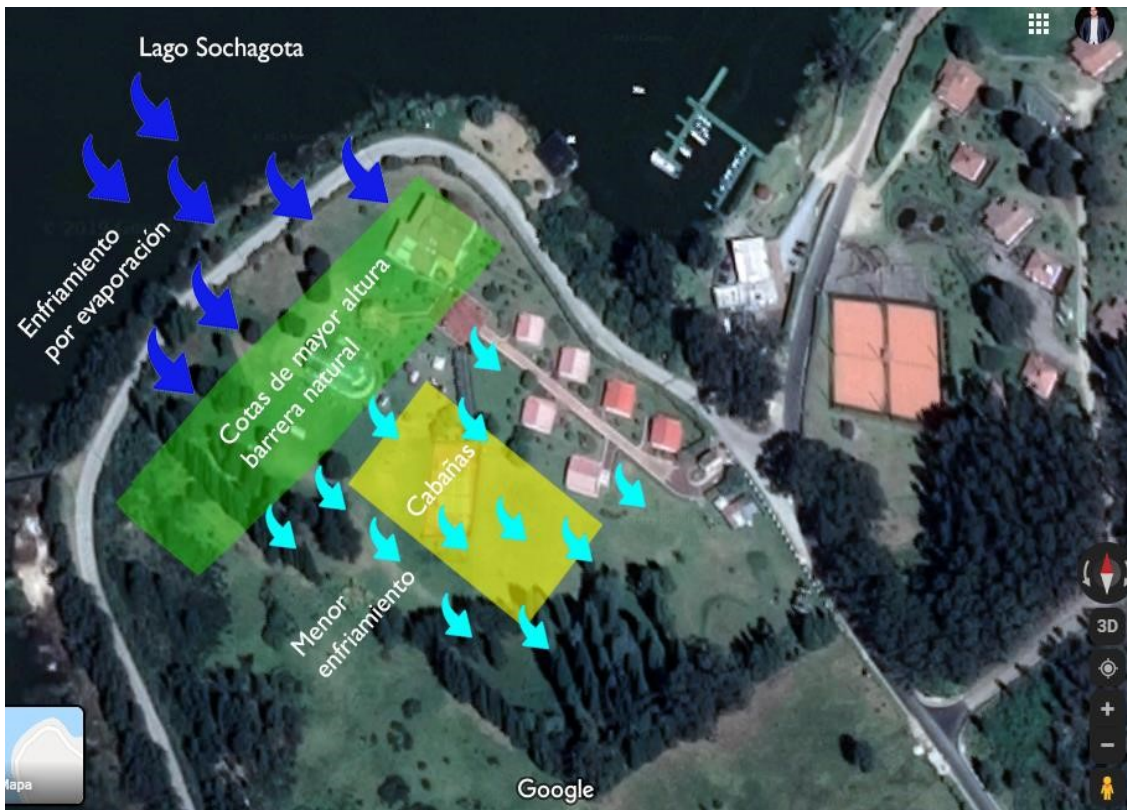


Imagen 24 Enfriamiento por evaporación. Fuente: Elaboración propia-Google maps

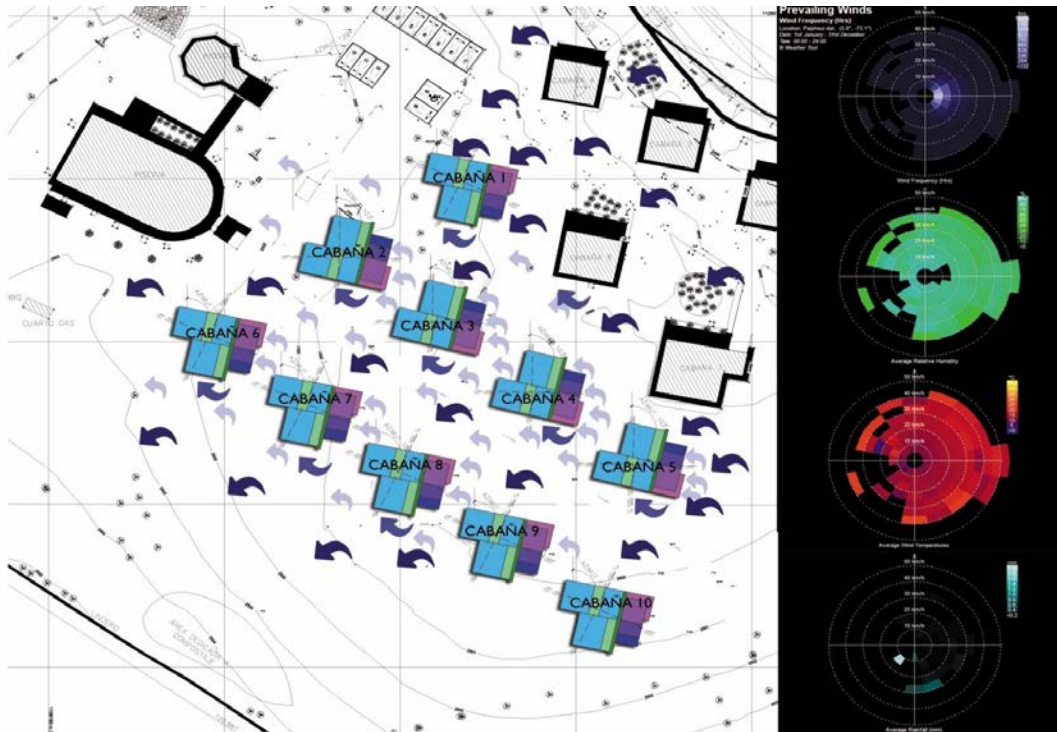
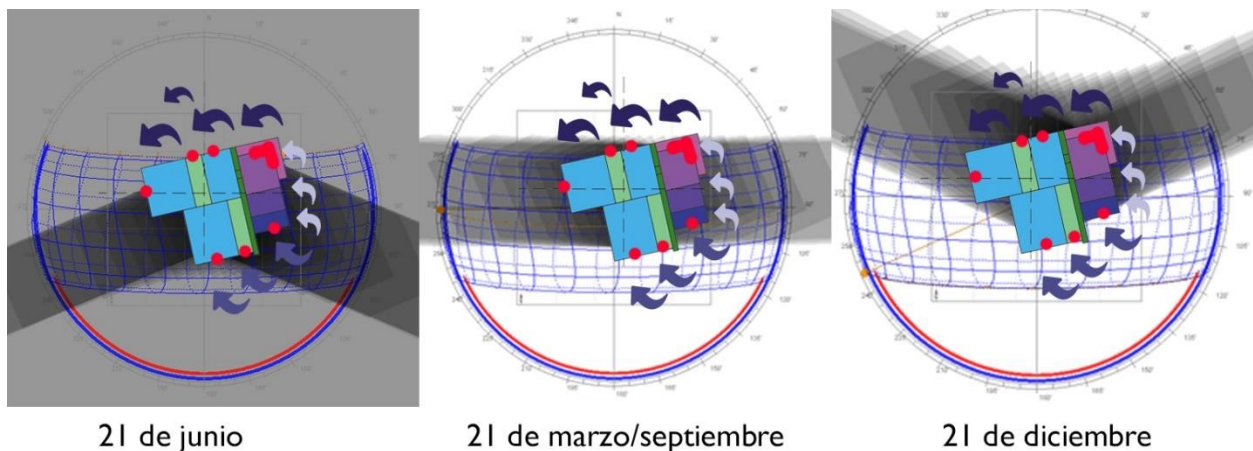


Ilustración 22 Incidencia de vientos. Fuente: Elaboración propia

Los vientos predominantes en el proyecto inciden directamente en las caras del proyecto y la presión es menor sobre la parte posterior de cada cabaña, por tal razón podemos deducir que para garantizar una adecuada ventilación y renovación de aire la orientación de las unidades habitacionales es la adecuada ya que por el mismo punto obtenemos calor por radiación y ventilación, adicional a contar con una envolvente de alta inercia.

Al interpolar la trayectoria solar contra la dirección de los vientos predominantes se define la ubicación de las ventanas en muros y la puerta ventana de la sala, así mismo las correspondientes a baños, (Ver ilustración 54).



*Ilustración 23 Ubicación de ventanas. Fuente: Elaboración Propia.*

## PROYECTO

### *Cabaña o unidad habitacional.*

Los criterios anteriormente expuestos han definido la distribución de los espacios, el programa arquitectónico, la localización de las ventanas, la dirección de la implantación ideal, materiales entre otros aspectos claves para garantizar bienestar térmico a los usuarios del proyecto. La distribución espacial del programa arquitectónico corresponde a la

planimetría que se puede observar en la ilustración 23, donde se ubican dos zonas definidas por los criterios bioclimáticos anteriormente mencionados.

En consecuencia, de las bajas temperaturas y la necesidad de ofrecer al usuario una fuente de calor manipulable de forma arbitraria, se instalará en el proyecto una chimenea en el centro de la edificación que permita aumentar la temperatura y generar confort a los ocupantes.

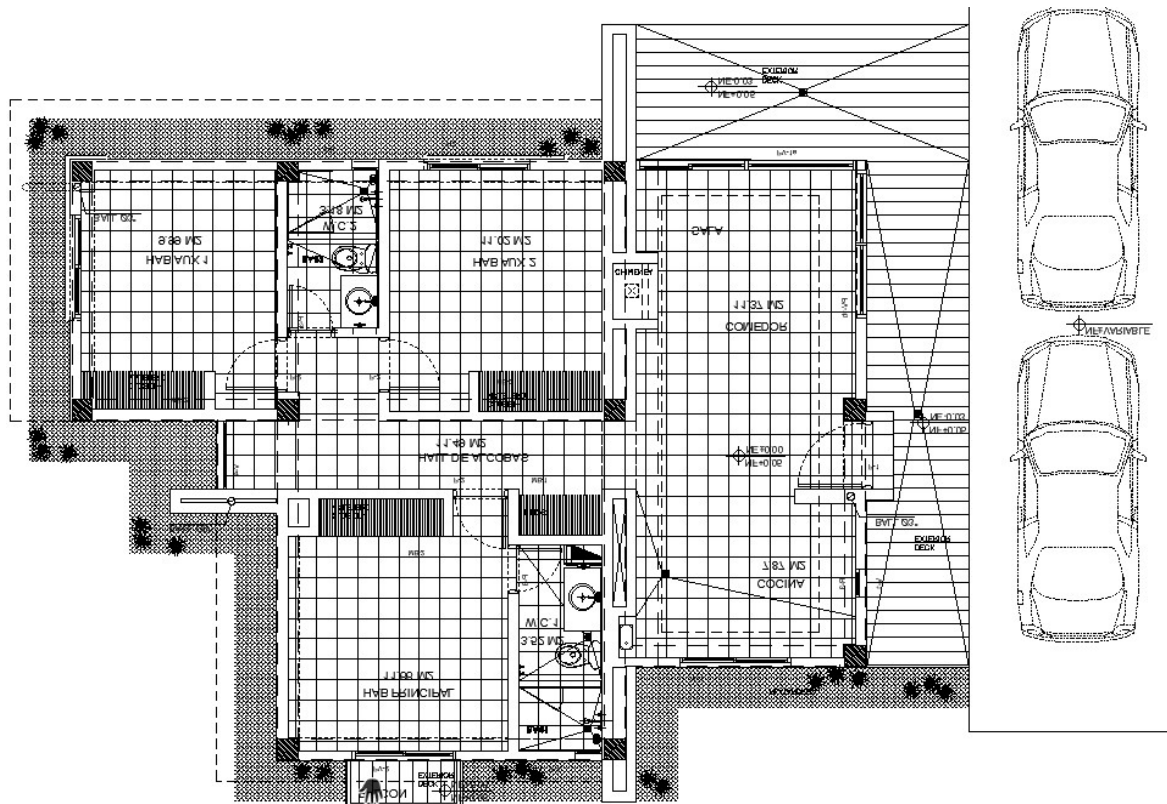


Ilustración 24 Zonificación del programa arquitectónico. Fuente: Elaboración propia.



Análisis de sombras del objeto de estudio. 21 de junio-solsticio de verano

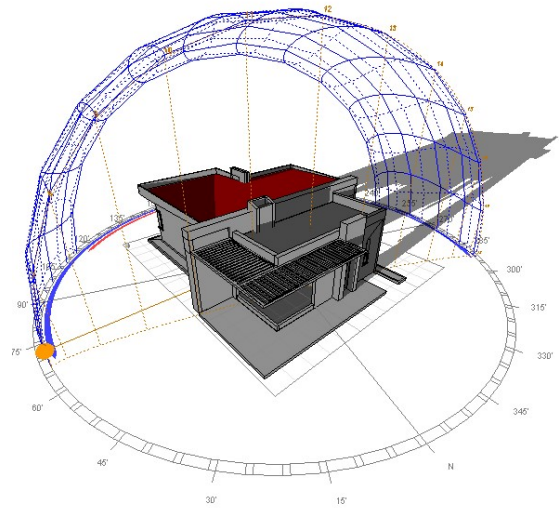
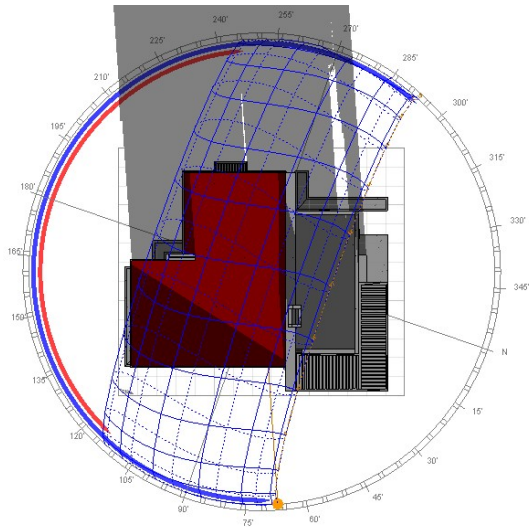
Hora

Planta

Perspectiva

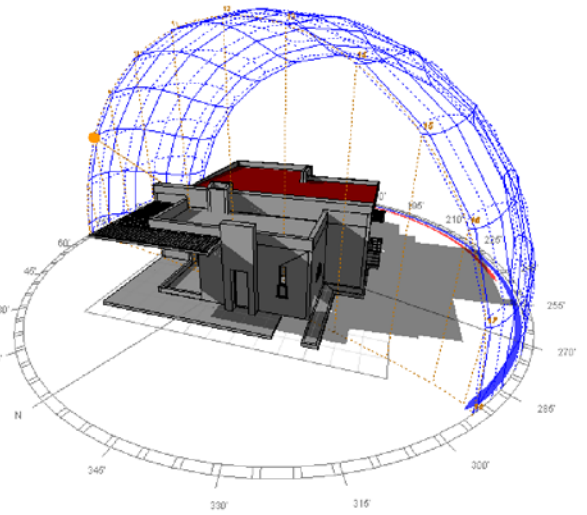
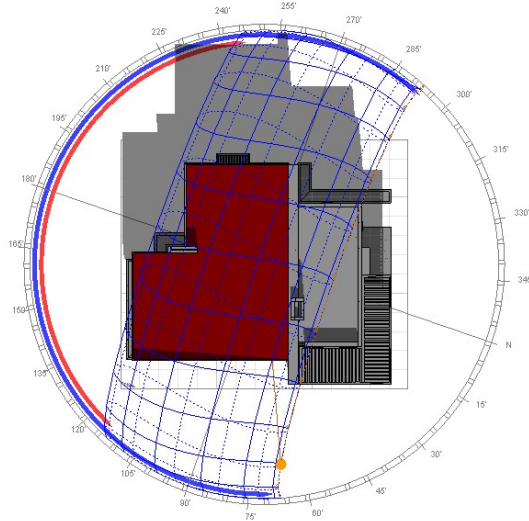
am

6:00



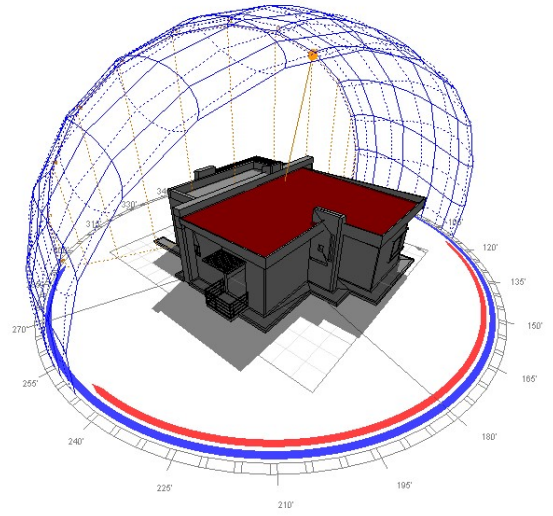
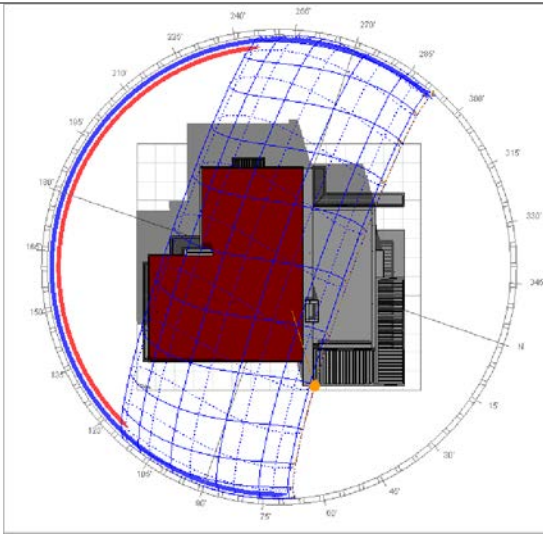
am

8:00



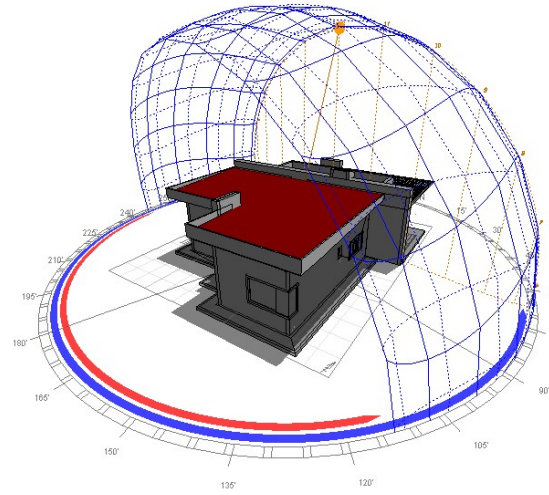
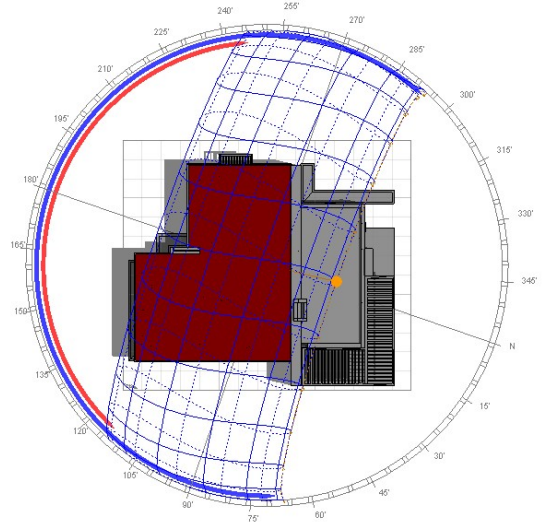
am

10:00



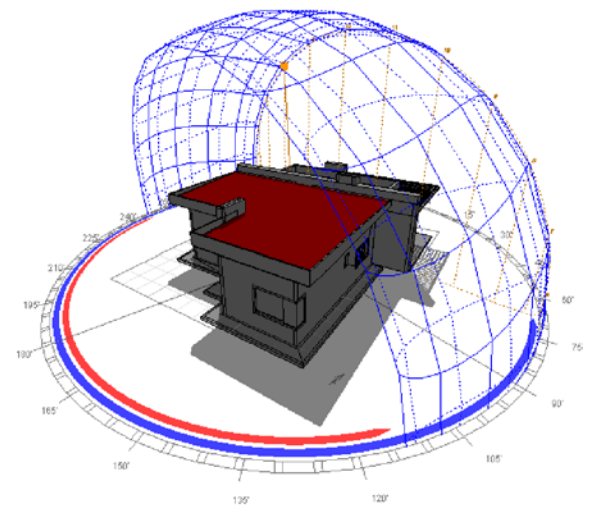
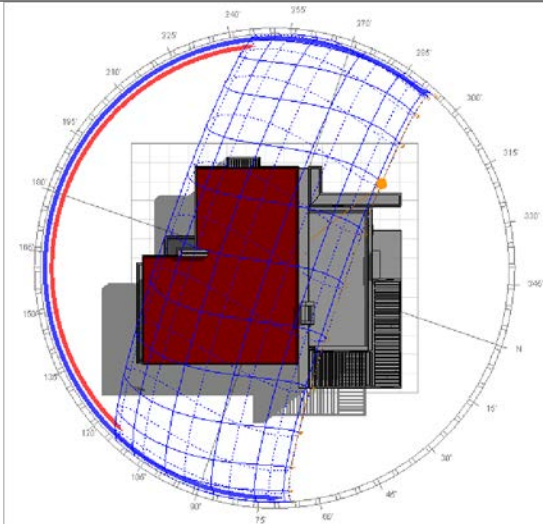
m

12:00

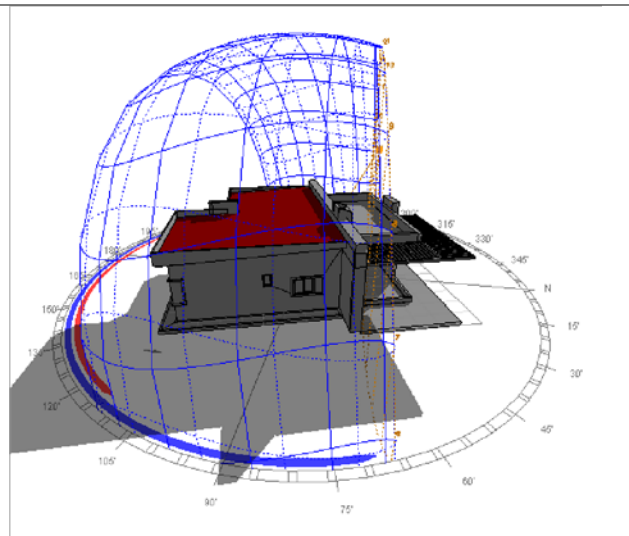
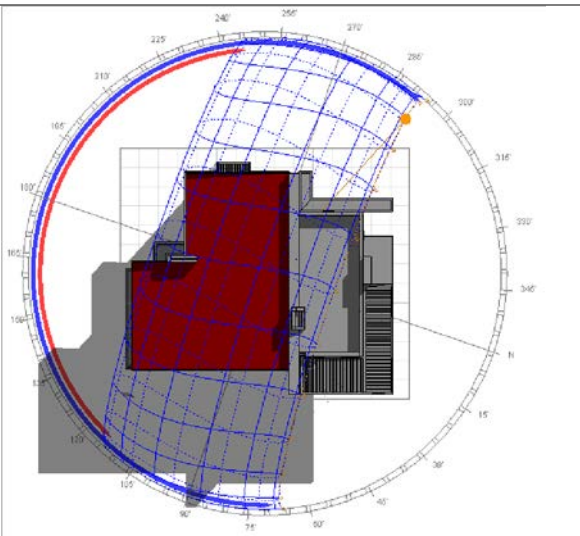


pm

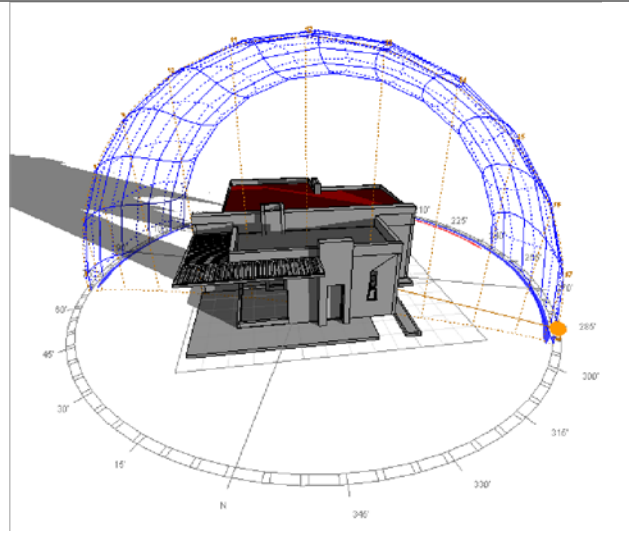
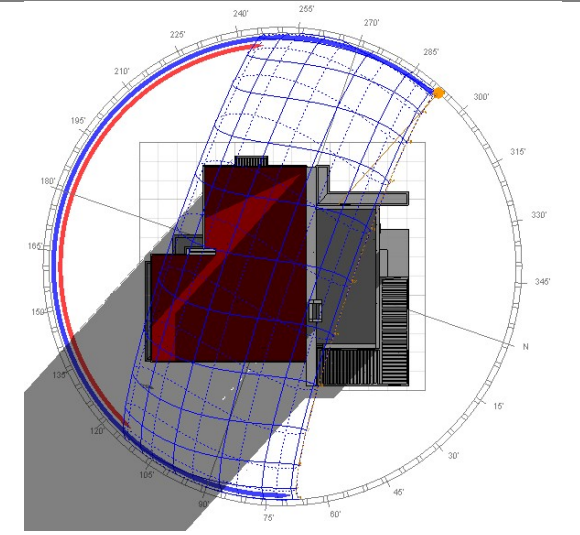
2:00



pm  
4:00



5:45 pm



Rango diario 6:00 am - 5:45 pm

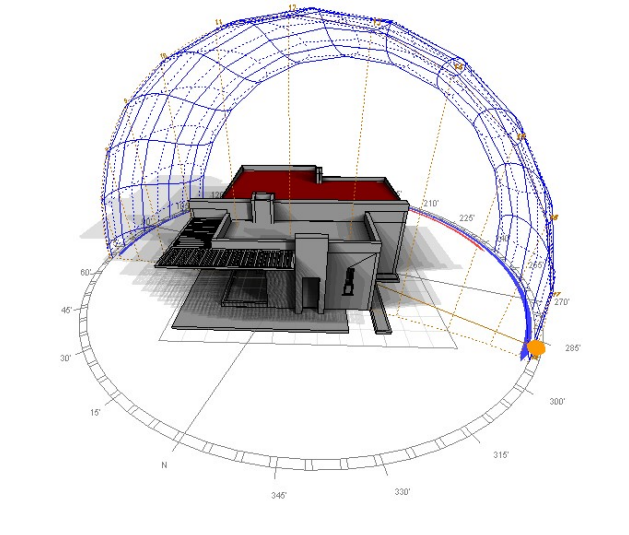
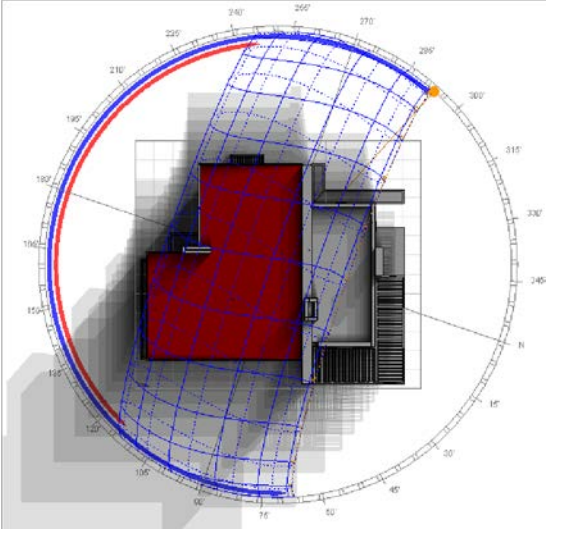


Tabla 35 Análisis de sombras cabaña, solsticio de verano.

