

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
MAESTRÍA EN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICOS

"Adecuación de chimenea convencional a chimenea solar, como sistema pasivo de ventilación para mejorar el acondicionamiento térmico en La Vivienda Z12"

PROYECTO DE GRADO

MIRIAM MARÍA VICENTE ORELLANA
CARNET 29644-87

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, AGOSTO DE 2017
CAMPUS CENTRAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
MAESTRÍA EN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICOS

"Adecuación de chimenea convencional a chimenea solar, como sistema pasivo de ventilación para mejorar el acondicionamiento térmico en La Vivienda Z12"

PROYECTO DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
ARQUITECTURA Y DISEÑO

POR
MIRIAM MARÍA VICENTE ORELLANA

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICOS

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, AGOSTO DE 2017
CAMPUS CENTRAL

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

DECANO: MGTR. CRISTIÁN AUGUSTO VELA AQUINO
VICEDECANO: MGTR. ROBERTO DE JESUS SOLARES MENDEZ
SECRETARIA: MGTR. EVA YOLANDA OSORIO SANCHEZ DE LOPEZ

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

MGTR. JOSÉ DAVID HERNÁNDEZ PRERA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. EDUARDO ALBINO SAZO GONZALEZ
MGTR. GLORIA CAROLINA ESCOBAR GUILLÉN
MGTR. ROBERTO DE JESUS SOLARES MENDEZ

Guatemala, 6 de julio de 2017

Señores
Miembros del Consejo Académico
Facultad de Arquitectura y Diseño
Universidad Rafael Landívar

Estimados Señores:

Por este medio informo que he asesorado el Proyecto de Maestría de MIRIAM MARIA VICENTE ORELLANA, carnet 2964487, titulado: "ADECUACIÓN DE CHIMENEA CONVENCIONAL A CHIMENEA SOLAR, COMO SISTEMA PASIVO DE VENTILACIÓN PARA MEJORAR EL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO EN LA VIVIENDA Z12".

A mi criterio el trabajo cumple con todos los requisitos para su presentación a la terna evaluadora. Por lo que lo someto a su consideración para que se realicen los procedimientos administrativos y académicos correspondientes.

Sin otro particular.

Atentamente,



David Hernández Prera
M.A. Arquitecto
Docente Asesor

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Proyecto de Grado de la estudiante MIRIAM MARÍA VICENTE ORELLANA, Carnet 29644-87 en la carrera MAESTRÍA EN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICOS, del Campus Central, que consta en el Acta No. 03113-2017 de fecha 10 de agosto de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

"Adecuación de chimenea convencional a chimenea solar, como sistema pasivo de ventilación para mejorar el acondicionamiento térmico en La Vivienda Z12"

Previo a conferírsele el grado académico de MAGÍSTER EN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICOS.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 10 días del mes de agosto del año 2017.



MGTR. EVA YOLANDA OSORIO SANCHEZ DE LOPEZ, SECRETARIA
ARQUITECTURA Y DISEÑO
Universidad Rafael Landívar

ASESOR

Ing. Civil Paúl Calderón MSc. Ingeniería Sanitaria

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por sus abundantes bendiciones en mi vida y su inmensurable amor.

Agradezco a MSc. Ingeniero Paúl Calderón y MA. Arquitecto David Hernández por su asesoría y compartir sus conocimientos conmigo para la elaboración de este proyecto.

Agradezco a las personas que realizaron su voto diario por varios meses para poder determinar índices de sensaciones térmicas.

Agradezco a mi familia por su apoyo y amor.

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO	1	3.4.1 CLIMOGRAMA DE BIENESTAR ADAPTADO	27
1. INTRODUCCION	2	3.4.2 ECOTECT ANALISYS	27
2. METODOLOGÍA	3	3.4.3 VOTO MEDIO ESTIMADO	27
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	3	3.5 ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO	28
2.2 OBJETIVO GENERAL	4	3.5.1 MEDIDAS DE ELIMINACION DEL SOBRECALENTAMIENTO	28
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4	3.6 CHIMENEA COMO SISTEMA DE USO PASIVO	30
2.4 USUARIOS	5	3.7 MODELOS DE CHIMENEAS SOLARES	32
2.5 ALCANCES Y LIMITES	5	3.7.1 CHIMENEAS DE ENFRIAMIENTO	35
2.6 ANTECEDENTES DEL PROYECTO	6	3.7.2 CHIMENEA SOLAR COMO COLECTOR DE ENERGÍA	36
3. TEORÍA Y CONCEPTOS	9	4. ENTORNO Y CONTEXTO	37
3.1 CONFORT TÉRMICO	9	4.1 UBICACIÓN	37
3.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONFORT TÉRMICO	11	4.1.1 DESCRIPCION DEL ENTORNO	38
3.2.1 FACTORES AMBIENTALES	11	4.1.2 DESCRIPCION DE LA VIVIENDA	39
3.2.2 FACTORES ATMOSFÉRICOS	11	5. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO	47
3.2.3 FACTORES FISIOLÓGICOS	19	5.1 ANÁLISIS	47
3.2.4 FACTORES PERSONALES	21	5.1.1 CLIMOGRAMA DE BIENESTAR ADAPTADO (CBA)	47
3.2.4.1 MET	22	5.1.2 VOTO MEDIO ESTIMADO	52
3.3 BIENESTAR EN EL AMBIENTE	23	5.1.3 ECOTECT ANALISYS	53
3.3.1 CLO	24		
3.3.2 GÉNERO Y EDAD	25		
3.3.3 OCUPANCIA DEL AMBIENTE	26		
3.4 HERRAMIENTAS PARA MEJORAR EL BIENESTAR DEL AMBIENTE	27		

5.1.4	MATERIALES DE LA VIVIENDA	65
5.2	DIAGNÓSTICO	66
6.	PROPUESTA	68
6.1	ESTRATEGIAS GENERALES	68
6.2	CHIMENEA SOLAR	68
6.3	ANÁLISIS COMPARATIVO	80

7.	CONCLUSIONES	89
8.	RECOMENDACIONES	91
9.	GLOSARIO	92
10.	ANEXOS	93
11.	FUENTES DE CONSULTA	98

RESUMEN EJECUTIVO

Las personas deben percibir bienestar térmico dentro de una edificación, sin preferir condiciones de mayor o menor temperatura para realizar agradablemente sus actividades.

La naturaleza nos ofrece recursos ricos y gratuitos que se pueden aprovechar de una manera sostenible, estrategias bioclimáticas, como el viento o por ejemplo, el sol que es fuente abundante y gratuita de energía, la cual se puede aprovechar captando su potencial y utilizarlo en este caso para lograr intercambios de calor.

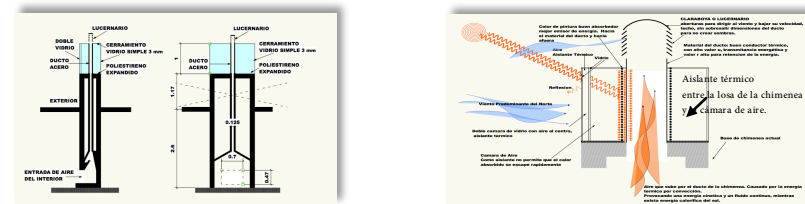
Este proyecto busca mejorar las condiciones térmicas del área de la sala de la vivienda Z12, que no ofrece bienestar térmico en el área social a sus usuarios, haciendo uso de métodos pasivos en la infraestructura existente. Los recursos disponibles son:

- *Chimenea convencional
- *Sol
- *Materiales de fácil acceso
- *Viento

Tomando en cuenta factores climáticos, factores personales de los usuarios, así como los materiales de construcción de la vivienda, se analizó y diagnosticó mediante varios métodos y software adecuados, que el área de la sala se sobrecalienta durante el día, (12:00-18:00) siendo el

mes más crítico abril, por lo tanto es necesario incrementar o renovar el aire interior para poder refrescar y mejorar la sensación térmica a los usuarios. Para poder renovar y refrescar un ambiente en un edificio, se necesita que exista un flujo del aire adecuado.

Teniendo en consideración que no se puede modificar la fachada, ni la ventana de la sala, se propone utilizar el ducto de la chimenea tradicional que posee la sala, y adecuarla a una chimenea solar.



La propuesta es captar y distribuir energía calórica por medio de la radiación solar directa sobre un colector solar, para provocar succión del aire interior .

Es posible conseguir una ventilación natural forzada haciendo uso de estrategias pasivas que se pueden implementar con recursos gratuitos como el sol y el viento.

La misma naturaleza proporciona las soluciones al disconfort térmico del ser humano puesto que somos parte de ella.

INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

El sol es fuente abundante y gratuita de energía, la cual se puede aprovechar captando su potencial y utilizarlo en las actividades del ser humano.

En cuanto a la construcción, se ha llegado a exceder el empleo de los materiales, así como el desarrollo y ubicación sin estudio previo de los proyectos causando daño al medio ambiente.

Es necesario implementar en el diseño y la construcción estrategias de bajo impacto al medio ambiente, hacer uso sostenible de los elementos constructivos, así como realizar estudios previos a la localización de nuevos proyectos según su uso en determinado lugar para evitar el deterioro de áreas aledañas.

Las edificaciones deben brindar confort a los usuarios, en la actualidad los diseñadores y empresas constructoras consienten el uso de las mismos diseños de edificios, mismas técnicas constructivas y mismos materiales sin tener en cuenta la localización de su proyecto lo cual es inadecuado, por que

para brindar un confort térmico a los usuarios, se tienen que tomar en cuenta al momento del diseño las diferentes características de las regiones climáticas. Se utilizan recursos extras como aire acondicionado, calefacción, iluminación artificial, muros de contención, los cuales en la ciudad de Guatemala serían innecesarios o poco utilizados si se estudiara y se diseñara para cada caso con su ubicación, topografía, clima, orientación, condiciones únicas que hacen que cada proyecto sea ideal para la actividad propuesta.

Con este compromiso con el ambiente y como profesional de la arquitectura, se proponen estrategias pasivas para mejorar la ventilación en la vivienda.

Tomando un caso real en una vivienda con una problemática de confort térmico, se analizará haciendo uso de las herramientas e información disponibles en el país, reutilizando los ambientes sus materiales y recursos aprovechables se hará una propuesta para mejorar el confort térmico en el área de más desconfort térmico de la vivienda.

METODOLOGÍA

2. METODOLOGÍA

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

Cuando se hace referencia de confort higrotérmico en un edificio, es porque éste presenta condiciones térmicas adecuadas para las personas que van a emplear dicha edificación, en cuanto a su sensación térmica, que sea cómoda, agradable para realizar a gusto sus actividades. El confort higrotérmico, es el bienestar que se percibe en cuanto a la humedad y temperatura.

Fisiológicamente es cuando el cuerpo del ser humano no necesita tener que auto regularse térmicamente estando en una actitud sedentaria con ropa ligera. En Confort Higrotérmico en Vivienda Social y la Percepción del Habitante (Espinosa Cancino & Cortéz Fuentes, 2015) Bustamante, R. Citó: *El confort higrotérmico está definido como aquel estado en que las personas expresan satisfacción con el ambiente que lo rodea, sin preferir condiciones de mayor o menor temperatura.*

Como caso de estudio se presenta la vivienda Z12 del proyecto, localizada en la ciudad de Guatemala, presenta algunos inconvenientes en cuanto al confort higrotérmico que ofrece a los habitantes y visitantes de la misma.

En los meses de mayor temperatura, algunos de los ambientes no son confortables térmicamente para un uso cómodo.

Donde se percibe mayor temperatura en la vivienda es el área social, específicamente la sala, en dicha área existe una chimenea tradicional, la cual no se utiliza, debido a su mal desempeño.

Se puede mejorar el confort térmico de la vivienda haciendo uso de los recursos existentes, para resolver algunos de los problemas de confort, sin modificar el aspecto del diseño de la fachada actual de la vivienda, con algún medio pasivo para resolver el problema que no requiere de componentes mecánicos sino un sistema de arquitectura bioclimática, que funcione con los recursos de viento, sol haciendo uso de los principios físicos, se propone el uso de una chimenea solar que promueva el movimiento del aire, ya que por diferencia de temperaturas, el aire caliente se eleva

dejando un espacio abajo, donde el aire frío llena ese espacio y se genera movimiento del aire intercambiándose por su densidad (estratificación térmica) y estas presiones distintas provocan una renovación del aire interno con el externo de la vivienda, que refresca el ambiente.

En el ducto dependiendo su sección transversal y según el tiro de la chimenea (longitud) se puede lograr cierto caudal del aire lo cual será determinante para lograr los cambios en el confort higrotérmico de la vivienda.

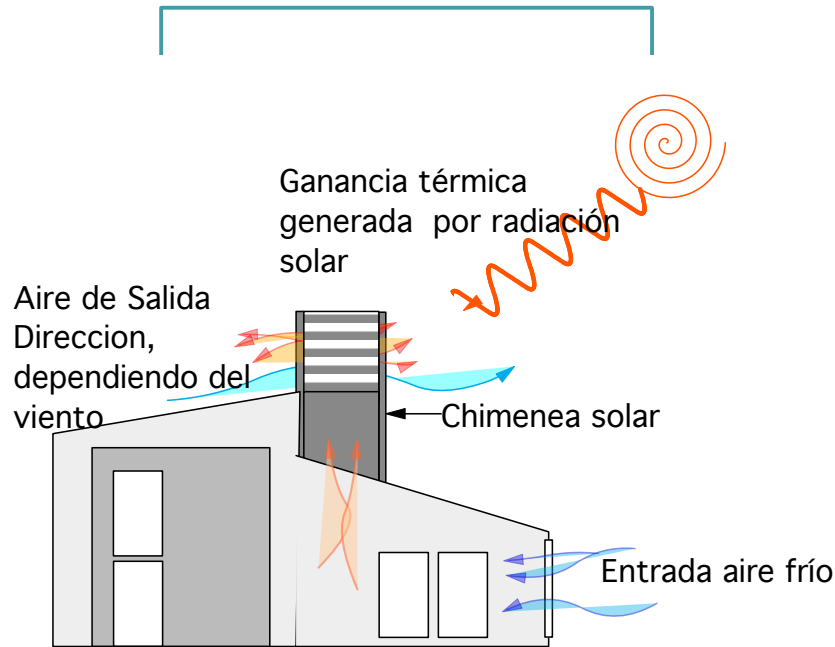


Ilustración 1. Chimenea Solar, Fuente propia.

Para incrementar el flujo de aire dentro del ducto de la chimenea se aplica el efecto invernadero, que es captar la mayor parte posible de la radiación solar que es absorbida por el ducto de metal y dejándola pasar a través de un vidrio para evitar pérdidas térmicas y por convección generará movimientos en los vientos que se intercambiarán en el interior de la habitación.

Se propone hacer uso de la chimenea tradicional localizada en la sala y adecuarla a una chimenea solar para que por medios pasivos de convección pueda refrescarse el área social

2.2 OBJETIVO GENERAL

Mejorar las condiciones térmicas de área de la sala de la vivienda Z12, haciendo uso métodos pasivos en la infraestructura existente.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.3.1 Realizar el análisis bioclimático actual de la vivienda, mediante la toma de parámetros de temperatura y humedad, del área social para medir el ambiente térmicamente, en la

vivienda Z12.

2.3.2 Diseñar la chimenea solar del área social, para mejorar el confort higrotérmico de la vivienda Z12.

2.4 USUARIOS

La vivienda es de uso unifamiliar, los usuarios que residen en ella son cuatro personas: una pareja de personas de la tercera edad, dos adultos y los visitantes. El área de la sala, la mayor parte del tiempo (9:00 horas a 18:00 horas) está ocupada por una de las residentes de la casa, que por motivos de salud, le es difícil moverse.

2.5 ALCANCES Y LÍMITES

2.5.2 ALCANCES

Se tomarán indicadores climáticos dentro y fuera de la vivienda, así como las opiniones de los usuarios de la casa.

Luego se hará un análisis bioclimático de la vivienda, para obtener los datos actuales. Se diseñarán y se calcularán las dimensiones de la chimenea teniendo en cuenta los materiales

disponibles y su costo. Luego se procederá a su análisis en software simulador y se compararán, se realizará su construcción y se volverán a tomar indicadores para probar su funcionamiento, si el clima lo permite.

Al realizar la construcción chimenea solar el acondicionamiento térmico de los usuarios, mejorará, porque el flujo de los vientos provocados inducirá a refrescar el ambiente .

2.5.3 LÍMITES

En el área social de la vivienda, específicamente en la sala, donde está ubicada la chimenea tradicional, ésta tiene como función calentar el ambiente, la cual no tiene un buen desempeño y no se utiliza.

No se puede modificar la fachada, ni la ventana que existe actualmente porque no es conveniente que existan corrientes de viento de modo impetuoso por el estado de salud de la usuaria principal, además la radiación solar y la iluminación natural es aprovechada por ella para realizar sus actividades diarias.

2.6 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

2.6.1 Tesis *Parámetros de Diseño de la Chimenea Solar*, Tesina de Master en Arquitectura, Energía y Medio Ambiente, Universidad de Cataluña, Barcelona, España, cuyo autor es Juan Carlos León, en el año 2013, plantea *un análisis de la chimenea solar y sus aportaciones al confort térmico en el interior del espacio habitable, en función de una sola variable: la velocidad del aire... mediante la implantación de un modelo informático de calculo energético, observando sus resultados en módulos de análisis y módulos CFD (Computational Fluid Dynamics) ...permite definir parámetros de diseño que traduzcan la complejidad del dispositivo en un objeto de inserción directa en la arquitectura cotidiana.* (León J., 2013, pág. v). Este proyecto se ubica en Tabasco, México, que tiene un clima tropical, húmedo y cálido, muy similar al de Guatemala, por lo cual puede servir como referencia para este estudio.

Se realizaron estudios matemáticos donde se analizan

los comportamientos de los flujos de aire dentro del ducto, así como modelos a escala, y con programas de informática.

Aquí se mencionan los componentes recomendados con sus coeficientes de transmisión, reflexión y absorberencia, habrá que buscar si en Guatemala es posible medir los materiales recomendados en esta tesis, o buscar similares y hacer las pruebas disponibles para este proyecto.

También se recomienda un análisis del clima así también una localización vientos predominantes para ubicación de aberturas.

Las funciones del viento, sus velocidades y presiones influyen en la ubicación de las aberturas internas de la habitación, modelos de aberturas según estudios previos de Víctor Olgyay; en este proyecto de adecuación de la chimenea, se adecuaran las condiciones lo mejor posible a estos estudios.

La relación entre abertura y la dirección de los ángulos de incidencia del viento exterior, pueden incrementar hasta un 23% los flujos de aire.

Se utilizan varias herramientas en el documento para análisis, Design Builder, de simulación energética, en el modulo de CFD (*Computational Fluid Dynamics*); el Energy Plus, y se analizan los elementos constructivos. Se analizan las secciones del ducto así como su altura y las superficies de las aberturas.

2.6.2 El segundo antecedente es un artículo en Renewable Energy, de septiembre del 2010 revisión en octubre 2016, de Mehdi Maerefat PhD, quien es un ingeniero mecánico, bioingeniero, de la universidad Tarbiat Modares, Teherán, y de Amin Haghighi Poshtiri, profesor de ingeniería mecánica. De la universidad de Guilan, Rasht. Irán.

Este es un estudio de enfriamiento pasivo en una casa, utilizando una chimenea solar, se estudió la capacidad del sistema para el confort térmico, y los parámetros geométricos en el rendimiento del sistema, haciendo un modelo matemático interactivo. Se halló que el sistema es

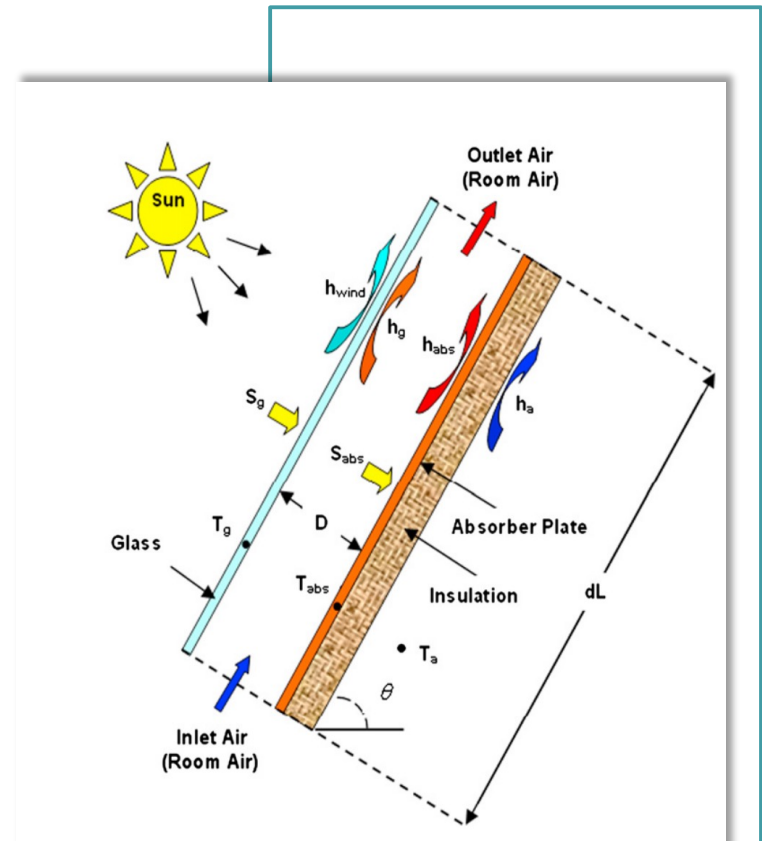


Fig. 3. Schematic diagram of the heat transfers in the solar chimney.

Ilustración 2 Fuente: (Maerefat & Haghighi, 2010)

https://www.researchgate.net/figure/222191050_fig3_Fig-3-Schematic-diagram-of-the-heat-transfers-in-the-solar-chimney

capaz de proporcionar un buen confort térmico durante el día, en una sala de estar, incluso con una intensidad solar de 200w/m². Estos estudios han mostrado que cuando la humedad relativa es menor al 50% y estando aun a 40 grados centígrados logra una buena condición climática.

El estudio presenta que se puede mejorar el confort higrotérmico en climas áridos y calurosos.

Las torres de enfriamiento no competen a este proyecto de tesis. Calcula el espesor de la cámara de aire que tiene existir entre la pared y el vidrio, el modelado se ha hecho de acuerdo al modelo 10 Ong. (Modelo matemático de una Chimenea Solar, Ong kok seng, Universidad Tunku Abdul Rahman). El cual es similar al muro Trombe, un lado es cubierto de vidrio y los otros tres lados cubiertos de muro sólido.

CAPITULO 3

3 TEORIA Y CONCEPTOS

La Tierra se divide en diferentes regiones climáticas, según su localización geográfica, sus aspectos atmosféricos y sus variaciones se miden de acuerdo a la humedad relativa, temperatura, viento, precipitación y presión atmosférica. Las características del entorno y proximidad a elementos como el agua, vegetación, topografía, etc. estos también afectan al clima de determinada región.

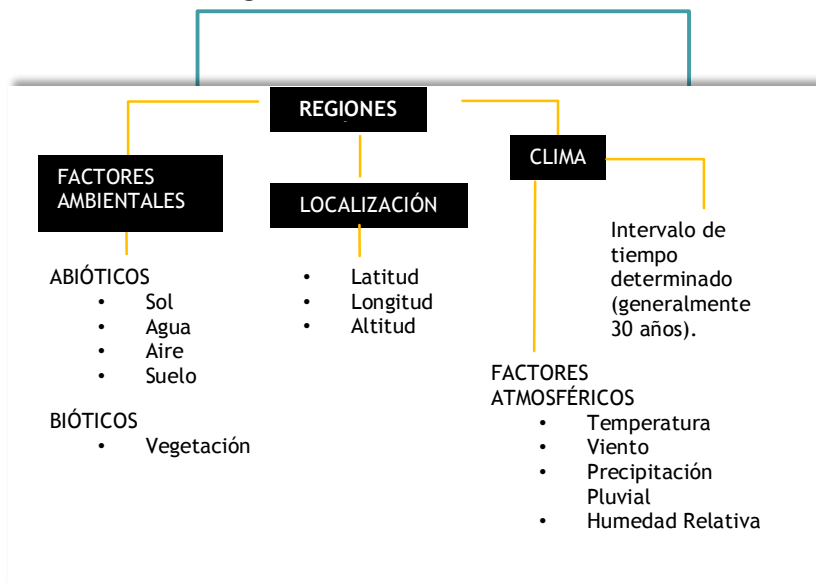


Ilustración 3 Características Regiones Climáticas. Fuente: Propia.

La arquitectura ha buscado siempre brindar edificaciones óptimas confortables y útiles para el desarrollo de las actividades de los seres humanos.

Edificios adaptados al lugar y sus condiciones para proveer un refugio equilibrado con el medio ambiente.

El clima, la tipología constructiva y los materiales de construcción de cada región influyen para obtener un confort térmico. Pero también intervienen otros factores, como los factores biológicos, como la percepción de las personas, sus costumbres, alimentación y factores psicosomáticos.

3.1 CONFORT TÉRMICO

La sensación de bienestar o confort térmico es causa de cómo percibimos el ambiente, el cerebro recibe estímulos de diversos factores que le producen una reacción plácida o molesta.

El confort térmico de una persona dentro de una edificación es la que ofrece una temperatura adecuada y agradable para las actividades que van a realizar en un ambiente determinado dentro de la edificación. Las condiciones atmosféricas pueden estimular o deprimir nuestros esfuerzos físicos como mentales.

El ser humano al tratar de adaptarse a esas condiciones tiene un gasto de energía, puede afectar negativamente a la salud, la productividad y el estado anímico, por ello se debe la importancia de un diseño arquitectónico que garantice el bienestar de los ocupantes.

A las condiciones que se presentan donde el hombre se esfuerza con la mínima pérdida de energía para adaptarse a su entorno se le llama zona de confort, para así poder gastar la mayor parte de energía en la productividad.

Existen factores que influyen este confort o sensación térmica: **AMBIENTALES:** Aire, suelo, sol, agua, vegetación. **ATMOSFÉRICOS:** temperatura, precipitación, humedad relativa, viento, presión atmosférica, podríamos considerar esencialmente la relación entre temperatura y humedad,

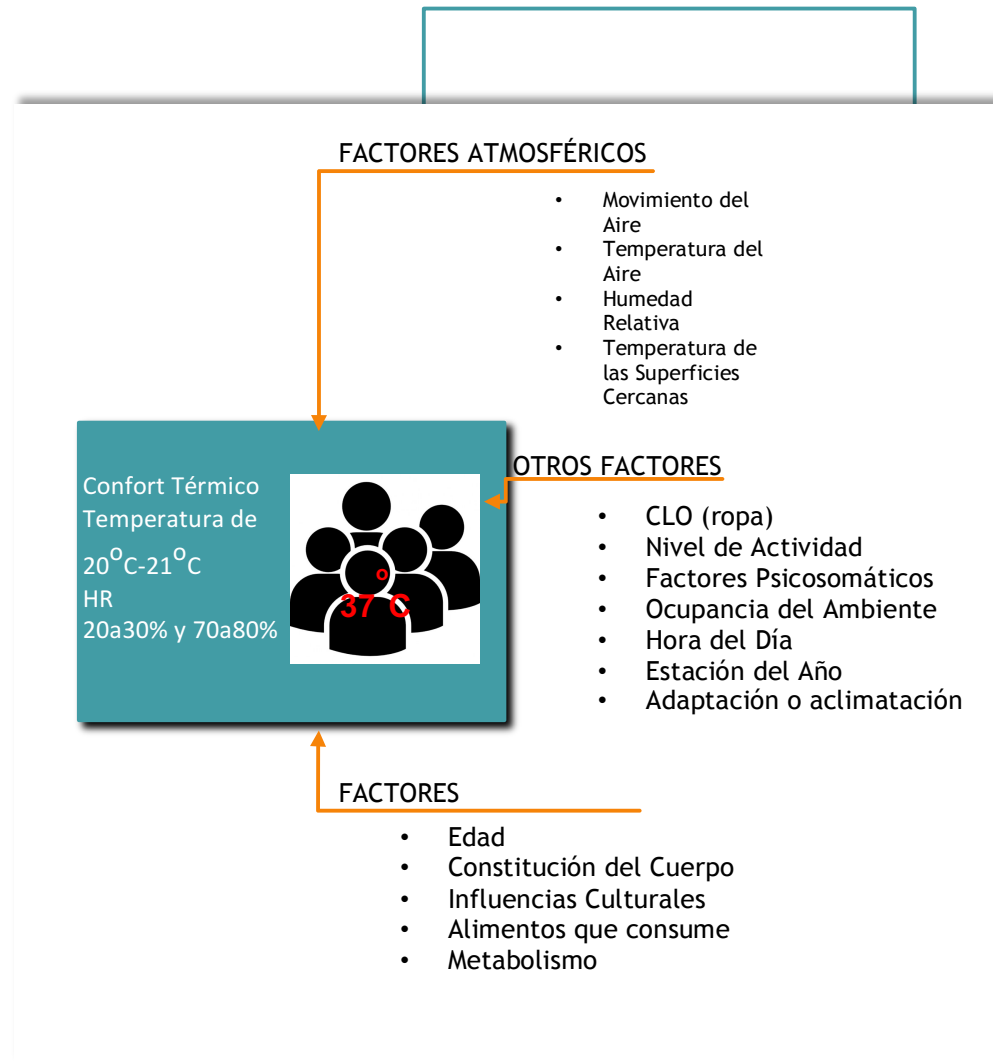


Ilustración 4 Factores que afectan el Confort Térmico del ser humano . Fuente: Propia

llamado higrotermia. **FISIOLÓGICOS:** MET, género, edad.

PERSONALES O INDIVIDUALES: como la percepción, vestimenta, CLO y protección, estación del año.

3.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONFORT TÉRMICO

3.2.1 Factores Ambientales :

Según la localización donde se encuentre la edificación esta sujeto a ser afectado por su tipo de suelo, topografía, su cercanía a los cuerpos de agua, vegetación, incidencia solar, al viento.

3.2.2 Factores Atmosféricos:

Los factores físicos atmosféricos son el grupo de condiciones variables (temperatura, presión atmosférica, viento, precipitación pluvial, y humedad relativa) que en determinado período de tiempo en años, son cíclicas y existen en un sitio en específico, llamado como **clima local**.

Entre los factores atmosféricos que producen alteraciones directas al ser humano en cuanto a su confort térmico, los principales son la **humedad**

relativa, temperatura y viento, se expresan en una escala calorimétrica llamada temperatura operativa (T_o) por Winslow, Herrington y Gagge. Estas ecuaciones combinan la temperatura, movimiento del aire y la radiación solar con el metabolismo, para conocer como se mantiene el equilibrio térmico del ser humano. Prácticamente se considera a la Temperatura operativa a la temperatura media radiante mas la temperatura seca dividido dos.

3.2.2.1 Humedad Relativa:

Es la cantidad de vapor de agua contenida en el aire en determinado momento, a cierta temperatura; si el aire se enfría mientras se mantiene la cantidad de vapor de agua, ésta se ira elevando hasta llegar al 100% y saturará al aire y se condensara esto se llama rocío.

En relación con el cuerpo humano, la evaporación de la humedad de la piel es absorbida por la humedad del aire, es decir el aire seco absorbe la humedad de la piel y se enfría al cuerpo.

La humedad relativa cómoda para el ser humano es entre 20%-30% como mínimo y máximo de un 70%-80% . (Neila Gonzalez, 2004).

3.2.2.2 Temperatura:

La temperatura es la escala del grado de calor de los elementos o del ambiente.

Se mide en Grados Celsius, Grados Fahrenheit o Kelvin.

En la escala Kelvin, se le llama también temperatura absoluta porque sus valores están relacionados cuando las moléculas están en un reposo mínimo o total, a esta temperatura es el “cero absoluto” 0 K (Kelvin) que equivale a -273°C .

Sin embargo la escala Celsius toma su cero de temperatura, al momento de la congelación del agua, 0°C .

El calor es una de las formas de transmitir energía y se mide por tres productos: variante de

Temperatura y Energía Cinética

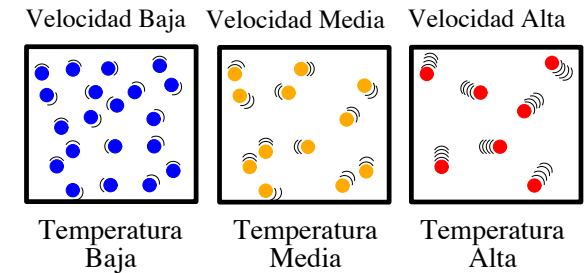


Ilustración 5 Calor y Energía Cinética en los elementos. Fuente: <http://www.educa.madrid.org/web/ies.alonsoquijano.alcala/carpetas5/carpetas/quienes/departamentos/ccnn/CCNN-1-2-ESO/2eso-FyQ-2016-17/Tema-07-Energia-termica/Tema-07-Energia-termica.html#1>

Temperatura del Aire o Ambiente

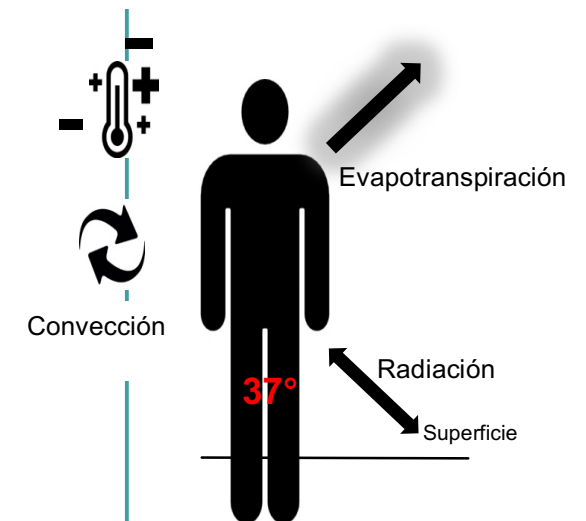


Ilustración 6 Intercambios de calor entre el ser humano y su entorno. Fuente: Propia

temperatura, volumen y un cambio de estado físico. Esta energía en forma de calor se le llama **energía calórica o energía térmica**.

Los materiales o cuerpos aumentan su energía interna al aumentar el calor que reciben. Si se le transmite calor a un elemento o fluido, este aumentará de temperatura por consiguiente produce en su masa un movimiento de sus moléculas, provocando una energía, mientras más movimiento permitan las moléculas mayor será la temperatura que puede absorber el elemento, que promueve una **energía cinética**.

No existe transferencia de calor con los objetos o fluidos con la misma temperatura, pero si alguno de ellos tiene una temperatura más alta que el otro, existirá una transferencia de calor o energía del objeto más caliente hacia el de temperatura más baja, hasta alcanzar un equilibrio, es decir igualar una temperatura.

Los intercambios de calor entre la temperatura del ambiente con la de un individuo o con un elemento

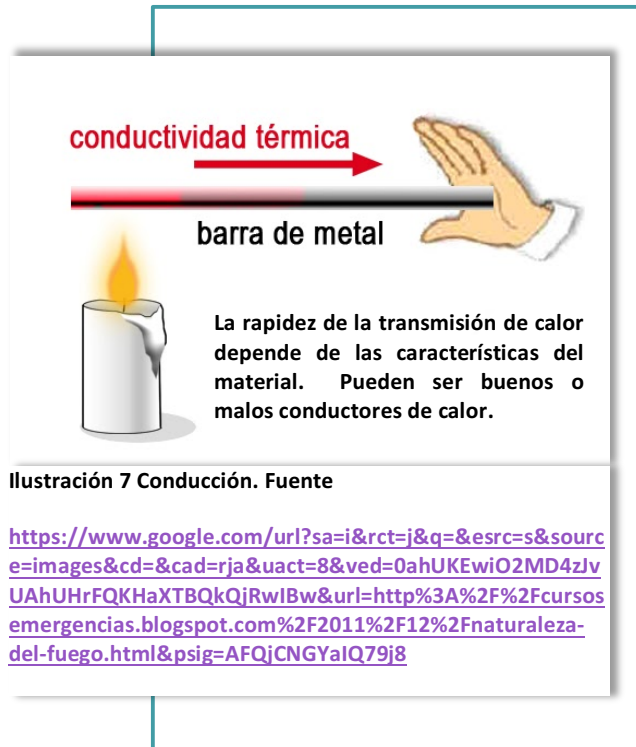
o fluido está clasificada en cuatro procesos : **conducción, radiación, convección y la evapotranspiración**. La conducción es típica en sólidos, la convección se presenta en líquidos y gases y la radiación en sólidos, líquidos y gases.

El ser humano percibe la sensación de calor o frío mediante la temperatura efectiva que es el efecto combinado entre la humedad relativa, el viento y la temperatura del ambiente.

Estadísticamente una temperatura efectiva, para el ser humano en invierno es 23°C y en verano 25°C a 50% de humedad, es comfortable. (Neila Gonzalez, 2004).

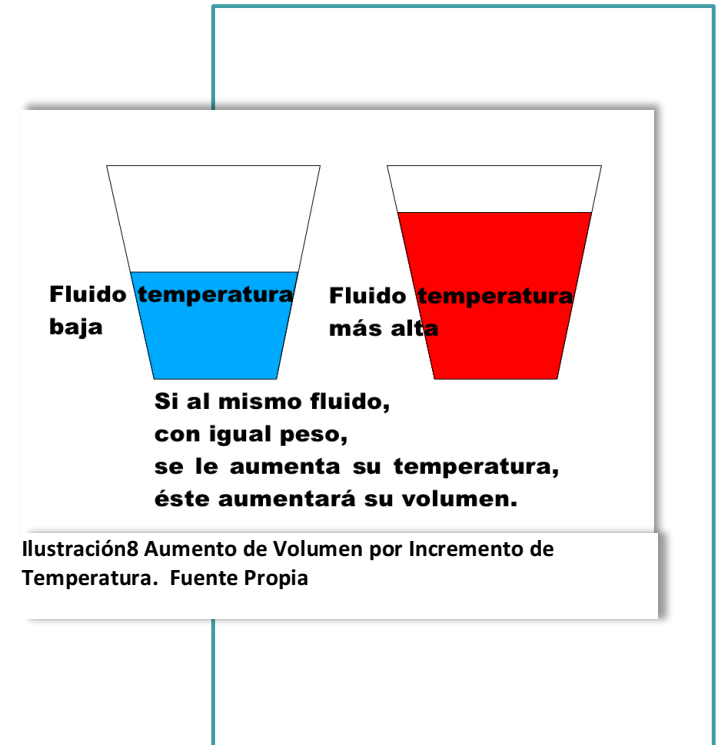
- **Conducción:** Es la transmisión directa de calor por medio del contacto directo entre los cuerpos sólidos. Transfiere el que posee más alta temperatura al de baja temperatura, para que exista un equilibrio de energía. Debido a que sus átomos no se pueden desplazar de un lado a otro, es decir no se transporta

su masa, solamente aumenta su energía calorífica.



- **Convección:** Es la transferencia de calor por medio del movimiento de líquidos o gases. Existe un flujo de energía entre dos cuerpos que están a diferente temperatura, el de mayor temperatura transfiere al de menor temperatura, por medio de movimiento del fluido (líquido o gas).

Este proceso es la transferencia de energía térmica por



convección.

$$dQ/dt=K(T1-T2)$$

dQ/dt es el flujo de calor que tiene lugar en la unidad

de tiempo a través de la unidad de superficie debido a la diferencia de temperatura entre el interior de una vivienda y el medio exterior.

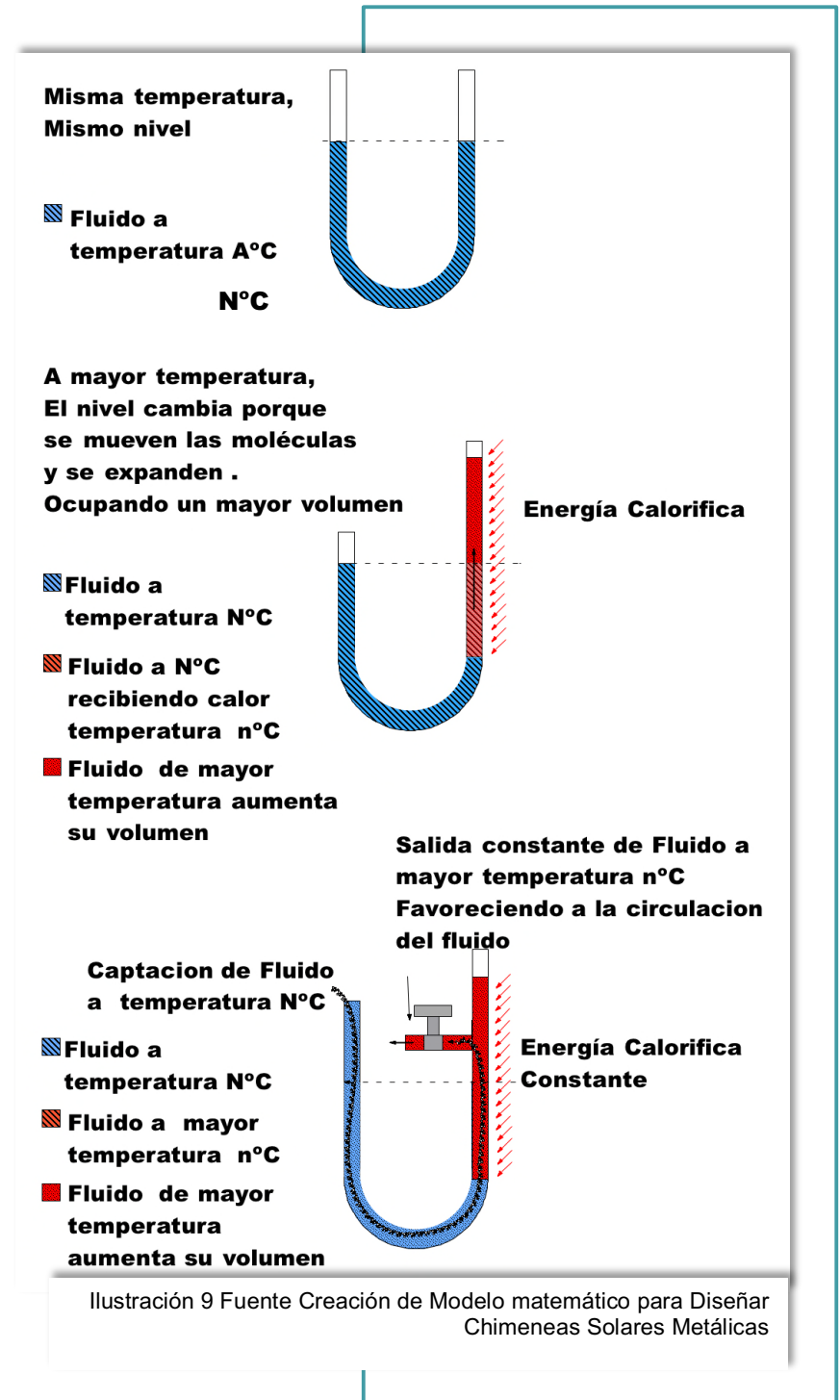
K es el coeficiente de conducción térmica de las propiedades del elemento conductor.

T1 y T2 son las temperaturas de los elementos.

El aire como un fluido, se calienta al entrar en contacto con algún cuerpo con más temperatura que él y aumenta su volumen, pierde densidad y asciende.

Es decir, si cierto fluido se calienta, baja su densidad, porque sus moléculas se expanden éste tiende a subir y el espacio que ocupaba es sustituido por el fluido más frío y por tanto más denso y desciende.

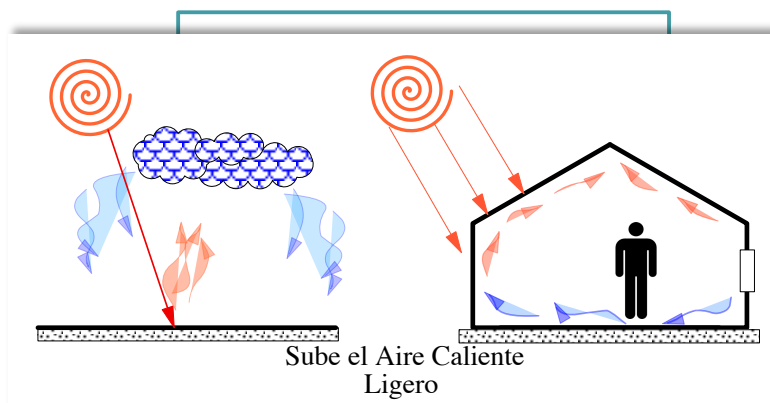
Se describe, (Ilustración 9), el ejemplo, si se tuviere una manguera para medir niveles (la manguera que utiliza el albañil), se llena con agua a la misma temperatura y se puede observar que no pierde el mismo nivel.



Si a ésta misma manguera en uno de sus extremos se le transmite calor por medio de una fuente de energía, este volumen de agua se incrementará, por lo tanto cambiara el nivel del agua.

Consiguientemente si se le facilita una salida para que fluya el agua caliente, ésta saldrá y su lugar lo ocupará el agua fría que esta abajo y si existe una fuente donde se pueda seguir captando agua se producirá por convección una energía cinética.

En el exterior existen estas corrientes de aire convectivas, así también dentro de una habitación solamente que a menor escala. Es así que se produce el intercambio de energía, para que exista



Ilustracion10

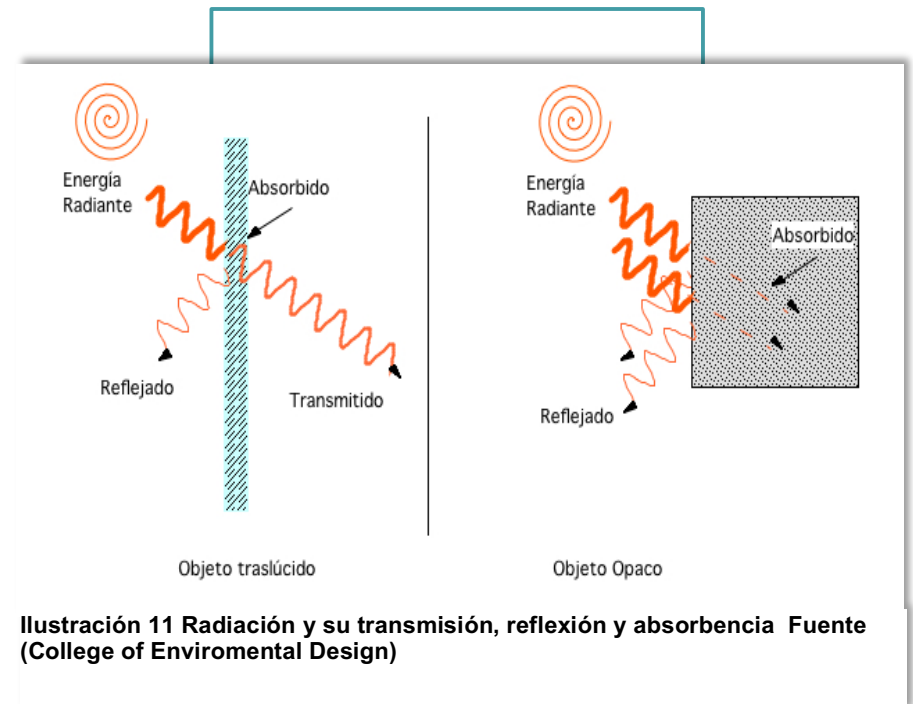
<http://www.educa.madrid.org/web/ies.alonsoquijano.alcala/carpeta5/carpetas/quienes/departamentos/ccnn/CCNN-1-2-ESO/2eso-FyQ-2016-17/Tema-07-Energia termica/Tema-07-Energia-termica.html#41>

equilibrio dinámico.

- **Radiación:** Es la energía que se propaga a través del espacio.

La radiación de onda corta esta clasificada por ser directa, causada por el sol; difusa procedente de cielo y por reflexión de los terrenos adyacentes.

Radiaciones de onda larga proceden del suelo y objetos cercanos de elevadas temperatura y por emisión del intercambio desde el objeto hacia el cielo.



La radiación producida por los terrenos adyacentes que incide sobre estas superficies en verano, al ser horizontales emiten el doble de calor que una superficie vertical.

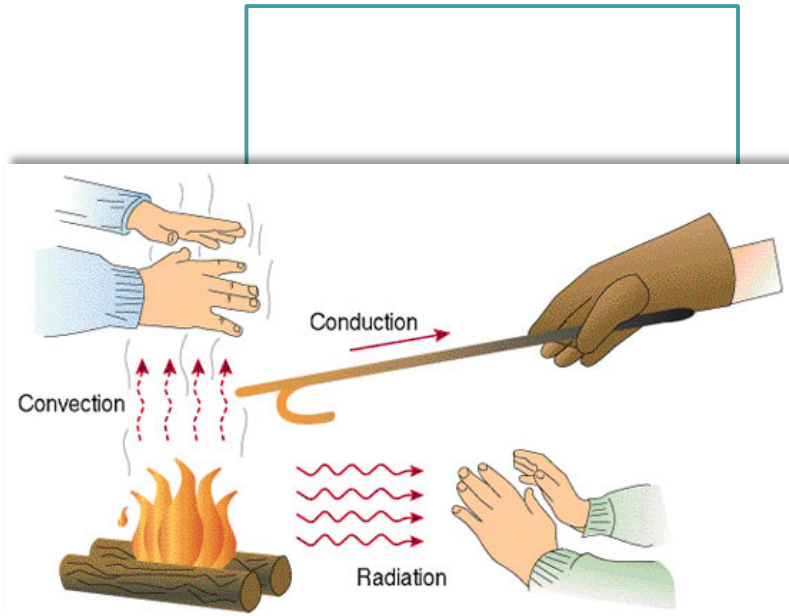


Ilustración12 <https://nergiza.com/wp-content/uploads/transferecia-de-calor.jpg>

- **Evapotranspiración:**

La evapotranspiración es un proceso que sucede con la absorción de calor y aumento de temperatura de un objeto o ser vivo. La temperatura del cuerpo no baja hasta que finaliza el cambio de estado, todo el calor recibido se invierte al suceder este cambio.

Estos procesos dependen no solo del calor, sino de la humedad relativa y de la velocidad del aire. Esto es a la piel de una persona sube de temperatura y dependiendo de la temperatura del ambiente y su temperatura interna, ira en aumento hasta que existe una transferencia de calor, la pérdida de la humedad de una superficie, por la evaporación directa de la perdida de agua, el sudor, en determinado tiempo.

Si es a una velocidad media solamente se tendrá la sensación de enfriamiento del cuerpo, si es demasiado rápido se tendrá la sensación de frío y también se perderá energía calórica expresada en calorías.

- **Temperatura Radiante Media:** Es la suma de calor de la temperatura del aire seco, más el calor procedente de las superficies de objetos cercanos en un espacio definido. Es positiva si la temperatura externa al cuerpo es más alta y negativa si es menor al cuerpo.

Para la Temperatura media radiante se utiliza:

$$T_{mr} = T_g + 0.24 (T_g - T_s) v_a^{1/2}$$

T_g = temperatura de termómetro de globo.

T_s = temperatura seca del ambiente

v_a = velocidad del aire

O se puede usar esta expresión cuando la velocidad del aire es 0.