Hor

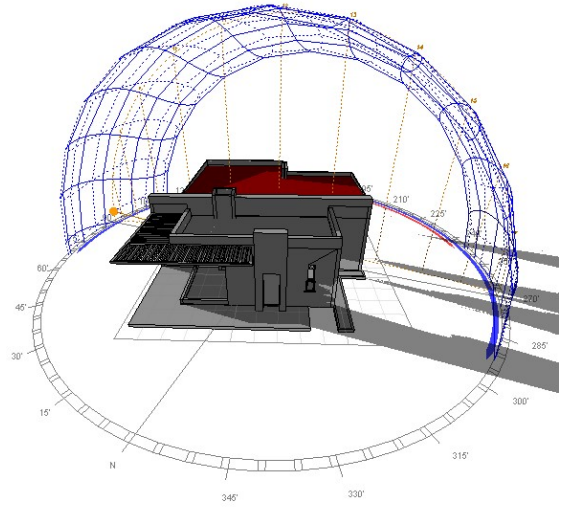
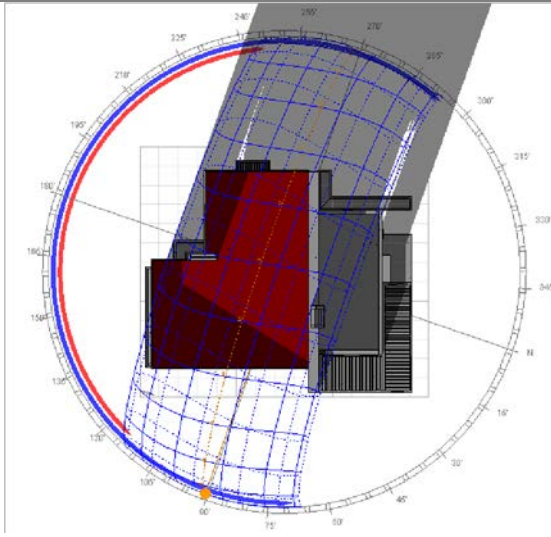
Planta

Perspectiva

a

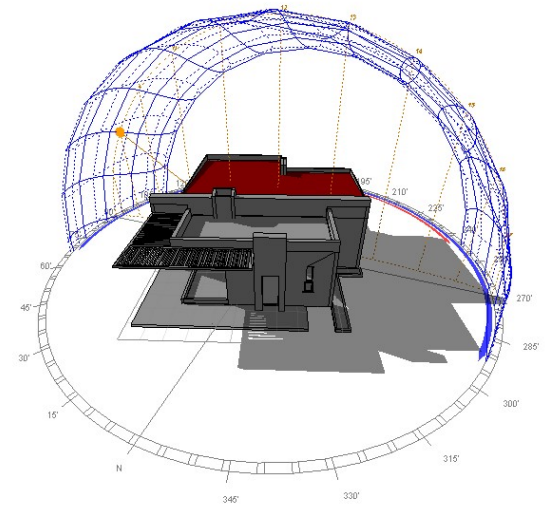
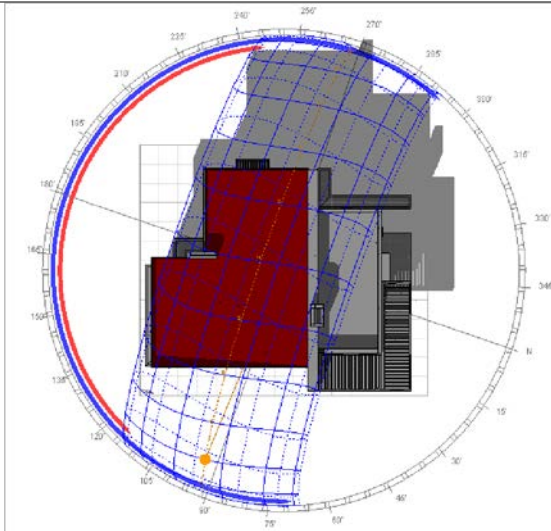
am

6:15



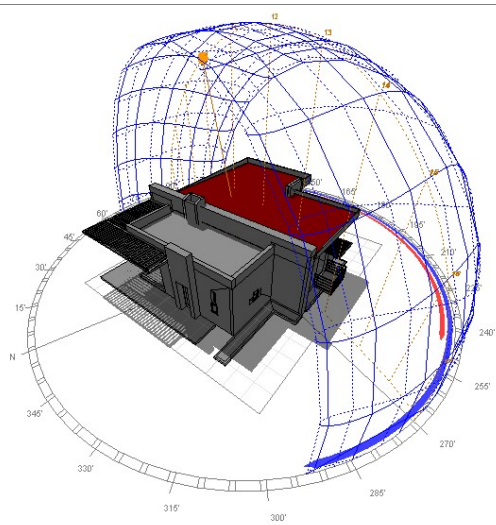
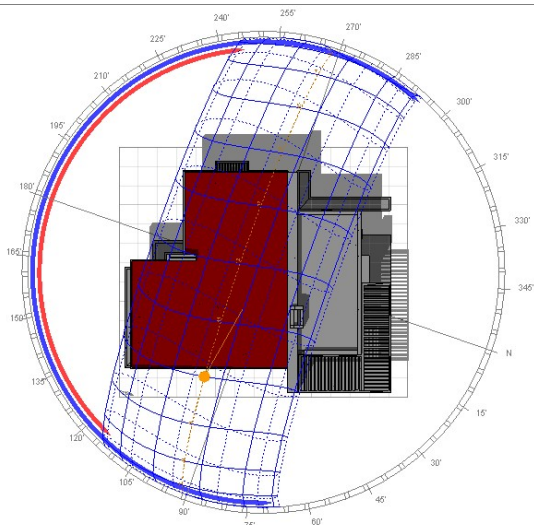
am

8:00



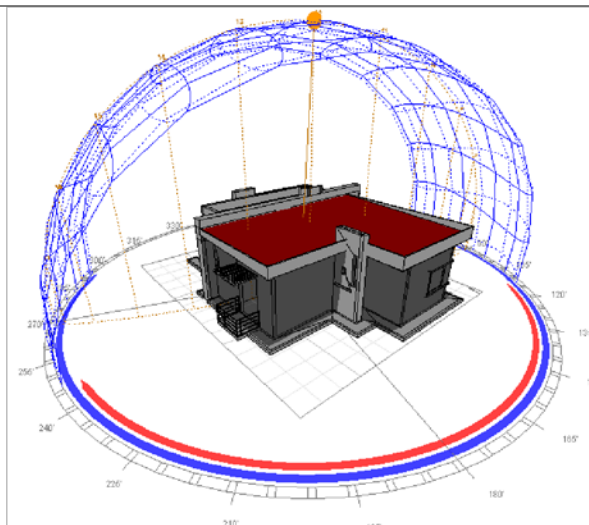
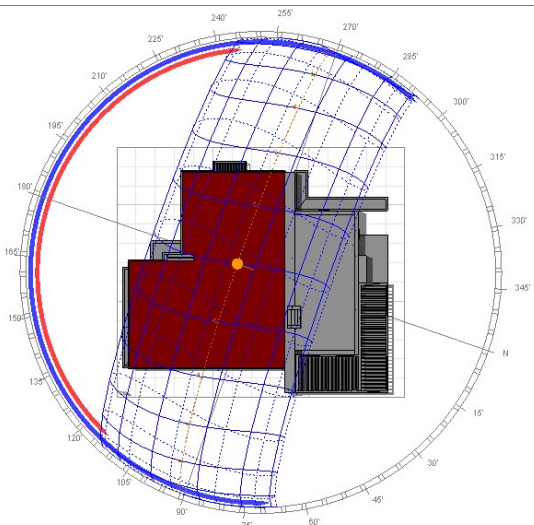
am

10:00



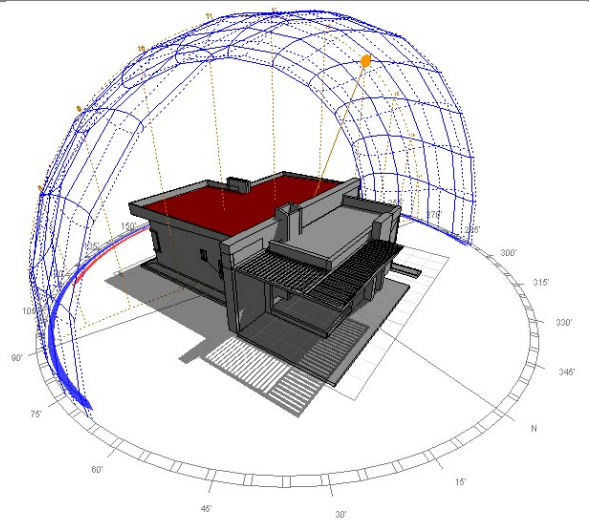
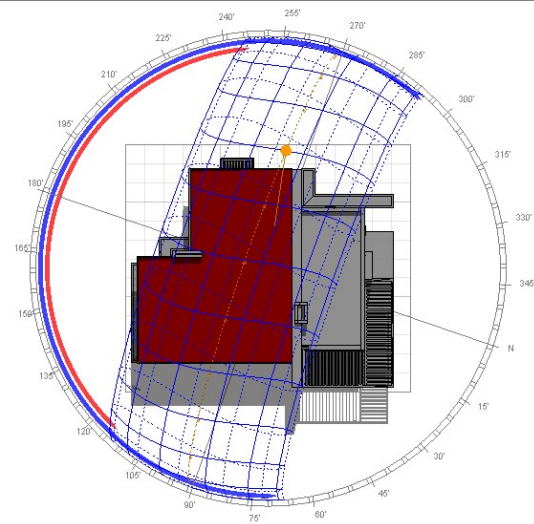
am

12:00



pm

2:00



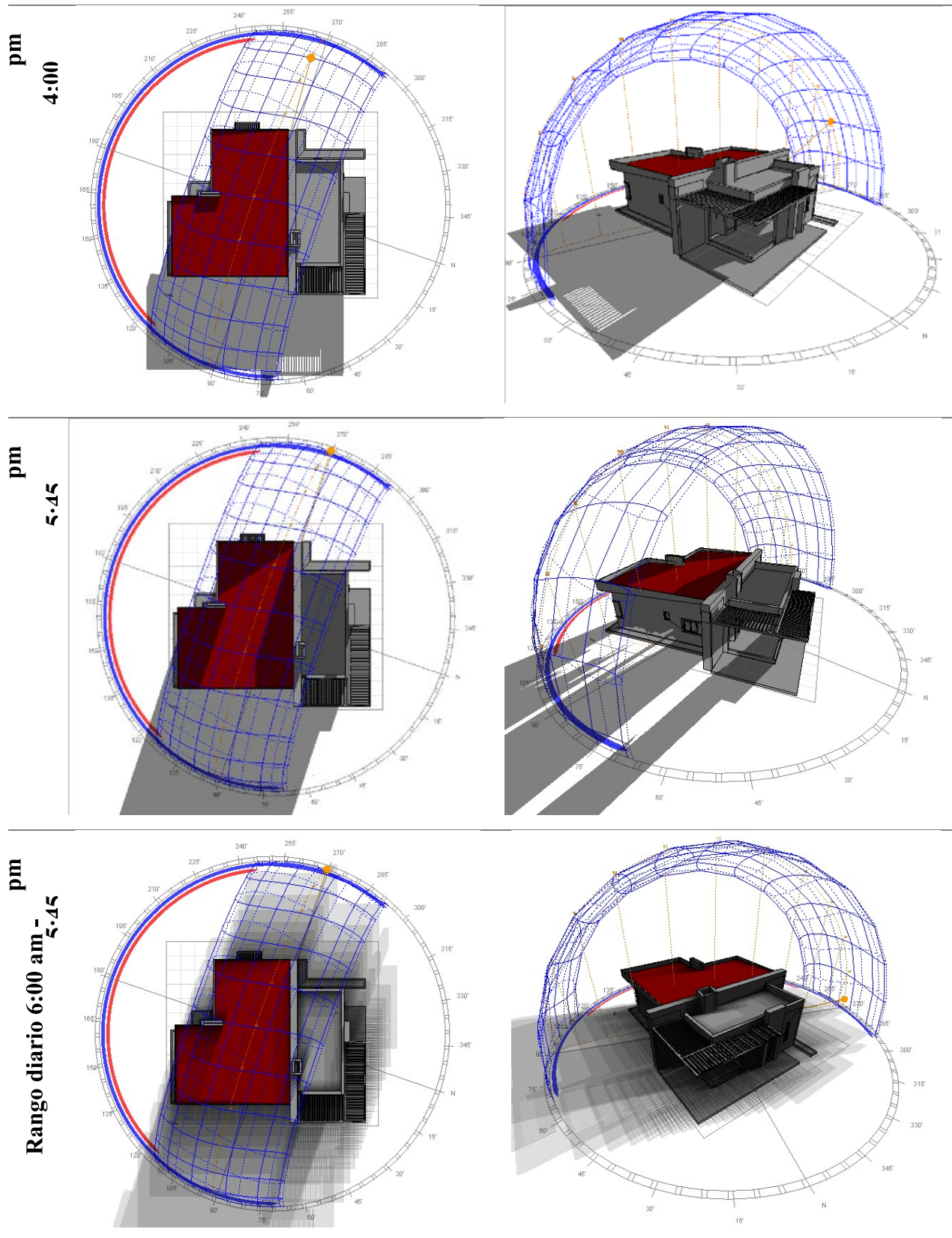


Tabla 36 Análisis de sombras, Equinoccio de Otoño/Primavera

21 de diciembre-Solsticio de invierno

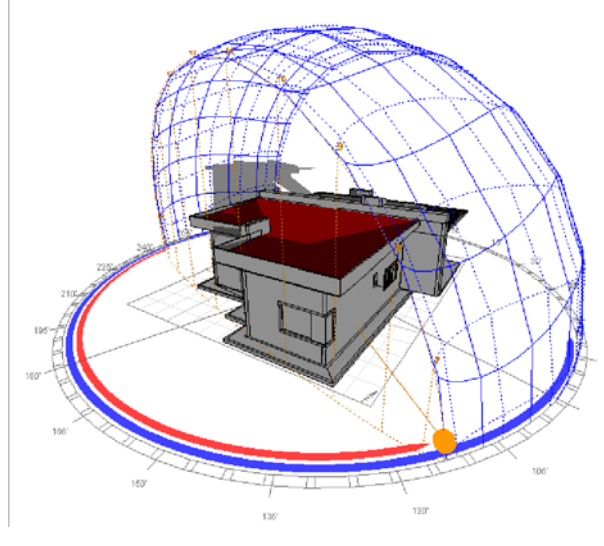
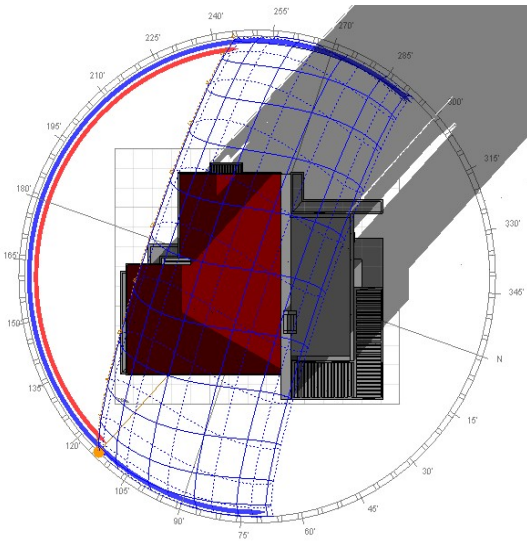
Hora

Planta

Perspectiva

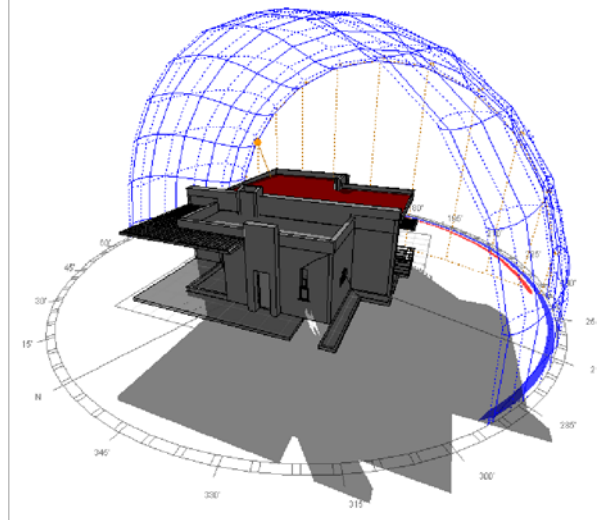
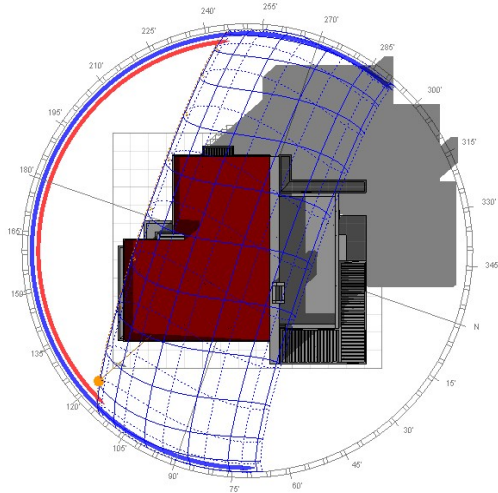
am

6:15



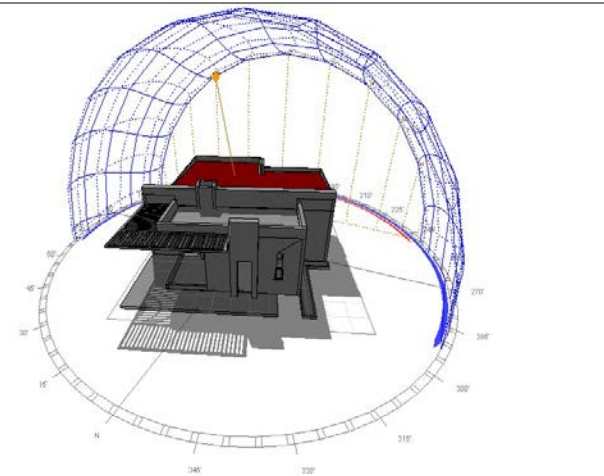
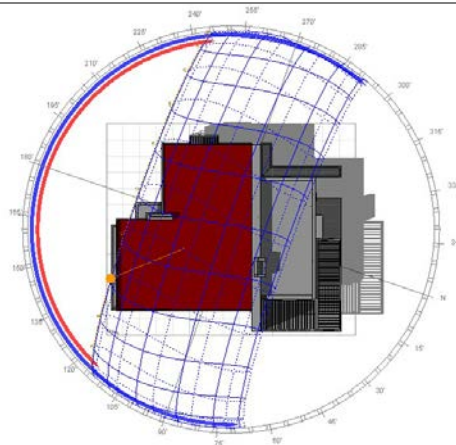
am

8:00

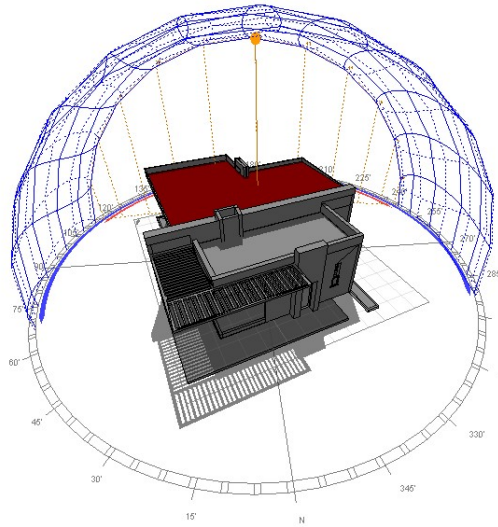
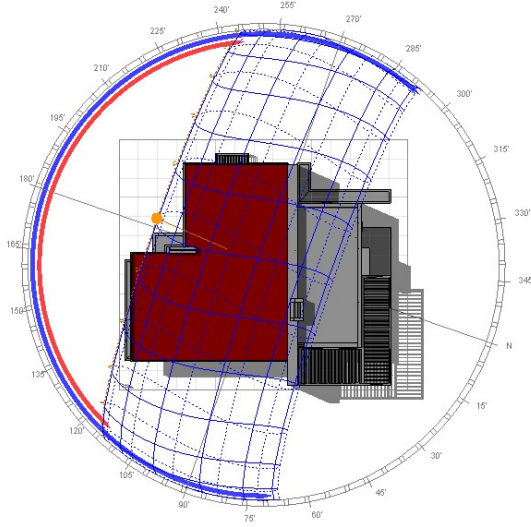


am

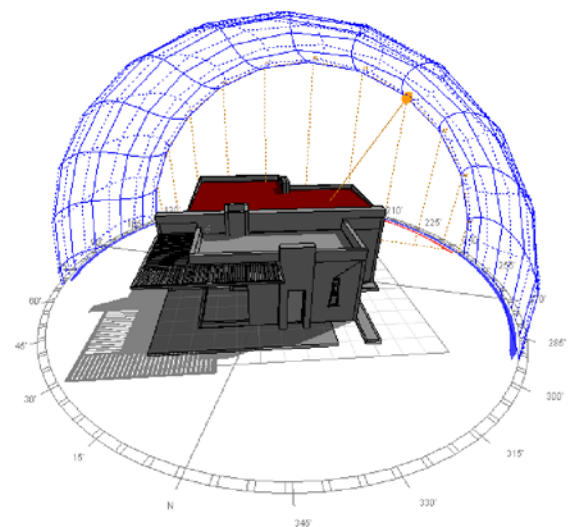
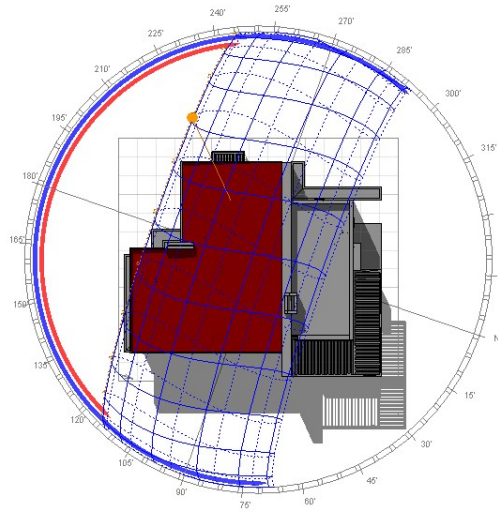
10:00



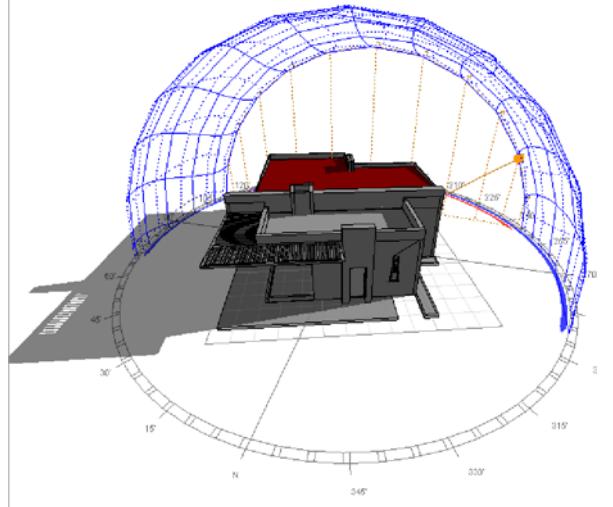
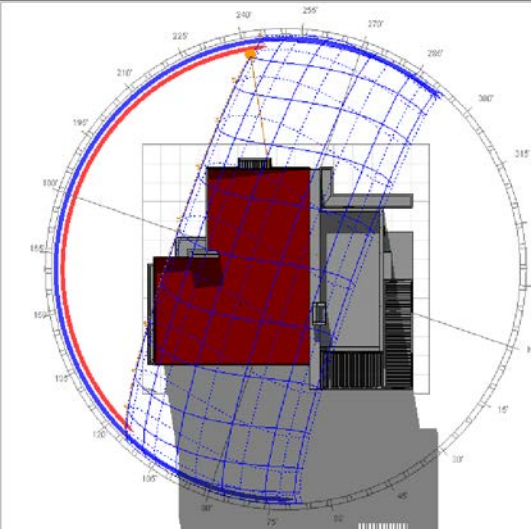
m  
12:00



pm  
2:00



pm  
4:00





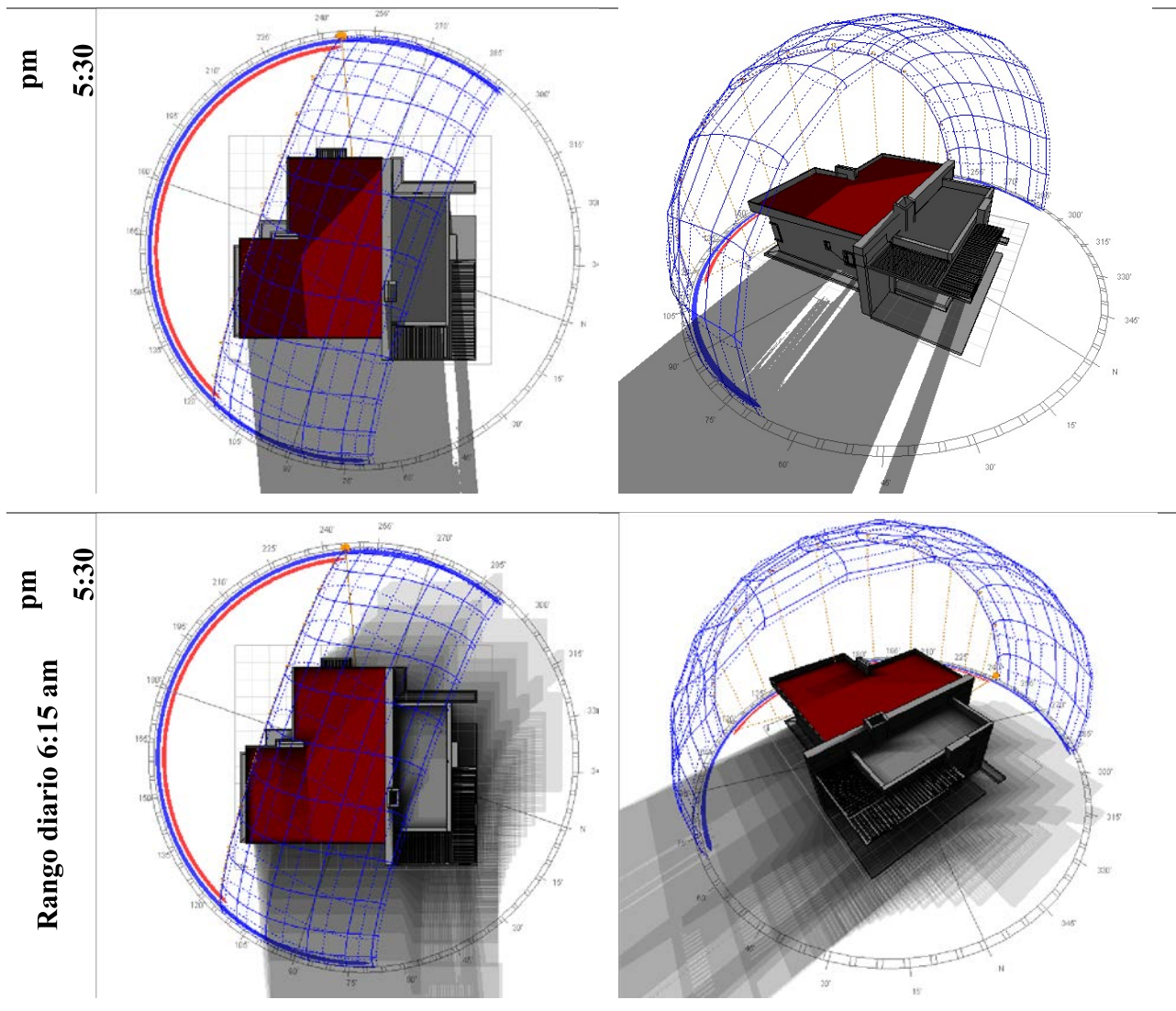


Tabla 37 Análisis de sombras, Solsticio de invierno

*Diseño y desempeño de las envolventes arquitectónicas.*

*Análisis CFD exterior del proyecto.*

La dinámica de fluidos es una rama de la física que estudia el movimiento de los fluidos en relación a las fuerzas que actúan sobre ellos.

El término Dinámica Computacional de Fluidos (CFD, por sus siglas en inglés) se emplea para describir un grupo de métodos matemáticos que calculan la temperatura, la velocidad y otras propiedades de fluidos contenidos en un ámbito determinado.

El sistema de cálculo ha sido desarrollado en torno al algoritmo SIMPLER, que pertenece a una de las familias de solución CFD más empleadas. La turbulencia se puede simular mediante el modelo k-e, el cual ha sido ampliamente investigado y documentado.

Con el Módulo CFD de Design Builder estas tareas se simplifican de manera importante, ya que las características geométricas y las condiciones limítrofes son proporcionadas automáticamente. Las temperaturas, los flujos de calor y las tasas de ventilación, entre otros factores, previamente calculados con el Módulo Energy Plus, se usan directamente para establecer las condiciones ambientales, simplemente especificando el momento y fecha del análisis CFD.