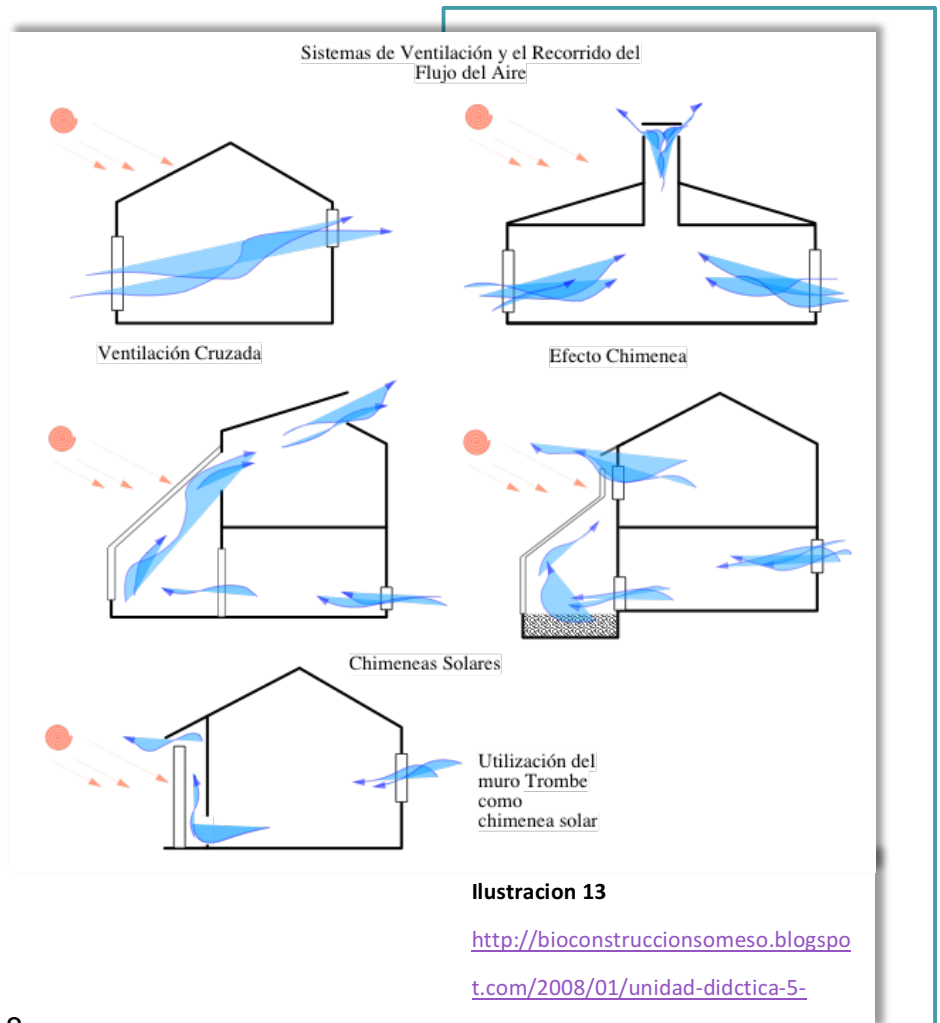
$$T_{mr} = \frac{\sum T^* A}{\sum A}$$

T = temperatura de parámetros de bienestar tabla 3.

A = superficie proyectada o superficie real de los parámetros.

3.2.2.3 Viento: El movimiento del aire es el viento y se produce cuando las diferencias de temperatura en la

atmosfera producen diferencias de presión. Al subir la temperatura el aire disminuye su densidad lo cual lo hace más liviano y sube, intercambiándose con aire más fresco que es más denso y baja para tomar su lugar. La velocidad del viento se reduce



considerablemente a nivel del suelo, casi a nivel de reposo. Bernoulli y su ecuación expresa la variación de la velocidad del viento en función de su altura y su presión. El movimiento del aire en los interiores de los edificios puede ser producidos por diferencia de presión o por diferencia de temperatura, estas pueden actuar por separado, en conjunto o en oposición.

3.2.3 Factores Fisiológicos

3.2.3.1 Sensación térmica: Es la manera en que la piel del ser humano percibe la temperatura de su entorno. Esto no refleja la temperatura real, sino que es la que perciben las personas en un ambiente delimitado.

La temperatura del ser humano es 37°C, es constante e independiente de las condiciones externas, el cuerpo siempre trata de regular a esa temperatura.

Si no consigue el equilibrio con el ambiente, por lo cual para adaptarse, hace un proceso homeostático.

Si la temperatura externa esta más baja, empieza procesos de calefacción (sube el metabolismo,

cierra venas, no hay sudoración y los músculos se contraen) para elevar la temperatura del cuerpo, si la temperatura empieza a subir, tiene ciertos mecanismos que ayudan a refrescar el cuerpo (como la sudoración).

3.2.3.2 Confort Higrotérmico: Cuando en el cuerpo humano no tiene que existir ningún esfuerzo termorregulador u homeostático (sudoración, o gasto metabólico), para equilibrar el confort térmico estando una persona en una actividad sedentaria con una vestimenta ligera.

“El bienestar higrotérmico se establece cuando el cuerpo pierde calor a la velocidad adecuada, una mayor velocidad implica sensación de frío y a una menor velocidad una sensación de calor. A esa velocidad se equilibran todos los intercambios energéticos que se originan en el hombre. El ritmo al que pierde calor el organismo se denomina velocidad o actividad del metabolismo (M).” (J. Neila, 2004, p.227).

3.2.3.3 Metabolismo: El ser humano por medio de los alimentos que consume obtiene energía, estos se transforman en varios tipos de energía, como la energía mecánica, energía eléctrica y calórica.

Esta energía metabólica es la que nos ayuda a regularnos térmicamente. Ya que existen intercambios de materia y energía, para mantener el equilibrio.

Tabla 1 Velocidad del Metabolismo según la Actividad (Neila Gonzalez, 2004)

Velocidad del Metabolismo según la Actividad		Velocidad del MET		
		W/m ²	W	met
00 Nula	Metabolismo Basal.	41/44	65/79	0.65/0.79
0 Minima	Descansando.	65	115	1.15
1 Baja	Actividad manual Sentado, Ligeros desplazamientos (<1.0 m/seg).	100	180	1.80
2 Media	Trabajos con brazos y piernas. Desplazamiento a velocidad moderada (1.0 a 1.5 m/seg).	165	295	2.95
3 Alta	Trabajos intensos. Desplazamientos rápidos (1.5 a 2.0 m/seg).	230	415	4.15
4 Muy Alta	Trabajos muy intensos. Desplazamientos corriendo (>2.0m/seg).	290	520	5.20

3.2.4 Factores Personales

Los intercambios de calor en un ambiente interior pueden llegar a un 30% y en un ambiente exterior de un 80% a 100%.

Las actividades de la persona y todos los mecanismos de intercambio de energía, como la energía acumulada, velocidad del metabolismo y la energía como los intercambios por convección, radiación, conducción, evapotranspiración, evaporación respiratoria, influyen en el confort higrotérmico.

Y se expresa de la siguiente manera según J. Neila,

$$M=\pm CV\pm R+EV$$

- M Velocidad del metabolismo.
- CV Intercambios por convección.
- R Intercambios de radiación .
- EV Perdidas por evapotranspiración

Los intercambios por convección y radiación pueden ser positivos o negativos dependiendo si el entorno esta a

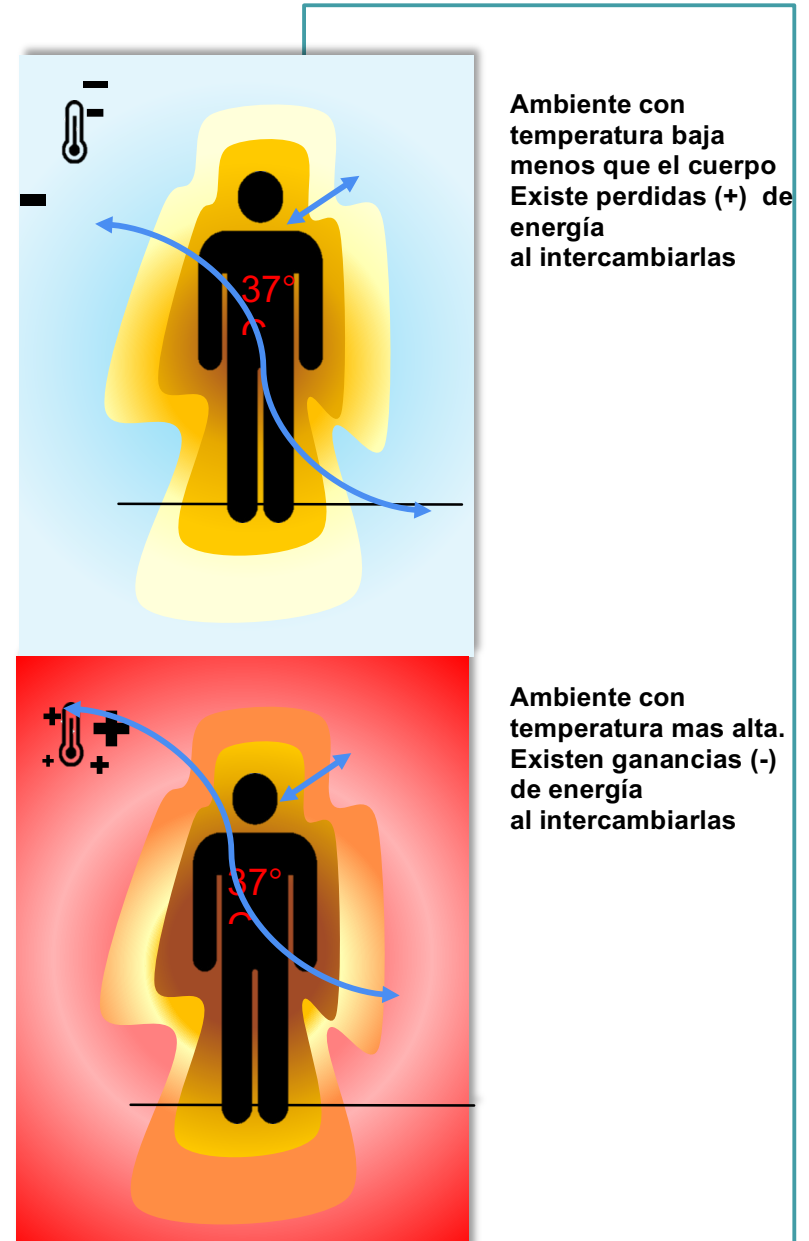


Ilustración 15 Transferencia de calor entre el ambiente y la persona en el lugar
Fuente: propia

menor temperatura que el cuerpo es positiva, hay pérdida; si esta a mayor temperatura el entorno que el cuerpo es negativo, hay ganancias térmicas. La evapotranspiración son perdidas.

3.2.4.MET

El índice metabólico basal (IMB es la cantidad de energía que gasta el cuerpo cuando esta en completo reposo).

El **met** es la unidad de medida de la cantidad de calor emitido del IMB persona por metro cuadrado de su superficie corporal. Si una persona tiene mayor tamaño corporal, su met será mayor.

$$\text{met} = 58\text{W}/\text{m}^2 (50 \text{ kcal}/\text{h} \cdot \text{m}^2)$$

W= watt

m² = metro cuadrado de superficie corporal

h=hora

kcal= kilocaloría

Se redondeará a W=100 por cada met, para una superficie corporal standard.

El oxigeno también forma parte de la velocidad de transferencia de calor, ya que es el comburente o acelerador de la quema de calorías.

La transferencia de calor entre el organismo y el ambiente en estado de reposo tiene los valores siguientes:

Tabla 2 met standard de hombre y mujer (Neila Gonzalez, 2004)

Hombres	44 W/m ² (79W)
Mujeres	41W/m ² (65W)

También se puede calcular por el método de pulsaciones por minuto.

Velocidad del Metabolismo $M=4.0*RC - 255$

RC son las pulsaciones por minuto (ppm), rango:

120ppm y max-200ppm (el valor máximo: 200ppm - edad del individuo).

3.3 BIENESTAR EN EL AMBIENTE

Los índices de bienestar son para facilitar el conocer el efecto de dos o mas parámetros simples. Cada parámetro contribuye una información sobre el confort en una específica situación.

Parámetros para bienestar:

Tabla 3 Parámetros de Bienestar (Neila Gonzalez, 2004)

Condiciones Interiores de Bienestar <i>Higrotérmico</i>			
Estación	Temperatura Operativa °C	Velocidad media del Aire m/s	Humedad Relativa %
Verano	23-25	0.18-0.24	40-60
Invierno	20-23	0.15-0.20	40-60

Las condiciones del interior de bienestar higrotérmico en las estaciones de verano, en condiciones de una edificación normal, con ventanas en una proporción no alta, esta determinada en la siguiente tabla, según J. Neila (2004).

3.3.1 CLO

CLO, viene del vocablo clothing (ropa en ingles). Es un coeficiente de transmisión térmica, que lo determina la relación entre la vestimenta de la persona y las condiciones externas del ambiente con las características de una temperatura de 20°C, humedad relativa del 50%, estado de actividad en reposo y sin incidencia solar directa.

La vestimenta de una persona es un factor de importancia, porque ésta puede producir una sensación de calor dependiendo la cantidad de ropa que lleve puesta, que se le llama arropamiento.

Tabla 4 (Neila Gonzalez, 2004)

Relación de Parámetros Vinculados a Bienestar	
Parámetros Geográficos	Latitud
	Altitud
Parámetros Atmosféricos/Climáticos	Temperatura
	Humedad
	Viento
	Radiación
Parámetros Personales	Actividad
	Arropamiento
	Edad
	Sexo
Parámetros del Espacio Interior	Previsibilidad Subjetiva
	Tiempo de Ocupación
	Gradiente Vertical de Temperatura
	Radiación de Onda Larga Emitida por los Parámetros Interiores
	Variación Periódica de la Temperatura
Asimetría Radiante entre los Parámetros	

Un clo, para tener una interpretación de confort térmico equivale a una resistencia térmica de 0.15 metros cuadrados por los grados centígrados dividido la cantidad de watts.

$$1 \text{ clo} = 0.15 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

Cada prenda de la vestimenta tiene un aislamiento térmico que es un valor clo determinado por la ISO 7730,

3.3.2 GÉNERO Y EDAD

Habitualmente las mujeres prefieren ambientes mas calidos que los hombres, aproximadamente medio grado centígrado °C. Por lo general en cuanto a la edad no se puede generalizar porque algunas personas, cuando son mayores sienten más frío y otras más calor. Por lo tanto no se puede determinar un coeficiente para este factor.

Tabla 5 Valores de la vestimenta para el uso de CLO. Fuente (Neila Gonzalez, 2004)

Tipo de Prenda CLO - ISO 7730		
ROPA INTERIOR	Calzoncillo	0.03
	Camiseta de Tirantes	0.04
	Camiseta de manga corta	0.09
	Camiseta de manga larga	0.12
	Sujetador	0.03
	Calcetines normales	0.02
	Calcetines largos gruesos	0.10
	Medias de nylon	0.03
CAMISAS Y BLUSAS	de manga corta	0.15
	Ligera, con manga larga	0.20
	Normal, con manga larga	0.25
	Gruesa, con manga larga	0.30
PANTALONES	Cortos	0.06
	Ligeros	0.20
	Normales	0.25
	Gruesos	0.28
	Mono de Trabajo	0.55
FALDAS	Ligera, de verano	0.15
	Gruesa, de invierno	0.25
	Ligero, con manga corta	0.20
	Grueso, con manga larga	0.40
SUETERS (JERSEYS)	Sin mangas, tipo chaleco	0.12
	Jersey Fino	0.20
	Jersey normal	0.28
CHAQUETAS	Jersey grueso	0.35
	Ligera, de verano	0.25
	Normal	0.28
ROPA AISLANTE	Bata	0.30
	Overall	0.90
	Pantalones	0.35
	Chaqueta	0.40
ROPA PARA EXTERIOR	Vestido	0.20
	Abrigo	0.60
	Chaquetón	0.55
CALZADO Y GUANTES	Zamarra	0.70
	Zapatos de suela fina	0.02
	Zapatos de suela gruesa	0.04
	Botas	0.10
	Guantes	0.05

3.3.3 OCUPANCIA DEL AMBIENTE

Otro factor es el tiempo que se va a ocupar el ambiente, porque el ser humano necesita aproximadamente tres horas para adaptarse a las condiciones que se presenten distintas.

T_s =Temperatura de bulbo seco °C

P_v =Presión de vapor (Pa)

Z= Indica la sensación higrotérmica que se tiene.

Tabla 6 (Neila Gonzalez, 2004)

SENSACIÓN HIGROTÉRMICA (Z)	
Z=3	Calor o Caluroso
Z=2	Cálido
Z=1	Ligeramente Cálido
Z=0	Neutro (confort)
Z=-1	Ligeramente Fresco
Z=-2	Fresco
Z=-3	Frío

Tabla 7 Voto Medio Estimado de Sensación Higrotérmica, (Neila Gonzalez, 2004)

OCUPACIÓN DE 1 HORA O MENOS	
HOMBRES	$Z = 0.22 * T_s - 0.233 * 10^{-3} * P_v - 5673$
MUJERES	$Z = 0.272 * T_s - 0.248 * 10^{-3} * P_v - 7245$
HOMBRES	Y $Z = 0.245 * T_s - 0.248 * 10^{-3} * P_v - 6475$
MUJERES	
OCUPACIÓN DE 2 HORAS	
HOMBRES	$Z = 0.221 * T_s - 0.270 * 10^{-3} * P_v - 6024$
MUJERES	$Z = 0.283 * T_s - 0.270 * 10^{-3} * P_v - 7694$
HOMBRES	Y $Z = 0.252 * T_s - 0.240 * 10^{-3} * P_v - 6859$
MUJERES	
OCUPACIÓN DE 3 HORAS O MAS	
HOMBRES	$Z = 0.212 * T_s - 0.293 * 10^{-3} * P_v - 5949$
MUJERES	$Z = 0.275 * T_s - 0.255 * 10^{-3} * P_v - 8622$
HOMBRES	Y $Z = 0.243 * T_s - 0.278 * 10^{-3} * P_v - 6802$
MUJERES	

Esta tabla, se refiere al Voto Medio Estimado, método de Fanger, se describe mediante el valor z , la sensación de confort térmico que tiene cada persona dentro de un ambiente, si se siente confortable o inconfortable, según las variables de humedad, temperatura, el tiempo de ocupación en el ambiente, velocidad del aire, el clo. Es aceptable el 10% de insatisfechos. La velocidad máxima aceptable de cambio de la temperatura del ambiente es de $0.5^{\circ}\text{C}/\text{hora}$ para que tenga tiempo de adaptarse nuevamente al ambiente.

3.4 HERRAMIENTAS PARA MEJORAR EL BIENESTAR DEL AMBIENTE

3.4.1 CLIMOGRAMA DE BIENESTAR ADAPTADO

CBA es una herramienta para mejorar el diseño bioclimático, basada en el confort higrotérmico. Se utilizan los datos climáticos reales del lugar y se ingresan datos del clo, met.

Proporciona información para diseñar las estrategias

necesarias para el confort térmico de la construcción del edificio propuesto.

Está basada en el Climograma de Víctor Olgyay, la zona de confort térmico delimitado por un rango de humedad relativa entre 20% y 80% y un rango de temperatura, siendo las medias mensuales, entre 26.7°C y 21.1°C .

3.4.2 ECOTECT ANALYSIS

Es un software para analizar y simular el rendimiento energético y el análisis del confort en los edificios, permite ingresarle datos climáticos del área de estudio, modelar el edificio, permite visualizar sombras, pérdidas y ganancias térmicas, elección de materiales y datos como la voto medio estimado, que es la sensación del confort térmico.

3.4.3 VOTO MEDIO ESTIMADO

El método de Fanger permite tomar el voto de las personas que utilizan el ambiente en estudio, da como resultado una media de la sensación térmica, PMV (voto medio estimado) y un porcentaje de insatisfechos que son

las personas que sienten demasiado frío o demasiado calor PPD (porcentaje de insatisfechos). Esta herramienta permite realizar una recopilación de datos de los ocupantes y tomar una situación real de sensación térmica del usuario. Se recomienda siempre la misma hora para tomar datos.

3.5 ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMATICO

Al momento de diseñar alguna edificación se pueden aprovechar de una manera sostenible los recursos que el lugar nos ofrece, como el empleo de materiales del lugar, aprovechamiento de las energías naturales como el sol, viento, agua, que estos edificios estén adaptados al lugar, abiertas a su entorno, creando una conexión con la naturaleza, creando espacios de confort y tratando de no emplear soluciones mecánicas.

En la arquitectura bioclimática se mencionan tres pilares indispensables, la captación de energía, su acumulación y su distribución, según J Neila (2004) p. 261.

Para la captación de la energía existen varios sistemas pasivos o mecánicos para este fin, se pueden utilizar

muros, lucernarios, ventanas, cubiertas etc. Tienen que estar correctamente orientados y la adecuada superficie expuesta para la captación necesaria de la energía del sol.

En los climas calurosos, o en verano hay un exceso de calor en el interior, lo cual es necesario facilitar su ventilación.

Existen estrategias para proteger del sobrecalentamiento y para eliminación del sobrecalentamiento. Para la eliminación de esta condición de exceso de calor, se puede sustituir el aire interior sobrecalentado por aire del exterior.

Las medidas preventivas son, orientación adecuada para las ventanas, sombreado de ventanas, selección adecuada de vidrios, cubiertas verdes, sombreado, color, etc. Medidas de eliminación: Ventilación .

3.5.1 MEDIDAS DE ELIMINACIÓN DEL SOBRECALENTAMIENTO:

Si una edificación no posee las medidas preventivas de sobrecalentamiento, habrá que tomar medidas que solucionen el problema, y la disposición

que se emplea es la **ventilación**.

La ventilación, es la manera en que se puede sustituir el aire interior por aire exterior, siendo este más fresco, aún estando a una alta temperatura, será mucho mejor porque es aire en movimiento, que tendrá una mejor calidad.

Temperatura efectiva, es la sensación que tenemos por el movimiento del aire hará que se sienta más fresco el ambiente.

Para resolver esta situación se tienen tres factores que pueden ayudar:

- a) Incremento de la velocidad del aire, si se incrementa la velocidad del aire en 2.0 m/s bajara la sensación de calor 1 °C. Otra de las soluciones es la ventilación cruzada, movimiento del aire por convección, en partes altas de la habitación. Aunque la velocidad del viento puede ser incomoda cuando es mayor de 1.1 m/s, algunas ocasiones en verano muy caluroso es aceptable velocidades hasta de

3m/s en exteriores.

- b) Incorporar superficies frías, la radiación de los objetos también influye en la temperatura, fresca por paredes frías, debido al sombreado de arboles. Muros de gran altura.
- c) Reducción de la humedad relativa, es difícil su control pero favorece a la evaporación del sudor. Se podría en algunos lugares sustituir el aire húmedo, por aire exterior menos húmedo.

Existen sales absorbentes las cuales ayudan a eliminar la humedad.

La ventilación puede ser natural: cruzada o directa.
Ventilación forzada: recalentamiento en fachada o cubierta, chimenea solar, extracción por viento.
Ventilación inducida: chimenea de viento de una boca, o de múltiples bocas.

3.5.1.1 Ventilación Forzada: Cuando no es suficiente la ventilación natural, pueden usarse dispositivos mecánicos que hagan que la ventilación natural sea eficaz o refuerzos con otros sistemas pasivos.

3.5.1.2 Ventilación Natural: Se puede acelerar el movimiento del aire, sobrecalentando el aire interior, con una salida dirigida para evacuar ese calor generado. Las chimeneas térmicas o solares eliminan el aire caliente, colocadas en puntos altos para que el aire caliente sea extraído por medio de ellas, estas tienen expuesto al sol, un tramo que es pintado de negro o de metal para captar el calor del sol y se recubre de vidrio para mantener una cámara de aire provocando el efecto invernadero, y así succiona el aire caliente del interior de la habitación, generando un movimiento de aire interno y refrescando el ambiente con una renovación de aire.

3.6 CHIMENEA SOLAR COMO SISTEMA PASIVO

Esta estrategia se puede utilizar para incrementar el flujo de aire dentro del edificio, evitando el uso de aparatos

mecánicos y lograr un ahorro energético. Utiliza principios físicos, como el de la convección, haciendo uso de la energía radiante del sol, que calienta el ducto y crea un flujo de aire hacia arriba, la diferencia de gradientes de temperatura del interior y el exterior (en el ducto de la chimenea) crea ese flujo; se usa también la velocidad del viento para incrementar la salida del aire caliente que es mucho menos denso arriba que el que se encuentra abajo, porque a mayor altura menos presión y mayor velocidad del viento.

El movimiento del aire provoca más renovaciones del aire interior de la habitación y que exista movimiento suave para que refresque el ambiente.

La orientación de la chimenea es importante porque la incidencia solar debe ser directa, sin obstáculos. El ducto con las dimensiones adecuadas para que tenga succión del aire, del material adecuado con buena absorción de calor y buena transmitancia térmica y buena retención o resistencia térmica del mismo.

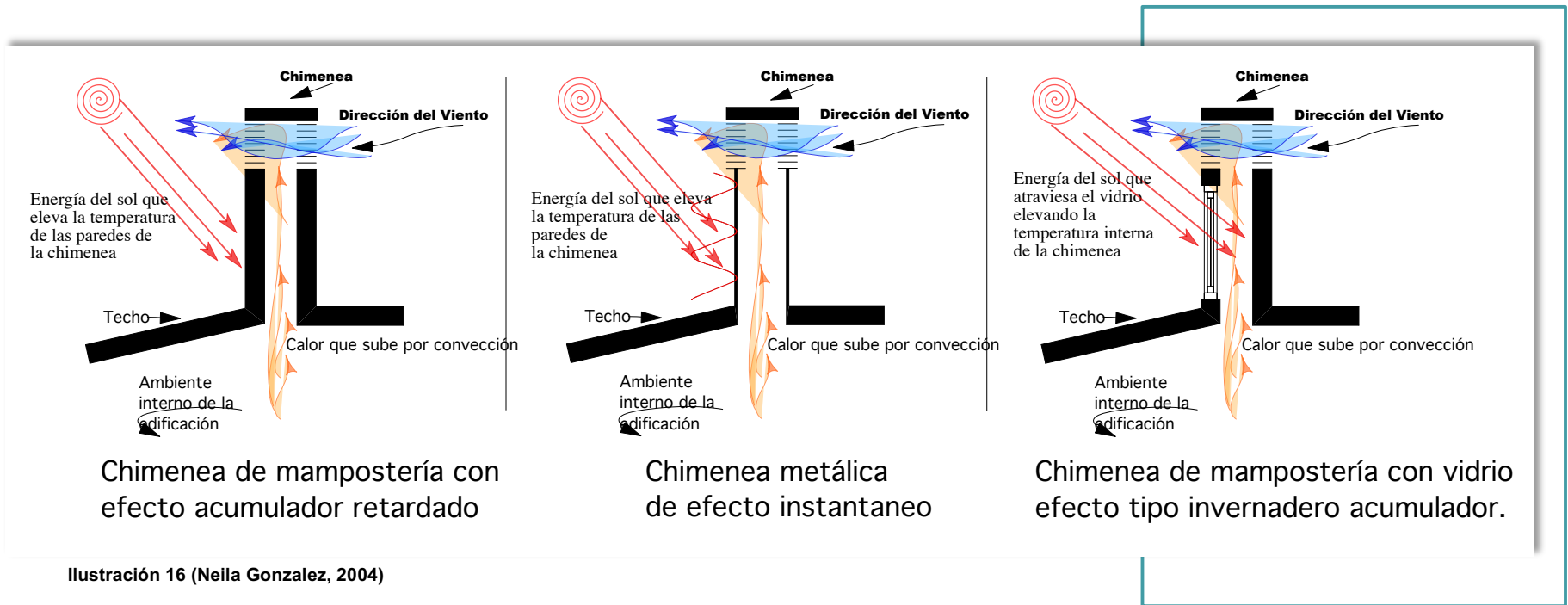


Ilustración 16 (Neila Gonzalez, 2004)

Esta ilustración muestra tres tipos posibles de chimenea, todas alimentando su energía calórica con la radiación del sol, en la chimenea de mampostería por ser un sistema de materiales con valor U menor, su transmitancia térmica es menor al paso de energía calórica al ducto, valor $U=0.7-0.9$ que lo hace no buen conductor de calor.

El segundo caso muestra un ducto de material mas delgado como un metal, que tiene un valor U más alto, 45, por consiguiente ganará mas rápidamente energía y la

transmitirá por conducción hacia el ducto, generando energía cinética en el aire que tenderá a subir.

El tercer caso muestra que el ducto esta construido por un lado con vidrio y el otro con mampostería, el vidrio tiene bajo el valor U (0.7) pero tiene la propiedad de que no es opaco, esto permite que los rayos del sol atraviesen su espesor y por radiación se caliente el ducto, de esta manera existe succión del aire.

3.7 MODELOS DE CHIMENEAS SOLARES

No es frecuente encontrar el uso de chimeneas solares, no obstante la preocupación por el ambiente ha encaminado a los diseñadores a buscar otras alternativas de sistemas pasivos de ventilación como este tipo de chimeneas solares, o ventilaciones cruzadas, muro trombe, chimeneas de enfriamiento etc.

En la imagen se observa en el techo varias chimeneas solares en la Escuela Sidwell. Washington DC, USA.

Cuando las ventanas se abren en las aulas, los sistemas de aire acondicionado se cierran y son remplazados por sistemas de ventilación natural, las chimeneas solares mejoran la circulación de la ventilación, el aire caliente se eleva a través de los ejes verticales y sale por las aberturas de la chimenea.



Imagen 1 Escuela Sidell, Washington DC

<http://www.sidwell.edu/about/environmental-stewardship/green-buildings>

En la imagen 2 se observa varias chimeneas solares para ventilación, ubicadas en Líbano, el material del ducto es metal, rodeada de una cámara de vidrio completamente menos en la parte superior la cual es de metal, color negro.



Imagen 2 Chimenea Solar en Líbano Fuente: <http://pin.it/ULZ2F9f>

El teatro temporal The Shed, ubicado en el área del Teatro Nacional de Londres, Inglaterra, en su diseño se imponen cuatro chimeneas solares, elevadas en las cuatro esquinas del teatro, ayudando a ventilar el interior utilizando el método de convección.

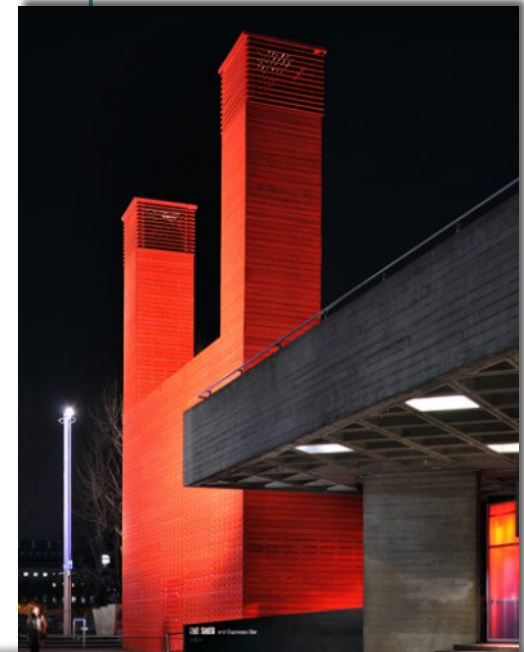


Imagen 3 The Shed, teatro temporal en el Teatro Nacional de Londres. <https://www.dezeen.com/2013/04/06/the-shed-at-the-national-theatre-by-haworth-tompkins/>

Imagen 4, se observa una chimenea experimental de varias universidades europeas para lograr una ventilación natural forzada en una escuela en Suecia. Se toma en cuenta sus coordenadas en cuanto a su ubicación para obtener la mayor captación de la energía solar por medio de la radiación, se utilizan materiales como el vidrio y metal para poder captar la energía y esta energía calórica generará movimiento del aire por convección del aire interno de la escuela..



Imagen 4 Chimenea Experimental, escuela en Suecia
<https://www.asb.sk/tzb/vetranie-a-klimatizacia/solarny-komin>

Imagen 5, Se aprecian las chimeneas solares del centro de formación e investigación en Singapur, BCA. El edificio reduce su uso de electricidad, utilizan varios sistemas solares pasivos. El calor que se produce y acumula en el conducto de la chimenea, es impulsado hacia el exterior, succionando el aire del interno del edificio por lo que la presión del aire baja y entra aire del exterior hacia su interior.

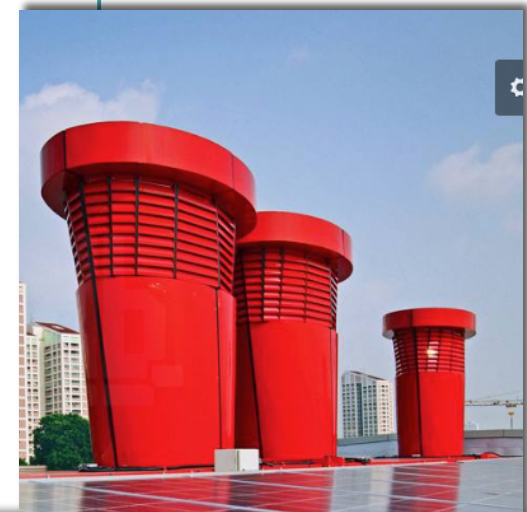


Imagen 5 Chimenea Solar en Academia BCA, Singapur
<http://kooy.ir/News1274.html>

Imagen 6. Se muestra una de las chimeneas solares a escala completa que han sido construidas y probadas en el Departamento de Termodinámica e Ingeniería Ambiental de la Universidad de Tecnología de Brno en la República Checa.

Investigan el comportamiento de las chimeneas bajo las diferentes condiciones climáticas que se presentan a lo largo del año.

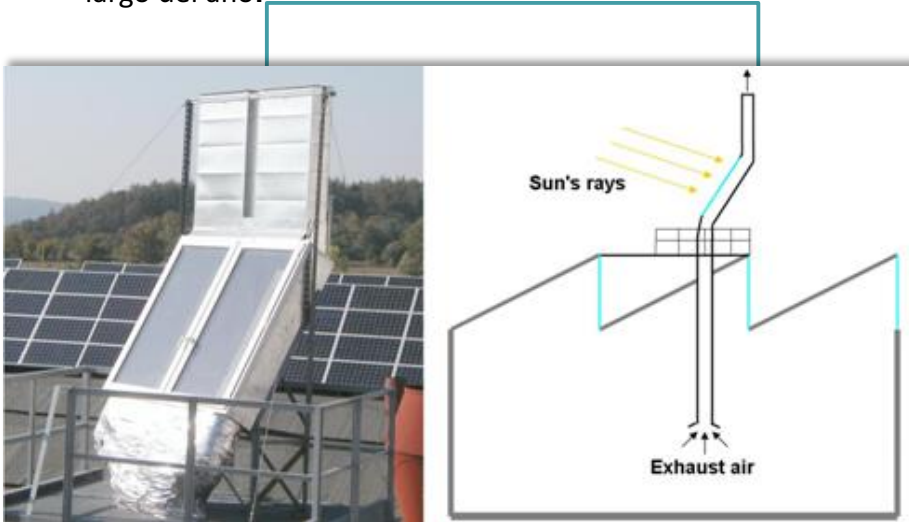


Imagen 6 Diseño Experimental de la Universidad de la República Checa.

<http://ottp.fme.vutbr.cz/laboratore/e-komin.php>

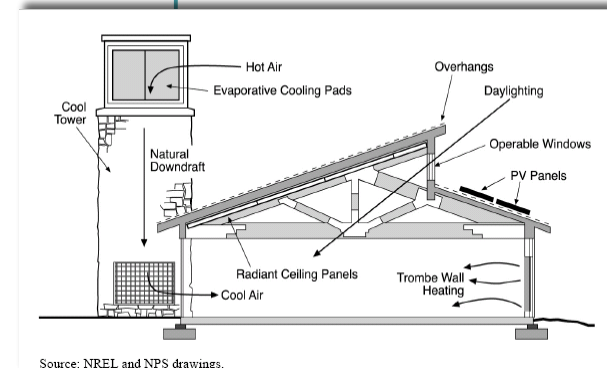
3.7.1 CHIMENEAS DE ENFRIAMIENTO

Ejemplo en el Centro de Visitantes en el parque Zion, Las Vegas, USA. Las torres dejan ingresar aire fresco del exterior.



Imagen 7 Zion, Las Vegas USA.

http://greenbuildingbrain.org/buildings/zion_visitor_center



Source: NREL and NPS drawings.

3.7.2 CHIMENEA SOLAR COMO COLECTOR DE ENERGÍA.

Esta propuesta española en 1903, la Central de Manzanares, como colector de energía, construido en 1982, con el fin de extraer energía solar. Existen diferentes maneras de captar la energía solar, una de ellas es por medio de una chimenea solar, como colector solar con materiales que atraen la energía del sol la cual eleva la temperatura radiante. El español Isidoro Cabanyes, inventor del motor aero solar que fue patentado en 1902. Es un diseño de torres con gran altura pintada de negro, y por medio de la convección del aire provocada por la radiación solar, esta succión de aire acciona turbinas, para generar energía eléctrica.

Se construyó una planta experimental en Manzanares, España entre los años 1970's y 1980's para generar energía eléctrica, desarrollado por un equipo alemán dirigido por Jörg Schlaich, en 1989 fue puesta fuera de operación.

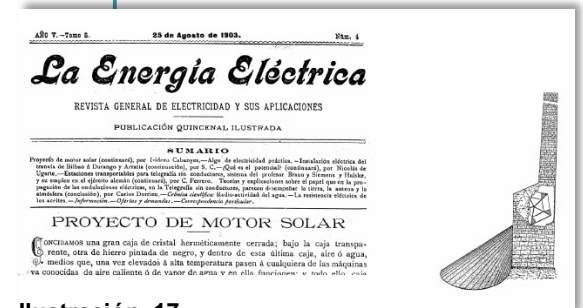


Ilustración 17

<https://html1f.scribdassets.com/4wqueqt1a84nshyz/images/3-30804c9865.jpg>



Imagen 8

<https://html2f.scribdassets.com/4wqueqt1a84nshyz/images/2-740d5eb3db.jpg>

ENTORNO Y CONTEXTO

4 ENTORNO Y CONTEXTO

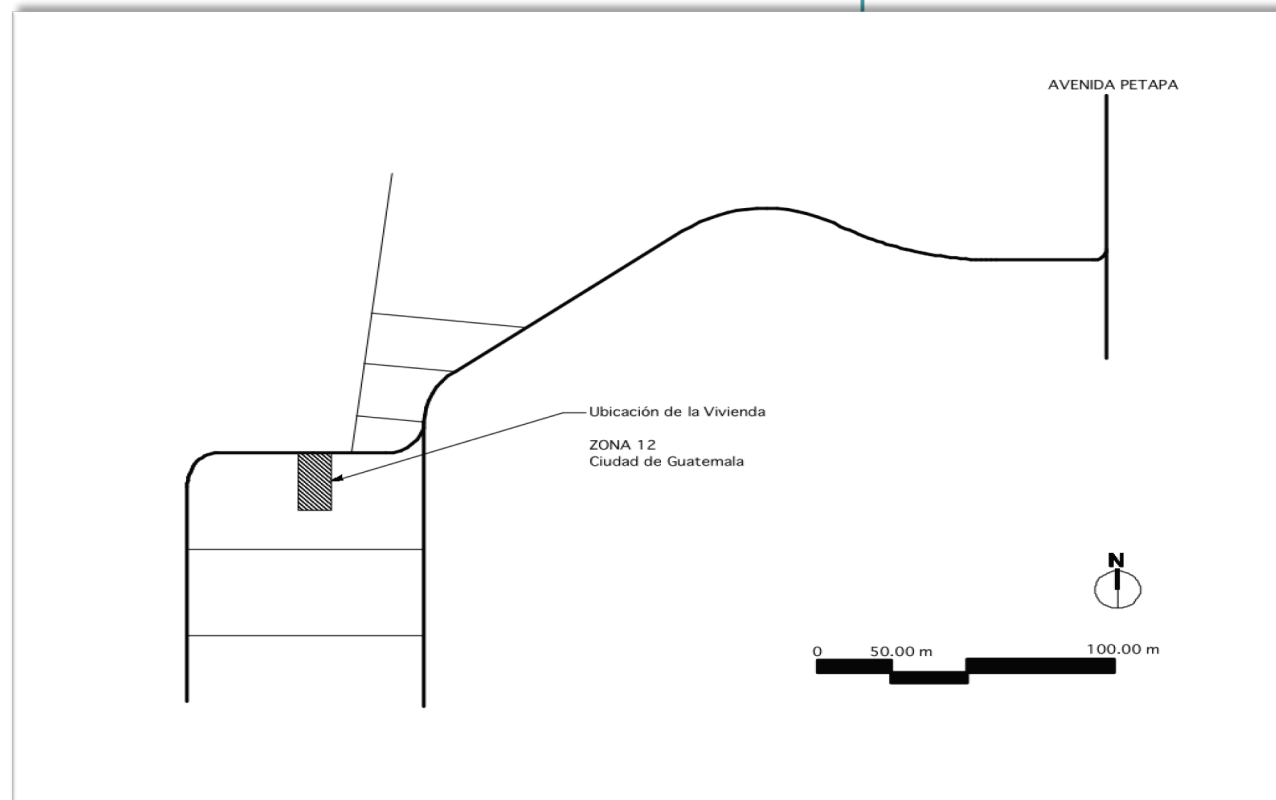
El proyecto a realizar es en la sala de una vivienda la cual posee una chimenea.

4.1 UBICACIÓN:

La vivienda esta ubicada en un área urbana residencial, en la Ciudad de Guatemala en la zona 12.

Su localización :

- Latitud 14°35'57" N
- Longitud 90°33'06" O
- Altitud 1482 m.s.n.m.



4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO:

El perímetro del área inmediata es residencial, con viviendas de uno y dos niveles; cercana a ésta existen áreas comerciales e industriales .
Las calles de acceso son de 5.00m de ancho de asfalto, con acera de 1.20 con área de césped de 1.50.



Plano 2 Ubicación

4.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

La vivienda es de construcción tipo formal, tiene 280.00m². El techo esta constituido por áreas combinadas de superficies planas e inclinadas de dos aguas con un 25% de pendiente, ambos de concreto. Los ambientes están conformados por paredes de ladrillo. El área exterior donde se encuentra el garaje, un porcentaje alto es losa de concreto. El jardín posterior está jardinizado con plantas bajas y pequeños arboles y existe un área de terraza con baldosa.

4.1.2.1 Materiales de la Vivienda:

Techos: Losa de concreto con espesor de 0.15 m tubular con espesor de 15 centímetros, revestidas en ambos lados de mortero de arena y cemento. todos los techos son de concreto con la losa de espesor de 12.5 centímetros con una cubierta de media baldosa de barro cocido, del lado exterior. En su interior el acabado es tipo esponjeado de mortero de cemento y arena.



Imagen 9 Fachada de la Vivienda Z12



Imagen 10 Fachada de Sala de la Vivienda Z12

Cubierta en los techos inclinados media baldosa, sin sellador.

Paredes de ladrillo cocido tubular de $0.40\text{m} \times 0.20\text{m} \times 0.15\text{m}$, con recubrimiento tanto en el interior como el exterior un acabado de sabieta de arena y cemento, pintadas en el exterior color verde claro, y en el interior color marfil.

Los pisos interiores tienen laminado imitación madera.

Los pisos, en su etapa inicial eran de granito, y luego se le ha colocado sobre ellos una cubierta de piso laminado de madera. En el área de cocina y baños tiene piso cerámico y en el comedor piso de madera.

Las paredes en su parte exterior están pintadas de color verde manzana, y en su interior color blanco antiguo.

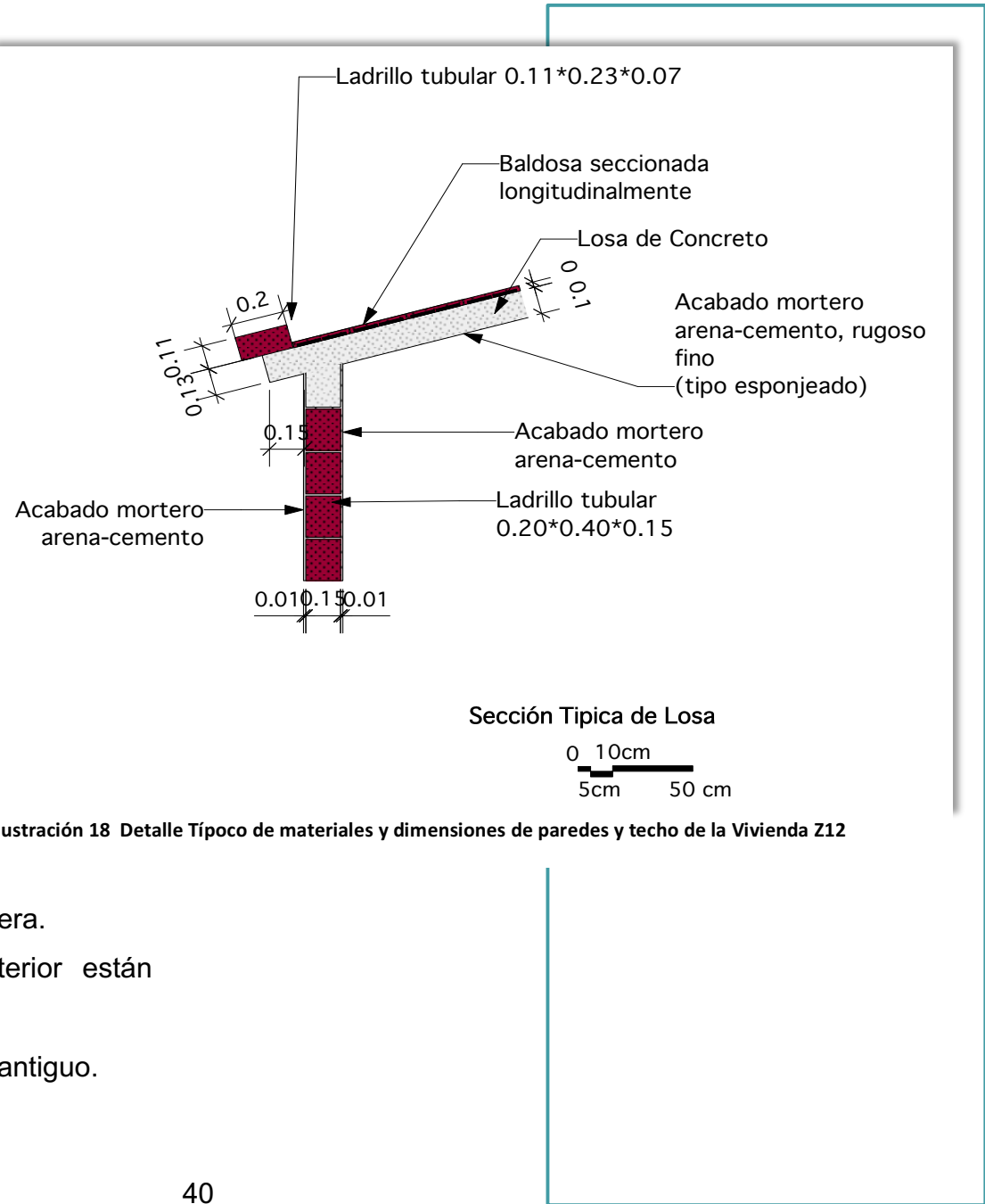


Ilustración 18 Detalle Típico de materiales y dimensiones de paredes y techo de la Vivienda Z12

4.1.2.2 Vegetación:

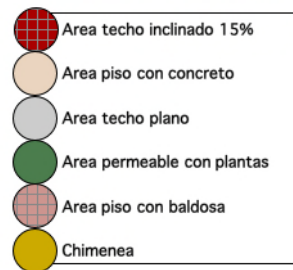
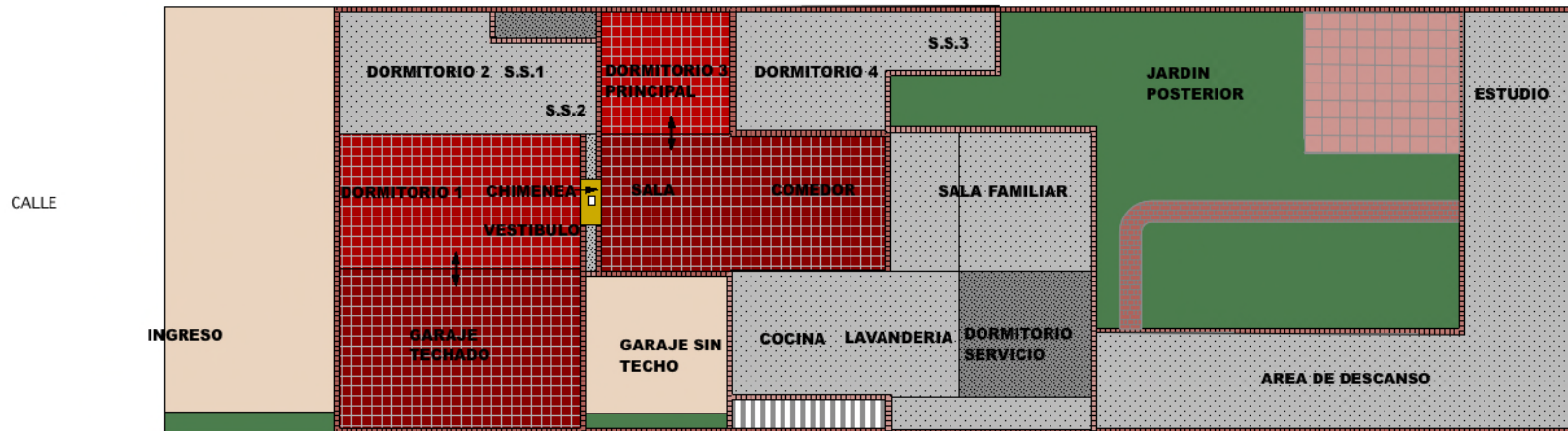
La vivienda no tiene ningún árbol en su fachada principal, hacia la calle; interiormente en el frente existe la vegetación:

- Bugambilia (*Bougainvillea spectabilis*) la cual llena el frente de la fachada.
- Morera (*Morus alba*) árbol de tamaño mediano 4.00 m de altura.
- Plantas pequeñas.
- En el jardín posterior existen pequeños árboles como:
 - Naranja (*Citrus sinensis* var. *Washington navel*), tamaño pequeño 3.00 m de altura.
 - Canela (*Cinnamomum zeylanicum*), con un tamaño de 5:00 m de altura.
 - Guayabos (*Psidium cattleianum*) con altura de 3.00 m.
 - Magnolia (*Magnolia soulangeana*) 4.00 m de alto.
 - arbustos pequeños.
 - plantas bajas



Imagen 11 Vegetación al norte de la vivienda.





Plano 3 Planta de Techos y Areas Permeables

4.1.2.3 Áreas Permeables:

Al frente de la fachada, no hay área permeable, toda es superficie de concreto hasta llegar a la acera, luego la calle esta pavimentada con asfalto.

Interiormente, al frente de la casa esta pavimentada en

su totalidad con concreto, techada parcialmente y solamente cuenta con dos arriates de 0.80 m por 5.00m cada uno.

El jardín trasero tiene un área permeable de aproximadamente 55.00 m².