Las simulaciones de dinámica de fluidos utilizan las tecnologías más avanzadas en materia de visualización de los patrones de viento, esto nos permite conocer el comportamiento del viento y tomar mejores decisiones de diseño. Este tipo de estudios son indispensables para diseñar y evaluar sistemas de ventilación natural, investigar el flujo de viento alrededor de los edificios y estudiar el efecto del viento en edificios de gran altura.

Las simulaciones de Dinámica de Fluidos computacional nos permiten verificar el comportamiento del viento alrededor del edificio teniendo en cuenta los edificios vecinos, que generan sombra o pueden acelerar el viento.

Un concepto importante para el análisis de CFD son las condiciones de contorno, las especificaciones de las condiciones de contorno para el análisis externo son relativamente sencillas, se trata de un cálculo isotérmico y sólo requiere de la exposición del edificio, velocidad y dirección del viento. Estos valores se verificaron según los resultados del módulo Energy Plus obtenidos de la simulación térmica para el espacio seleccionado, teniendo en cuenta las renovaciones de aire.

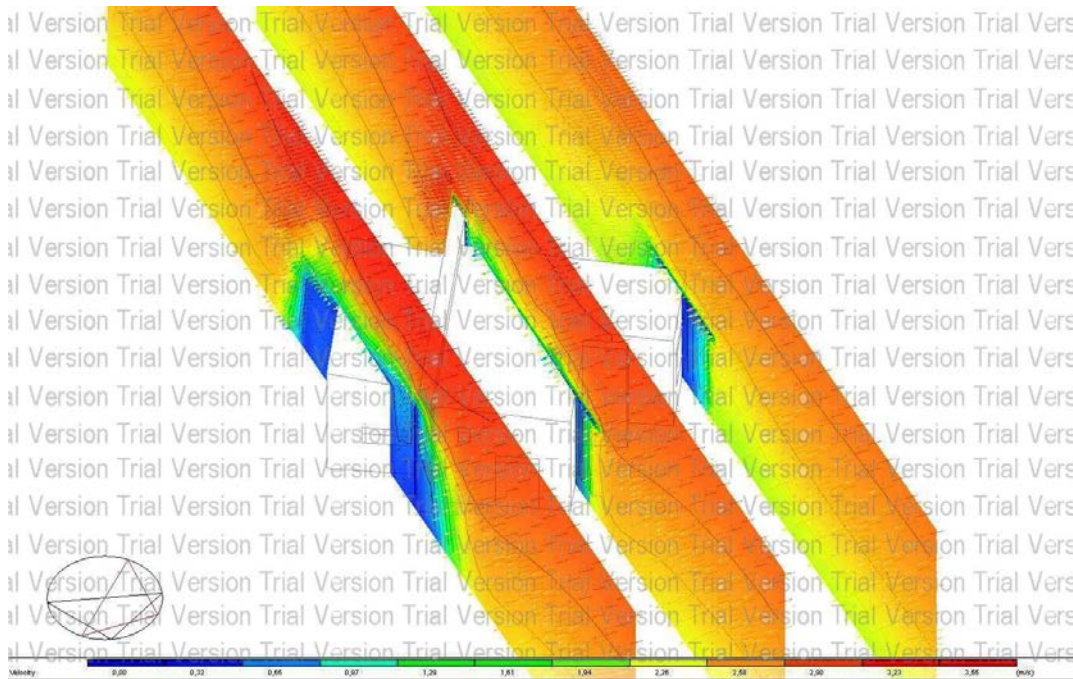
Se tuvo en cuenta el edificio implantado en el lote y el contexto. En estas imágenes vemos claramente la zona en alta presión (fachada oriental) y la zona de baja presión sobre la fachada opuesta, y comprobamos la velocidad del viento y la temperatura operativa resultante de las zonas.

**Condiciones limítrofes:**

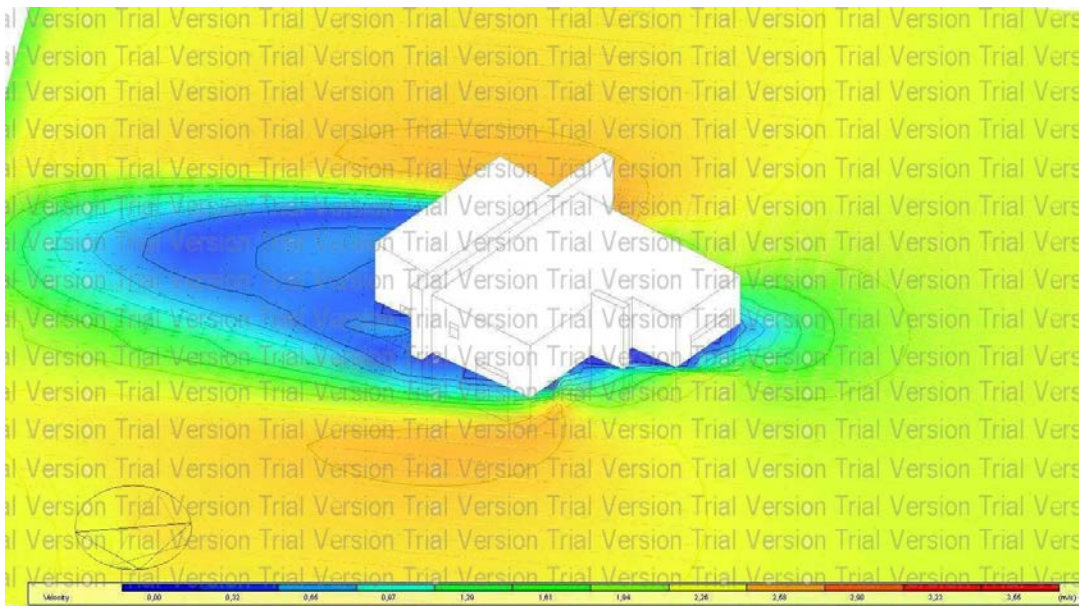
Velocidad del viento promedio = 5,1 m/s.

Dirección predominante = 45° - Suroccidental

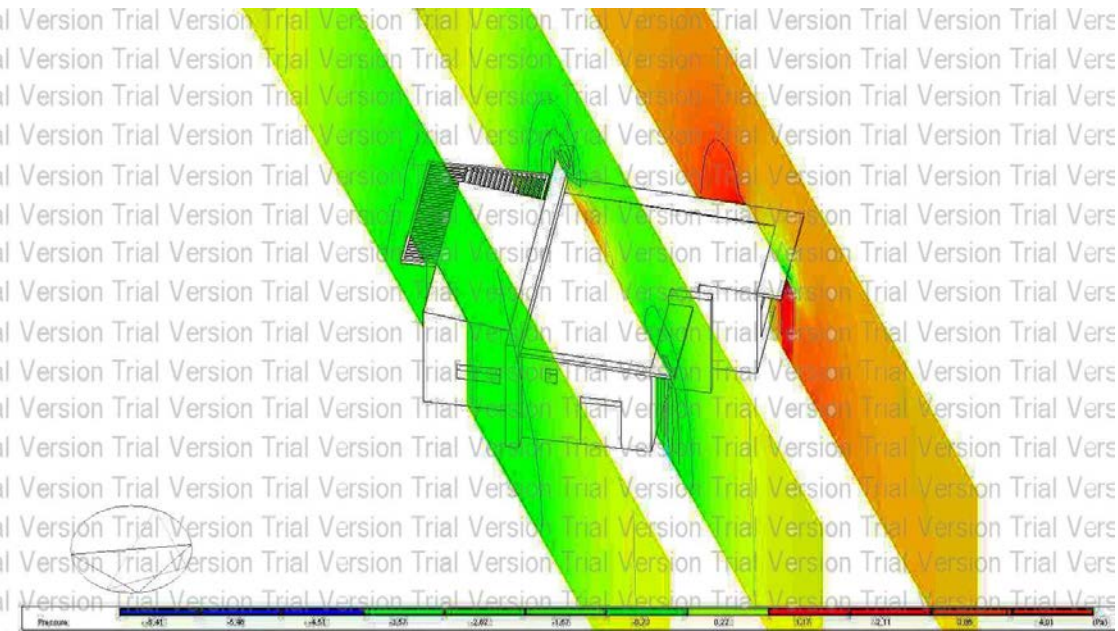
*Resultados CFD exterior.*



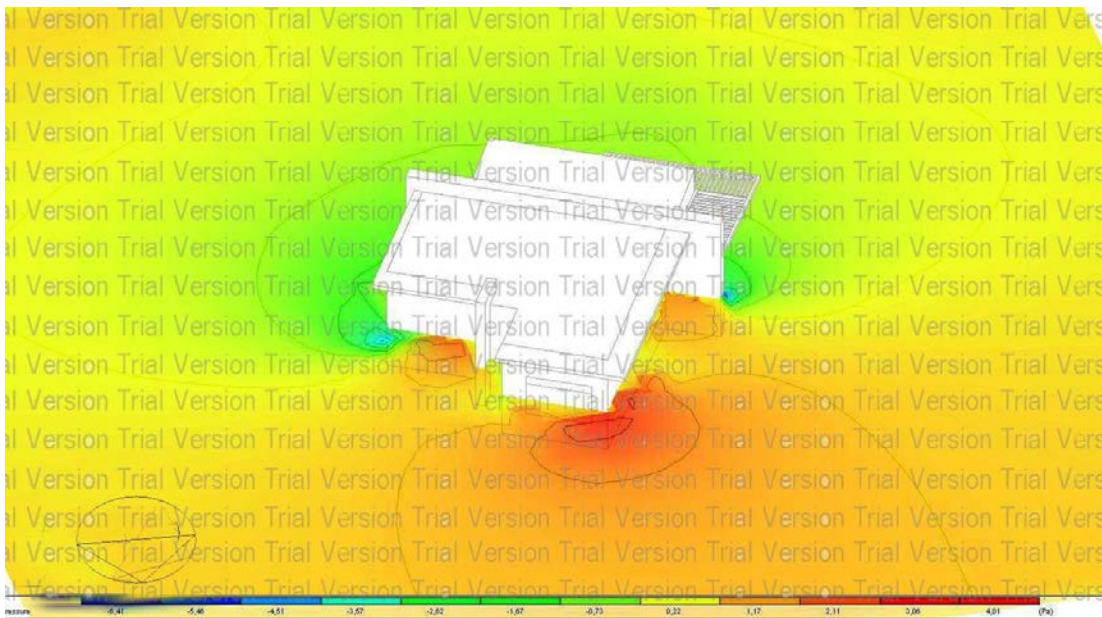
*Gráfica 24 Simulaciones de Calculo computacional 1.*



*Gráfica 25 Simulaciones de Calculo computacional 2.*



*Gráfica 26 Simulaciones de Calculo computacional 3.*



Gráfica 27 Simulaciones de Cálculo computacional 4.

A partir de las simulaciones de Cálculo computacional de fluido se verifica el comportamiento del viento alrededor de la edificación y se evidencia la diferencia de presiones dada por la geometría del edificio por lo cual se garantiza la ventilación cruzada.

#### *Materiales.*

Comportamiento térmico de los edificios responden por un lado a las condiciones climáticas del sitio y por otro lado al sistema constructivo, a la ocupación y al uso. Los materiales (principalmente la envolvente) deberán reducir la transmisión térmica para evitar las cargas de calor externas al máximo, para reducir el consumo energético en los equipos de refrigeración y ventilación mecánica.

#### *Cálculo del valor U.*

Actualmente el factor U es el parámetro estándar para calificar la capacidad de aislamiento de las unidades de acristalamiento. Mientras menor sea su valor menor será

también el flujo de calor admitido, dado que el factor U es el inverso del valor R total ( $R=1/U$ ).



El factor U depende fundamentalmente de las propiedades térmicas de los materiales que conforman el sistema de acristalamiento, y de factores ambientales como la velocidad del viento (que afecta los coeficientes convectivos superficiales) y la diferencia entre la temperatura del aire interior y la del aire exterior. Con el objeto de normalizar los procedimientos de calificación de sistemas de acristalamiento, la NFRC ha establecido las siguientes condiciones ambientales estándar para calcular el factor U:

- Velocidad del viento: 12.3 km/hr (5.5 m/hr)
- Temperatura del aire interior: 21°C (70°F)
- Temperatura del aire exterior: 18°C (0°F).

El cálculo del factor U de los acristalamientos en muros considera una inclinación de 90° respecto a la horizontal, mientras que para los domos y acristalamientos de cubierta se considera una inclinación de 20°, también desde la horizontal. En algunos ámbitos de análisis se manejan algunos conceptos relacionados con el impacto que tiene cada uno de los componentes de la unidad de acristalamiento en el factor U total: el factor U del centro de vidrio, los bordes y los marcos y divisores. Para la simulación térmica se calcularon los valores de transmisión térmica para analizar el comportamiento térmico del edificio.

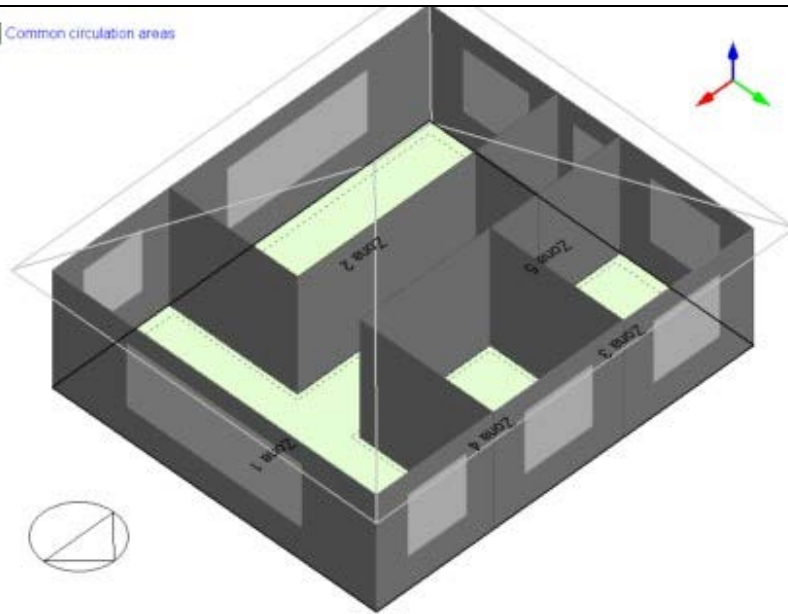
*Análisis de envoltentes cabañas actuales.*

Para la cabaña actual se ha elaborado un modelo para simular las condiciones de la edificación tipo ya construida, la cuál será tenida en cuenta como línea base del proyecto. A continuación, la programación de las condiciones:

<b>CABAÑA ACTUAL</b>	 A photograph of a single-story white cabin with a red-tiled roof. The cabin has a chimney on the left side and several windows with white frames. A silver car is parked in the driveway in front of the cabin. The background shows trees and a clear blue sky.
<b>MODELO</b>	 A 3D architectural rendering of the cabin, showing its white walls, red-tiled roof, and chimney. The model is shown from an isometric perspective. In the bottom left corner of the model area, there is a small circular diagram with a diagonal line, likely representing a floor plan or a specific detail of the building's structure.

### ZONAS

Common circulation areas



### ACTIVIDAD

Modelo | **Actividad** | Ceramientos | Aberturas | Iluminación | HVAC | CFD

Sector: Residential spaces  
Tipo de zona: 1-Acondicionada  
Multiplicador de zona: 1

Incluir zona en cálculos térmicos  
 Incluir zona en cálculos de luz diurna con Radiance

**Occupación**

Densidad de ocupación (personas/m<sup>2</sup>): 0,0195  
Programación: Dwell\_DomCommonAreas\_Occ

Condiciones Metabólicas  
Vestimenta  
Ponderación de Temperatura Radiante para Confort  
Generación y Eliminación de Contaminantes

**ACS**

**Control Ambiental**

Consignas de Temperatura para Calefacción  
Consignas de Temperatura para Refrigeración  
Consignas de Humedad Relativa  
Consignas de Temperatura para Ventilación  
Área Exterior Mínimo  
Iluminación

**Computadores**  
**Equipos de oficina**  
**Misceláneos**  
**Cocina**

Activar

Densidad de potencia (W/m<sup>2</sup>): 0,00  
Programación: Dwell\_DomCommonAreas\_Equip  
Combustible: 1-Electricidad  
Fracción de pérdidas: 0,000000  
Fracción latente: 0,000000  
Fracción radiante: 0,200000

**Procesos**



CERRAMIENTOS

The screenshot shows a software interface with a top navigation bar containing 'Modelo', 'Actividad', 'Cerramientos', 'Aberturas', 'Iluminación', 'HVAC', and 'CFD'. The 'Cerramientos' tab is active. The main content area is titled 'Planta de Acristalamiento' and contains the following settings:

- Planta: Planta de acristalamiento del proyecto
- Ventanas Exteriores
  - Tipo de acristalamiento: Acristalamiento exterior del proyecto
  - Distribución de acristalamiento: Prefixed height 1.5m, 30% glazed
- Dimensiones
  - Tipo: 3-Acristalamiento no continuo (altura preferente)
  - Porcentaje de acristalamiento (%): 30.00
  - Altura de ventanas (m): 1.50
  - Espaciamiento de ventanas (m): 5.00
  - Altura del alféizar (m): 0.80
  - Profundidad de rebanqueo exterior (m): 0.00
- Marcos y Divisores
- Sombreado
- Ventanas con cámara ventilada
- Apertura para ventilación
- Ventanas interiores
- Ventanas en cubierta / Lucernarios
- Puertas
- Pajillas

ABERTURAS

The screenshot shows the same software interface as above, but with the 'Aberturas' tab selected in the top navigation bar. The settings in the main content area are identical to the 'CERRAMIENTOS' view, including the 'Planta de Acristalamiento' section and the 'Dimensiones' table.

## MUROS

General

**Nombre** MUROS.PROYECTO.EXISTENTE

Fuente

**Categoría** Muros exteriores

**Región** COLOMBIA

Color

Definición

**Método de definición** 1-Capas

Parámetros de cálculo

Capas

**Número de capas** 3

**Capa más externa**

Material 0.75 in. Stucco

Espezor (m) 0.0100

Puentes térmicos

**Capa 2**

Material Brick

Espezor (m) 0.1300

Puentes térmicos

**Capa más interna**

Material 0.75 in. Stucco

Espezor (m) 0.0100

Puentes térmicos

Datos del modelo

Inserir capa Eliminar capa

## MUROS



**MUROS****Superficie interior**

Coeficiente de transferencia de cal...	2,152
Coeficiente de transferencia de cal...	5,540
Resistencia superficial (m <sup>2</sup> ·K/W)	0,130

**Superficie exterior**

Coeficiente de transferencia de cal...	19,870
Coeficiente de transferencia de cal...	5,130
Resistencia superficial (m <sup>2</sup> ·K/W)	0,040

**Sin Puentes Térmicos**

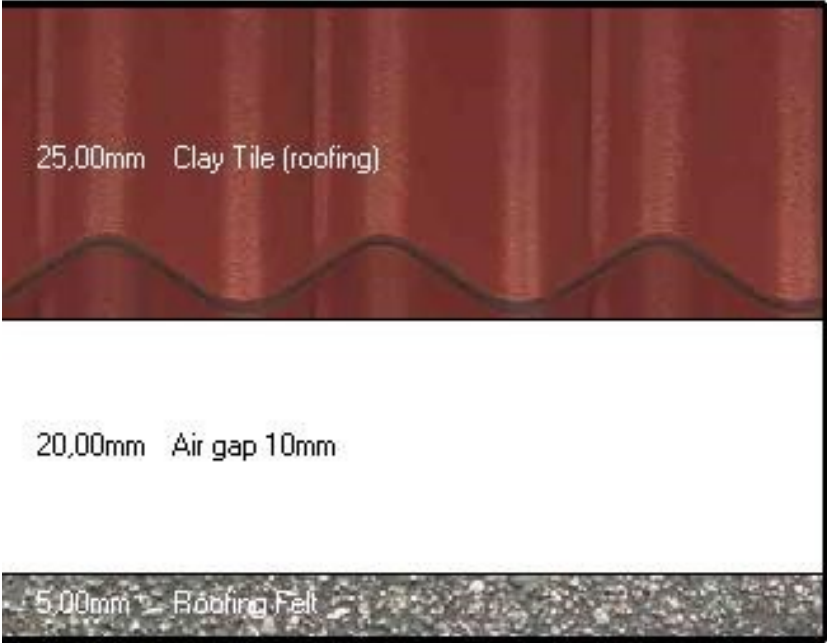
Valor U de superficie a superficie (...)	5,119
Valor R (m <sup>2</sup> ·K/W)	0,365
Valor U (W/m <sup>2</sup> ·K)	2,737

**Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)**

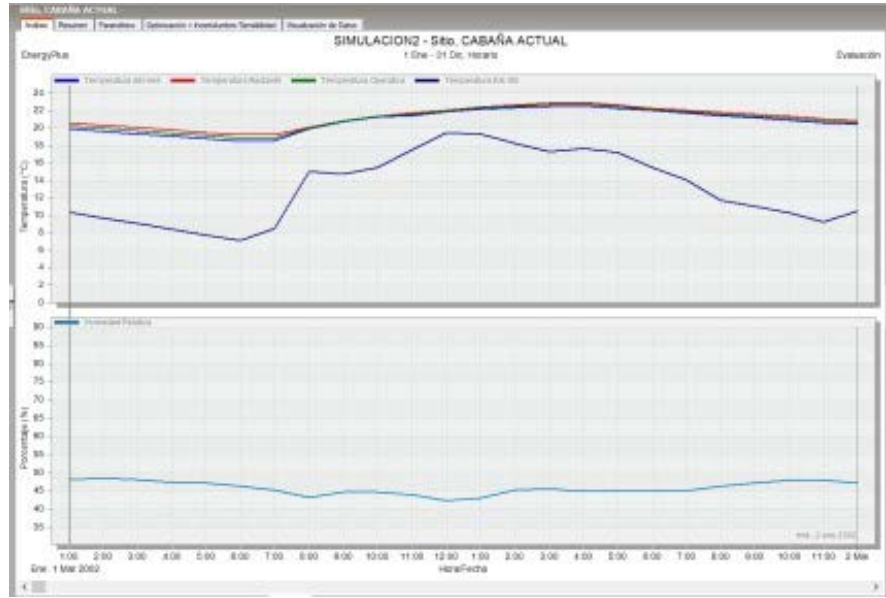
Espesor (m)	0,1500
Límite superior de resistencia (m <sup>2</sup> ·K...	0,365
Límite inferior de resistencia (m <sup>2</sup> ·K/...	0,365
Valor U de superficie a superficie (...)	5,119
Valor R (m <sup>2</sup> ·K/W)	0,365
<b>Valor U (W/m<sup>2</sup>·K)</b>	<b>2,737</b>

**CUBIERTAS**

Capas	Propiedades superficiales	Imagen	Valores calculados	Coste	Análisis de condensación
<b>General</b>					
Nombre	Clay tiles (25mm) on air gap (20mm) on roofing felt (5mm)				
Fuente	DesignBuilder				
Categoría	Cubiertas				
Región	General				
Color					
<b>Definición</b>					
Método de definición	1-Capas				
<b>Parámetros de cálculo</b>					
<b>Capas</b>					
Número de capas	3				
<b>Capa más externa</b>					
Material	Clay Tile (roofing)				
Espesor (m)	0,0250				
<input type="checkbox"/> Puentes térmicos					
<b>Capa 2</b>					
Material	Air gap 10mm				
Espesor (no usado en cálculos térmicos) (m)	0,0200				
<b>Capa más interna</b>					
Material	Roofing Felt				
Espesor (m)	0,0050				
<input type="checkbox"/> Puentes térmicos					

<p><b>CUBIERTAS</b></p>	<p>Superficie exterior</p>  <p>25,00mm Clay Tile (roofing)</p> <p>20,00mm Air gap 10mm</p> <p>5,00mm Roofing Felt</p> <p>Superficie interior</p>
<p><b>CUBIERTAS</b></p>	<p><b>Superficie interior</b></p> <p>Coefficiente de transferencia de cal... 4,460</p> <p>Coefficiente de transferencia de cal... 5,540</p> <p>Resistencia superficial (<math>m^2K/W</math>) 0,100</p> <p><b>Superficie exterior</b></p> <p>Coefficiente de transferencia de cal... 19,870</p> <p>Coefficiente de transferencia de cal... 5,130</p> <p>Resistencia superficial (<math>m^2K/W</math>) 0,040</p> <p><b>Sin Puentes Térmicos</b></p> <p>Valor U de superficie a superficie (... 4,967</p> <p>Valor R (<math>m^2K/W</math>) 0,341</p> <p>Valor U (<math>W/m^2K</math>) 2,930</p> <p><b>Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)</b></p> <p>Espesor (m) 0,1800</p> <p>Límite superior de resistencia (<math>m^2K...</math> 0,341</p> <p>Límite inferior de resistencia (<math>m^2K/...</math> 0,341</p> <p>Valor U de superficie a superficie (... 4,967</p> <p>Valor R (<math>m^2K/W</math>) 0,341</p> <p><b>Valor U (<math>W/m^2K</math>) 2,930</b></p>

### SIMULACION DIARIA



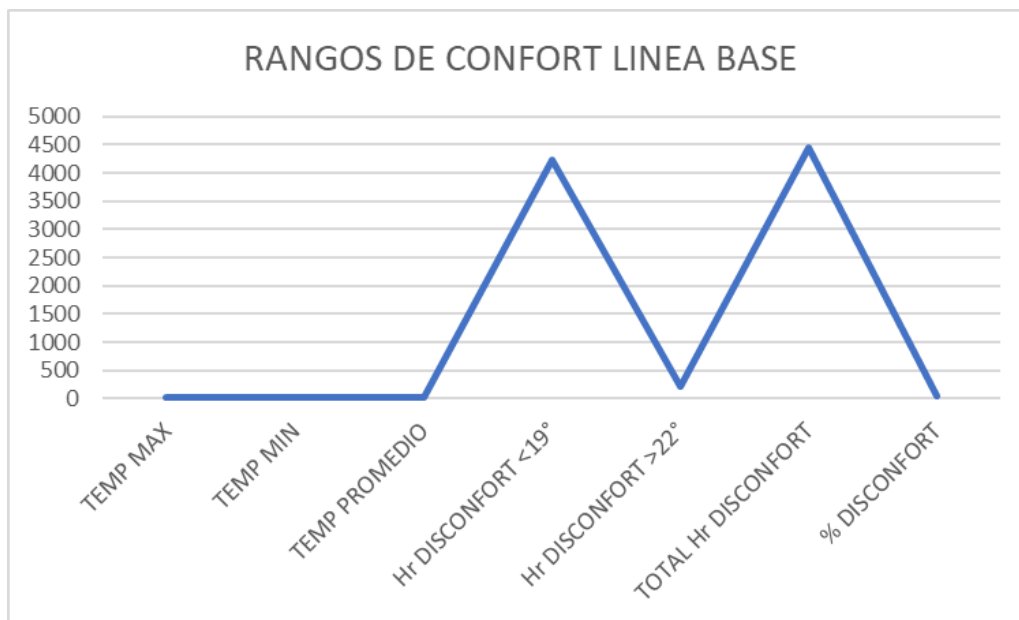
### SIMULACION ANUAL



HORAS DE CONFORT	TEMP MAX	23,56
	TEMP MIN	15,5
	TEMP PROMEDIO	19,1378584
	Hr DISCONFORT <18,4°	2843
	Hr DISCONFORT <19,6°	5519
	Hr DISCONFORT >22°	227
	Hr DISCONFORT >24,4°	0
	Hr DISCONFORT >25,8°	0
	TOTAL Hr DISCONFORT 80	2843
	% DISCONFORT ACEP 80	32
	TOTAL Hr DISCONFORT 90	5519
	% DISCONFORT ACEP 90	63