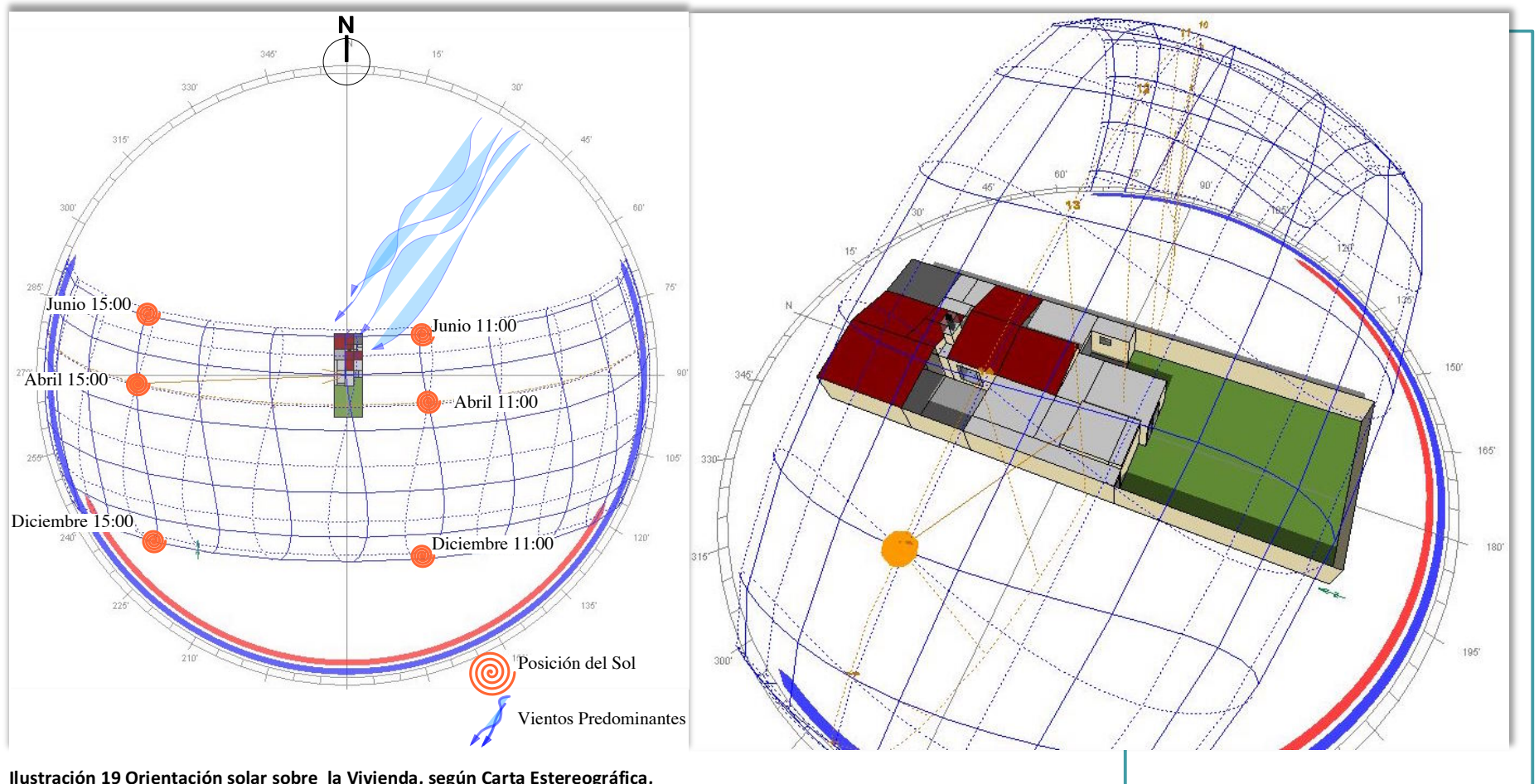
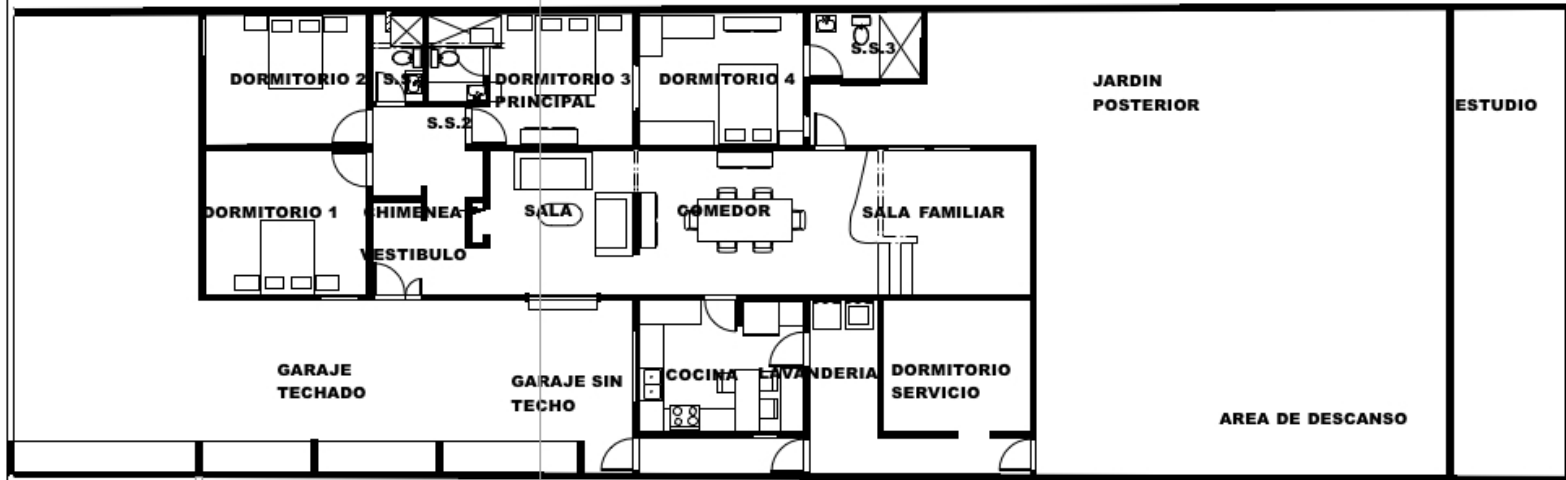


Ilustración 19 Orientación solar sobre la Vivienda, según Carta Estereográfica,
Fuente: Ecotect Analysis.

4.1.2.4 Orientación

La fachada principal de la vivienda esta orientada hacia el Norte, según la ubicación geográfica de la vivienda en la ciudad de Guatemala, en los meses de mayo, junio, julio y agosto, el ángulo solar se inclina más al norte, por esta razón el sol proporciona radiación directa a la fachada norte. En el

mes de abril es casi perpendicular a la fachada oeste por la tarde, el área social de la vivienda tiene orientación oeste con ventanal. Por la inclinación del techo y la ventana del área en estudio, desde las 12:00 horas hasta 18:00 horas recibe fuerte radiación solar. Los Vientos predominantes se originan del Noreste.



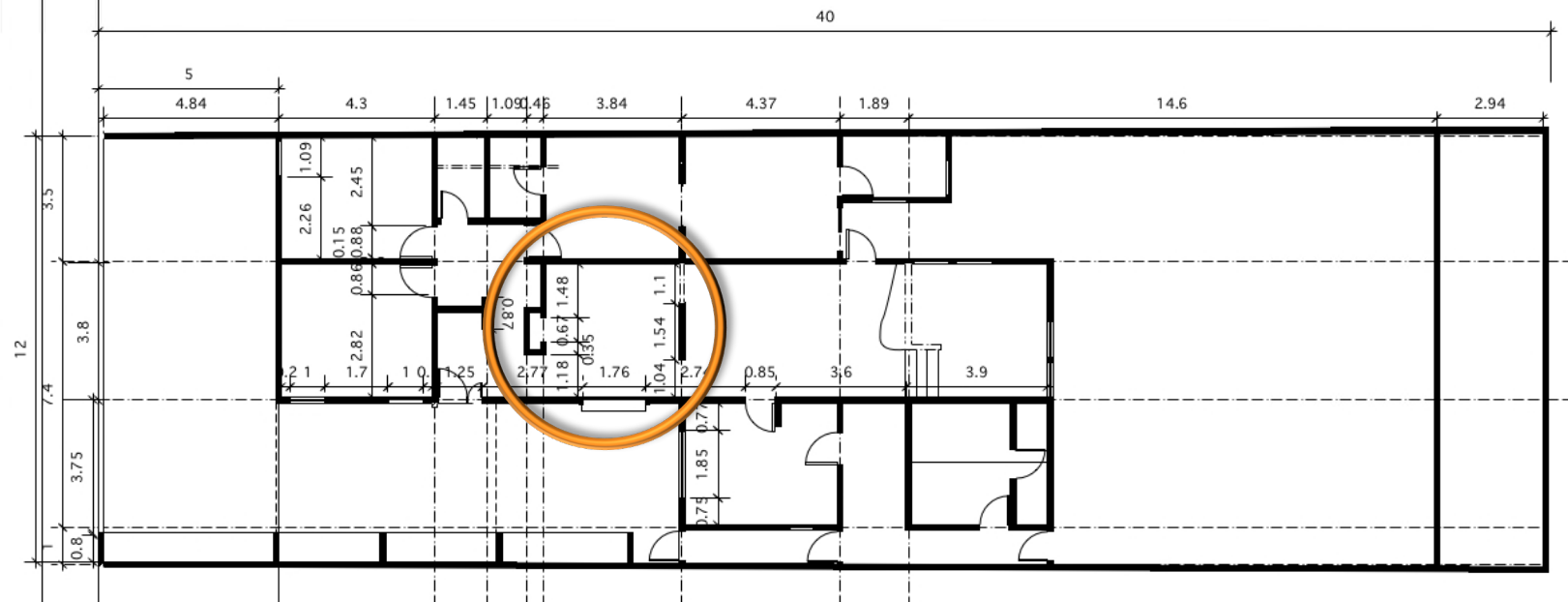
Plano
Planta Amueblada

1,00m 5,00m 10,00m

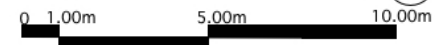
Plano 4 Planta Amueblada

4.1.2.5 Ambientes de la vivienda:

- Garaje
- Vestíbulo
- 4 Dormitorios
- 3 Servicios Sanitarios
- Sala
- Comedor
- Cocina
- Lavandería
- Dormitorio de Servicio
- Servicio Sanitario de Servicio
- Estudio
- Jardín



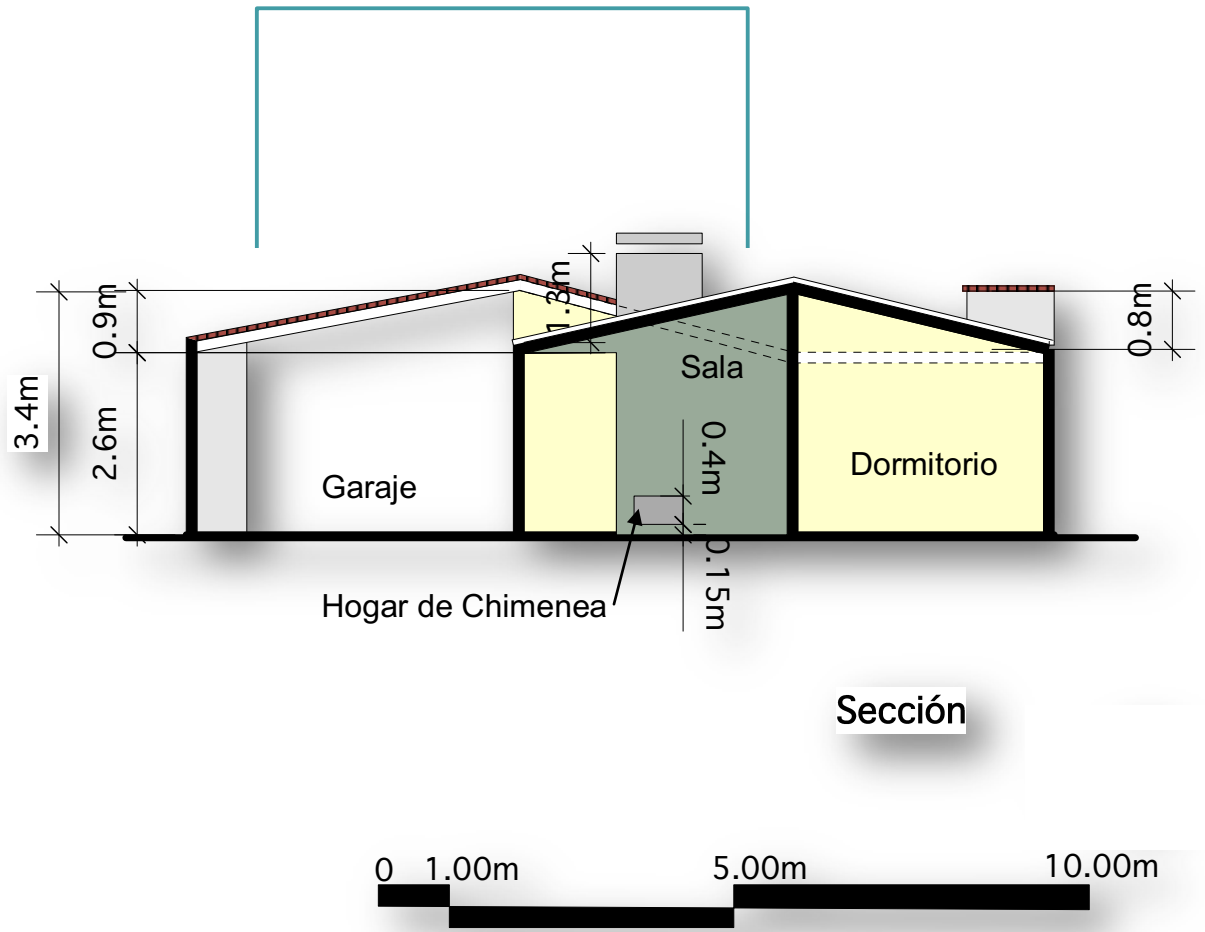
Plano de Cotas



Plano 5 Dimensiones de la Vivienda

4.1.2.6 Áreas del proyecto:

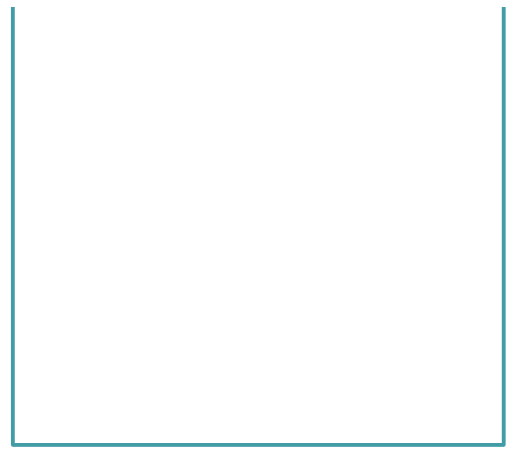
Vivienda techada	280.00 m ²
Jardín	110.00 m ²
Área descubierta no permeable	90.00 m ²
Área de estudio del proyecto: Sala	13.68 m²



La vivienda tiene una altura de 2.60m de piso a techo, y en los ambientes donde el techo tiene inclinación, su altura máxima es de 3.40m. La chimenea sobresale del techo 1.30m. Los servicios sanitarios tienen ventilación cenital, por lo que los techos están elevados 0.80m sobre la altura general de la vivienda.

Sección

Plano 6 Sección de la Vivienda



ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO

5 ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO

5.1 ANÁLISIS

5.1.1 CLIMOGRAMA DE BIENESTAR ADAPTADO (CBA)

Conforme a los datos obtenidos del INSIVUMEH, se promediaron datos de las variables en cuanto a la temperatura mínima, media, alta y humedad relativa en un período de 20 años (1996 y 2016), son las siguientes:

Donde la temperatura media promedio más alta es en el mes de abril, 21.2°C, y con una Humedad Relativa media de un 72.5%. La variable de temperatura en cuanto Olgay que refiere que la zona de confort esta entre 30-40 y 70-80% de

humedad relativa y de 21°C, en algunos meses se encuentran fuera de la zona de confort, (explicado anteriormente).

Aún así, la sensación térmica dentro del área de estudio no es agradable ni confortable, debido a que se encuentra en rangos bastantes cercanos al límite, *los límites de humedad de entre 70%-80% ...en verano 25°C a 50% de humedad, es confortable.* (Neila Gonzalez, 2004).

Además intervienen los parámetros de incidencia solar directa, el CLO, pérdidas y ganancias térmicas debido a las transferencias de calor, MET, el movimiento de aire, los materiales de la vivienda expuestos a la radiación y su transferencia térmica.

Datos promedio de mes de variables de **Temperatura y Humedad Relativa**, Estacion **INSIVUMEH**, La Aurora, Ciudad de Guatemala. (en 20 años 1996-2016).

Promedio	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temperatura Máxima	25.7	27.0	28.0	29.1	28.5	27.1	27.0	27.2	26.6	26.2	25.6	25.6
Temperatura Media	18.1	19.1	20.1	21.2	21.2	20.5	20.6	20.8	19.9	19.8	18.7	18.8
Temperatura Mínima	13.8	14.4	15.4	16.9	17.7	17.7	17.3	17.5	17.5	16.7	15.6	14.4
Humedad Relativa Máxima	93.9	94.3	93.9	93.5	93.1	94.1	95.2	95.2	96.3	95.3	92.6	93.3
Humedad Relativa Media	77.1	76.0	75.6	72.5	77.1	84.7	83.0	84.1	88.3	86.1	82.8	78.3
Humedad Relativa Mínima	50.1	44.6	41.7	43.9	49.2	56.4	52.9	54.7	61.3	58.1	55.0	48.6

5.1.1.1 Calculo de CLO de usuarios

Usuaría 1

Tipo de Prenda	CLO - ISO 7730
Calzoncillo	0.03
Sujetador	0.03
Blusa de manga corta	0.15
Pantalones Gruesos	0.28
Sin mangas, tipo chaleco	0.12
Zapatos de suela fina	0.02
Total	0.63

Usuario 2.

Tipo de Prenda	CLO - ISO 7730
Calzoncillo	0.03
Camiseta de manga corta	0.09
Calcetines normales	0.02
Camisa normal, con manga larga	0.25
Pantalones normales	0.25
Botas	0.10
Total	0.74

Usuaría 3

Tipo de Prenda	CLO - ISO 7730
Calzoncillo	0.03
Sujetador	0.03
Blusa de manga corta	0.15
Falda Ligera, de verano	0.15
Zapatos de suela fina	0.02
Total	0.38

Tabla 8 Calculo de CLO de cada usuario. Fuente Propia

Factor	Usuaría 1	Usuario 2	Usuaría 3
Clo	0.6	0.74	0.38
Genero	Femenino	Masculino	Femenino
Edad	mayor 70	mayor 70	mayor 40
Ocupancia del ambiente	9:00-18:00	17:00-21:00	9:00-18:00 (intermitentemente)
Constitucion del cuerpo	MEDIA	MEDIA	MEDIA
alimentacion	POCA	NORMAL	NORMAL
nivel de actividad	LIGERO CON LAS MANOS	LIGERO CON LOS BRAZOS	LIGERO CON TODO EL CUERPO
factor psicometrico	PASIVA HABITUADA A CLIMA CÁLIDO	MODERADO HABITUADO A CLIMA TEMPLADO	ACTIVO HABITUADO A CLIMA TEMPLADO

Tabla 9 Factores Fisiológicos y Personales. Fuente Propia

Se investigó y se entrevistó a los usuarios para poder llenar con veracidad el programa de cálculo del Climograma de Bienestar Adaptado CBA.

CLIMOGRAMA DE BIENESTAR ADAPTADO

VERANO

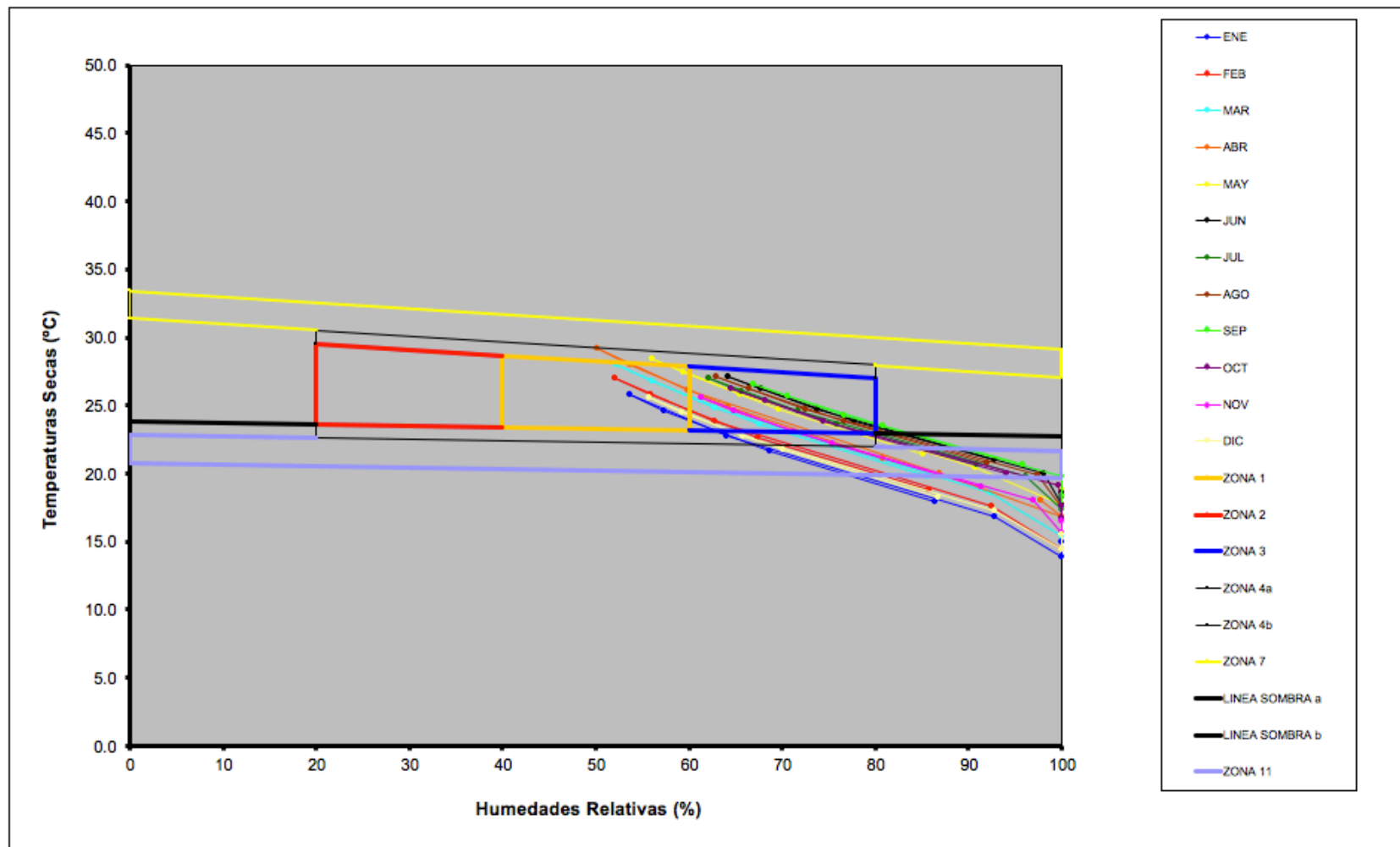


Ilustración 20 Climograma de Bienestar Adaptado, Fuente: (Neila Gonzalez, 2004)

Resumen de la Gráfica de Climograma de Bienestar Adaptado

ZONAS DE BIENESTAR	DESCRIPCION DEL ÁREA	MES
1	Bienestar saludable (menos del 10% insatisfechos)	Enero, febrero, marzo, marzo, abril, mayo,
3	Bienestar algo húmedo para la salud. (menos del 10% insatisfechos)	Febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre
4	Bienestar extendido, (20% de insatisfechos)	Enero, febrero, marzo, noviembre, diciembre.
11	Zona controlada por cargas internas	Marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, diciembre.
SOMBRA		Junio, Julio, Agosto

Tabla 10 Zonas del CBA

Se realizó un CBA con los datos obtenidos, del INSIVUMEH, CLO de los usuarios, ocupación y actividad de las personas.

Ilustración 20, la zona 3 se define como de bienestar higrotérmico pero algo húmedo para la salud. La zona 4 bienestar extendido, con un 20 % de personas insatisfechas..

La zona 11, so se pueden delimitar porque es necesario conocer los parámetros de la edificación, su uso, ocupantes, aparatos eléctricos.