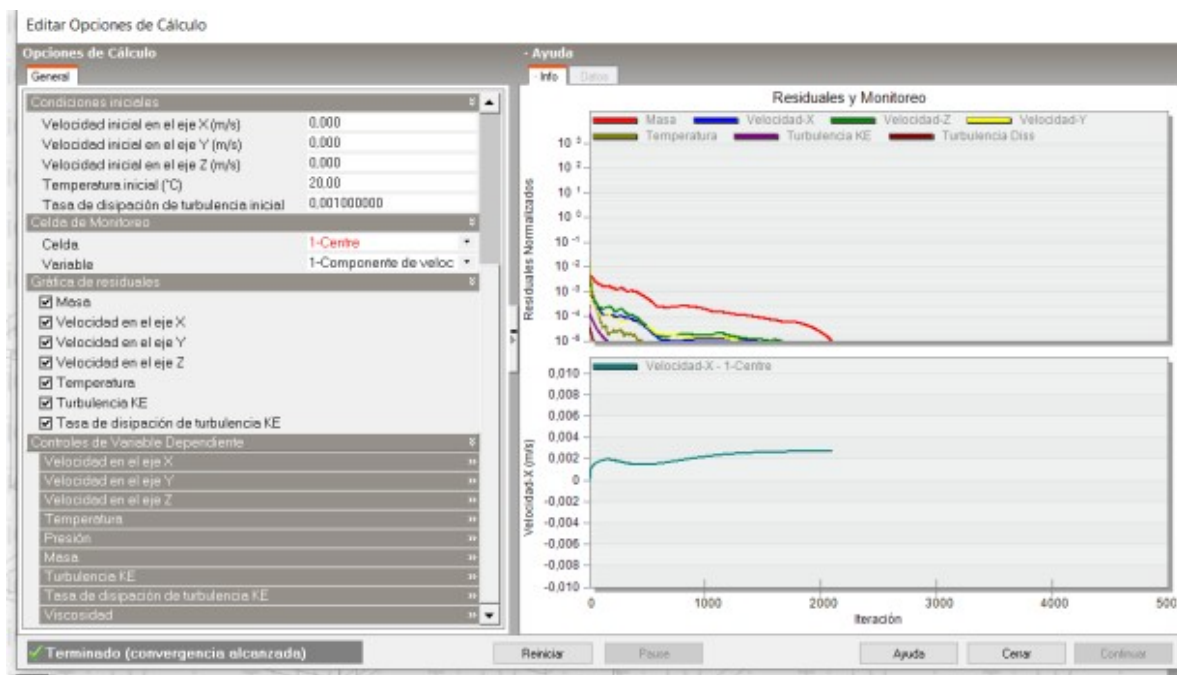
*Tabla 38, Análisis de materialidad cabañas actuales.*

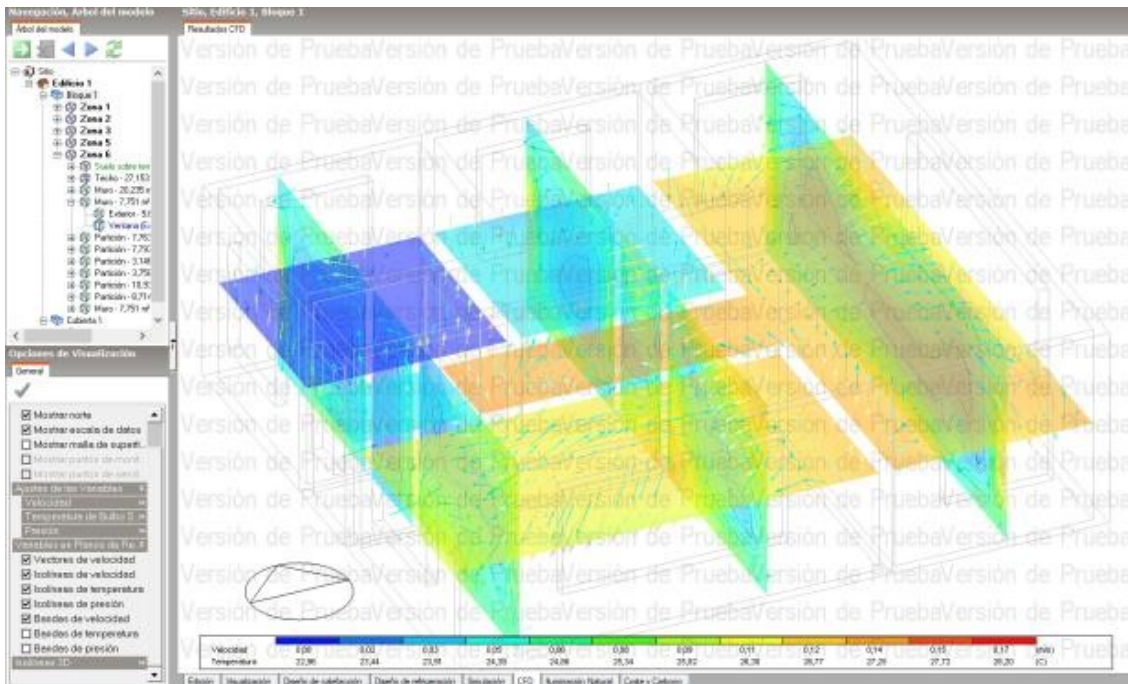
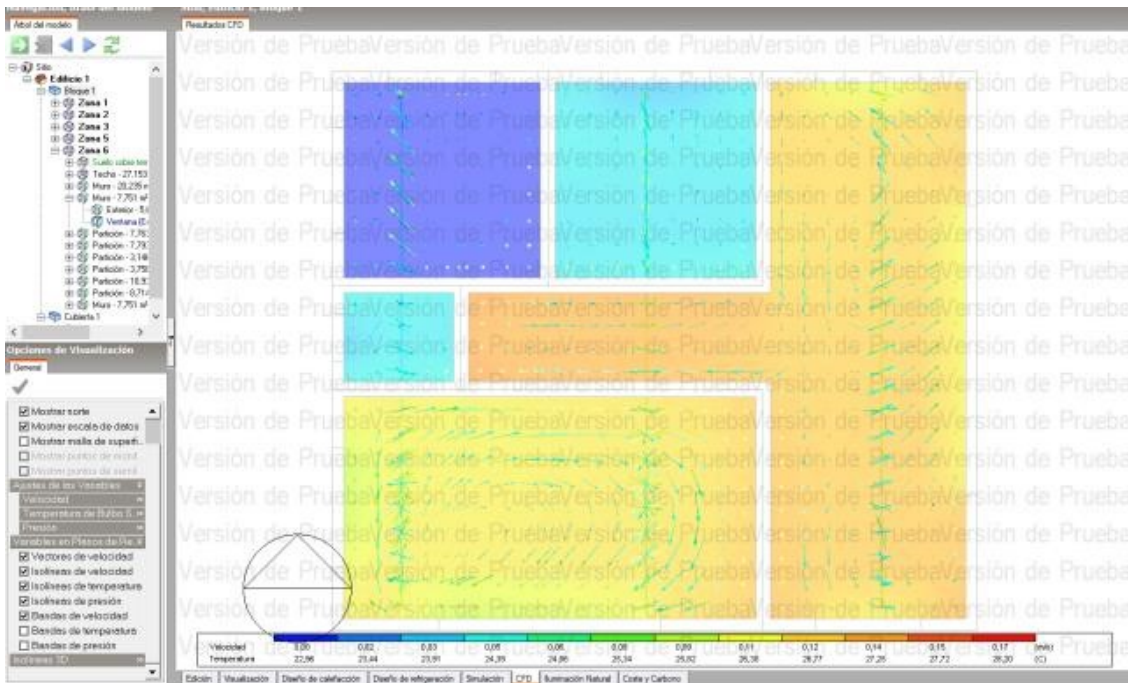
Esta configuración permite establecer las condiciones actuales de la edificación y su temperatura operativa, obteniendo datos sobre la cantidad de horas en confort establecidos en los rangos mencionados anteriormente, dando como resultado que la cabaña actual no permite condiciones de confort debido a que está construida con materiales inadecuados para ofrecer dichas características térmicas.



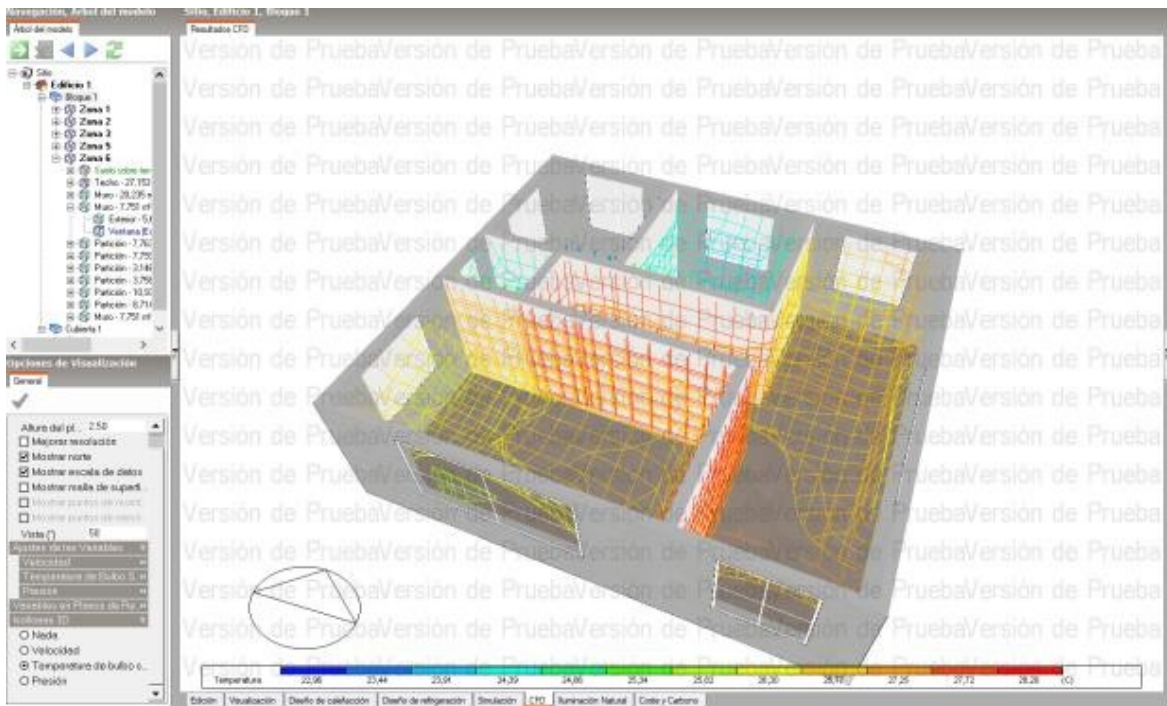
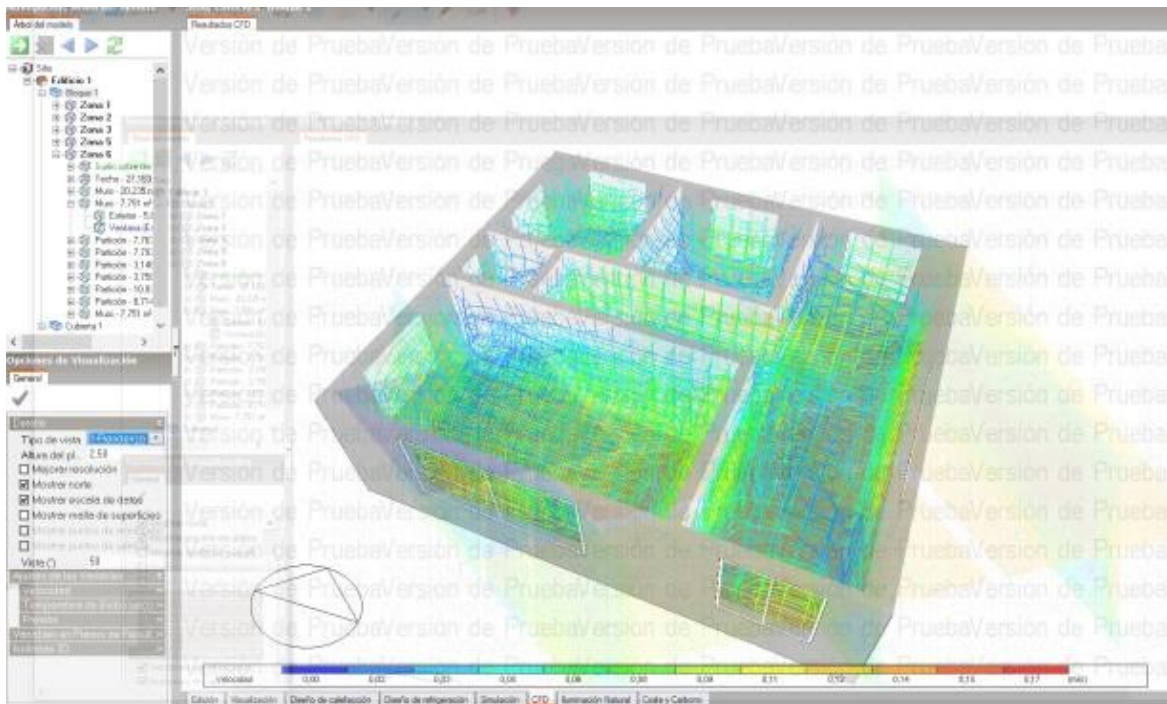
Gráfica 28 Rangos de confort de la cabaña existente. Fuente: Elaboración propia.

Simulaciones CFD de la línea base.









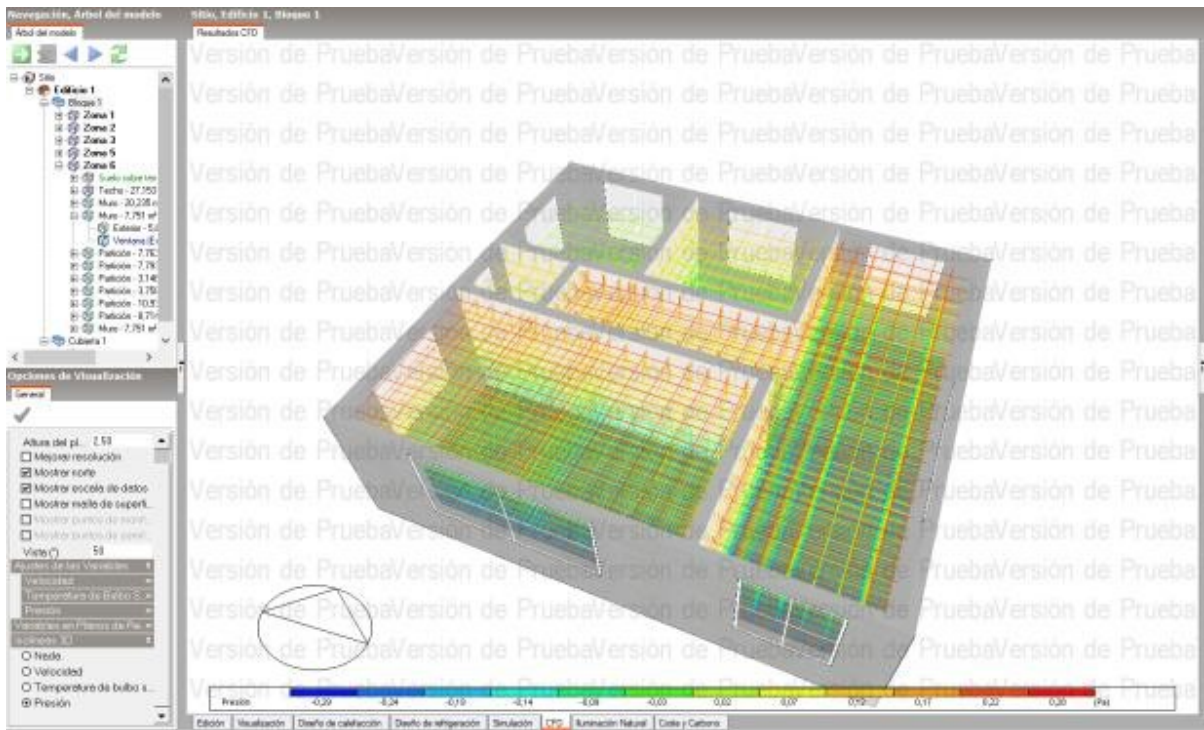
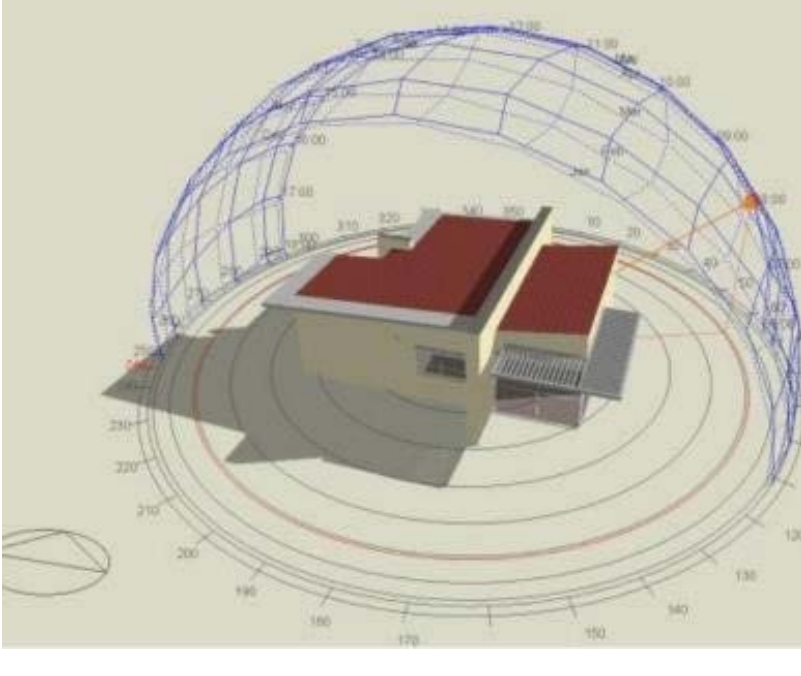



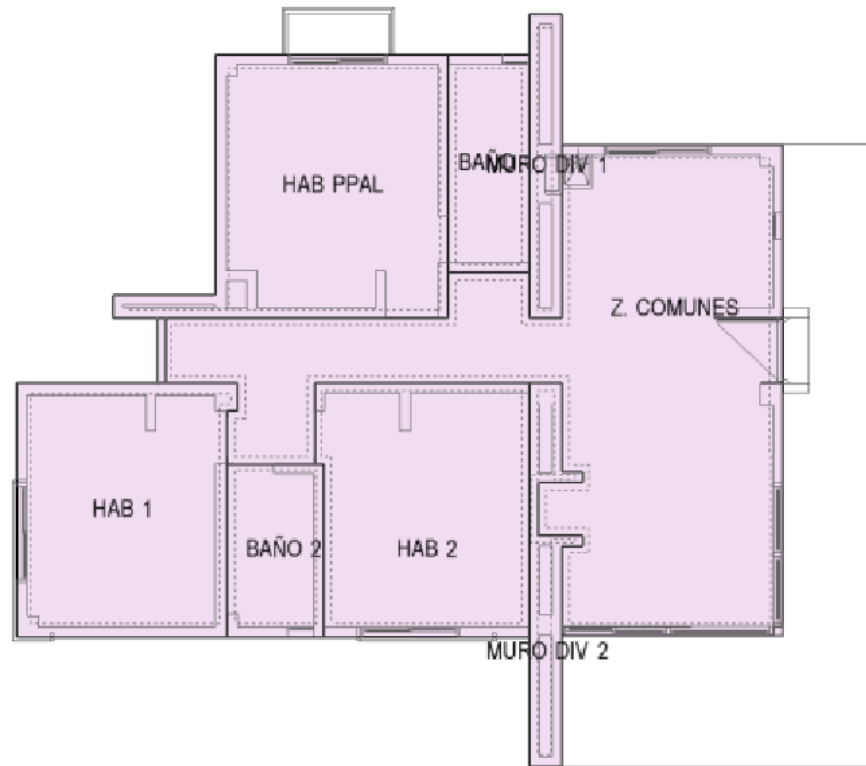
Tabla 39 Simulaciones CFD de la línea base.

Simulación CFD de la Cabaña optimizada con materialidad actual.

A continuación, se realizarán simulaciones CFD del diseño mejorado propuesto para las nuevas cabañas, pero con la misma materialidad de las cabañas existentes con el fin de analizar si existen variaciones solamente por diseño o si es necesario realizar ajustes adicionales de materialidad.

<b>CABAÑA MODIFICAD A</b>	 A 3D wireframe model of a modified cabin. The cabin has a red roof and is surrounded by a blue wireframe dome structure. The model is set on a circular base with concentric circles and numerical labels (130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230). The dome structure is composed of a grid of lines, with some lines highlighted in orange and red.
<b>MODELO</b>	 A 3D rendering of a modern cabin. The cabin has a white exterior and a wooden deck. A white car is parked in front of the cabin. The background shows a green landscape with trees and a blue sky with clouds.

## ZONAS



## ACTIVIDAD

Modelo	Actividad	Características	Aberturas	Iluminación	HVAC	CFD
Sector		Residential spaces				
Tipo de zona		T-Acondicionada				
Multiplicador de zona		1				
<input checked="" type="checkbox"/> Incluir zona en cálculos térmicos						
<input checked="" type="checkbox"/> Incluir zona en cálculos de luz diurna con Radiance						
<b>Occupación</b>						
Densidad de ocupación (personas/m²)		0,0196				
Programación		Dwell_DomCommonAreas_Occ				
Condiciones Metabólicas						
Vestimenta						
Ponderación de Temperatura Radiante para Comfort						
Generación y Eliminación de Contaminantes						
<b>ACS</b>						
Control Ambiental						
Consignas de Temperatura para Calefacción						
Consignas de Temperatura para Refrigeración						
Consignas de Humedad Relativa						
Consignas de Temperatura para Ventilación						
Aire Exterior Mínimo						
Iluminación						
Computadoras						
Equipos de oficina						
Misceláneos						
Cocina						
<input checked="" type="checkbox"/> Activar						
Densidad de potencia (W/m²)		0,00				
Programación		Dwell_DomCommonAreas_Equip				
Combustible		1-Electricidad				
Fracción de pérdida		0,000000				
Fracción latente		0,000000				
Fracción radiante		0,200000				
<b>Procesos</b>						

**CERRAMIENTOS**

Plantilla de Ceramientos	
Plantilla	Plantilla de ceramientos del proyecto
Ceramientos	
Muros exteriores	MUROS PROYECTO NUEVO 200
Muros enterrados	Muro enterrado del proyecto
Cubiertas planas	Combined flat roof - Uninsulated - Heavyweight (data modifi
Cubiertas inclinadas (con ocupación)	Cubierta inclinada del proyecto
Cubiertas inclinadas (sin ocupación)	Cubierta inclinada del proyecto
Particiones	MUROS PROYECTO NUEVO 200
Semi-Expuestos	
Suelos	
Suelos sobre terreno	Solid basement ground floor, uninsulated
Suelos exteriores	Suelo exterior del proyecto
Suelos interiores	Suelo interior del proyecto
Subsuperficies	
Masa Térmica Interna	
Adyacente	
Geometría, Áreas y Volúmenes	
Convección Superficial	
Puentes Térmicos Lineales	
Estanqueidad al aire	
<input checked="" type="checkbox"/> Modelar infiltración	
Tasa (m³/h)	0,700
Programación	On 24/7
Coeficientes de Dete T y Velocidad del Viento	
Coste	

**ABERTURAS**

Plantilla de Acristalamiento	
Plantilla	Plantilla de acristalamiento del proyecto
Ventanas Exteriores	
Tipo de acristalamiento	Acristalamiento exterior del proyecto
Distribución de acristalamiento	<b>No glazing</b>
Dimensiones	
Tipo	0=None
Profundidad de retanqueo exterior (m)	0,000
Marco y Divisores	
Sombreado	
Ventanas con cámara ventilada	
Aperturas para ventilación	
Ventanas Internas	
Ventanas en cubierta / Lucernas	
Puertas	
Rejillas	

## MUROS

Editar cerramientos - MUROS PROYECTO NUEVO 200

cerramientos

Capas | Propiedades superficiales | Imagen | Valores calculados | Cote | Análisis de condensación

General

Nombre: **MUROS PROYECTO NUEVO 200**

Punto: [ ]

Categoría: Muros exteriores

Piegrón: COLOMBIA

Color: [ ]

Definición

Método de definición: 1-Capas

Parámetros de cálculo

Capas

Número de capas: 3

Capa más externa

Material: 0.75 in. Stucco

Espesor (m): 0.0100

Puentes térmicos

Capa 2

Material: Brick

Espesor (m): 0.1800

Puentes térmicos

Capa más interna

Material: 0.75 in. Stucco

Espesor (m): 0.0100

Puentes térmicos

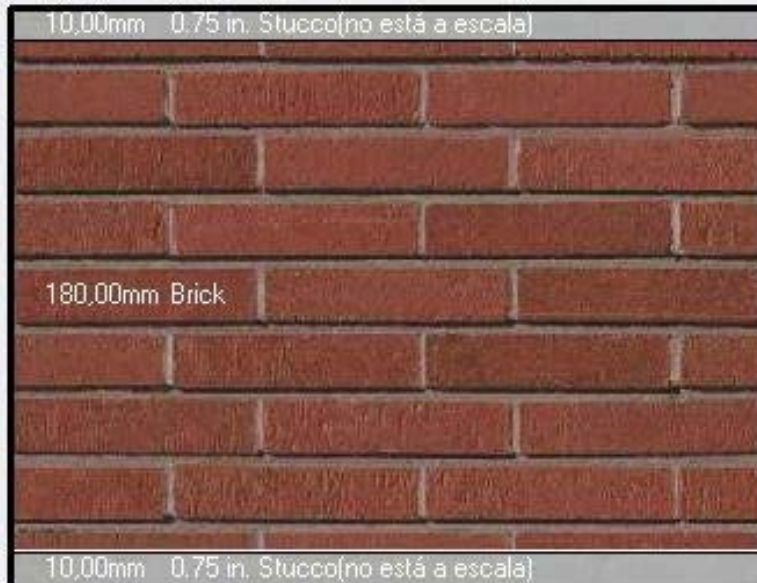
Datos del modelo

Inserir capa | Eliminar capa

## MUROS

Superficie exterior

10,00mm 0.75 in. Stucco(no está a escala)



180,00mm Brick

10,00mm 0.75 in. Stucco(no está a escala)

Superficie interior

## MUROS

### Superficie interior

#### Superficie interior

Coefficiente de transferencia de cal...	2,152
Coefficiente de transferencia de cal...	5,540
Resistencia superficial (m <sup>2</sup> K/W)	0,130

#### Superficie exterior

Coefficiente de transferencia de cal...	19,870
Coefficiente de transferencia de cal...	5,130
Resistencia superficial (m <sup>2</sup> K/W)	0,040

#### Sin Puentes Térmicos

Valor U de superficie a superficie (...)	3,777
Valor R (m <sup>2</sup> K/W)	0,435
Valor U (W/m <sup>2</sup> K)	2,300

#### Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)

Espesor (m)	0,2000
Límite superior de resistencia (m <sup>2</sup> K...	0,435
Límite inferior de resistencia (m <sup>2</sup> K/...	0,435
Valor U de superficie a superficie (...)	3,777
Valor R (m <sup>2</sup> K/W)	0,435
<b>Valor U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>2,300</b>

## CUBIERTAS

The screenshot shows a software window titled 'Capas' (Layers) with several tabs: 'Propiedades superficiales', 'Imagen', 'Valores calculados', 'Cote', and 'Análisis de condensación'. The 'General' tab is active, showing the following details:

- Nombre:** flat roof - Uninsulated - Heavyweight (data modified when loaded to file)
- Fuente:** DesignBuilder
- Categoría:** Cubiertas
- Región:** General
- Color:** (empty)

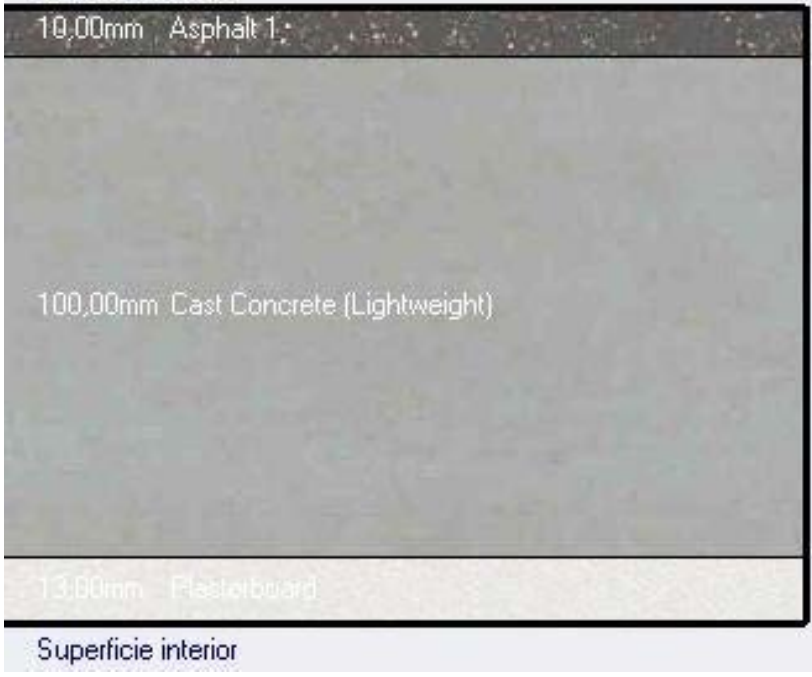
**Definición:**

- Método de definición:** 1-Capas

**Parámetros de cálculo:**

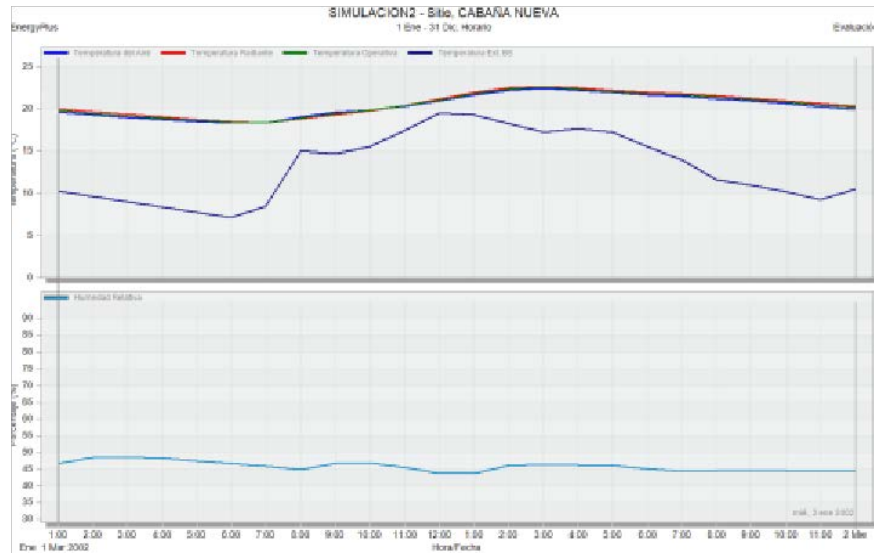
- Capas:**
- Número de capas:** 3
- Capa más externa:**
  - Material:** Asphalt 1
  - Espesor (m):** 0,0100
  - Puentes térmicos
- Capa 2:**
  - Material:** Cast Concrete (Lightweight)
  - Espesor (m):** 0,1000
  - Puentes térmicos
- Capa más interna:**
  - Material:** Plasterboard
  - Espesor (m):** 0,0130
  - Puentes térmicos

At the bottom, there are buttons for 'Datos predeterminados', 'Insertar capa', and 'Eliminar capa'.

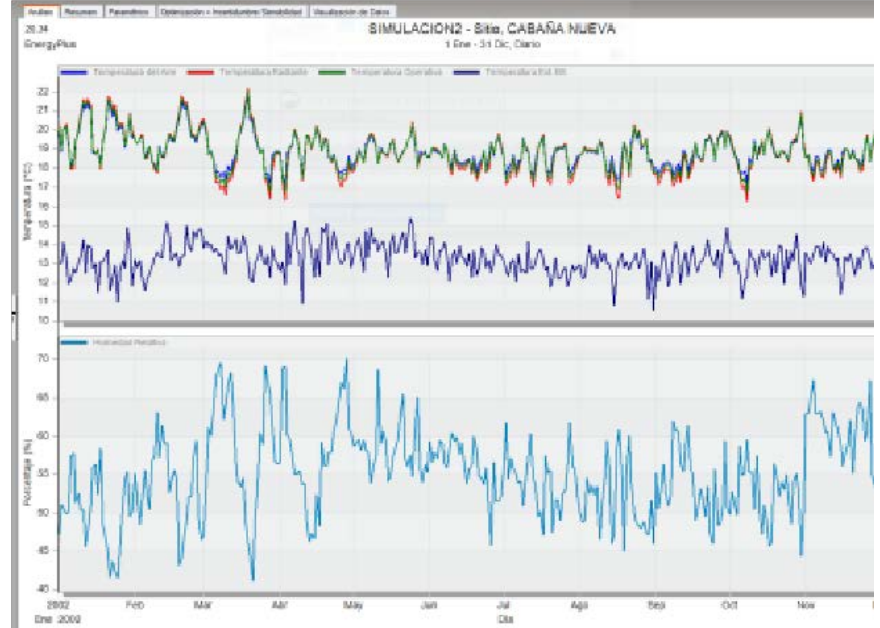
<p><b>CUBIERTAS</b></p>	<p>Superficie exterior</p>  <p>10,00mm Asphalt 1</p> <p>100,00mm Cast Concrete (Lightweight)</p> <p>13,00mm Plasterboard</p> <p>Superficie interior</p>
<p><b>CUBIERTAS</b></p>	<p>Superficie interior</p> <p><b>Superficie interior</b></p> <p>Coeficiente de transferencia de cal... 4,460</p> <p>Coeficiente de transferencia de cal... 5,540</p> <p>Resistencia superficial (<math>m^2K/W</math>) 0,100</p> <p><b>Superficie exterior</b></p> <p>Coeficiente de transferencia de cal... 19,870</p> <p>Coeficiente de transferencia de cal... 5,130</p> <p>Resistencia superficial (<math>m^2K/W</math>) 0,040</p> <p><b>Sin Puentes Térmicos</b></p> <p>Valor U de superficie a superficie (... 3,035</p> <p>Valor R (<math>m^2K/W</math>) 0,469</p> <p>Valor U (<math>W/m^2K</math>) 2,130</p> <p><b>Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)</b></p> <p>Espesor (m) 0,1230</p> <p>Límite superior de resistencia (<math>m^2K...</math> 0,469</p> <p>Límite inferior de resistencia (<math>m^2K/...</math> 0,469</p> <p>Valor U de superficie a superficie (... 3,035</p> <p>Valor R (<math>m^2K/W</math>) 0,469</p> <p><b>Valor U (<math>W/m^2K</math>) 2,130</b></p>



## SIMULACION DIARIA



## SIMULACION ANUAL

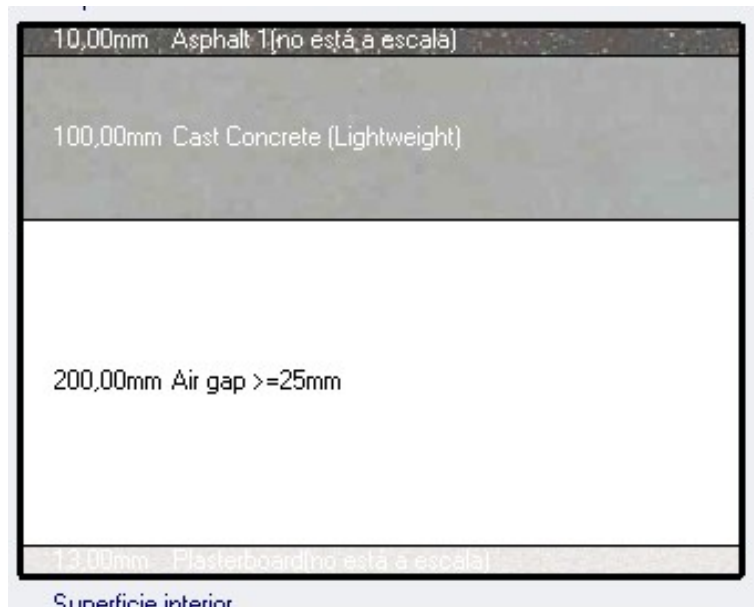


HORAS DE CONFORT	TEMP MAX	24,8
	TEMP MIN	15,77
	TEMP PROMEDIO	18,8732694
	Hr DISCONFORT <19°	5280
	Hr DISCONFORT >22°	245
	TOTAL Hr DISCONFORT	5525
	% DISCONFORT	63

Tabla 40 Simulación CFD de la Cabaña optimizada con materialidad actual.

El diseño optimizado de la unidad habitacional, simulado con la materialidad de la cabaña actual muestra unas condiciones de disco confort superiores y se procede a realizar un ajuste en la cubierta, incrementando su masa térmica por medio de una placa plana en concreto, para garantizar que la inercia permita contener el calor al interior de la unidad, así como una modificación en las aberturas.





*Imagen 25 Simulación CFD de la Cabaña optimizada con materialidad actual.*

*Envolvente.*

Con base en las recomendaciones en cuanto al aumento de masa térmica para garantizar las condiciones de confort al interior de la edificación y como material recurrente a partir de los análisis de los niveles estratigráficos contenidos en el estudio de suelos, analizaremos el bloque de tierra compactada estabilizado con cal y cemento, fabrica en maquina manual tipo CINVA

RAM. El bloque de tierra o adobe se puede identificar como una técnica vernácula de construcción y aún compactado en este tipo de prensa se puede seguir considerando una técnica vernácula, ya que su implementación favorece su producción en masa y con mejores tiempos de ejecución.

La prensa CINVA-Ram es una máquina sencilla, portátil, de bajo costo, para hacer bloques para construcción y baldosines usando tierra como materia prima (Ver figura 58).

“La prensa hecha completamente de acero, tiene una caja molde en la cual un pistón

operado a mano, comprime una mezcla de tierra y cemento ligeramente húmeda.”

(Fabricación de bloques de construcción con la prensa Cinva, 1977, pág. 1).

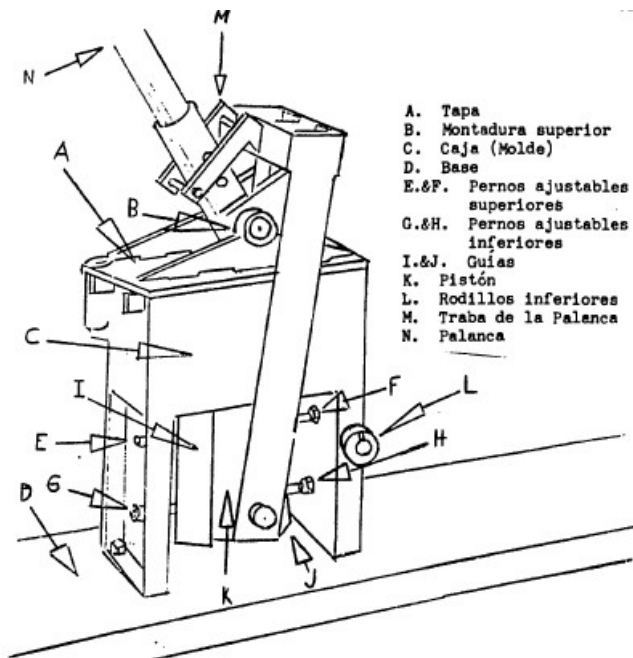


Ilustración 25 Prensa Cinva Ram y sus partes. Fuente: VITA, 1977, pág. 1



Imagen 26 Prensa Cinva-Ram.

*Movimiento de tierras.*

El replanteo se hará de acuerdo con los planos constructivos. La excavación para las tuberías de aguas negras se hará a una profundidad tal, que permita dejar por encima del

lomo del tubo una altura de relleno de 0.30 mts., como mínimo. Todo material de excavación se tendrá en cuenta para la fabricación de bloque adobe compactado, el relleno donde haga falta nivelar, se efectuará con material de préstamo que esté desprovisto de toda materia orgánica, compactándolo en capas de 0.15 mts.

*Procedimiento.*

Una vez obtenido el material de excavación por debajo de 2 metros de profundidad para obtener una muestra de tierra sin contaminación alguna, procedemos a acumular dicha tierra en un lugar techado o campamento provisional para protegerla de la lluvia y evitar la humedad en exceso. Según las cantidades de obra del proyecto se deben disponer para la primera etapa de unos 22.000 bloques lo cual representa aproximadamente 100 metro cúbicos de tierra (ver Ilustración 60), para lo cual vincularemos a esta labor una cuadrilla de cuatro hombres, dos de ellos en cernido y dos en compactado con un rendimiento por cuadrilla de 490 bloques diarios.



*Imagen 27 Tierra de excavación In Situ.*

Teniendo claro los anteriores aspectos, la cantidad de bloques a ejecutar Posteriormente procedemos a realizar las respectivas las primeras pruebas sobre muestras para determinar el porcentaje de arcillas, limos y arenas. Estos ensayos Son pruebas cuyo resultado nos dará

a conocer la calidad de la tierra analizada y si es apropiada para fabricar adobes. Una vez seleccionado el lugar de extracción se efectuarán las siguientes pruebas:

*Prueba granulométrica.*

Llenar con tierra tamizada #4, una botella de boca ancha de un litro hasta la mitad de su altura y llenar el restante con agua, Agitar la botella hasta que todas las partículas de la tierra estén en suspensión Poner la botella sobre una mesa y esperar a que todas ellas reposen al fondo. Las partículas de arena reposarán inmediatamente, las de limos y arcillas durante unas horas después. Posteriormente medir las capas para determinar la proporción de arena con limos y arcillas es recomendable que la cantidad de arena fluctúe entre 1.5 a 3 veces la cantidad de limos y arcillas.



*Imagen 28 Prueba granulométrica. Fuente: Propia*



*Ilustración 26 Relación tierra -agua*



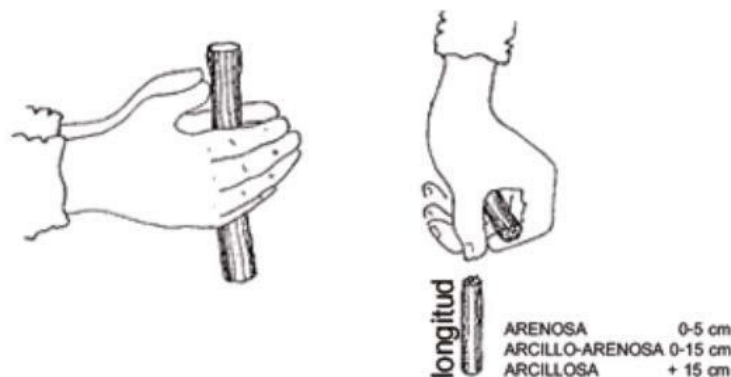
*Ilustración 27 orden de asentamiento.*



*Imagen 29 Proporción entre arenas, limos y arcillas.*

### *Prueba de plasticidad.*

Formar con tierra humedecida un rollo de aprox. 1.5 cm de diámetro y entre 20 y 30 cm de longitud, suspenderlo en el aire y medir la longitud del extremo que se rompe (Ver ilustración 65). Tierra arenosa (inadecuada), cuando el rollo se rompe antes de alcanzar los 5cm; Tierra arcillo-arenosa (ADECUADA), cuando el rollo se rompe al alcanzar una longitud entre 5 y 15 cm.; Tierra arcillosa (inadecuada), cuando el rollo supera los 15 cm de longitud.



*Ilustración 28 Prueba de plasticidad.*

### *Compactado en máquina compactadora, Cinva ram.*

Posterior a estos ensayos, teniendo la tierra debidamente clasificada, protegida y ligeramente humedecida, se iniciará el proceso de compactado por medio de una máquina que recibe el nombre de Cinva ram. Los bloques producidos por la compactadora manual tienen la forma ideal para modular, ya que, su longitud es de 25 cm básicamente es una prensa para fabricar bloques de construcción, empleando suelo y algún aditivo estabilizante como la cal y el cemento, es un aparato sumamente portátil y de gran simplicidad mecánica y operación manual, es capaz de moldear a presiones de unos 35 kg/cm<sup>2</sup>, bloques de la más alta calidad. El rendimiento es de 600 a 1000 unidades por jornada de ocho horas por



cuadrilla de dos operarios y una máquina, pero para efectos nuestros el rendimiento será inferior ajustándonos a 500 bloques diarios con una cuadrilla de 4 operarios y compactadora. La Cinva ram consta de una caja o molde, la cual, después de llenarse con la cantidad apropiada de mezcla húmeda de suelo y estabilizante, se cierra con una tapadera pivotante y de un mecanismo a palanca, la cual al ser presionada, comprime la mezcla en el interior del molde, formando el bloque. Al tirar la palanca en sentido inverso y previa abertura de la tapadera, el bloque es eyectado fuera del molde donde se retira manualmente, para ser puesto a curar a la sombra por un mínimo de siete días y un máximo de 20 días.



*Imagen 30 Cerrado de la cámara compactadora. Fuente: Propia*



*Imagen 31 Bloque eyectado. Fuente: Propia*



*Imagen 32 Curado de los bloques. Fuente: Propia.*



*Imagen 33 Apilamiento de bloques. Fuente: Propia.*

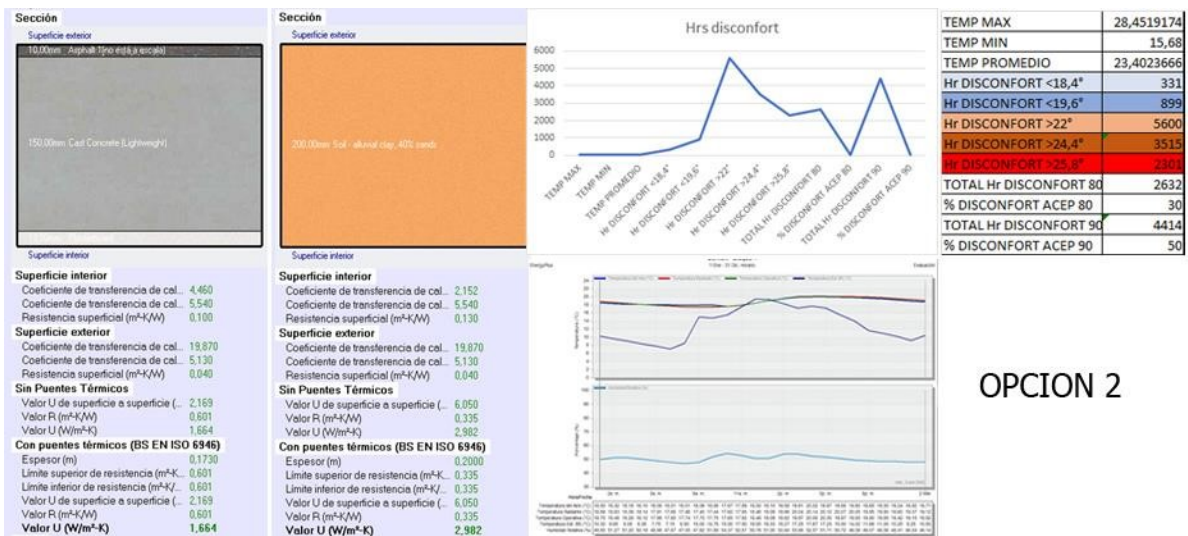
### *Equilibrio térmico de la materialidad optimizada.*

Una vez estudiado el bloque de tierra compactada como opción para la construcción de las cabañas, a la vez que se ha analizado el modo de fabricación curado, procedemos a realizar una serie de simulaciones con el propósito de establecer el equilibrio térmico a partir de la relación entre espesores de muros y placa de cubierta.



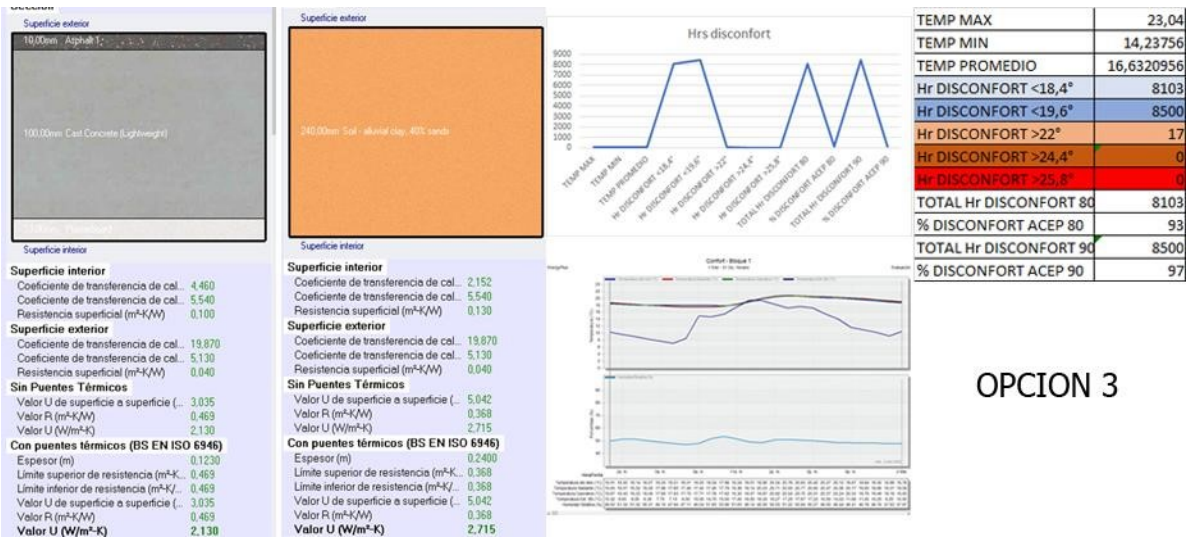
OPCION 1

Gráfica 29 Simulación BTC Opción 1 Fuente: Elaboración propia.



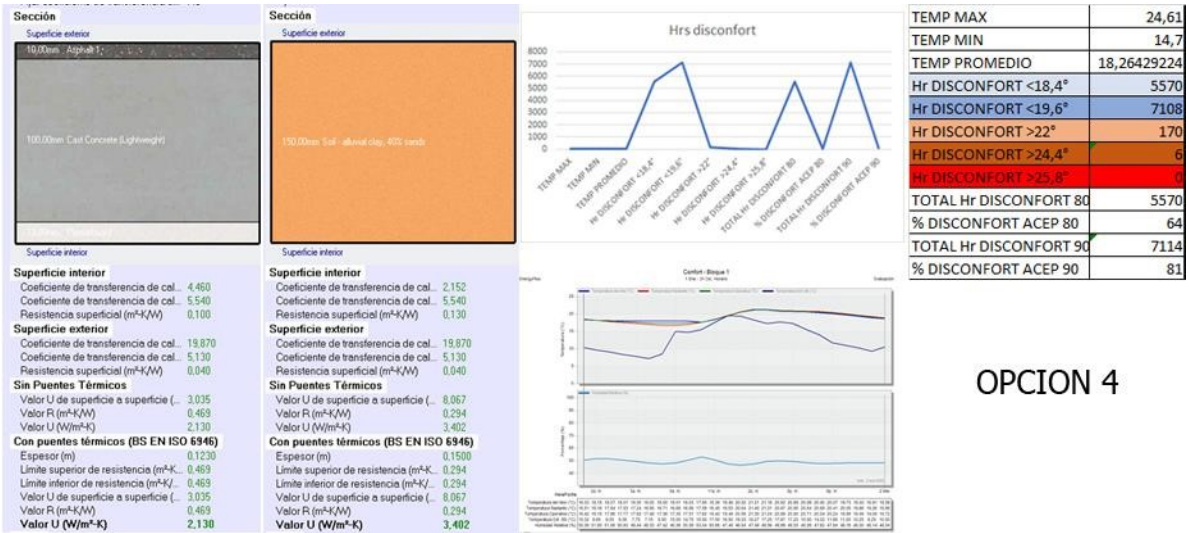
OPCION 2

Gráfica 30 Simulación BTC Opción 2 Fuente: Elaboración propia



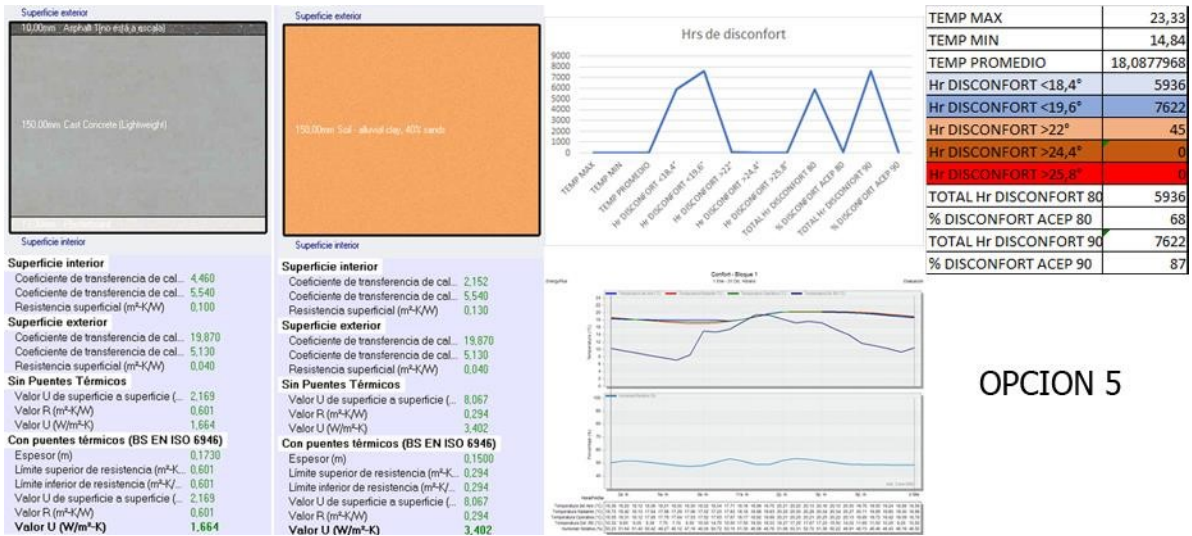
OPCION 3

Gráfica 31 Simulación BTC Opción 3 Fuente: Elaboración propia.