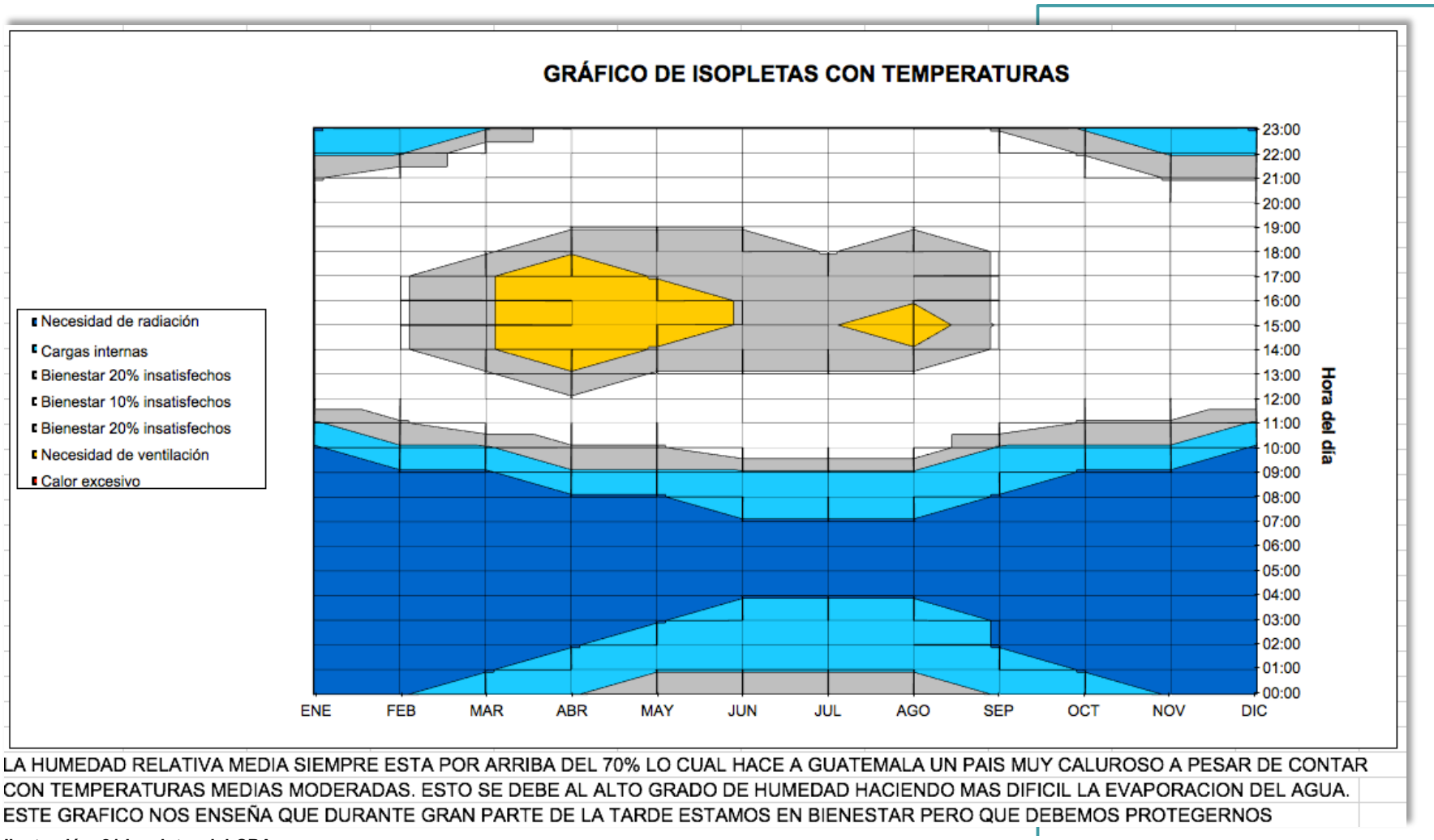


Ilustración 21 Isopletas del CBA

En los meses de marzo, abril y mayo no hay suficiente ventilación en la vivienda en el horario de 13:00 a 18:00 horas. Y los meses de julio, agosto y medio septiembre se necesita ventilar de 14:00 a 16:00 horas. Los meses de enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre

necesitan radiación solar en un horario de 0:00 a 9:00.

Los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre cuentan con un nivel de 20% de personas insatisfechas por lo cual se tendrá que brindar estrategias de acondicionamiento adecuado para proporcionar el

debido confort a los usuarios de la vivienda.

5.1.2 VOTO MEDIO ESTIMADO

Sensacion Termica		Hora	Preferiblemente	
Muy Caluroso	.+3	Mañana	06:00am	
Caluroso	.+2	Tarde	3:00 p.m.	
Ligeramente Caluroso	.+1	Noche	6:00 p.m.	
Neutro, ni frio ni calor	0	Noche	8:00 p.m.	
Algo Fresco	-1			
Frio	-2			
Muy Frio	-3			

MES	HORA	CANTIDAD DE VOTOS						
		.+3	.+2	.+1	0	-1	-2	-3
FEBRERO	14 dias	06:00			0	9		
		15:00	3	15	3	2		
		18:00	3	6	7	3		
		20:00			9	6		
MARZO	31 dias	06:00	1	2	47	30	4	
		15:00	10	28	13	11		
		18:00	19	22	9	3	1	
		20:00	10	12	10	9	7	
ABRIL	30 dias	06:00			9	15	10	
		15:00	11	19				
		18:00	11	17	8			
		20:00	14	15	11			
MAYO	15 dias	06:00			10	10		
		15:00		12	12			
		18:00	11	13	11			
		20:00	11	14		12		

Tabla 11 Resultados de Voto Medio Estimado en la Vivienda

Se utilizó este método, involucrando a los usuarios del área directamente, votando diariamente a horas determinadas, y los resultados son: En febrero se observa que a las 6:00 horas, la sensación térmica esta fresco, y todo el día hasta llegar a las 20:00 horas, la sensación térmica es neutra, no se siente frío ni calor, esta en confort térmico. En el mes de marzo, en todos los horarios se comprobó que la sensación térmica de los usuarios es ligeramente cálida. En el mes de abril, solamente a las 6:00 horas se registró un confort térmico y todo el día el voto medio estimado fue de +2 que es caluroso, sin que se registrara ningún dato en 0 que es neutro, sin frío ni calor, al mismo tiempo se registraron datos de +3 (muy caluroso) aunque no en su mayoría.

En el mes de mayo a las 6:00 y 15:00 los datos son de ligeramente caluroso y a las 18:00 y 20:00 se registran de muy caluroso.

Se analiza que en todos los meses a las 6:00 existe una sensación térmica desde fresco a neutro en su mayoría; y por la tarde y noche, (18:00 y 20:00) van de ligeramente caluroso a caluroso, y en algunos casos muy caluroso.

5.1.3 ECOTECT ANALYSIS

Se realizó un diagnóstico en el software Ecotect Analysis, por el cual teniendo los datos climáticos del INSIVUMEH (20 años), se analizó según el modelo de la vivienda y todas las condiciones de la vivienda, en cuanto a ubicación, materiales y dimensiones. y se pueden observar gráficas y simulaciones, los datos energéticos siguientes según las graficas obtenidas:

Esta gráfica se refiere a las ganancias térmicas directas causadas por el sol. En el horario de 10:00 a 15:00 horas es cuando más incidencia solar hay. En los meses de marzo y abril están entre 9,000 y 12,000 Watts. En los meses de mayo, junio, agosto y septiembre están entre 12,000 y 15,000 watts.

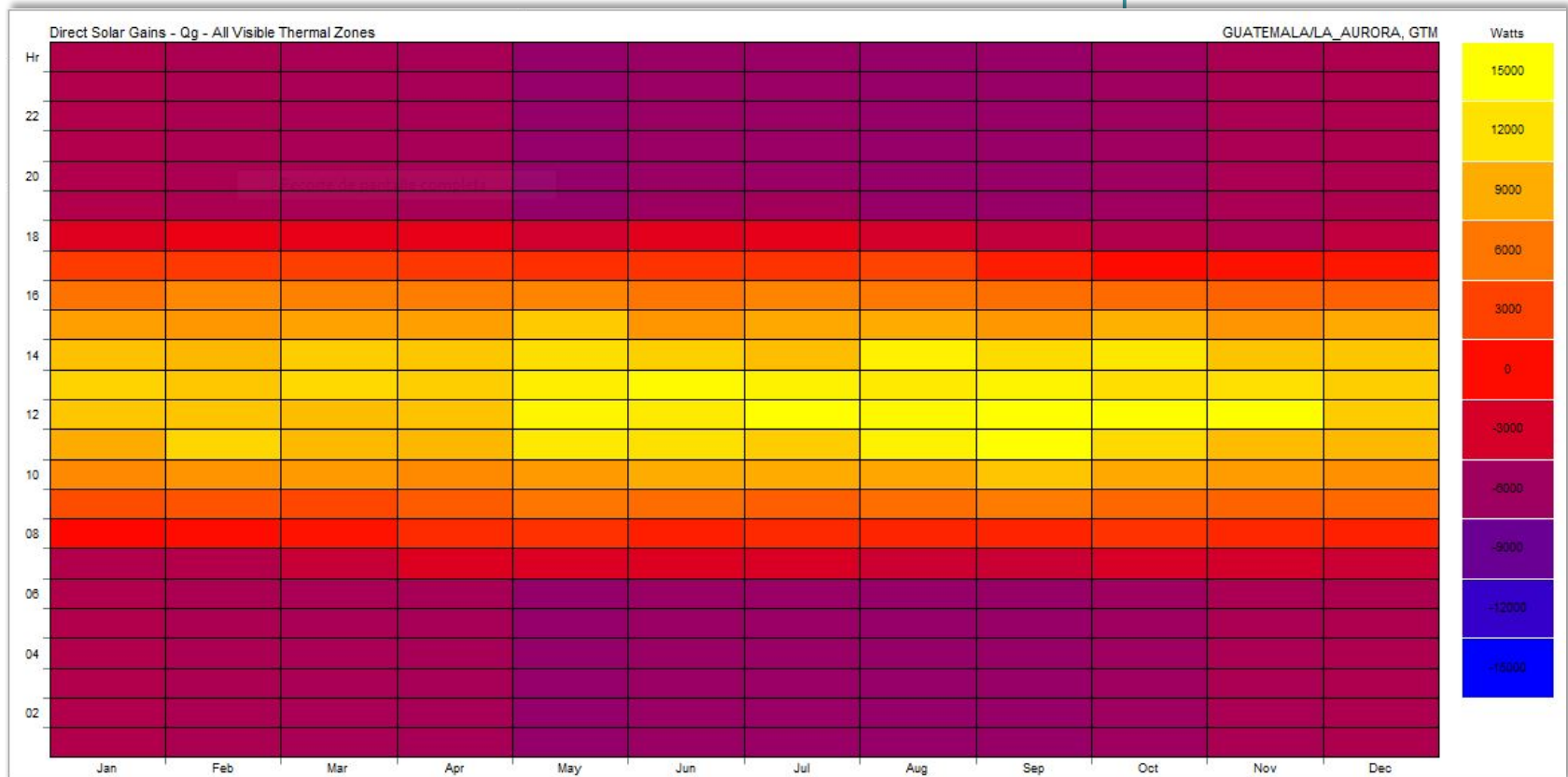


Ilustración 22 Ganancias Térmicas solares directas sobre la vivienda. Fuente: Ecotect

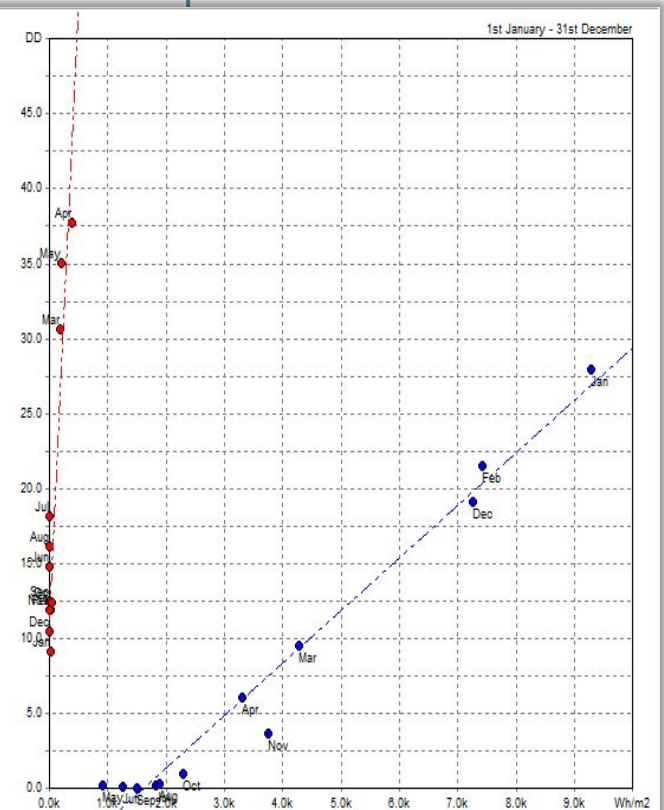
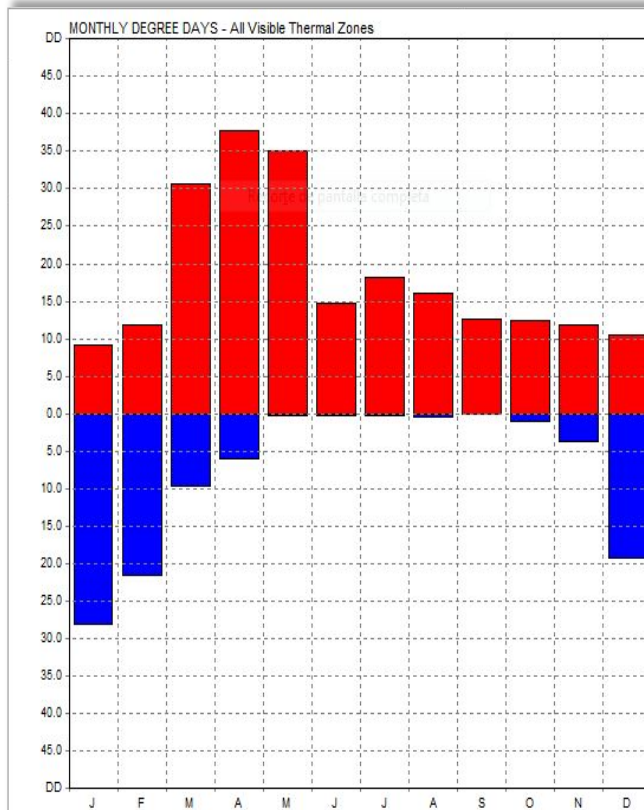


Ilustración 23 Temperaturas anuales en la vivienda Fuente: Ecotect

Se observa la temperatura mensual durante todo el año, en la zona seleccionada que es la sala de la vivienda.

Thermal Comfort
Mean Radiant Temp
Value Range: 28.0 - 35.0 °C
(c) ECOTECT v5

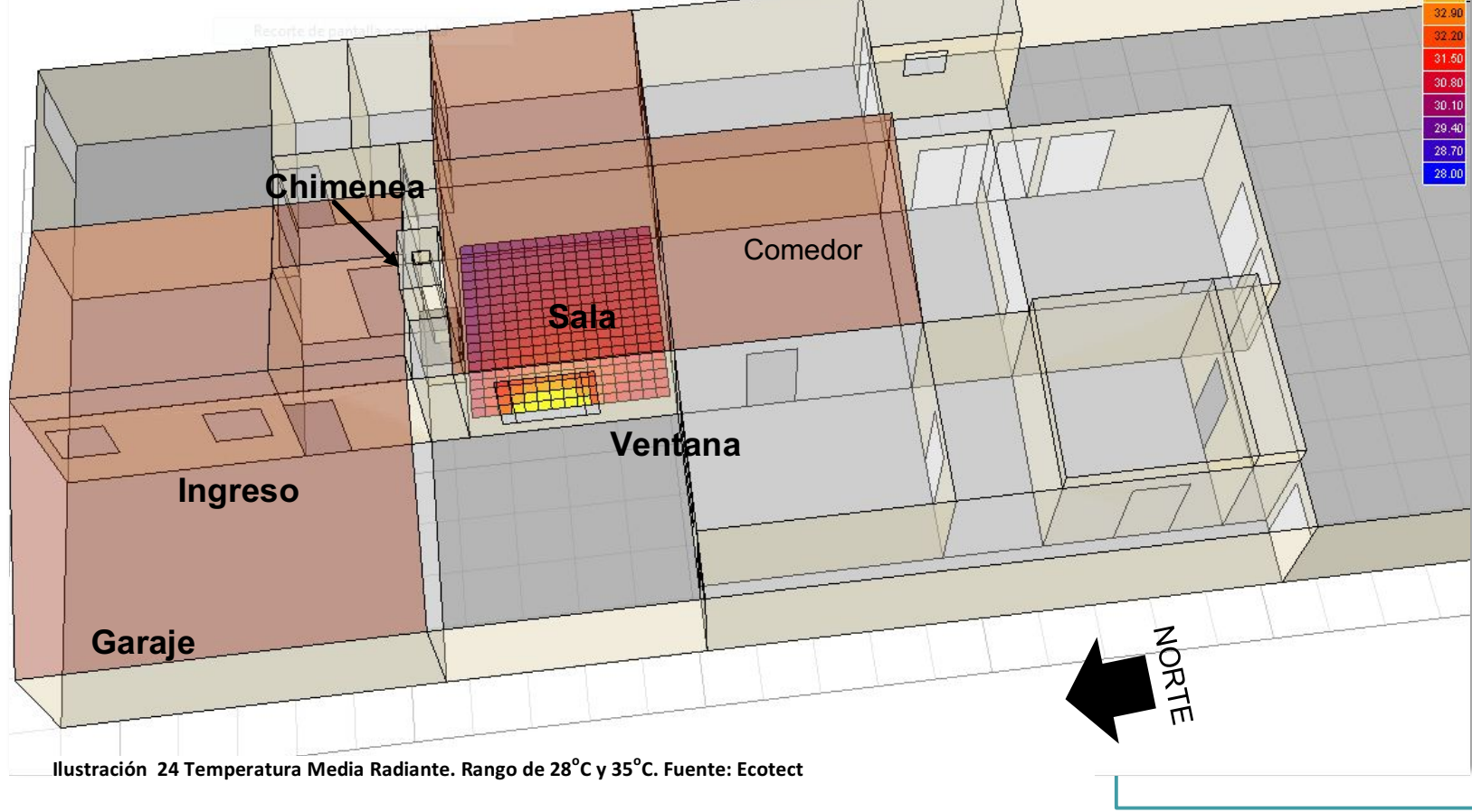
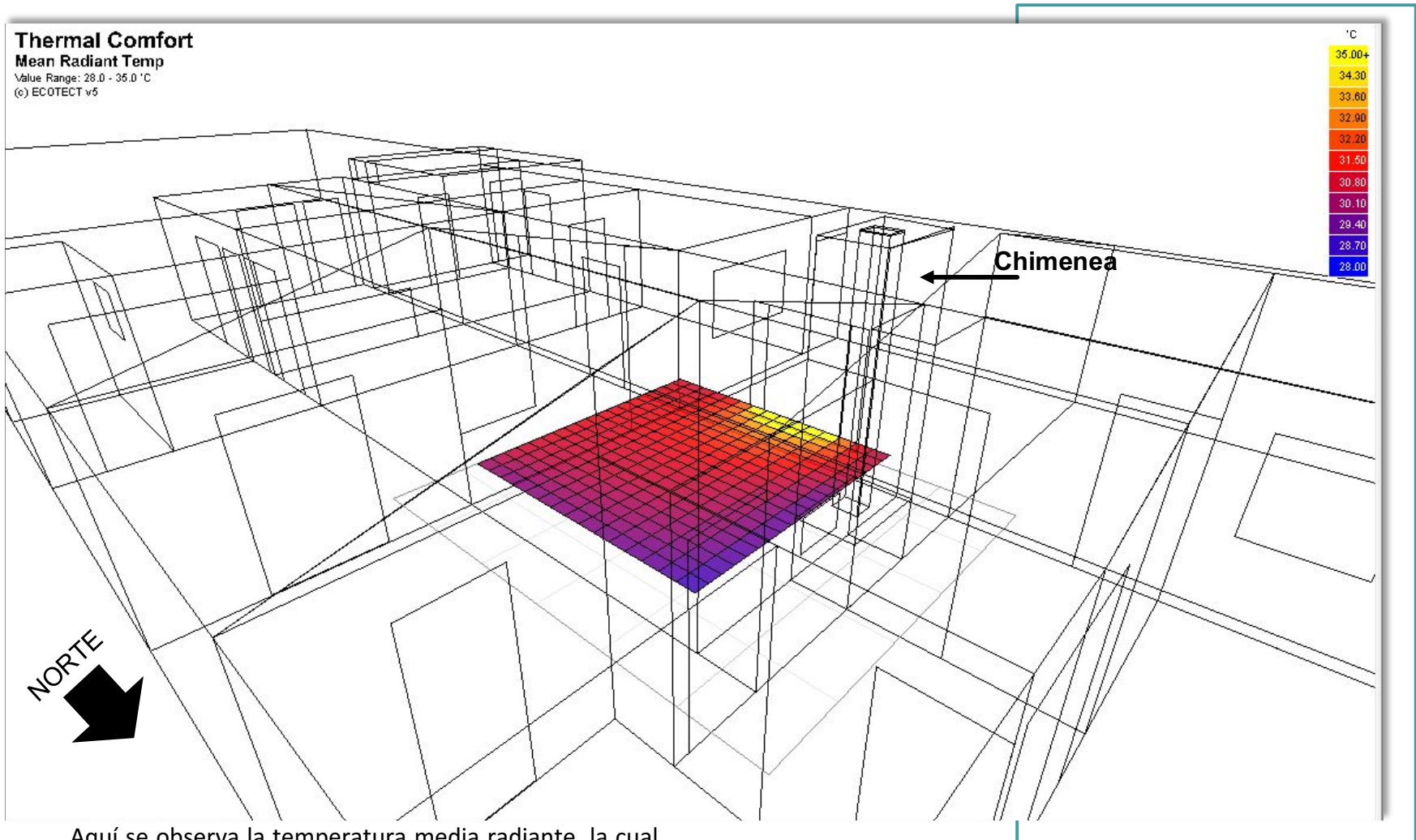


Ilustración 24 Temperatura Media Radiante. Rango de 28°C y 35°C. Fuente: Ecotect

La zona en estudio, sala de estar, con ventana hacia el oeste y la chimenea al norte, su techo es inclinado hacia el oeste, con una altura de 2.56m y 3.40m en su lado más alto.

Para su estudio se tomó el día que presenta mayor temperatura en el año, según los datos obtenidos en el INSIVUMEH y empleados en Ecotect. Este día es abril 14 a las 15:00.



Aquí se observa la temperatura media radiante, la cual es mas alta frente a la ventana con 35.00°C y en el lado opuesto a la ventana con una temperatura de 30°C, frente a la chimenea 29°C y opuesta a ella 30°C, este cálculo realizado en un corte a 0.60 cm desde el suelo.

La temperatura media radiante proyectada en la ilustración 25, se observa que frente a la ventana sube de temperatura a 35°C y baja en la pared opuesta y frente a la chimenea baja a 28°C.

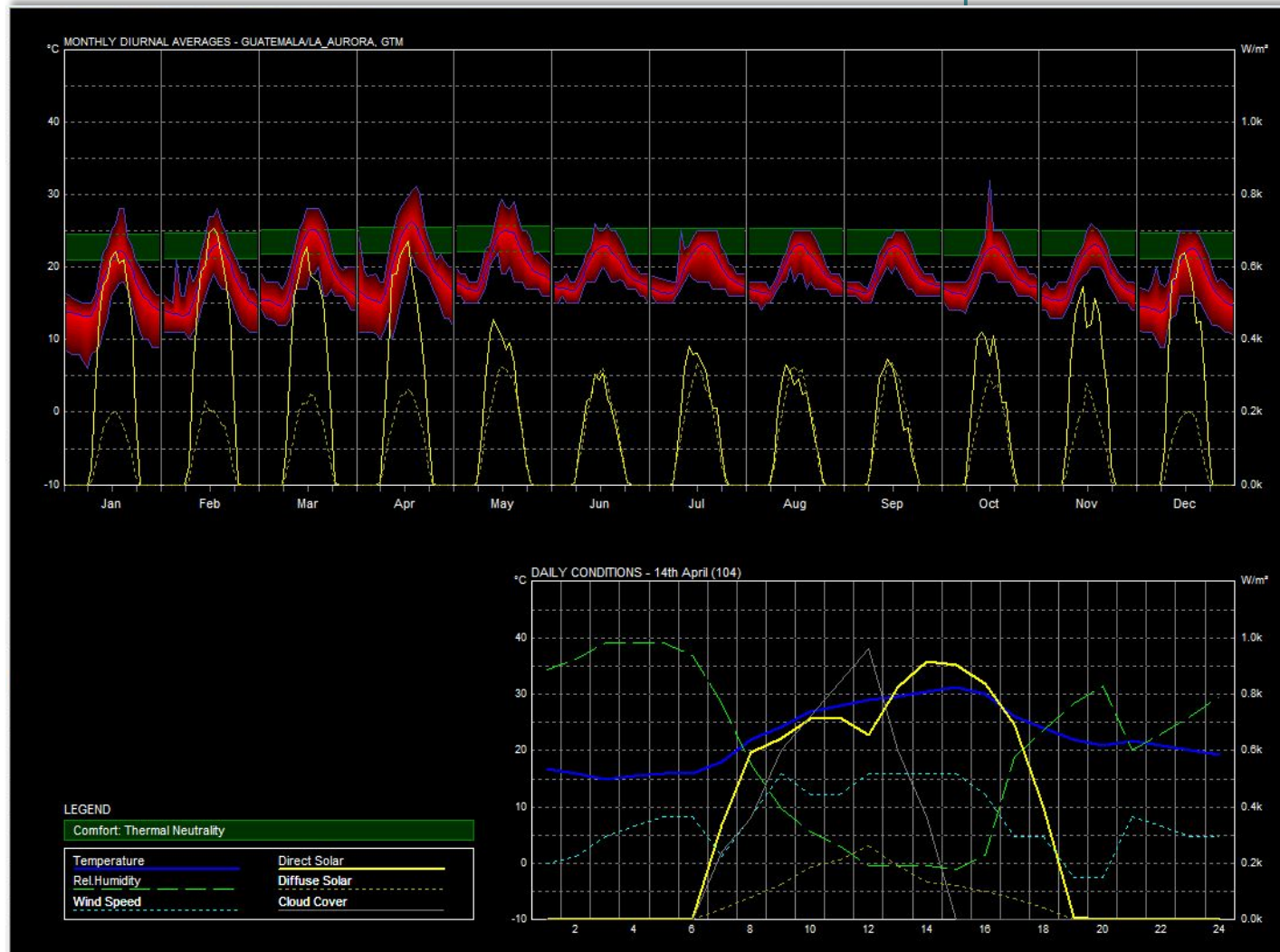


Ilustración 26 Datos de Confort térmico. Fuente: Ecotect

Arriba se observa las variables climáticas promedio mensual, a lo largo del año. Abajo son las condiciones del día considerado según Ecotect, como el promedio de día mas caluroso, que es

en el mes de abril, se observa que la temperatura desde las 8:00 empieza a subir de 20°C hasta llegar a un poco más de

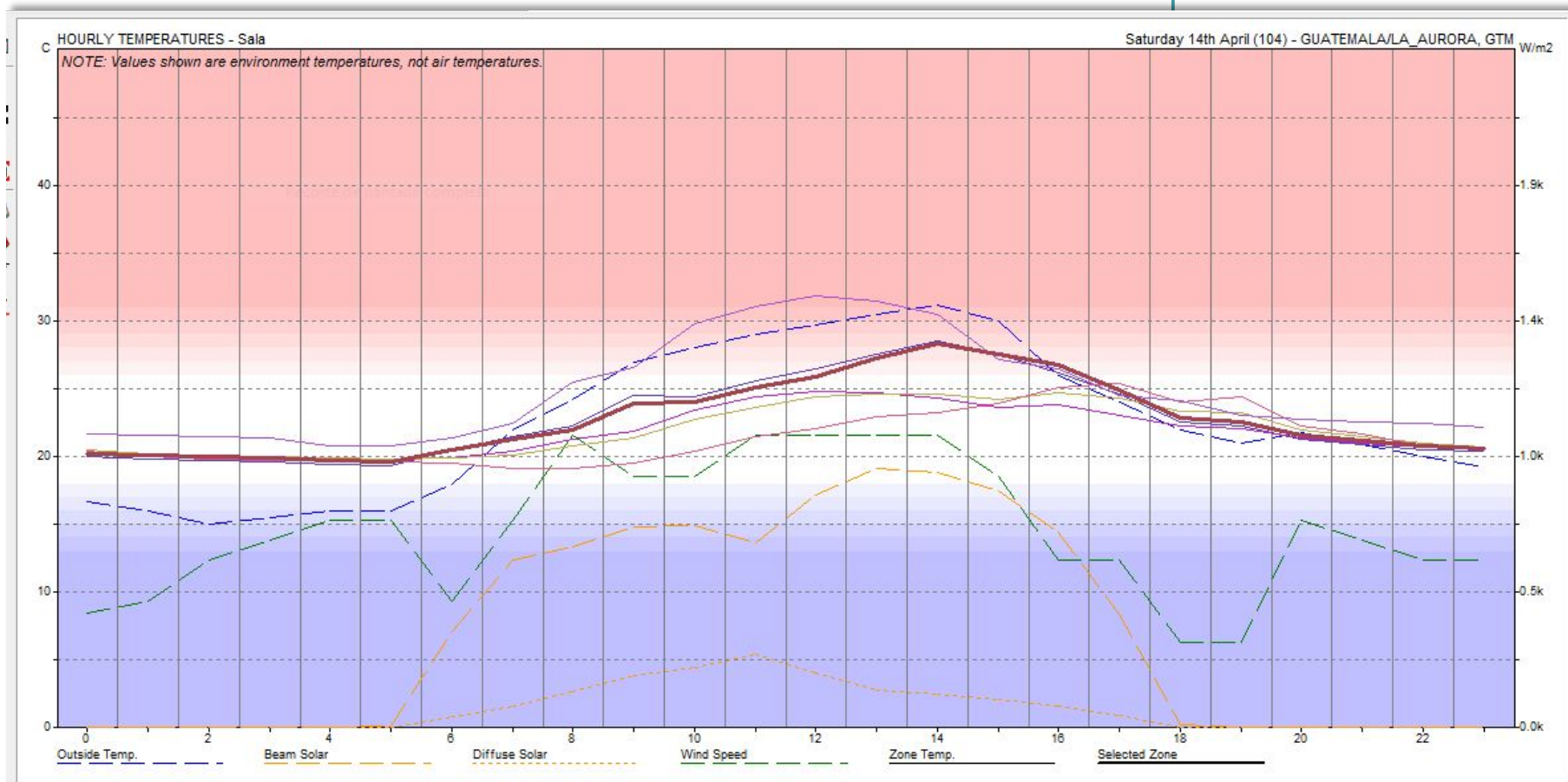


Ilustración 27 Temperaturas de la zona de la Sala. Fuente Ecotect

30°C a las 15:00, luego empieza a descender, la radiación solar se incrementa de 10:00 hasta llegar al máximo que es a las 14:00 y descende, la humedad relativa descende en ese horario pero vuelve a subir a las 18:00 para mantenerse alta.

La ilustración 27 muestra la temperatura de la Sala de la vivienda, en el día promedio más caluroso, ésta se mantiene en los 20°C y empieza a subir más de 25°C a las 10:00 y alcanza una temperatura de 28°C o más a las 14:00.

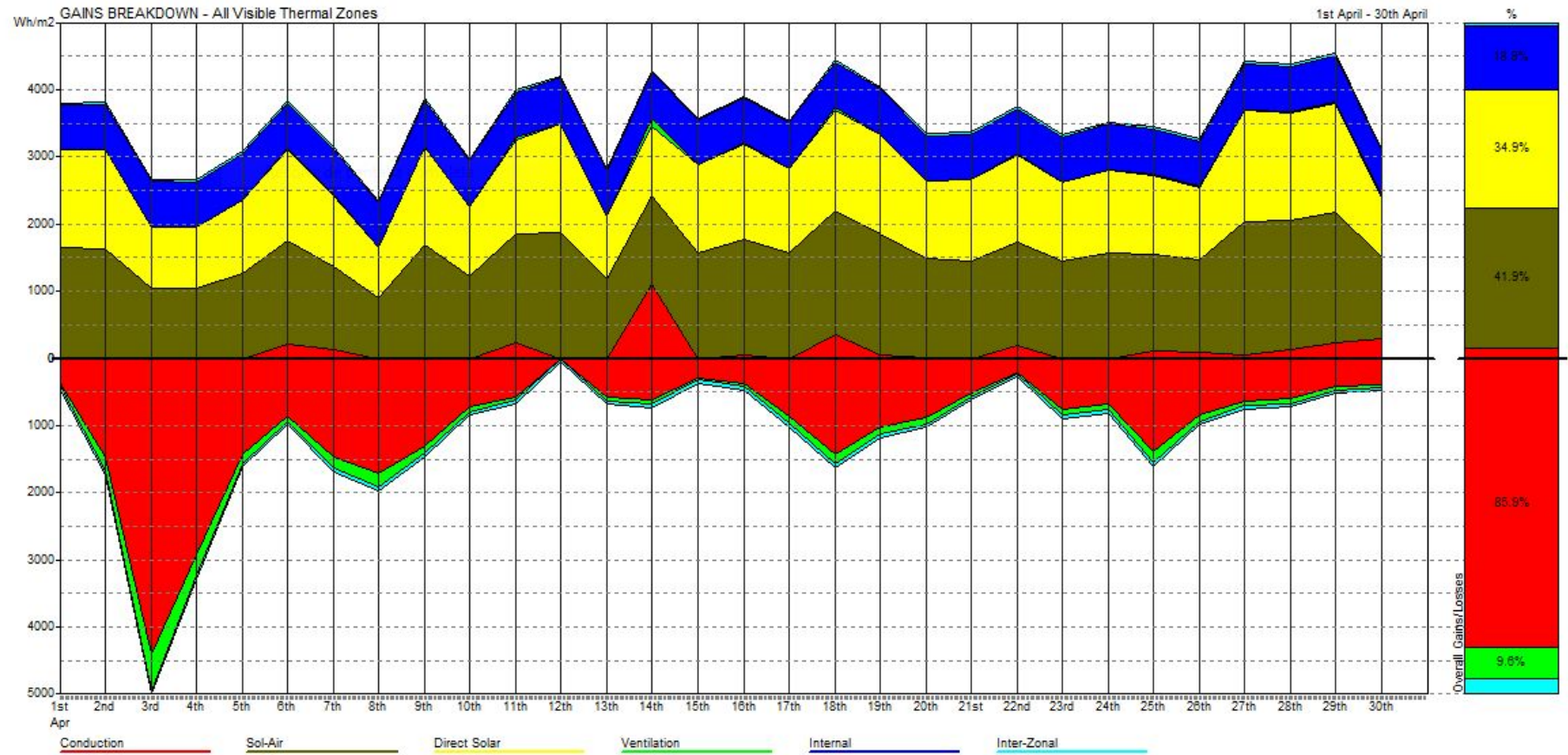


Ilustración 28 Ganancias y Pérdidas Térmicas en la Sala de la Vivienda. Fuente: Ecotect

En la gráfica el mes de abril, considerado el mes más caliente del año se analiza las ganancias y pérdidas que tiene el área de la sala, tiene ganancias internas, solares directas, viento, y un poco por conducción, porque pierde más por

conducción, muy probablemente a las zonas de los ambientes que colindan con la sala, en los días que se gana por conducción son los más calientes. Por ventilación es muy poca la pérdida térmica.



Ilustración 29 Vientos, su velocidad, temperatura, humedad y lluvia

Los vientos en el mes de abril, predominan del norte, con velocidad entre 20 Km/h y 30Km/h con temperaturas de

entre 30°C y 20°C. Con humedad relativa de 65% a 45%.

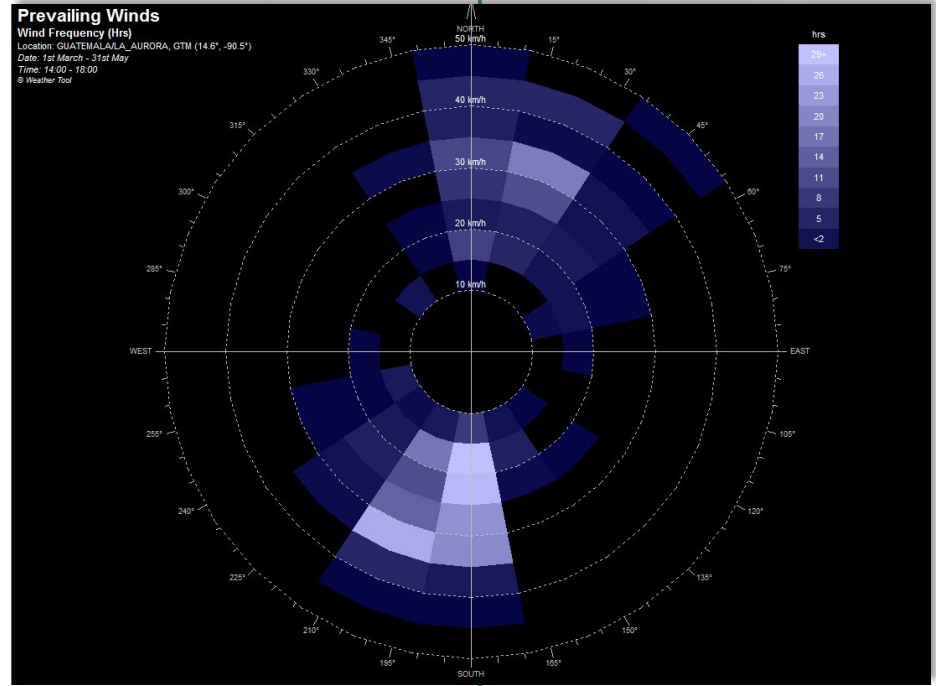
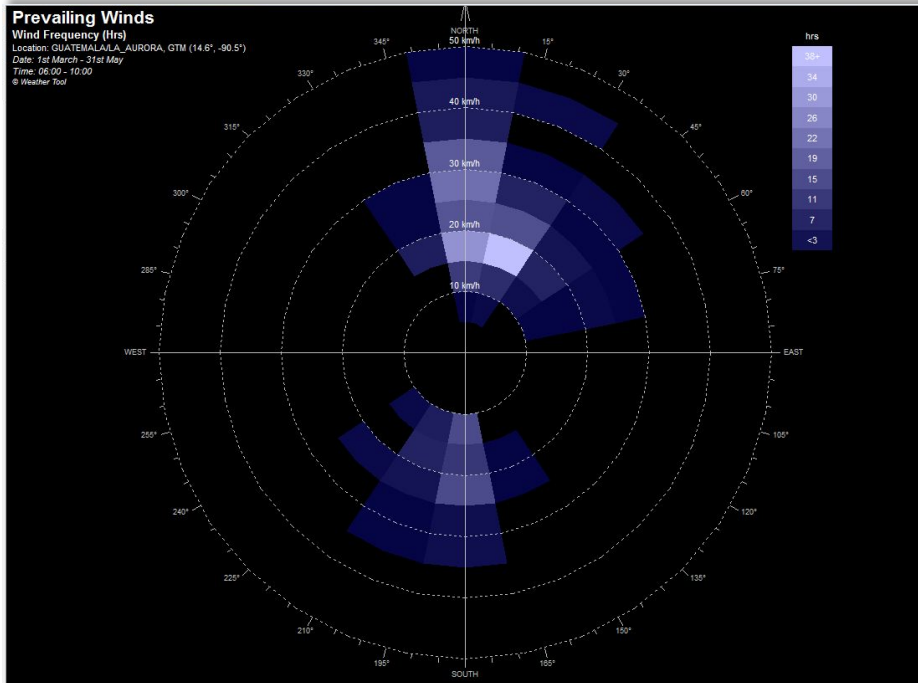
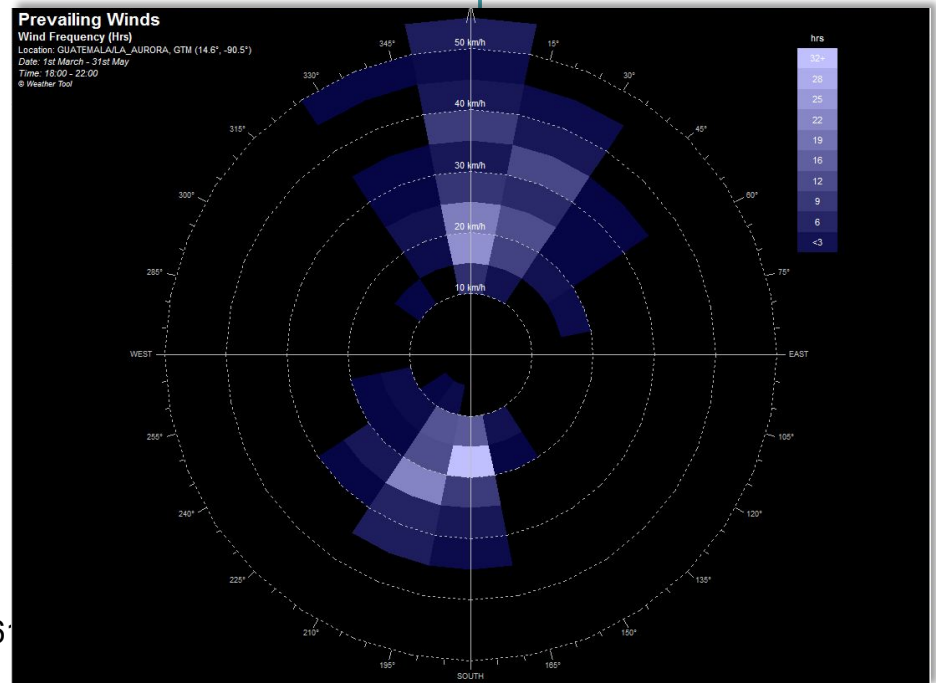


Ilustración 30 Dirección del Viento, dependiendo la hora del día. Fuente: Ecotect

En la gráfica a) De 6:00 a 10:00 son predominantes en horas del norte, b) de 14:00 a 18:00 del sur y un poco del noreste, y de las 18:00 a las 22:00 horas existen vientos del sur, norte y noreste.



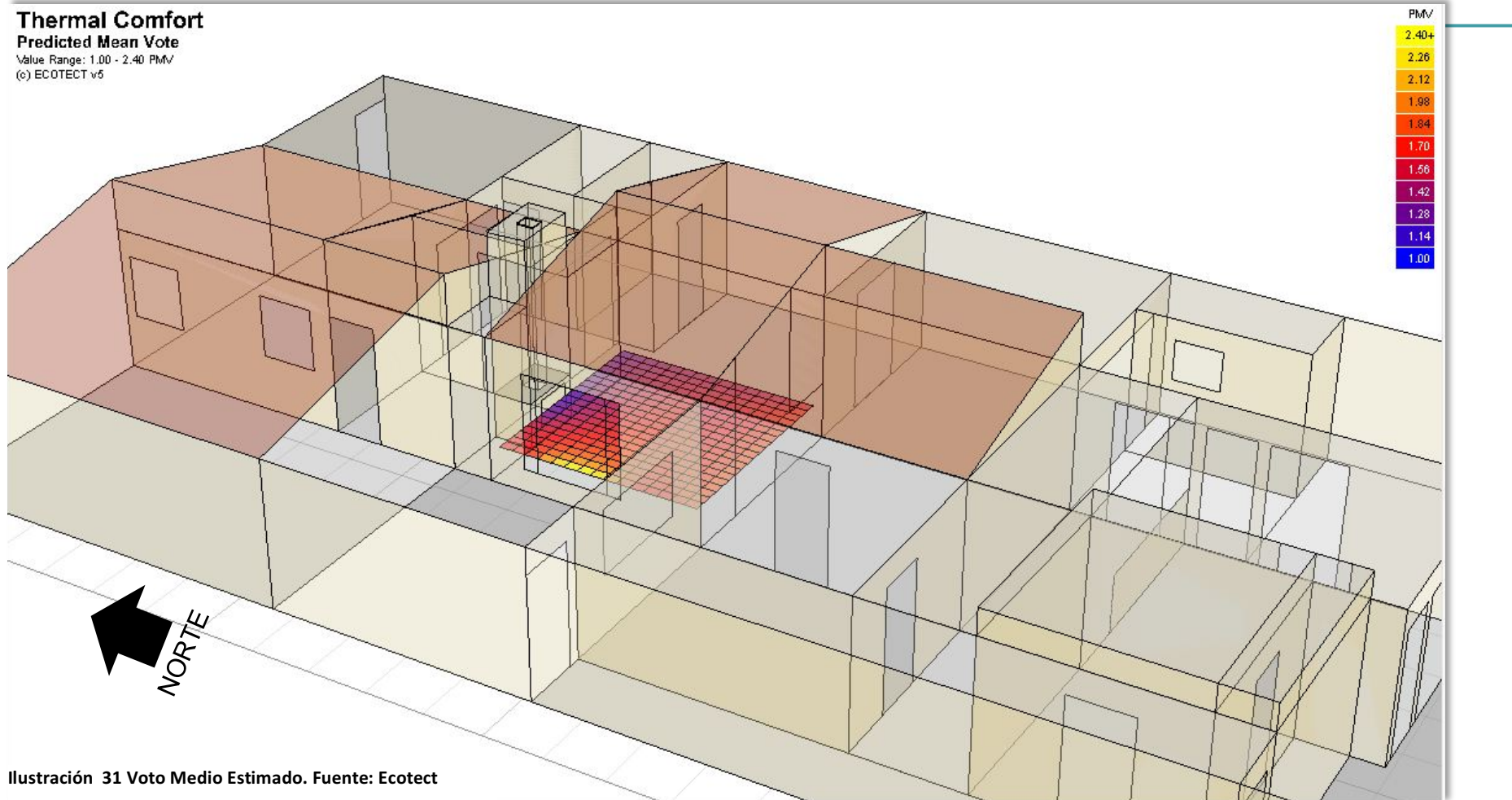
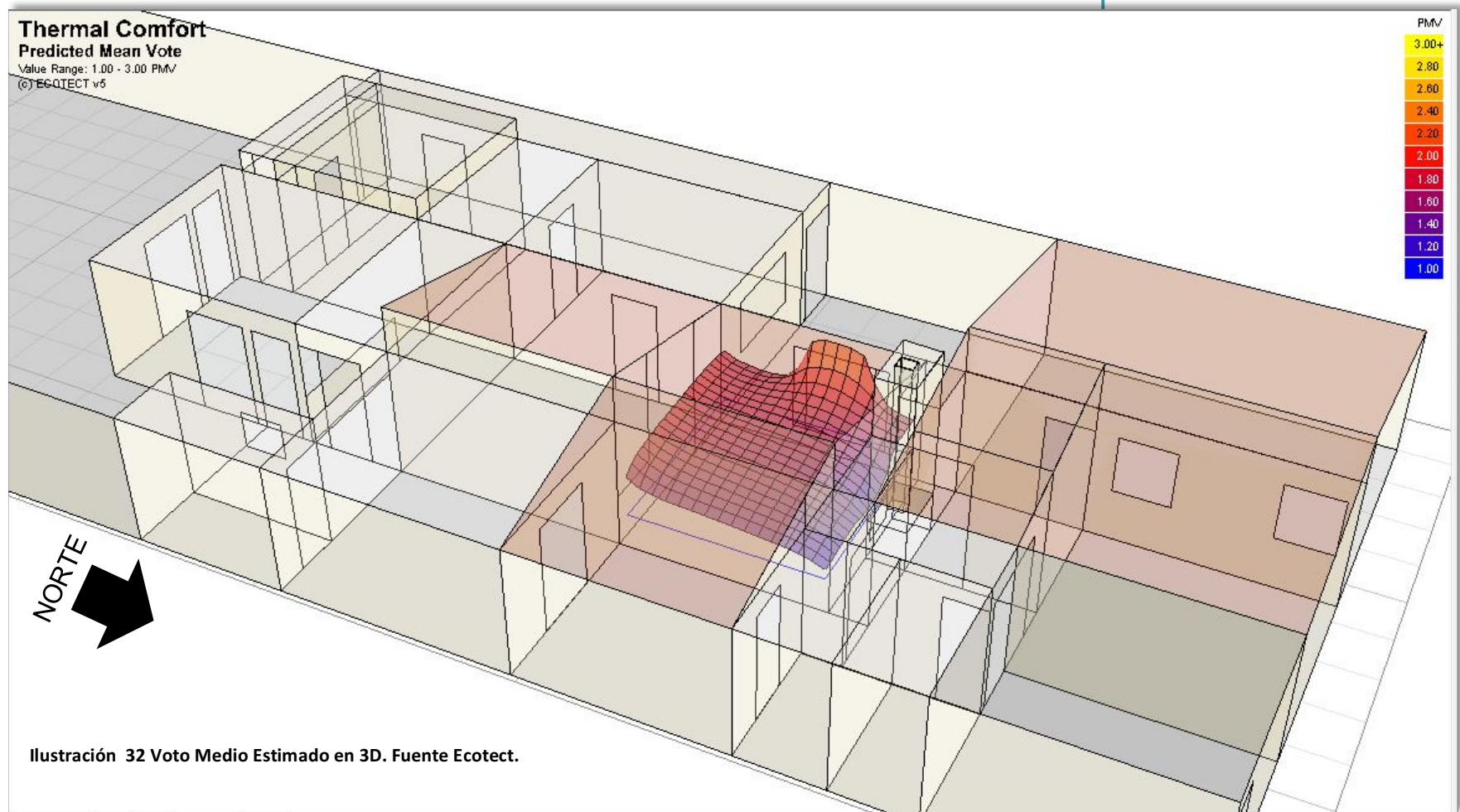


Ilustración 31 Voto Medio Estimado. Fuente: Ecotect

El Voto Medio Estimado se refiere a la percepción de confort de los usuarios de la habitación. El programa Ecotect simula esta situación. Se observa que frente a la ventana tiene $Z=+2.40$ lo que indica muy caluroso. El área en general muestra entre 1.70 y 1.50, que indica que no está en confort

térmico sino que es caluroso. Frente a la chimenea se tiene un indicador de 1.28, lo cual está cercano al confort térmico según la escala de Fanger, la cual 0 indica que no se siente ni frío ni calor, se encuentra la persona en sensación de bienestar térmico.



Para que la visualización sea más clara en cuanto el Voto Medio Estimado, se muestra en esta ilustración 3D. Hacia la ventana tiende a subir, lo que indica que las personas tienen mucho más discomfort térmico que en el área interna de la sala, no obstante de tener un indicador de caluroso. Hacia la pared donde se encuentra la chimenea, existe el indicador donde muestra mejor confort térmico.