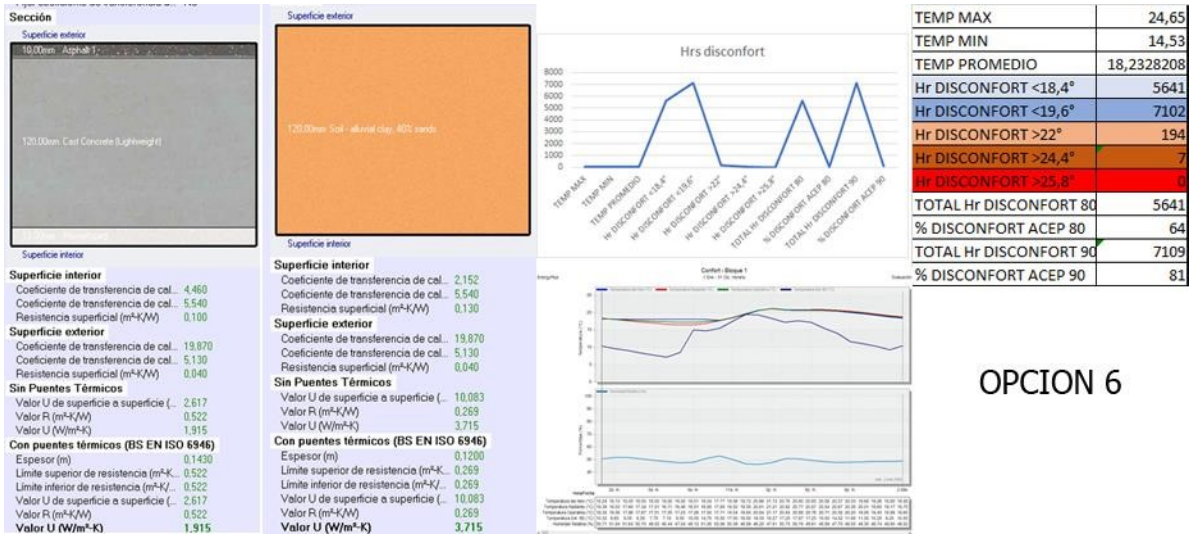


OPCION 4

Gráfica 32 Simulación BTC Opción 4 Fuente: Elaboración propia



Gráfica 33 Simulación BTC Opción 50. Fuente: Elaboración propia

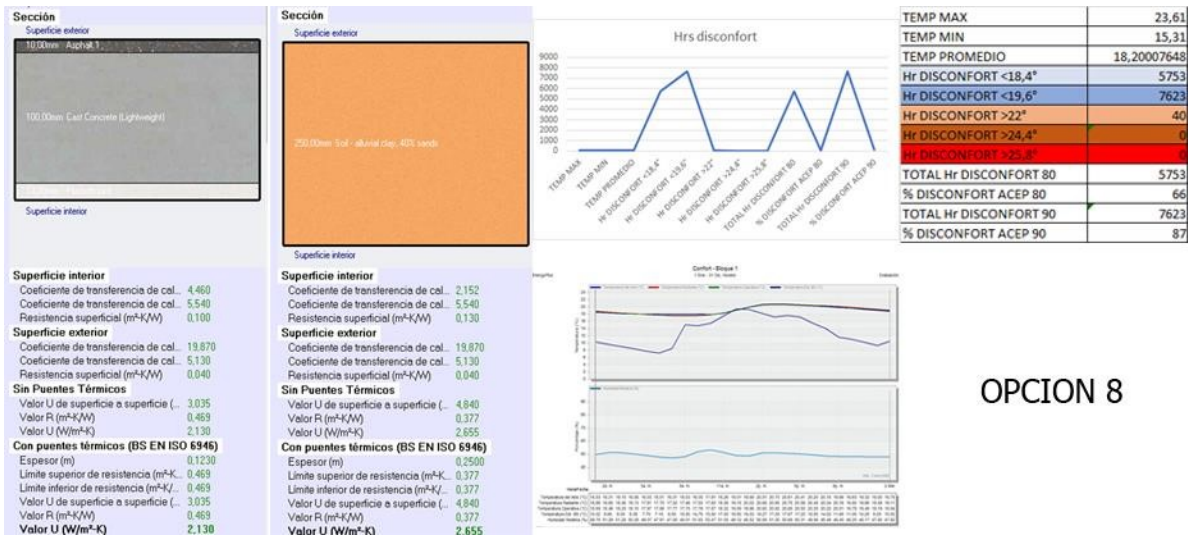


Gráfica 34 Simulación BTC Opción 6. Fuente: Elaboración propia



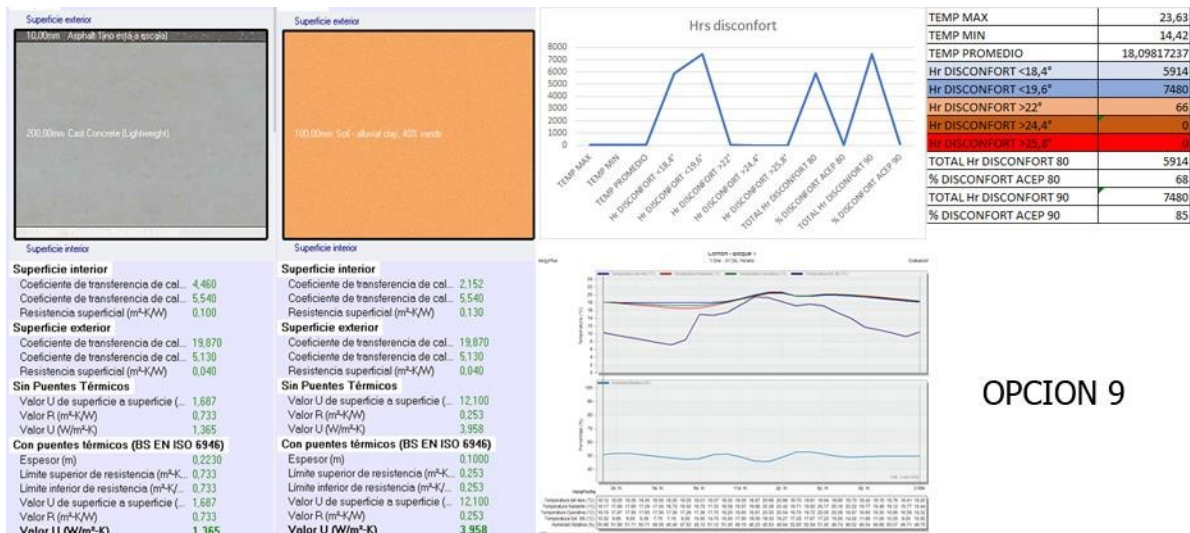
OPCION 7

Gráfica 35 Simulación BTC Opción 7. Fuente: Elaboración propia



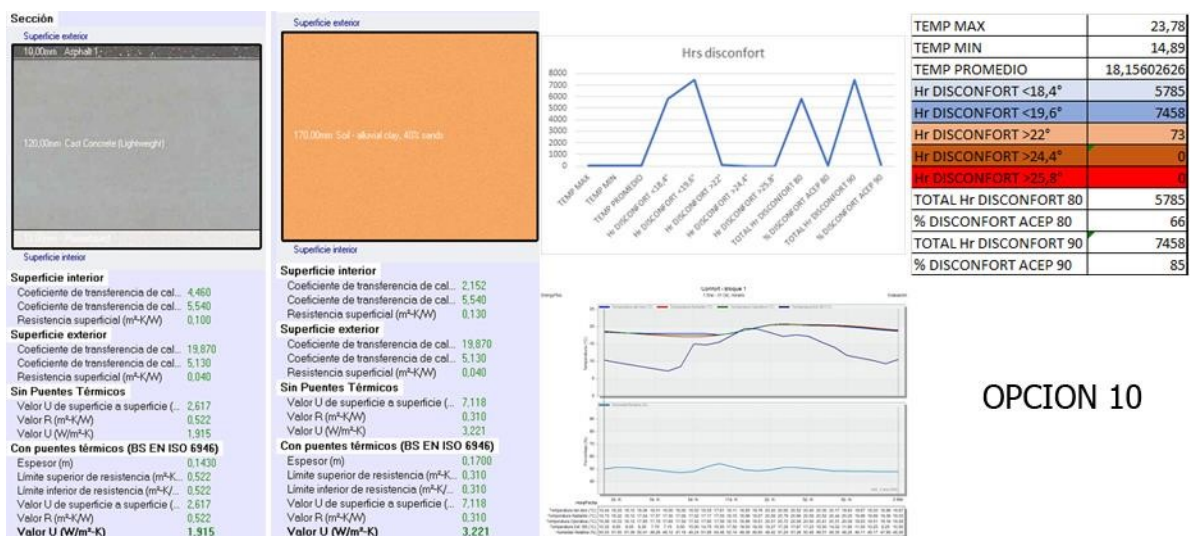
OPCION 8

Gráfica 36 Simulación BTC Opción 8. Fuente: Elaboración propia



OPCION 9

Gráfica 37 Simulación BTC Opción 9. Fuente: Elaboración propia.



OPCION 10

Gráfica 38 Simulación BTC Opción 10. Fuente: Elaboración propia.

Esta última opción permite mayores rangos de confort ya que reduce al máximo las horas de disconfort en la temperatura operativa y de este modo procedemos a realizar las simulaciones CFD con la configuración y relación de espesores de los elementos.

Simulación CFD de la edificación optimizada con bloque de tierra compactada.

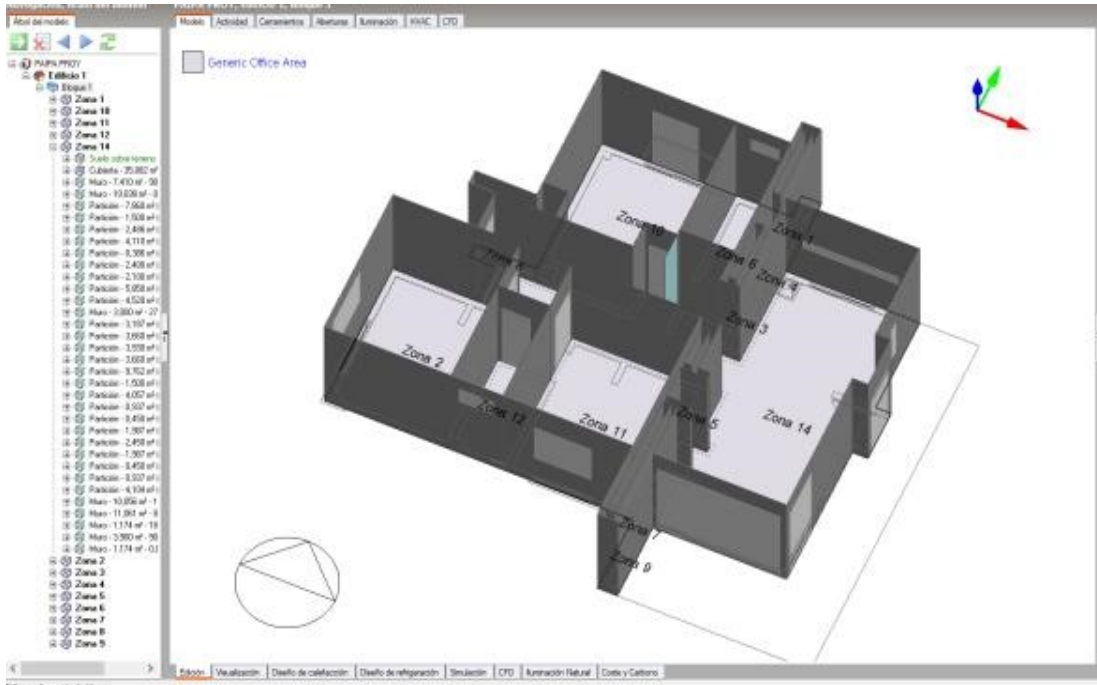


Ilustración 29, Zonas diseño optimizado



Ilustración 30, Simulación diseño optimizado





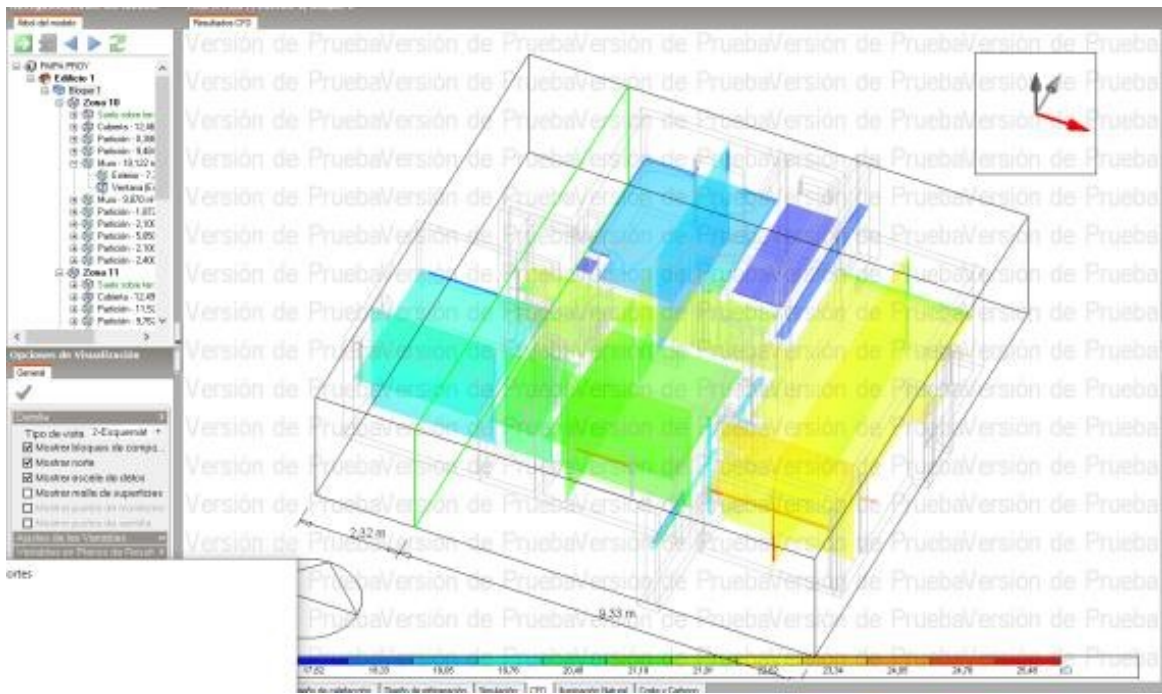


Ilustración 33, Simulación diseño optimizado

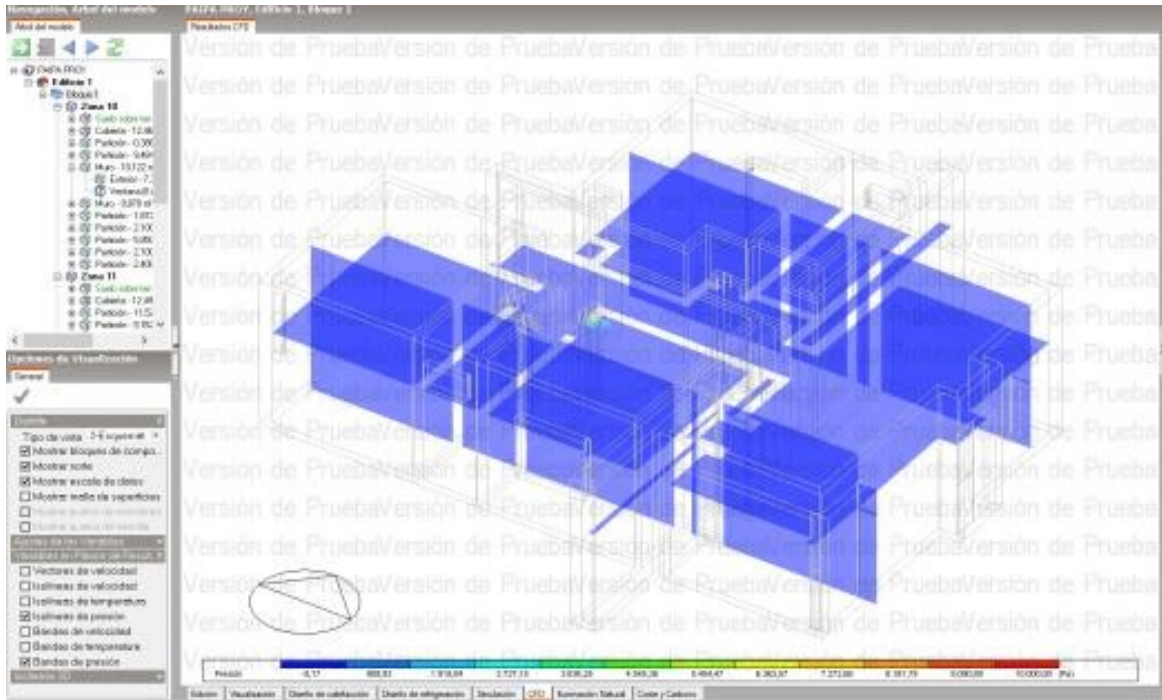


Ilustración 34, Simulación diseño optimizado

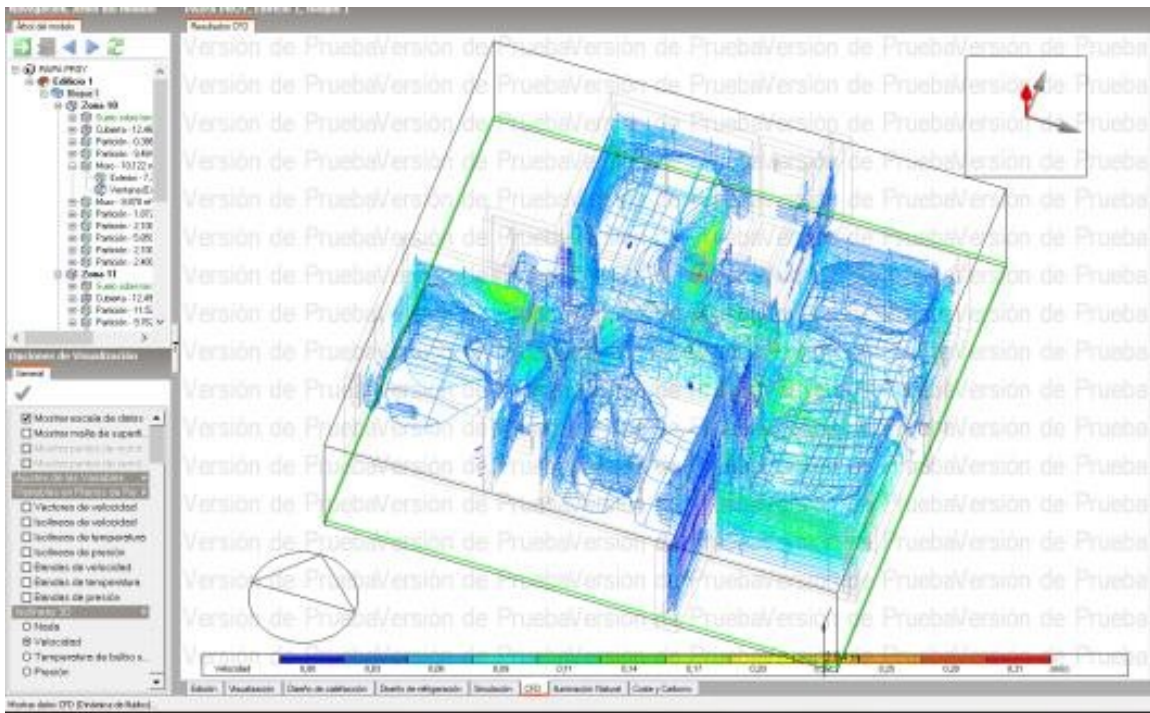


Ilustración 35, Simulación diseño optimizado

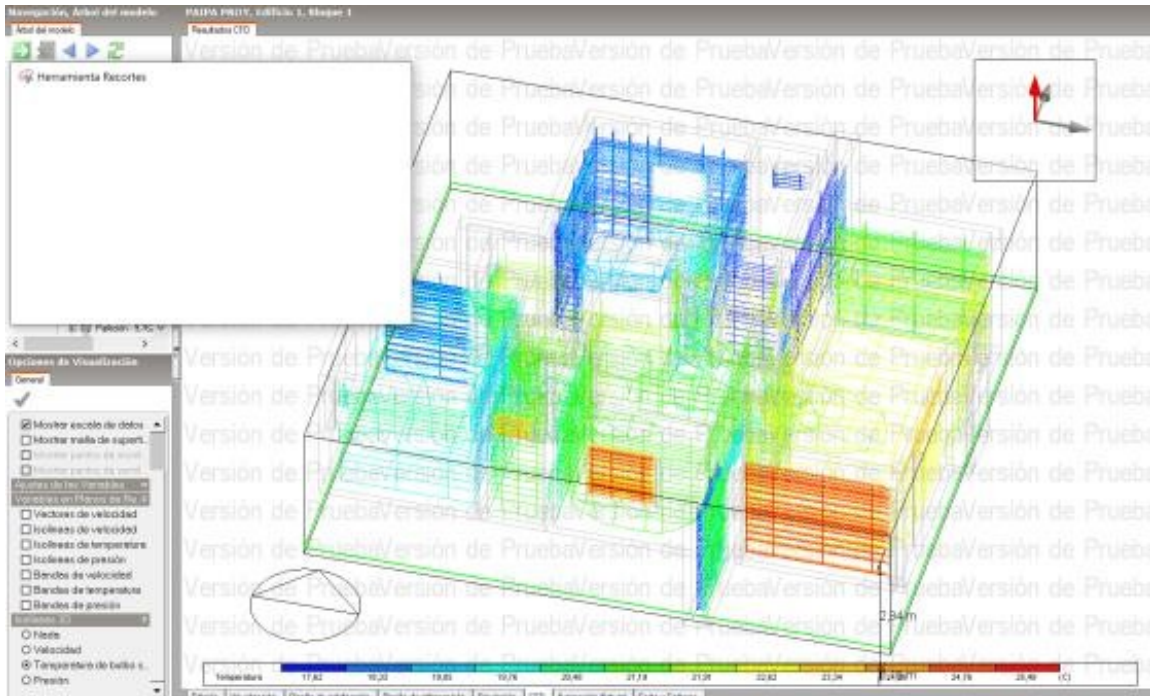


Ilustración 36, Simulación diseño optimizado

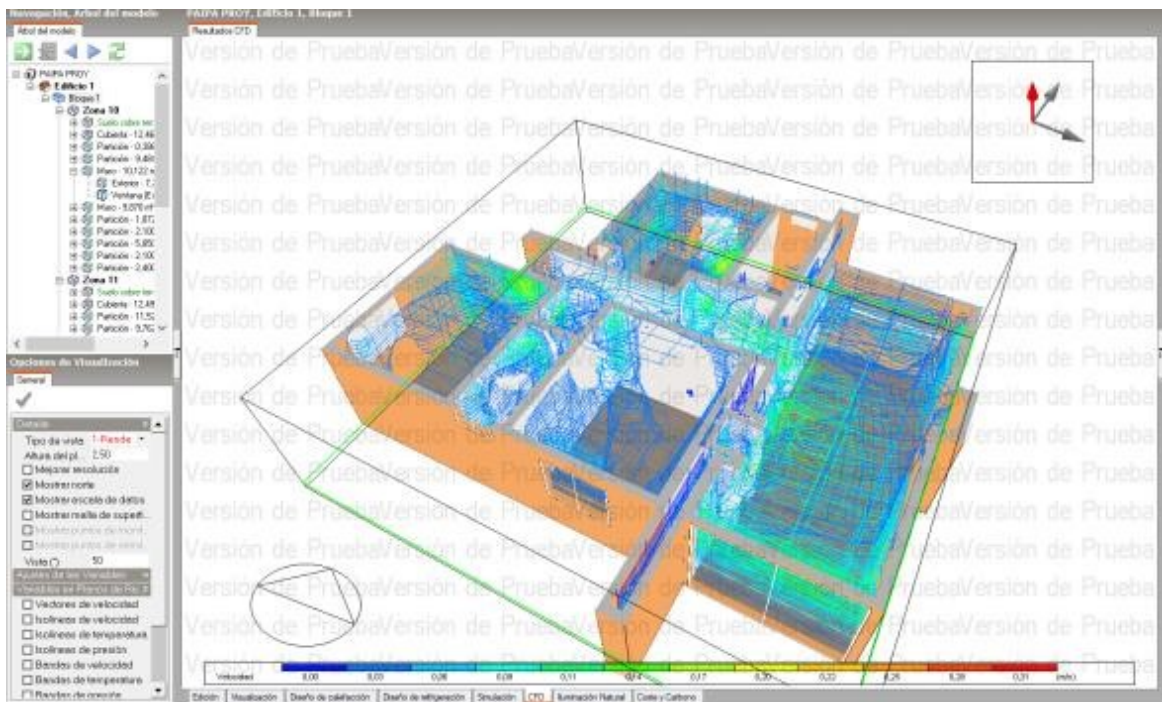


Ilustración 37, Simulación diseño optimizado



Ilustración 38, Simulación diseño optimizado

### *Simulaciones térmicas y renovaciones de aire.*

Para el cálculo del comportamiento térmico del edificio se utilizó el programa Design Builder, el cual integra a la vez la ingeniería de cálculo y simulación de Energy Plus. Este programa de simulación dinámica permite realizar modelos virtuales de los edificios, incluyendo los parámetros que tienen mayor influencia sobre el desempeño térmico, lumínico y energético: la composición de los cerramientos, puertas y ventanas, las actividades y condiciones de uso, los sistemas de iluminación artificial y los equipos de climatización mecánica, entre muchos otros. La Evaluación y optimización de proyectos se ha concebido para ayudar a predecir el comportamiento térmico de los edificios que se están diseñando, ante situaciones climáticas reales. Se trata de saber si el edificio se desempeña bien o mal, estimando el gasto energético necesario para mantener condiciones de confort aceptables. Con base en los resultados obtenidos es posible ofrecer recomendaciones concretas para mejorar su comportamiento térmico y lograr importantes ahorros en el consumo energético. Con base en el modelo virtual se realizan diversos procesos de cálculo y simulación, a partir de los cuales es posible conocer con detalle: el desempeño del edificio de modo pasivo, es decir, sin sistemas de climatización artificial. Se calculan las temperaturas interiores y los niveles de confort durante las temporadas del año que presentan condiciones climáticas extremas. Esta información nos permite establecer la posibilidad de alcanzar las condiciones de confort adecuadas, en el interior del edificio, por medios exclusivamente pasivos, así como las estrategias arquitectónicas y constructivas necesarias para lograr esta meta.

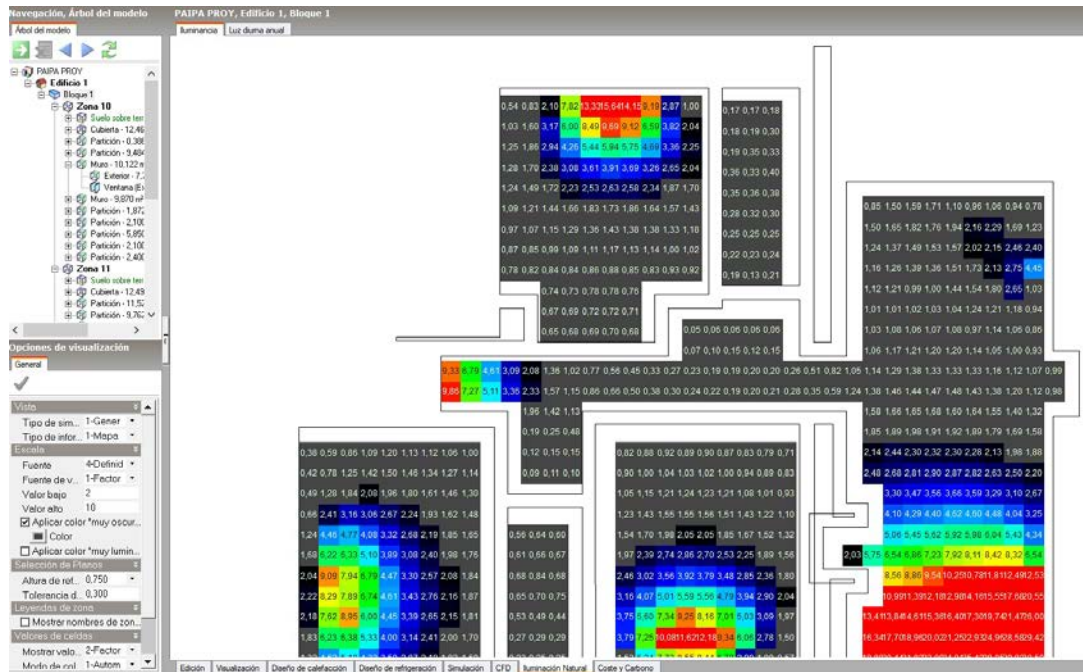
### *Iluminación natural*

El objetivo del diseño del sistema de iluminación natural es el lograr que la mayoría los espacios interiores ocupados tengan conexión con el espacio exterior llevando la mayor cantidad de luz natural y visuales agradables.

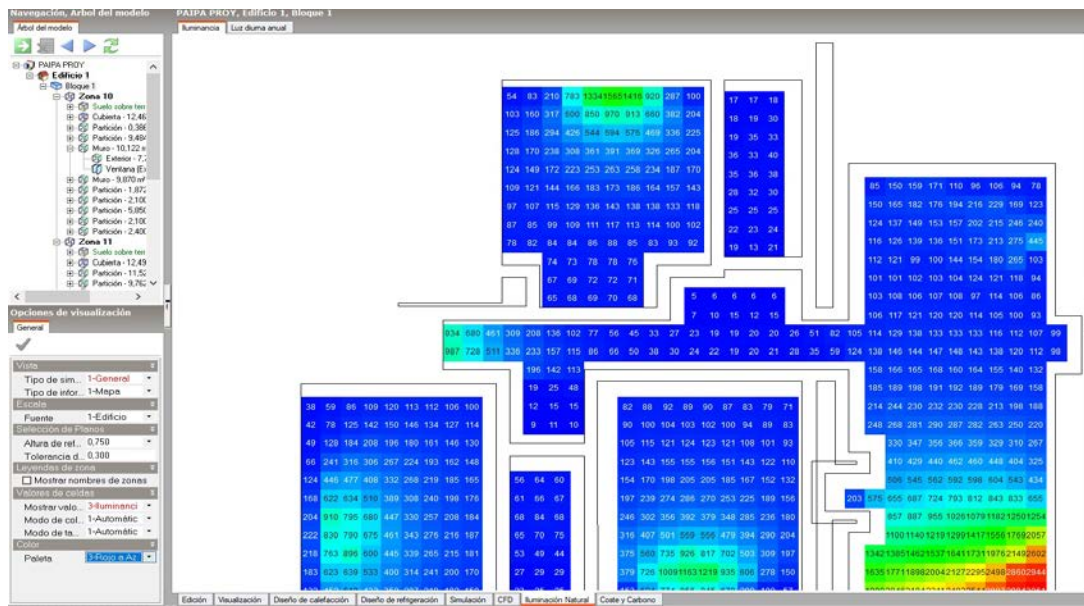
El uso de la luz natural combinada con sistemas de iluminación de alta eficiencia permite ahorrar fácilmente un 30 – 50% y en algunos casos hasta un 60 – 70%.

Los requisitos de luz natural dependen de la función del edificio, las horas de uso, el tipo de usuario y las necesidades de visuales.

Una mala iluminación puede producir fatiga visual, dolores de cabeza, irritabilidad, errores y accidentes. La iluminación confortable de un espacio depende de la cantidad, distribución y la calidad de la luz. Para el proyecto las simulaciones de luz natural se realizaron en condiciones de cielo despejado, para el 21 de septiembre de 9 am a 3 pm.



Gráfica 39 Diagrama de iluminación natural 1. Fuente: Design Builder



Gráfica 40 Diagrama de iluminación natural 2. Fuente: Design Builder

## **RESULTADOS OBTENIDOS**

1. La línea base del modelo no garantiza los rangos de temperatura operativa debido a que los resultados del análisis de la cabaña actual establecen que de las 8.760 horas al año tan solo 3.242 otorgan condiciones de confort a los usuarios. Esto corresponde tan solo al 37% de confortabilidad por año.
2. Las ganancias de calor por efecto de la iluminación natural, garantizan el equilibrio térmico del interior de la cabaña, debido a que las ventanas de la cabaña están ubicadas estratégicamente para captar la radiación del día permitiendo ganancias adicionales a las obtenidas por inercia de hasta 1°C en horarios comprendidos entre las 6:00pm y las 6:am
3. Por medio de las estrategias implementadas se obtuvieron resultados favorables de temperatura operativa, llevando a cero el número de horas al año en disconfort, las cuales se encuentran determinadas por temperaturas que se encuentren debajo de los 18.4° y por encima de los 24.8° para una tolerancia del 20%.
4. Se evidencia que el uso de la tierra compactada en bloques de 17cm de espesor, como material para los muros en clima frío favorece a la temperatura interna puesto que la inercia del material garantiza que la energía acumulada durante el día sea liberada en forma de calor durante la noche equilibrando la curva de temperatura de forma constante entre los 18.4°C y los 24.8°C.
5. El estudio demuestra que se puede usar la tierra de excavación como material de construcción por su alto contenido de arcilla a poca profundidad. Esta práctica dentro del proyecto se constituye como una forma de práctica de hacer construcción sostenible tipo vernácula en un contexto de turismo actual.



## CONCLUSIONES

1. Por medio del presente estudio se puede evidenciar que el uso de la tierra como técnica vernácula para la construcción de vivienda rural de tipo turístico, responde de forma efectiva a la generación de un sentido de lugar, permitiendo condiciones de confort térmico a sus usuarios dentro de una respuesta moderna que a su vez reinterpreta la arquitectura tradicional.
2. Este estudio permite establecer que, a partir de la implementación de una técnica de construcción vernácula, es decir el bloque de adobe o tierra compactada, se logran los resultados esperados, ya que la masa térmica incorporada al diseño dota las horas día y noche con condiciones de confort térmico.
3. El proceso de diseño ha demostrado que los bloques de tierra compactada de 17 cm y la masa de cubierta propuesta superan hasta en un 40% el factor de transferencia de calor que la materialidad de las cabañas actuales. Por ende, la disminución de la conductividad térmica de los bloques de adobe genera un efecto inverso en la curva de temperatura diaria.
4. Los bloques de tierra presentan una conductividad térmica menor a la de los ladrillos con cavidades usados en las cabañas actuales, esto debido a que en ellos se presenta una disminución de calor por convección. Por lo tanto, la disminución de convección y radiación en el bloque genera un aumento en las horas de discomfort en la edificación.

## BIBLIOGRAFÍA

- AIA. Sustainability. Retrieved from <https://www.aia.org/resources/77561-sustainability>
- Alzate Soto, J. P., & Osorio Ríos, J. P. (2015). Bahareque como ejemplo de sostenibilidad, una herencia que se transforma.
- Arellano, J. F. (2013). *Arquitectura popular de Castilla, España*. Paper presented at the Arquitectura vernácula iberoamericana.
- Benito, F., & Tiemblo, M. P. T. (2014). El Plan Nacional de Arquitectura Tradicional: instrumento de salvaguardia de un patrimonio en peligro. *J Patrimonio cultural de España*(8), 43-66.
- Cánovas, J. L. (2019). Psicrometría Utilización del Diagrama Psicrométrico. *Universidad Católica de Córdoba*.
- Cantin, R., Burgholzer, J., Guarracino, G., Moujalled, B., Tamelikecht, S., & Royet, B. (2010). Field assessment of thermal behaviour of historical dwellings in France. *Building Environment*, 45(2), 473-484.
- Coch, H. J. R. (1998). —Bioclimatism in vernacular architecture. *Sustainable Energy Reviews*, 2(1-2), 67-87.
- Díaz, A. E. L. (2015). *Determinación de los impactos ambientales del turismo en el Lago Sochagota de la ciudad de Paipa*. Paper presented at the Simposio Internacional de Investigación en Turismo y Nacional de Semilleros de Investigación ISSN: 2357-6197 (En línea).
- Díaz, J. S. (2011). ¿ Sostenibilidad y eficiencia energética en la arquitectura-construcción? *J Ambienta: La revista del Ministerio de Medio Ambiente*.(96), 124-134.
- Fuentes, V. A. (2013). *Estrategias de diseño bioclimático*. Paper presented at the Diseño y evaluación de edificios sustentables: memorias del seminario taller: ciclo, nuevas prácticas profesionales.
- Gallardo Frías, L. (2013). Ser humano, lugar y eficiencia energética como fundamentos proyectual es en las estrategias arquitectónicas. *J Revista de Arquitectura*, 15, 62-69.
- Gama, C. E. S. (2007a). La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas. *Apuntes. Revista de estudios sobre patrimonio cultural*, 20(2).
- Gama, C. E. S. (2007b). La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas. *Revista de estudios sobre patrimonio cultural*, 20(2).
- Garzón, B. (2004). *Arquitectura bioclimática: Nobuko*.
- GCBI. (2016). About EDGE. Retrieved from <https://gbci.org/press-kit-edge>
- Gendrop, P., & Heyden, D. (1975). *Arquitectura mesoamericana*: Aguilar.
- Gómez, J., & Cadena, M. (2017). Validación de las fórmulas de evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) para Colombia. *J Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales , Subdirección de Meteorología*.
- González, M. F., Vasquez-Valderrama, A., Díaz-Pulido, M., Lina María Mesa-Salazar, & Fajardo, F. (2014). Flora y fauna del municipio de Paipa, Boyacá. *Fundación Orinoquia Biodiversa, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. doi:10.15472/ub1elc
- Gutiérrez, R. (2013). Arquitectura popular y ritos de construcción en el altiplano peruano.
- Hovmöller, E. J. T. (1949). The trough-and-ridge diagram. *J Tellus*, 1(2), 62-66.
- IDEAM. Características de la Radiación Solar Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar>

- IDEAM. Reseña IDEAM. Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/web/intranet/quienes-somos>
- López, F. (2004). Diagnóstico del estado de conservación de " Espeletia paipana. *Díaz y Pedraza y E. jaramilloi* S. *Díaz especies endémicas del departamento de Boyacá, Colombia Instituto Alexander Von Humboldt, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*, 75.
- Machuca, L., Molina, J., & Espinoza, R. (2012). Estudio climático de Vilcallamas Arriba y análisis de indicadores bioclimáticos de aplicación potencial. In: Puno, Perú: FC-UNI, CER-UNI.
- Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F. G., Sabio-Ortega, A., & García-Cruz, A. (2015). Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 49, 736-755.
- Martín, S., Mazarrón, F. R., & Cañas, I. (2010). Study of thermal environment inside rural houses of Navapalos (Spain): The advantages of reuse buildings of high thermal inertia. *Construction Building Materials*, 24(5), 666-676.
- Medina, K. T. A., & Medina, Ó. H. J. F. d. I. (2011). Bloque de tierra comprimida como material constructivo. 20(31), 55-68.
- Mena, M. I. (2012). *Evaluación de Estrategias de Diseño Constructivo y de Estándares de Calidad Ambiental y Uso Eficiente de Energía en Edificaciones Publicas, Mediante Monitorización de Edificios Construidos*. Retrieved from Santiago de Chile:
- Merlano Lagos, J. F. (2019). Aplicación de las características de habitabilidad del BTC, como técnica constructiva sostenible en vivienda multifamiliar en Paipa. *Universidad Santo Tomás*, 33.
- Moreno, S. (1991). *Colombia: arquitectura, hombre y clima*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Ness, M. C. A.-E. (2017). *PRINCIPLES AND TOOLS FOR BIOCLIMATIC BUILDING DESIGN-an applied review and analysis in cold climates*. Paper presented at the Proceedings of 33rd PLEA International Conference: Design to Thrive. Volume 3. Edinburgh, 2th-5th July 2017.
- Noguera-Londoño, E. L. (2015). El Método de Análisis Bioclimático, un ejemplo de aplicación. *JUG Ciencia*, 21, 48-59.
- Olesen, B. W. P., KC (2002). Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730. *J Energy buildings*, 34(6), 537-548.
- Olgyay, V. (2015). *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism-new and expanded edition*: Princeton university press.
- OMM. (2019). Organización Meteorológica Mundial, Quiénes somos. Retrieved from <https://public.wmo.int/es/acerca-de-la-omm/qui%C3%A9nes-somos>
- Osorio Velásquez, J. E. (2013). Arquitectura de bahareque en el centro occidente de Colombia. Factor de conversión del espacio geográfico en paisaje. *Arquitectura Vernácula Iberoamericana. Red AVI*, 1.
- Ramos, M. C. (1993). *Manual de diseño de arquitectura bioclimática para el clima tropical colombiano*. Universidad Politécnica de Madrid,
- Ramos Zapata, M. C. (2017). Caracterización y valoración de la técnica constructiva tradicional en tierra en la arquitectura vernácula doméstica en el departamento Boyacá. *J Maestría en Conservación de Patrimonio Inmueble*.

- Rozo, P. G. (2010). *El Clima y principios de diseño para arquitectura bioclimática en los Andes tropicales*. Universitat Politècnica de Catalunya. Fundació Politècnica de Catalunya ...,
- Sáinz Guerra, J. (2012). Edificios y conjuntos de la arquitectura popular en Castilla y León. *Edición electrónica: Consejería de Cultura y Turismo, Junta de Castilla y León*.
- Tillería González, J. J. R. A. (2010). La arquitectura sin arquitectos, algunas reflexiones sobre arquitectura vernácula. 8, 12-15.
- Tools, W. (2015). About Us. Retrieved from <https://www.weathertools.org/about>
- Vargas, O. H. N., Gabriel Flores; León, Jesús Aguiluz (2019). *Habitabilidad y Competitividad en el Diseño de la Vivienda y el Espacio Urbano. Cap 9: Bioconstrucción en el Parque Ecológico Ejidal de Cacalomacán, Toluca / Bioconstruction in the Ejidal Ecological Park of Cacalomacán, Toluca* (Vol. 1). México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Yépez Tambaco, D. A. (2012). *Análisis de la arquitectura vernácula del Ecuador: Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable*. ESPAÑA/Universidad Politècnica de Catalunya/2012,

## **ANEXOS**

**REPORTE EDGE BUILDING LINEA BASE**

Nombre del Proyecto: CENTRO VACACIONAL PAIPA  
Nombre del subproyecto: CENTRO VACACIONAL PAIPA

## Detalles del Proyecto

Nombre del Proyecto <b>CENTRO VACACIONAL PAIPA</b>	Dirección línea1
Cantidad de edificios distintos <b>1</b>	Dirección línea2
Cantidad de subproyectos EDGE asociados <b>1</b>	Ciudad <b>PAIPA</b>
Superficie total del proyecto (m <sup>2</sup> ) <b>80</b>	Estado/Provincia <b>Boyacá</b>
Nombre del titular del Proyecto <b>MARIO LAEJANDRO BELEN CORREA</b>	Código postal
Email del titular del Proyecto <b>mabelen98@ucatolica.edu.co</b>	País
Teléfono del titular del Proyecto <b>Móvil 57 - 3177390170</b>	Número del Proyecto <b>1000761358</b>
¿Compartir con inversor(s) o banco(s)? <b>No</b>	

Subproyecto(s) asociado(s)  
**CENTRO VACACIONAL PAIPA**

## Detalles del subproyecto

Nombre del subproyecto <b>CENTRO VACACIONAL PAIPA</b>	Dirección línea1 <b>VEREDA CANOCAS</b>
Nombre de la Casa o Edificio <b>CABAÑA TIPO</b>	Dirección línea2
Multiplicador del subproyecto para el proyecto <b>1</b>	Ciudad <b>PAIPA</b>
Etapas de certificación <b>Posconstrucción</b>	Estado/Provincia <b>Boyacá</b>
Estado <b>Self-Review</b>	Código postal <b>110231</b>
Auditoría	País <b>Colombia</b>
Certificador	Tipo de subproyecto <b>Edificio nuevo</b>

## Datos de ubicación



## Datos del edificio

## Área detallada

	Por defecto	Entrada de usuario
Tipo de unidad de vivienda <b>Casas</b>	Dormitorios/Unidad (m <sup>2</sup> ) <del>17.6</del>	<b>12</b>
Área promedio de la unidad de vivienda (m <sup>2</sup> ) <b>80</b>	Cocina (m <sup>2</sup> ) <del>8.0</del>	<b>7</b>
Dormitorios/Unidad (n.o) <b>3</b>	Sala/Comedor (m <sup>2</sup> ) 19	
Número de pisos/niveles (n.o) <b>1</b>	Baño (m <sup>2</sup> ) 3	
Unidades de vivienda (n.o) <b>1</b>	Cuarto de ropas, balcón, punto fijo** (m <sup>2</sup> ) 39.16	
Ocupación (personas por unidad) (n.o) <b>4</b>	Área interna bruta (m <sup>2</sup> ) 80	
	Longitud de las paredes externas en metros por piso (metros) 37	
	Área del techo/unidad (m <sup>2</sup> ) 80	
	Proporción de vidrio respecto a la superficie/piso (%) 38.3%	

\*\*El campo de cuarto de ropas, balcón y punto fijo (m<sup>2</sup>) es equivalente al espacio restante para alcanzar el área interna bruta total (m<sup>2</sup>).



## Sistemas del edificio

---

¿El diseño del edificio incluye sistema de A/A?

No

¿El diseño del edificio incluye sistema de calefacción de espacios?

No

Nombre del Proyecto: CENTRO VACACIONAL PAIPA  
 Nombre del subproyecto: CENTRO VACACIONAL PAIPA

## Supuestos para la línea base

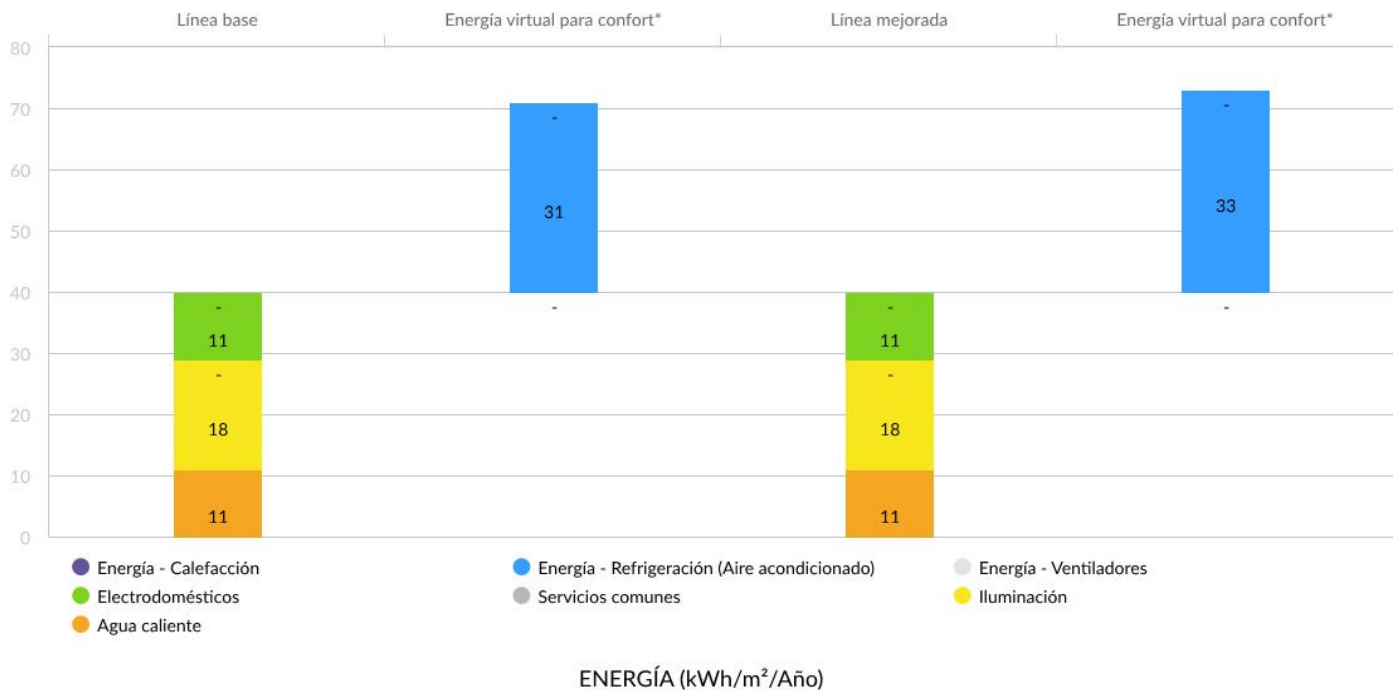
<i>Por defecto</i>	<i>Entrada de usuario</i>	<i>Por defecto</i>	<i>Entrada de usuario</i>
Combustible para el calentamiento de agua	Gas natural		
Resistencia eléctrica			
Combustible utilizado para la calefacción	GLP	Ene.	
Electricidad		24.9	
Costo de la electricidad (\$/kWh)		Feb.	
0.08		26.4	
Costo del combustible diésel (\$/L)		Mar.	
2.35		26.7	
Costo del GLP/Gas Natural (\$/L)		Abr.	
0.04		25.4	
Costo del agua (\$/kL)		Mayo	
0.04		24.5	
Emissiones de CO <sub>2</sub> g/kWh de electricidad (gramos/kWh)		Jun.	
231.00		24.0	
Proporción de vidrio respecto a la pared (%)		Jul.	
30%		23.9	
Reflectividad solar de la pintura: pared (%)		Ago.	
40%		24.5	
Reflectividad solar de la pintura: techo (%)		Sept.	
30%		24.7	
Eficiencia de la caldera de agua caliente (%)		Oct.	
80%		24.5	
Valor-U del techo (W/m <sup>2</sup> .K)		Nov.	
2.12		24.1	
Valor-U de la pared (W/m <sup>2</sup> .K)		Dic.	
1.86		23.8	
Valor-U del vidrio (W/m <sup>2</sup> .K)		Latitud (Grados)	
5.75		7	
Coefficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio (Factor)			
0.80			
Eficiencia del sistema de aire acondicionado (COP)			
2.90			

## Resultados

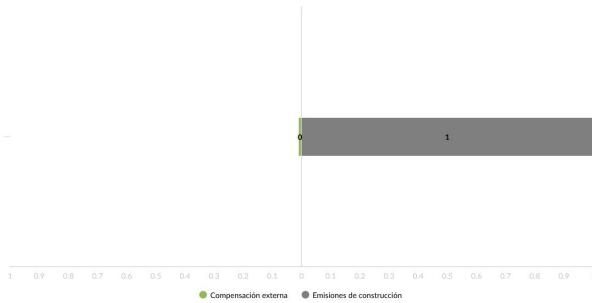
Consumo final de energía (kWh/Mes/Unidad Vivienda) <b>268.86</b>	Ahorro de CO <sub>2</sub> durante el uso (tCO <sub>2</sub> /Año/Unidad Vivienda) <b>0.00</b>
Consumo final de agua (kL/Mes/Unidad Vivienda) <b>9.09</b>	Ahorro de energía incorporada en materiales (MJ/unidad) <b>30,108.25</b>
Costos de servicios públicos - Línea base (\$/mes/unidad) <b>16.46</b>	Costo incremental (\$/unidad) <b>292.68</b>
Reducción en el costo de servicios públicos (\$/mes/unidad) <b>-</b>	Retorno en años (Años) <b>NA</b>
Ahorros de energía (MWh/Año) <b>0.00</b>	Ahorros de agua (m <sup>3</sup> /año) <b>0.00</b>
Ahorros de energía incorporada en los materiales (GJ) <b>30.11</b>	Superficie total del subproyecto (m <sup>2</sup> ) <b>80</b>
Emisiones De Carbono (tCO <sub>2</sub> /Año) <b>.91</b>	

## AHORROS DE ENERGÍA

Medidas de eficiencia energética -3.43%



## Emisiones De Carbono: 0.91 tCO<sub>2</sub>/Año/Unidad Vivienda



## Medidas de eficiencia energética -3.43%

HME01 Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior - WWR de 20%

HME02 Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0.7

HME03 Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0.7

HME04 Control solar externo - Factor promedio de sombreado anual (AASF) de 0.51

HME05 Aislamiento del techo - Valor-U de 0.47

HME06 Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 0.45

HME07 Vidrio de baja emisividad - Valor-U: de 3 W/m<sup>2</sup>.K y SHGC: 0.45

HME08 Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 1.9 W/m<sup>2</sup>.K y SHGC: 0.28

HME09 Ventilación natural

HME10 Ventiladores de techo en todos los ambientes habitables

HME11 Sistema de aire acondicionado - COP de 3.5

HME12 Caldera de alta eficiencia para calefacción - Eficiencia: 95%

HMET3 Sensible Heat Recovery from Exhaust Air - Efficiency of 50%

HME13 Caldera de alta eficiencia para agua caliente - Eficiencia de 95 %

HME14 Bomba de calor para agua caliente - COP de 3

HME15 Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes

HME16 Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos

HME17 Energy-Saving Light Bulbs - Common Areas and Outdoor Areas

HME18 Controles de iluminación para iluminación exterior

HME19 Colectores solares de agua caliente - 50 % de la demanda de agua caliente

HME20 Energía solar fotovoltaica - 25 % del uso total de energía

HME21 Medidores inteligentes

HMET4 Consumption Based Energy Meters For Source Types **Both Cooling and Heating Energy**

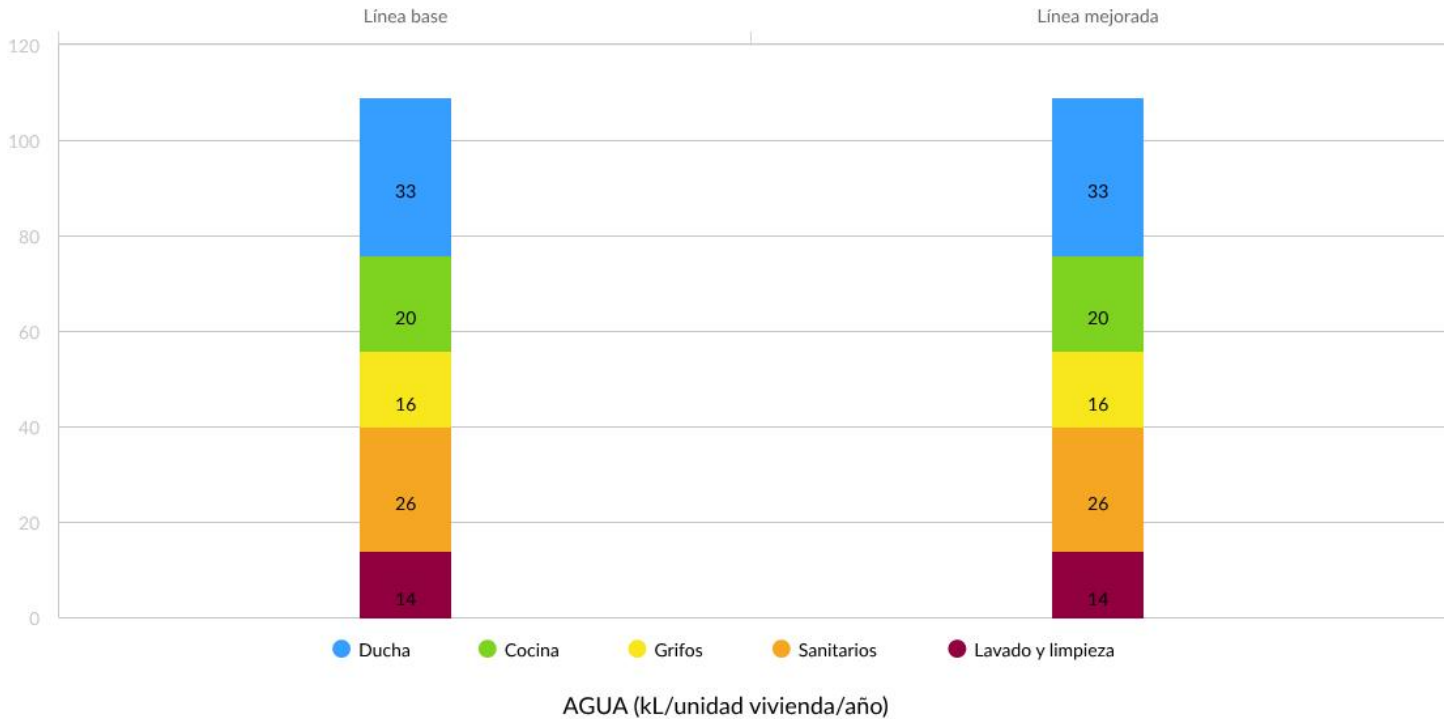
HME22 Otra energía renovable para generación de electricidad

HME23 Adquisición de energía renovable externa; equivale a 100 % de CO<sub>2</sub> total durante el uso

HME24 Compensación de emisiones de carbono ; 100 % de CO<sub>2</sub> total

## AHORRO DE AGUA

Medidas de eficiencia de agua 0.00%



HMW01 Cabezales de ducha de bajo flujo - 8 lts./min

HMW02 Grifos de bajo flujo para cocina - 6 l/min

HMW03 Grifos de bajo flujo en todos los baños - 6 L/min

HMW04 Descarga doble para inodoros en todos los baños - 6 L en la primera descarga y 3 L en la segunda descarga

HMW05 Sanitarios de descarga simple - 6 l. por descarga

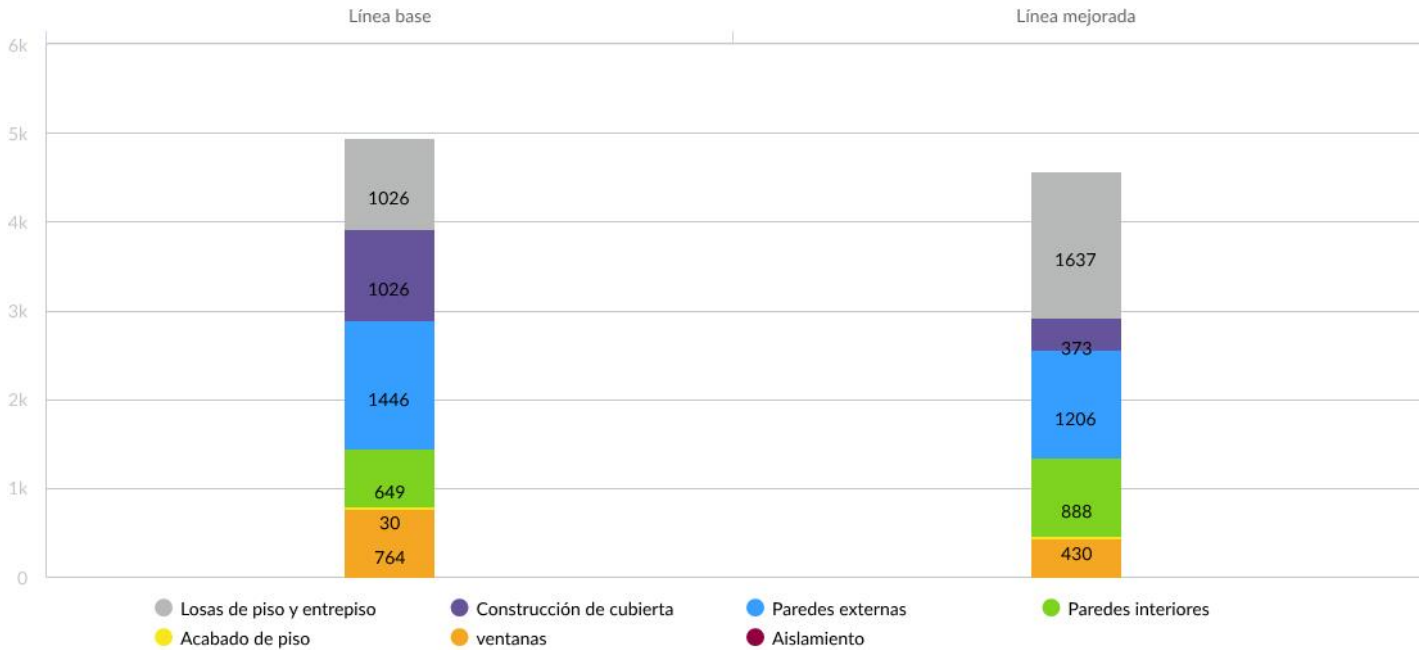
HMW06 Sistema de recolección de agua de lluvia - 50% del área del techo utilizado para este fin

HMW07 Aguas grises recicladas para la descarga de los sanitarios

HMW08 Aguas negras recicladas para la descarga de los sanitarios

## Ahorro de energía incorporada en materiales

### Medidas de eficiencia de los materiales 7.62%



### ENERGÍA INCORPORADA EN LOS MATERIALES (megajulios/m²)

HMM	Descripción	Proporción %	Grosor (mm)	Barra reforzada de acero (Kg/m²)
HMM01	Losas de piso y entrepiso Losa reforzada de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m²	100%	150	95
HMM02	Construcción de cubierta Losa reforzada de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m²	100%		
HMM03	Paredes externas Pared de ladrillo común con yeso externo e interno 200 mm	100%	170	
HMM04	Paredes interiores Pared de ladrillo común con yeso en ambas caras 100 mm	100%	130	
HMM05	Acabado de piso Baldosa cerámica	100%		
HMM06	Marcos de ventana Aluminio Vidriado simple	100%		Vidriado simple

## Lista de verificación de la certificación EDGE

Tipo de edificio	Etapa de certificación	Nombre del subproyecto
Casas	Posconstrucción	CENTRO VACACIONAL PAIPA
Medidas del material		Requisitos de auditoría de construcción
HMM01	Losas de piso y entrepiso	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías con fecha de las losas de piso y entrepiso, tomadas durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra del material especificado para las losas de piso y entrepiso, o</li> <li>✓ Notas de entrega.</li> </ul>
HMM02	Construcción de cubierta	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha del techo, tomada durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para el techo, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción del techo.</li> </ul>
HMM03	Paredes externas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.</li> </ul>
HMM04	Paredes interiores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.</li> </ul>
HMM05	Acabado de piso	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha del acabado de piso una vez colocado, y</li> <li>✓ Recibo de compra de los materiales de construcción especificados utilizados como acabado de piso, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el acabado de piso.</li> </ul>
HMM06	Marcos de ventana	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha de las ventanas instaladas, y</li> <li>✓ Recibo de compra de la ventana especificada, o</li> <li>✓ Nota de entrega de las ventanas.</li> </ul>
HMM07	Aislamiento de paredes	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y</li> <li>✓ Una factura por el aislamiento especificado, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.</li> </ul>
HMM08	Aislamiento de techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y</li> <li>✓ Una factura por el aislamiento especificado, o</li> </ul>

Nombre del Proyecto: CENTRO VACACIONAL PAIPA  
Nombre del subproyecto: CENTRO VACACIONAL PAIPA

---

HMM08

Aislamiento de techo

✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.

---



**REPORTE EDGE BUILDING PROYECTO FINAL**

Nombre del Proyecto: PROYECTO PAIPA MEJORADO

Nombre del subproyecto: CABAÑA

## Detalles del Proyecto

Nombre del Proyecto <b>PROYECTO PAIPA MEJORADO</b>	Dirección línea1
Cantidad de edificios distintos <b>1</b>	Dirección línea2
Cantidad de subproyectos EDGE asociados <b>1</b>	Ciudad
Superficie total del proyecto (m <sup>2</sup> ) <b>4,000</b>	Estado/Provincia
Nombre del titular del Proyecto	Código postal
Email del titular del Proyecto	País
Teléfono del titular del Proyecto Móvil <b>317 - 7390170</b>	Número del Proyecto <b>1000762748</b>
¿Compartir con inversor(s) o banco(s)? <b>No</b>	

Subproyecto(s) asociado(s)  
**CABAÑA**

## Detalles del subproyecto

Nombre del subproyecto <b>CABAÑA</b>	Dirección línea1 <b>VEREDA CANOCAS</b>
Nombre de la Casa o Edificio <b>CABAÑA TIPO</b>	Dirección línea2
Multiplicador del subproyecto para el proyecto <b>1</b>	Ciudad <b>PAIPA</b>
Eta de certificación <b>Preliminar</b>	Estado/Provincia <b>Boyacá</b>
Estado <b>Self-Review</b>	Código postal <b>110231</b>
Auditoría	País <b>Colombia</b>
Certificador	Tipo de subproyecto <b>Edificio nuevo</b>

Nombre del Proyecto: PROYECTO PAIPA MEJORADO

Nombre del subproyecto: CABAÑA

## Datos de ubicación



## Datos del edificio

## Área detallada

	Por defecto	Entrada de usuario
Tipo de unidad de vivienda		
Casas	Dormitorios/Unidad (m <sup>2</sup> )	80
Área promedio de la unidad de vivienda (m <sup>2</sup> )	30.4	
80	Cocina (m <sup>2</sup> )	
Dormitorios/Unidad (n.o)	5	
1	Sala/Comedor (m <sup>2</sup> )	
Número de pisos/niveles (n.o)	18	
10	Baño (m <sup>2</sup> )	
Unidades de vivienda (n.o)	5	
50	Cuarto de ropas, balcón, punto fijo** (m <sup>2</sup> )	
Ocupación (personas por unidad) (n.o)	-27.36	
4	Área interna bruta (m <sup>2</sup> )	
	80	
	Longitud de las paredes externas en metros por piso (metros)	
	12	
	Área del techo/unidad (m <sup>2</sup> )	
	8	
	Proporción de vidrio respecto a la superficie/piso (%)	
	121.2%	

\*\*El campo de cuarto de ropas, balcón y punto fijo (m<sup>2</sup>) es equivalente al espacio restante para alcanzar el área interna bruta total (m<sup>2</sup>).

Nombre del Proyecto: PROYECTO PAIPA MEJORADO

Nombre del subproyecto: CABAÑA

---

## Sistemas del edificio

---

¿El diseño del edificio incluye sistema de A/A?

No

¿El diseño del edificio incluye sistema de calefacción de espacios?

No

Nombre del Proyecto: PROYECTO PAIPA MEJORADO

Nombre del subproyecto: CABAÑA

## Supuestos para la línea base

<i>Por defecto</i>	<i>Entrada de usuario</i>	<i>Por defecto</i>	<i>Entrada de usuario</i>
Combustible para el calentamiento de agua	Gas natural		
Resistencia eléctrica			
Combustible utilizado para la calefacción	Gas natural	Ene.	
Electricidad		24.9	
Costo de la electricidad (\$/kWh)		Feb.	
0.08		26.4	
Costo del combustible diésel (\$/L)		Mar.	
2.35		26.7	
Costo del GLP/Gas Natural (\$/L)		Abr.	
0.04		25.4	
Costo del agua (\$/kL)		Mayo	
0.04		24.5	
Emissiones de CO <sub>2</sub> g/kWh de electricidad (gramos/kWh)		Jun.	
231.00		24.0	
Proporción de vidrio respecto a la pared (%)		Jul.	
30%		23.9	
Reflectividad solar de la pintura: pared (%)		Ago.	
40%		24.5	
Reflectividad solar de la pintura: techo (%)		Sept.	
30%		24.7	
Eficiencia de la caldera de agua caliente (%)		Oct.	
80%		24.5	
Valor-U del techo (W/m <sup>2</sup> .K)		Nov.	
2.12		24.1	
Valor-U de la pared (W/m <sup>2</sup> .K)		Dic.	
1.86		23.8	
Valor-U del vidrio (W/m <sup>2</sup> .K)		Latitud (Grados)	
5.75		7	
Coefficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio (Factor)			
0.80			
Eficiencia del sistema de aire acondicionado (COP)			
2.90			

Nombre del Proyecto: PROYECTO PAIPA MEJORADO

Nombre del subproyecto: CABAÑA

## Resultados

Consumo final de energía (kWh/Mes/Unidad Vivienda)  
462.63

Ahorro de CO<sub>2</sub> durante el uso (tCO<sub>2</sub>/Año/Unidad Vivienda)  
0.23

Consumo final de agua (kL/Mes/Unidad Vivienda)  
13.02

Ahorro de energía incorporada en materiales (MJ/unidad)  
404,305.51

Costos de servicios públicos - Línea base (\$/mes/unidad)  
23.46

Costo incremental (\$/unidad)  
11,902.78

Reducción en el costo de servicios públicos (\$/mes/unidad)  
0.51

Retorno en años (Años)  
1,963.94

Ahorros de energía (MWh/Año)  
28.13

Ahorros de agua (m<sup>3</sup>/año)  
2,618.88

Ahorros de energía incorporada en los materiales (GJ)  
20,215.28

Superficie total del subproyecto (m<sup>2</sup>)  
4,000

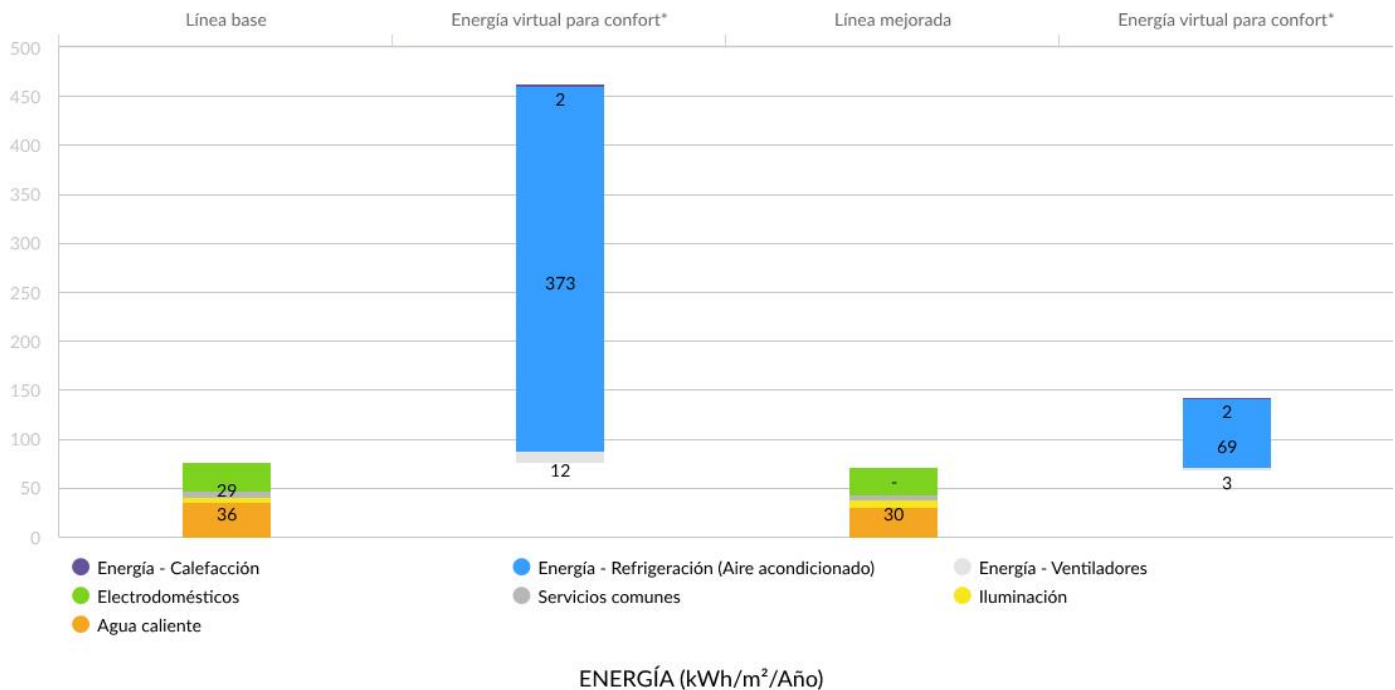
Emisiones De Carbono (tCO<sub>2</sub>/Año)  
86.41

## AHORROS DE ENERGÍA

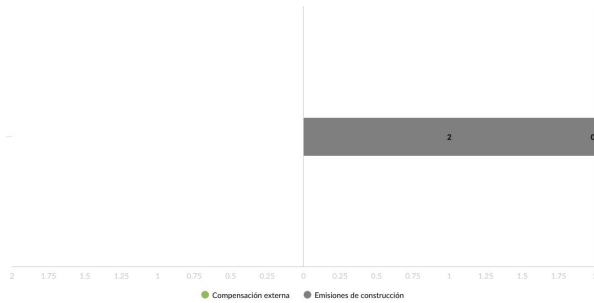
EDGE ADVANCED

Medidas de eficiencia energética 69.02%

Cumple con la norma EDGE en materia de energía



## Emisiones De Carbono: 1.73 tCO<sub>2</sub>/Año/Unidad Vivienda



## Medidas de eficiencia energética 69.02%

- |  |   |
|--|---|
| <p>✓ HME01 Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior - WWR de 40%</p> <p>WWR % 40</p> <p>HME02 Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0.7</p> <p>HME03 Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0.7</p> <p>HME04 Control solar externo - Factor promedio de sombreado anual (AASF) de 0.51</p> <p>✓ HME05 Aislamiento del techo - Valor-U de 0.13</p> <p>HME06 Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 0.47</p> <p>HME07 Vidrio de baja emisividad - Valor-U: de 3 W/m<sup>2</sup>.K y SHGC: 0.45</p> <p>✓ HME08 Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 1.9 W/m<sup>2</sup>.K y SHGC: 0.28</p> <p>✓ HME09 Ventilación natural</p> <p>HME10 Ventiladores de techo en todos los ambientes habitables</p> <p>HME11 Sistema de aire acondicionado - COP de 3.5</p> <p>HME12 Caldera de alta eficiencia para calefacción - Eficiencia: 95%</p> | <p>HMET3 Sensible Heat Recovery from Exhaust Air - Efficiency of 50%</p> <p>HME13 Caldera de alta eficiencia para agua caliente - Eficiencia de 95 %</p> <p>HME14 Bomba de calor para agua caliente - COP de 3</p> <p>✓ HME15 Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes</p> <p>✓ HME16 Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos</p> <p>✓ HME17 Energy-Saving Light Bulbs - Common Areas and Outdoor Areas</p> <p>✓ HME18 Controles de iluminación para iluminación exterior</p> <p>HME19 Colectores solares de agua caliente - 50 % de la demanda de agua caliente</p> <p>HME20 Energía solar fotovoltaica - 25 % del uso total de energía</p> <p>HME21 Medidores inteligentes</p> <p>HMET4 Consumption Based Energy Meters For Source Types Both Cooling and Heating Energy</p> <p>HME22 Otra energía renovable para generación de electricidad</p> <p>HME23 Adquisición de energía renovable externa; equivale a 100 % de CO<sub>2</sub> total durante el uso</p> <p>HME24 Compensación de emisiones de carbono ; 100 % de CO<sub>2</sub> total</p> |
|--|---|

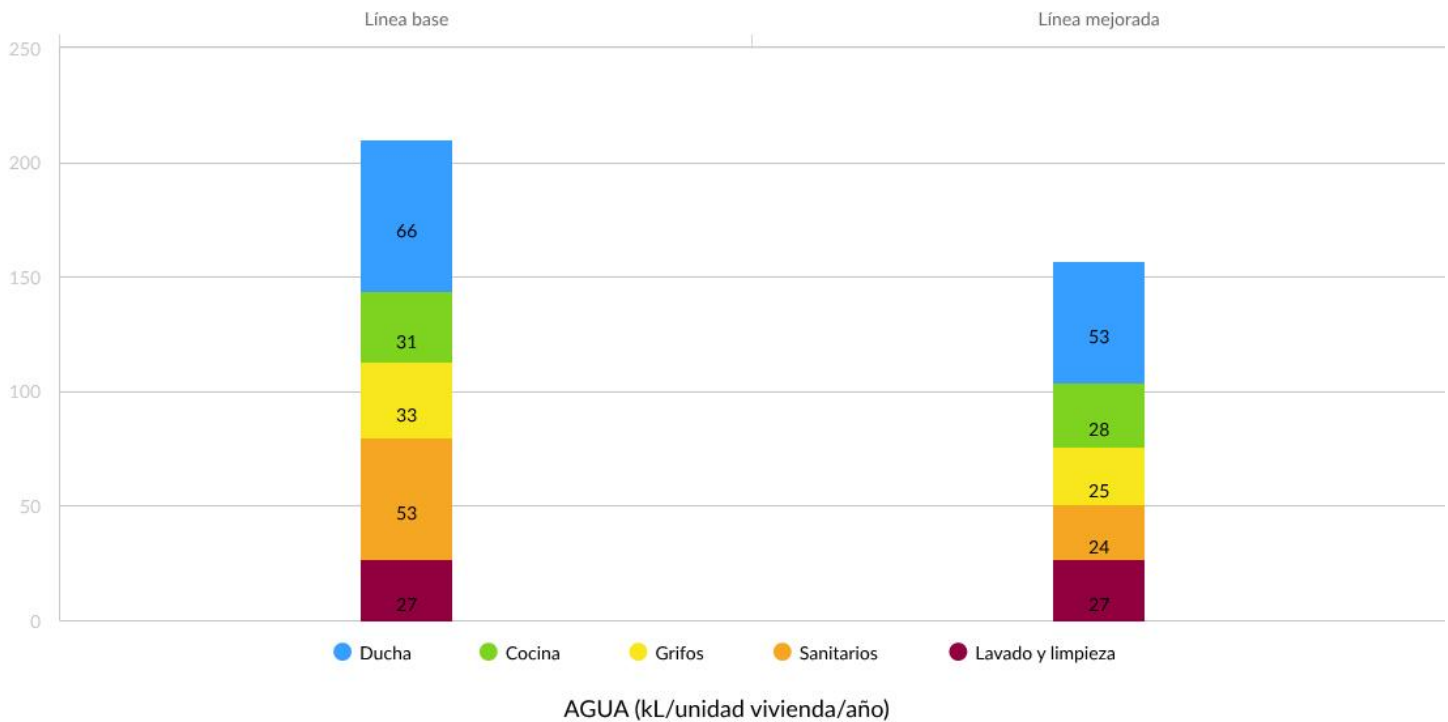
Nombre del Proyecto: PROYECTO PAIPA MEJORADO

Nombre del subproyecto: CABAÑA

## AHORRO DE AGUA

Medidas de eficiencia de agua 25.10%

Cumple con la norma EDGE en materia de consumo de agua



✓ HMW01 Cabezales de ducha de bajo flujo - 8 lts./min

✓ HMW02 Grifos de bajo flujo para cocina - 6 l/min

✓ HMW03 Grifos de bajo flujo en todos los baños - 6 L/min

✓ HMW04 Descarga doble para inodoros en todos los baños - 6 L en la primera descarga y 3 L en la segunda descarga

HMW05 Sanitarios de descarga simple - 6 l. por descarga

HMW06 Sistema de recolección de agua de lluvia - 50% del área del techo utilizado para este fin

HMW07 Aguas grises recicladas para la descarga de los sanitarios

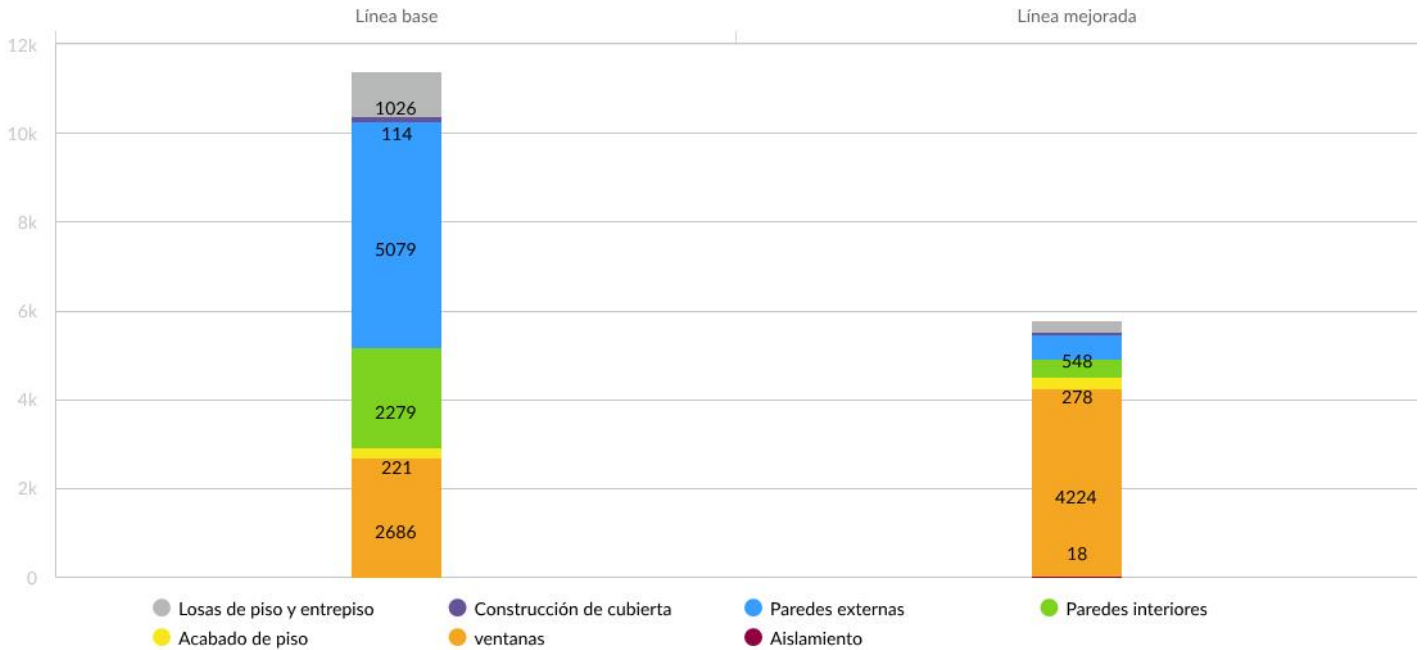
HMW08 Aguas negras recicladas para la descarga de los sanitarios



## Ahorro de energía incorporada en materiales

Medidas de eficiencia de los materiales 49.24%

Cumple con la norma EDGE relativa a los materiales



ENERGÍA INCORPORADA EN LOS MATERIALES (megajulios/m²)

		Proporción %	Grosor (mm)	Barra reforzada de acero (Kg/m²)
HMM01	Losas de piso y entrapiso Losa reforzada de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m²	Construcción de piso de madera	180	
HMM02	Construcción de cubierta Losa reforzada de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m²	Tipo 1 Losa aligerada de concreto con bloques de poliestireno	100%	
HMM03	Paredes externas Pared de ladrillo común con yeso externo e interno 200 mm	Tipo 1 Bloques de tierra comprimida estabilizada	100%	
HMM04	Paredes interiores Pared de ladrillo común con yeso en ambas caras 100 mm	Tipo 1 Bloques de tierra comprimida estabilizada	100%	
HMM05	Acabado de piso Baldosa cerámica	Tipo 1 Baldosas de terracota	100%	
HMM06	Marcos de ventana Aluminio Vidriado simple	Tipo 1 Aluminio	100%	Double Glazing
HMM08	Aislamiento de techo Sin aislamiento U : ~ 2.12 W/m²k	Poliestireno	100	

## Lista de verificación de la certificación EDGE

Tipo de edificio	Etapa de certificación	Nombre del subproyecto
Casas	Preliminar	CABAÑA
Medidas de energética		Requisitos de auditoría preliminares
HME01	Reducción de la proporción de vidrio en la fachada exterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cálculo de "superficie vidriada" y de "superficie bruta de pared externa" para cada fachada del edificio y relación ventana-pared ponderada para la superficie del edificio promedio realizado con la calculadora de relación ventana-pared.</li> <li>✓ Todos los planos de la elevación de la fachada, con dimensiones vidriadas y dimensiones generales del edificio.</li> </ul>
HME05	Aislamiento del techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Plano detallado de la construcción del techo que muestre el tipo y grosor del material de aislamiento. Idealmente, el plano detallado del techo debería incluir la anotación del valor U del techo.</li> <li>✓ Cálculos del valor U, ya sea mediante la fórmula o las calculadoras de valor U.</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante correspondiente al material de aislamiento especificado para el techo.</li> </ul>
HME08	Vidrio de mayor rendimiento térmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fichas de datos del fabricante que indiquen el valor U promedio estacional para el vidriado (incluidas las pérdidas a través del vidrio y el marco) y el coeficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio.</li> <li>✓ Una lista con los diferentes tipos de ventanas incluidos en el diseño (esquema de ventanas).</li> </ul>
HME09	Ventilación natural con ventanas operables y sin aire acondicionado	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de planta típicos para cada piso, que muestren la disposición de los pasillos, las habitaciones y la ubicación de las aberturas.</li> <li>✓ Cálculos que demuestren la relación altura-profundidad al cielorraso y la superficie mínima de apertura para cada ambiente típico.</li> </ul>
HME15	Energy Efficient Refrigerators and Clothes Washing Machines	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lista resumida de los refrigeradores y las lavadoras de ropa que se instalarán en el edificio, detallando la cantidad, el consumo de energía y la constancia de certificación otorgada por Energy Star, EU Energy Efficiency Labelling Scheme o un ente equivalente.</li> <li>✓ Especificaciones del fabricante que detallen el consumo de energía.</li> </ul>
HME16	Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Esquema de luminarias, con una lista que especifique el tipo y la cantidad de lámparas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas que muestren la ubicación y el tipo de todas las lámparas instaladas.</li> </ul>
HME17	Bombillas ahorradoras de energía - Espacios externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Esquema de luminarias, con una lista que especifique el tipo y la cantidad de lámparas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas que muestren la ubicación y el tipo de todas las lámparas instaladas.</li> </ul>
HME18	Controles de iluminación para pasillos y escaleras	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas que muestren el tipo y la ubicación de los sensores y controles.</li> <li>✓ Especificaciones del fabricante sobre sensores y controles.</li> </ul>

Nombre del Proyecto: PROYECTO PAIPA MEJORADO

Nombre del subproyecto: CABAÑA

Medidas relativas al agua		Requisitos de auditoría preliminares
HMW01	Cabezales de ducha de bajo flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos y especificaciones del sistema de plomería, incluidos datos de la marca, el modelo y el caudal de los cabezales de ducha.</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante correspondiente a los cabezales de ducha, donde conste el caudal de 3 bar.</li> </ul>
HMW02	Grifos de bajo flujo para cocina	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos y especificaciones del sistema de plomería, incluidos datos de la marca, el modelo y el caudal de los grifos o limitadores de flujo de la cocina.</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante correspondiente a los grifos o limitadores de flujo, donde conste el caudal de 3 bar.</li> </ul>
HMW03	Grifos de bajo flujo para lavabos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos y especificaciones de instalaciones del sistema de plomería, incluidos datos de la marca, el modelo y el caudal de los grifos o limitadores de flujo de los lavabos.</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante correspondiente a los grifos o limitadores de flujo, donde conste el caudal de 3 bar.</li> </ul>
HMW04	Sanitarios de descarga doble	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos y especificaciones del sistema de plomería, incluidos datos de la marca, el modelo y los volúmenes de descarga de los sanitarios.</li> <li>✓ Fichas de datos del fabricante correspondiente a los sanitarios, incluidos datos del volumen de descarga para la descarga principal y la descarga reducida.</li> </ul>

Medidas del material		Requisitos de auditoría preliminares
HMM01	Losas de piso y entrepiso	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Secciones del piso que muestren el armado del piso, o</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante del material de construcción especificado, si corresponde, o</li> <li>✓ Estimación cuantitativa con las especificaciones de losas de piso y entrepiso claramente resaltadas.</li> </ul>
HMM02	Construcción de cubierta	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sección del techo que muestre los materiales y grosores, o</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante del material de construcción especificado, o</li> <li>✓ Estimación cuantitativa con los materiales utilizados para la construcción del techo claramente resaltados.</li> </ul>
HMM03	Paredes externas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de las fachadas con las especificaciones de paredes exteriores seleccionadas claramente marcadas, y</li> <li>✓ Planos de las secciones de las paredes exteriores, o</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante del material de construcción especificado, o</li> <li>✓ Estimación cuantitativa con los materiales utilizados para las paredes exteriores claramente resaltados.</li> </ul>
HMM04	Paredes interiores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de las secciones de las paredes interiores, o</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante de los materiales de construcción utilizados para las especificaciones de paredes interiores, si están disponibles, o</li> <li>✓ Estimación cuantitativa con los materiales utilizados para las paredes interiores claramente resaltados.</li> </ul>

Nombre del Proyecto: PROYECTO PAIPA MEJORADO

Nombre del subproyecto: CABAÑA

HMM05	Acabado de piso	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos donde se marquen claramente las especificaciones de acabado de piso seleccionadas, o</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante de los materiales de construcción utilizados para las especificaciones de acabado de piso, o</li> <li>✓ Estimación cuantitativa con los materiales utilizados para el acabado de piso claramente resaltados.</li> </ul>
HMM06	Marcos de ventana	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de la fachada donde se marquen claramente las especificaciones de marcos de ventana, o</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante para el vidriado especificado, o</li> <li>✓ Estimación cuantitativa con las ventanas y marcos de ventana claramente resaltados.</li> </ul>
HMM07	Aislamiento de paredes	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos donde se marquen claramente las especificaciones de aislamiento seleccionadas, o</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante para el aislamiento especificado, o</li> <li>✓ Estimación cuantitativa con los materiales de aislamiento claramente resaltados.</li> </ul>
HMM08	Aislamiento de techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos donde se marquen claramente las especificaciones de aislamiento seleccionadas, o</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante para el aislamiento especificado, o</li> <li>✓ Estimación cuantitativa con los materiales de aislamiento claramente resaltados.</li> </ul>