Thermal Comfort

Percent Dissatisfaction

Value Range: 20.0 - 100.0 PPD

(c) ECOTECT v5

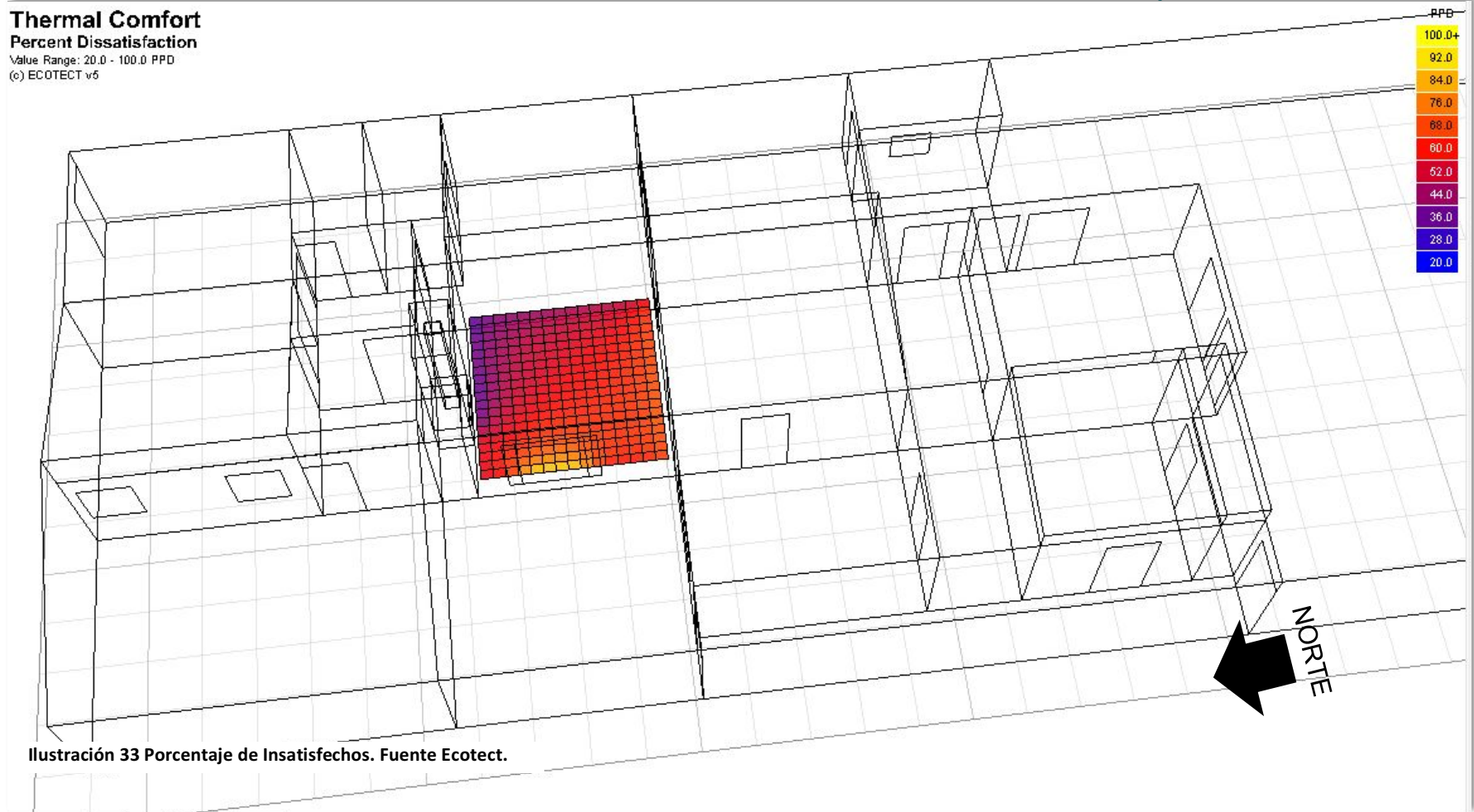


Ilustración 33 Porcentaje de Insatisfechos. Fuente Ecotect.

El porcentaje estimado de insatisfechos se refiere a la cantidad en porcentaje de un grupo de personas que se sienten disgustados o descontentos con el bienestar térmico dentro de la habitación.

En la ilustración de un 100% de personas del 52% al 68% esta en disconfort térmico, siempre tomando en cuenta que el estudio se refiere al 14 de abril a las 15:00

5.1.4 MATERIALES DE LA VIVIENDA

La radiación solar directa sobre la vivienda y sus materiales tienen incidencia en cuanto a el bienestar térmico de los usuarios de los ambientes internos. Los ambientes con sensación térmica más alta son Sala, Cocina y Dormitorio 2.

Los materiales que conforman el techo son concreto con un espesor de 12.5 centímetros, cubierto por su lado externo por una capa de baldosas divididas en dos partes su espesor longitudinalmente, sin guardar la cámara de aire que la conforma originalmente.



Ilustración 34 Cubierta de techo, baldosa de arcilla cortada en dos partes su espesor. Fragmentando su cámara de aire interno. Fuente: Propia

Este material entre sus características posee una gran absorción térmica y una lenta transmisión de energía calórica. Guarda gran cantidad de energía térmica, esto conduce a que la transmisión de calor sea más directa hacia el concreto de la losa porque ya no posee la cámara de aire que es un aislante térmico, por consiguiente la transmite hacia abajo por conducción, porque el concreto posee menor temperatura que el exterior, y el concreto la transmite por convección hacia a la habitación y este calor es muy difícil que salga porque la vivienda carece de buena ventilación.

Las paredes son de ladrillo perforado, 14 cm de espesor, pintadas de un color claro.

- Sala: La pared exterior orientada al oeste esta totalmente expuesta a los rayos solares desde medio día hasta el anochecer.

Tiene una única ventana de proporciones grandes, de 2.65 m² no se puede mejorar la ventilación de la ventana debido a que la usuaria principal, no puede recibir corrientes de aire directas.

- Cocina, este ambiente por estar destinado a usar las fuentes de calor como el que produce la estufa por radiación y convección y el calor que produce el motor de la refrigeradora, y otros aparatos eléctricos es un área que se mantiene en alta temperatura aunque no con una sensación térmica disconforme, ya que tiene buena ventilación.
- Dormitorio 2, con orientación norte, techo con altura de 2.56 m con una ventana de 2.00m² pero muy poca ventilación aproximadamente 0.50m².

5.2 DIAGNÓSTICO

5.2.1 Conforme a los datos obtenidos del INSIVUMEH, se observa que los meses de marzo, abril y mayo tienen las más altas temperaturas del año, y con una humedad relativa alta, lo cual los establece como los meses más calurosos del año, siendo abril con un promedio de temperatura alta de 29°C y media de 21.2°C con promedio de humedad relativa alta de 93% y media de 72%. Según (Neila Gonzalez, 2004) se refiere que *“estadísticamente está comprobado que el*

ser humano tiene un confort térmico en verano con una temperatura de 25°C con una humedad relativa de 50%.”

En el CBA, sin tomar en cuenta los materiales de la vivienda, solamente a el usuario en cuanto a su CLO, actividad, met, y el clima de la ciudad de Guatemala las isopleas y el climograma muestran que solamente el mes de abril sobresale de las zonas, por lo que es necesario usar estrategias de enfriamiento, de ventilación, para facilitar la evapotranspiración ya que se registran datos de exceso de calor y puede ser necesario en algunos días sombrear las áreas para el bienestar térmico, de 13:00 a 18:00 por que la humedad específica va en aumento en ese horario.

5.2.2 Según el análisis del Voto Medio Estimado, en el mes de febrero hay confort térmico generalmente para los usuarios, en el mes de marzo y mayo es ligeramente caluroso, y para el mes de abril es caluroso y para otros usuarios muy caluroso. En horas de la mañana es

ligeramente caluroso, pero por la tarde y noche es muy calurosa, generando insatisfacción térmica en los usuarios, debido a lo anteriormente mencionado, la humedad relativa es alta y no permite un confort térmico dentro de la habitación, debido a que el ambiente está sobrecalentado del calor térmico transmitido por la radiación directa y la transmisión de energía calórica del techo y paredes externas, necesitando tener una renovación del aire para poder refrescar el ambiente.

5.2.3 Por su ubicación, orientación y construcción, la sala de la vivienda retiene alto grado de temperatura. Tiene un diseño con suficiente iluminación natural pero la ventilación de la vivienda en los ambientes sociales, como vestíbulos, sala y comedor es deficiente. El área de ventilación es de 4.50 m² para un área social construida de 60.00 m² no se genera intercambio del aire, por la localización de las ventanas dentro de la vivienda, por estudios y encuestas realizadas a los usuarios en el ambiente se llegó a determinar que la

sensación térmica en días calurosos del año, en horas de la tarde, 15:00 y 18:00 horas incluso por la noche son de gran malestar térmico. Por deducción del análisis realizado en la Vivienda, el área de la sala se sobrecalienta durante el día sin tener el beneficio de áreas de ventilación natural, por lo tanto es necesario incrementar o renovar el aire interior para poder refrescar y mejorar la sensación térmica a los usuarios.

Conforme a (Neila Gonzalez, 2004): *“Son necesarias medidas de eliminación del sobrecalentamiento... Estas medidas se pueden resumir en una palabra: ventilación. La ventilación se debe utilizar para sustituir el aire interior sobrecalentado, por aire exterior, pues aunque su temperatura sea elevada y por encima de la de bienestar, siempre será inferior a la del ambiente interior si éste se ha mantenido cerrado.”*

PROPUESTA

6 PROPUESTA

6.1 ESTRATEGIAS GENERALES

En la arquitectura bioclimática se sugieren varias estrategias para mejorar el confort térmico de la sala de la vivienda:

-Ventilación, puede ser natural o natural forzada, como el uso de una chimenea solar.

-Para evitar el sobrecalentamiento del techo se puede recubrir con pintura con alto nivel reflectante, la cual minimizará la absorción de la radiación de los rayos del sol.

-Colocar parteluces horizontales frente a la ventana.

-Renovar la ventana para que el vano en su totalidad proporcione un mayor flujo de aire.

-La reflexión provocada por el pavimento del lado externo de la ventana es alto, podría minimizarse con algunas estrategias

para su reducción.

6.2 CHIMENEA SOLAR PARA VIVIENDA Z12

Por el requerimiento del dueño de la vivienda de no modificar la fachada, al igual que la ventana de la sala para mejor ventilación, se propone utilizar el ducto existente de la chimenea tradicional que posee la sala.

Sus paredes son de ladrillo de barro cocido, no colindan con el exterior solamente por el techo donde sale el ducto.

Para efecto del proyecto, el ducto esta situado sin ninguna interferencia propia ni de elementos ajenos como arboles o edificaciones ajenas a la vivienda para que incidan directamente los rayos solares sobre el. Los vientos predominantes norte-noreste, y sur en ciertas épocas del año, se conducen directamente sobre el área de salida del ducto.



Imagen 12 Exterior de la chimenea

La chimenea actualmente es de ladrillo, con revestimiento de arena y cemento, tiene un remate o lucernario que protege al ducto. El ducto actual es de asbesto y su dimensión es de 12.5 centímetros de diámetro, a todo lo largo de la chimenea.



Imagen 13 Ducto actual

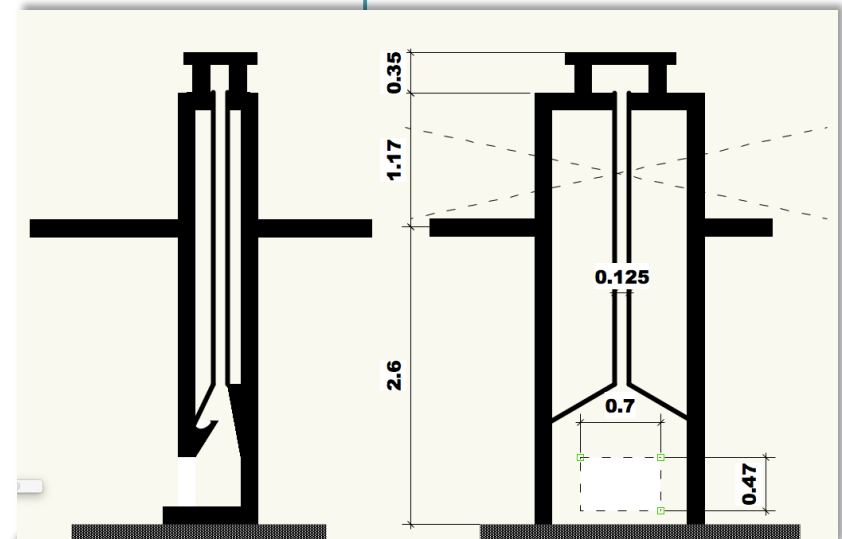


Ilustración 35 Secciones de chimenea actual. Fuente Propia



Imagen 14 Vista de chimenea desde el interior de la sala.

Se plantea para el proyecto, usando los principios de:

- Calor por Convección
- Teorema de Bernoulli

Para ventilar, renovar aire y lograr un ambiente más fresco; se propone captar y distribuir energía calórica por medio de la radiación solar directa sobre un colector solar,

para que el aire pueda subir fácilmente, teniendo que provocar su ascensión y que el calor sea transportado del interior hacia el exterior por el ducto.

ducto apropiado con características especiales para que que absorba la radiación directa del sol. Esta energía térmica que absorbió el ducto la transmitirá por convección al interior del ducto para que el aire que se localiza allí suba de temperatura y que empiece a fluir hacia arriba.

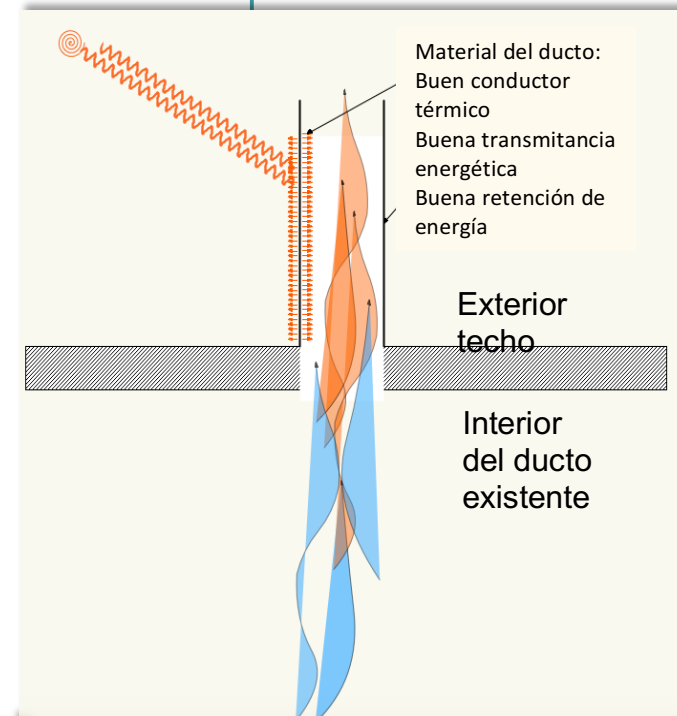


Ilustración 36 Succión de aire por convección, provocando una energía cinética.

Los materiales según su masa pueden ser de alta difusividad es decir tienen alta velocidad de calentamiento por su baja densidad pero no detienen el calor. Difusividad baja son lentos para captar el calor y lo acumula. Efusividad alta efectiva, acumula calor y tiene alta su masa de conducción.

Los materiales de alta difusividad son los metales, y algunos tienen mejor efusividad.

Difusividad Térmica	Alta	Calentamiento	Rápido
	Baja		Lento
Efusividad Térmica	Alta	Acumulación	Grande
	Baja		Pequeño

Ilustración 12 (Neila Gonzalez, 2004)

En anexo se encuentra la Tabla de Caracterización Térmica de los materiales de construcción. Uno de los mejores metales para escoger es el cobre, pero por su alta conductividad (372-385 W/mk) también así perderá su energía térmica, porque no es muy buen acumulador y debido a su difícil acceso comercial, se escogerá el acero,

debido a que tiene muy buenas características térmicas tiene buena capacidad de absorción, buen conductor, capacidad de resistencia térmica media, en lo que a metales se refiere, además para el proyecto en estudio se cuenta con materiales ya existentes, un tubo de acero,

Tubo de Acero

5 pulgadas de diámetro con un espesor de ¼ de pulgada.

Valores térmicos del Acero

Conductividad 47-58 W/mk

Rugosidad 0.02-0.10 k mm

Con el propósito de obtener la mayor energía calórica se investigó sobre reflexión y absorción, los colores absorben o reflejan la luz, un color negro es el ideal para no reflejar ninguna radiación recibida, si no que la absorbe y luego la emite, si no es brillante mucho más absorbe.

Se usará **color Negro mate** para recubrimiento del tubo, como absorbedor de energía radiante.

En este caso, la radiación solar genera energía calorífica sobre el ducto que traslada esta energía hacia el interior del ducto de la chimenea generando un fenómeno de

convección, esto y la velocidad del viento, son elementos que contribuyen a un movimiento del aire sin necesidad de elementos mecánicos. Utilizando solamente dos principios: absorción de energía calorífica por radiación y convección provocando una energía cinética y el efecto Bernoulli, a mayor velocidad del viento menor densidad y a menor velocidad mayor densidad, se podrá implementar un modelo de ventilación natural forzada.

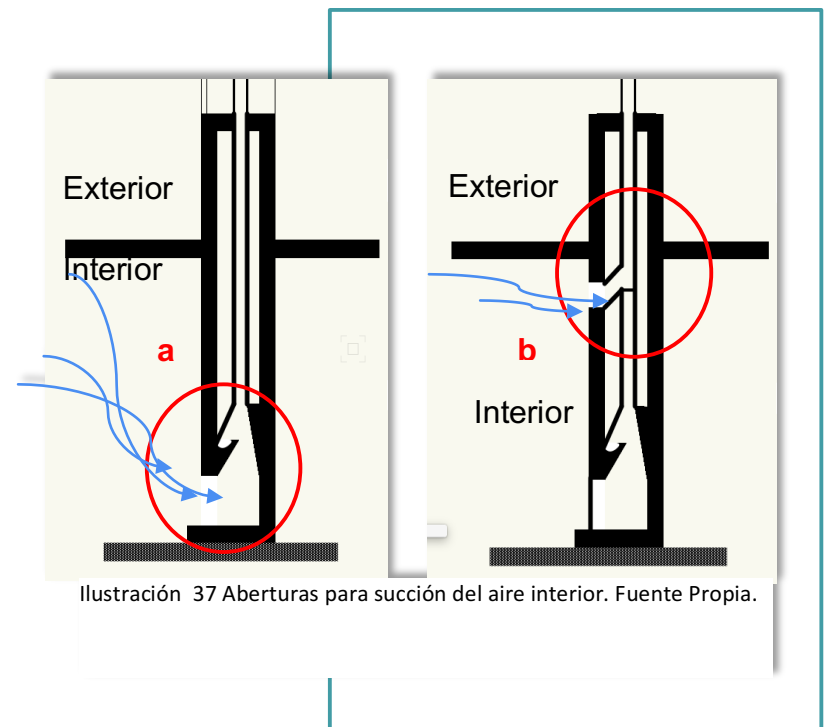
La energía calorífica por convección, se usara de la siguiente manera: el aire que esta dentro de la habitación esta cierta temperatura (T_a) y el aire que está dentro del ducto arriba del techo al recibir la energía calórica estará a mayor temperatura (T_g), el aire que esta caliente aumentara su volumen, los átomos del fluido se mueven ya que su densidad disminuye de esta forma tenderá a subir y salir por arriba del ducto así se podrá succionar aire de menor temperatura que se encuentra en la sala induciendo a una ventilación forzada.

El aire que entra por la ventana es obligado a fluir más rápido pero dependiendo la ubicación de la salida de la

chimenea será así la eficiencia en refrescar la habitación.

Se puede dejar la entrada del ducto de la chimenea como actualmente se tiene (a) o se puede perforar en la pared existente de la sala una abertura, lo más alto posible para facilitar la salida del flujo de aire caliente (b).

(a) Si permanece donde esta actualmente, es más difícil que el aire caliente salga fácilmente por el ducto ya que el aire caliente se localizara a una distancia muy cerca del techo pero si habrá un flujo de aire formando algún tipo de turbulencia con el viento que entre y hará que renovándose el aire en la habitación se refresque.



(b) Si se genera una abertura a una mayor altura se facilitara el proceso de extracción. Para facilidad del proyecto, se probará con la abertura original de la chimenea.

Para evitar que el ducto de acero pierda su energía calórica hacia el lado que no se quiere transmitir esta energía, es decir hacia fuera del ducto, se le implementará al colector solar un cerramiento con un aislante térmico. Este material debe tener propiedades de conductividad bajas, porque a menor valor U, menor tasa de flujo de calor, al mismo tiempo no debe obstaculizar la fuente de energía calórica. La radiación térmica es como la energía solar: *la energía radiante incidente puede absorberse, transmitirse o reflejarse por el material.* (College of Environmental Design).

Según la Ley de Kirchhoff si un cuerpo es buen absorbedor de energía es también un buen emisor de la energía. Un vidrio transparente deja pasar la luz visible y por la ley de Kirchhoff se sabe que no es buen emisor de luz visible. Por lo tanto es mal absorbedor de energía

Por sus propiedades el vidrio es el mejor material que

se puede utilizar en este caso, es de baja conductividad térmica de 0.6-1 W/mk, el 85% a 95% transmite el calor de la radiación solar.

Este cerramiento del colector será vidrio simple en las tres caras (este, oeste y sur) y frente al norte que es donde provienen los vientos predominantes, se mejorará utilizando dos vidrios separados entre si por una cámara de aire, (el aire es aislante térmico con muy baja conductividad térmica 0.024W/mk).

Se tiene que calcular las dimensiones adecuadas para poder renovar la cantidad de aire deseada en la habitación, según el ASHRAE 62.1 2001 en la tabla E-2^a Aire requerido para Viviendas, se necesita 0.35 cambios de aire por hora (y no menos de 7.5 L/seg *persona).

DATOS

Área de la Sala 13.68 m²

Alto promedio de la sala 3.00m

Numero de renovaciones por hora 0.35 ó no menos de 7.5 L/seg*persona

k del Acero (rugosidad) 0.10

Renovaciones:

$$0.35 * 13.68m^2 * 3.00m = 14.36 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$14.36 \text{ m}^3/\text{hora} * 1 \text{ hora}/3600\text{seg} = 0.00399 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$0.00399\text{m}^3/\text{seg} * 1,000\text{L}/\text{m}^3 = 3.9 \text{ L}/\text{seg}$$

3.9 L/seg es menor que 7.5 L/seg

$$7.5\text{L}/\text{seg} * 2 \text{ personas (uso de la habitación)} = 15\text{L}/\text{seg}$$

Renovación 15 L/seg

$$15\text{L}/\text{seg} / 1000\text{L} = 0.015\text{m}^3/\text{seg}$$

Si no se tiene el caudal de renovaciones o si es mayor, se usará: refiriéndose a ecuaciones usadas por (Balanza Chavarria).

$$Q_{\text{max}} (\text{L} * \text{seg}) = A \text{ m}^2 * \text{Renovacion L}/\text{seg} * \text{m}^2 \text{ ---ecuación 1---}$$

Qmax caudal máximo

A área de la habitación

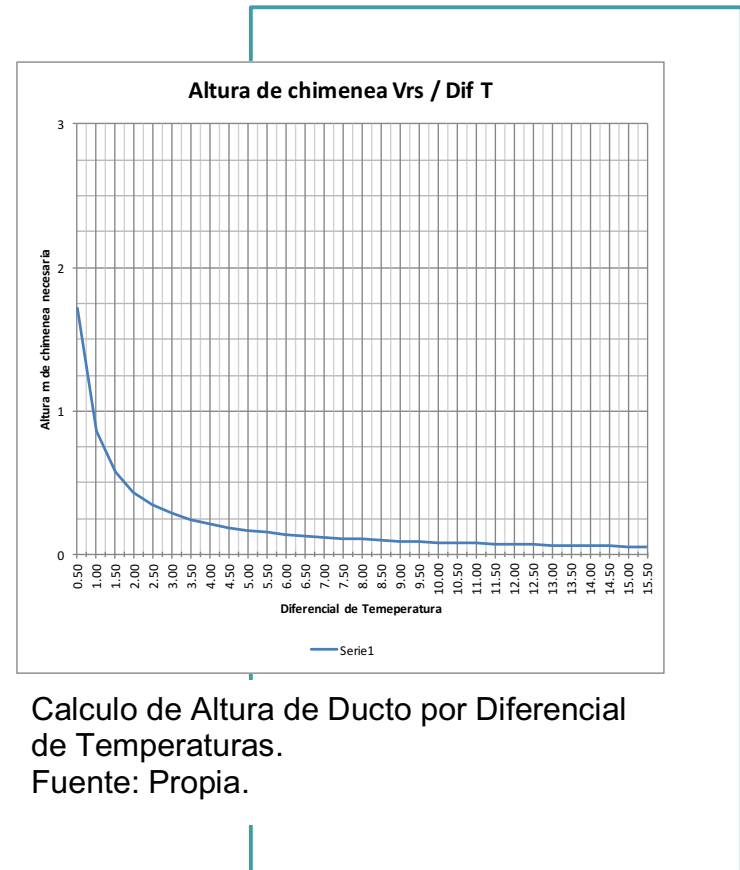
$$V_{\text{teorica}} = Q_{\text{max}} / A_{\text{ducto}} \text{ ---ecuacion 2---}$$

$$A_{\text{ducto}} = \pi * 5 * 2.54 / 4 = 126.67\text{cm}^2$$

$$126.67\text{cm}^2 * 1\text{m} / 100\text{cm} * 100\text{cm} = 0.0127\text{m}^2$$

$$V_{\text{teorica}} (\text{m}/\text{seg}) = 0.015\text{m}^3/\text{seg} / 0.0127\text{m}^2 = 1.18\text{m}/\text{seg}$$

$$h_{\text{necesaria}} (\text{m}) = k^2 * V_{\text{teorica}}^2 / 2g (T_g/T_a - 1) \text{---ecuacion 3---}$$



donde conociendo k , $V_{teorica}$, gravedad, temperatura ambiente (Kelvin) no se conoce la temperatura que tendrá el ducto, por lo cual se hizo un diferencial de temperaturas y dependiendo

de ello será la altura del ducto, asignando los valores que conocemos generando en el siguiente gráfico:

Area de Sala		1	m ²
Tubo			
Diametro	0.127		m
Area	0.0127		m ²
Qrenovacion	0.015	15	l/s
Qmax	0.015		m ³ /s
Vteorica	1.18		m/s
kGalvanizado	0.2		
Temperatura exterior	29		°C

Temperatura °C		Temperatura °K		Ta - Tg	H Teorica
Ta	Tg	Ta	Tg		
T exterior	T interior	T exterior	T interior		
				0.00	
29	29.50	302.15	302.65	0.50	1.72
29	30.00	302.15	303.15	1.00	0.86
29	30.50	302.15	303.65	1.50	0.57
29	31.00	302.15	304.15	2.00	0.43
29	31.50	302.15	304.65	2.50	0.34
29	32.00	302.15	305.15	3.00	0.29
29	32.50	302.15	305.65	3.50	0.25
29	33.00	302.15	306.15	4.00	0.21
29	33.50	302.15	306.65	4.50	0.19
29	34.00	302.15	307.15	5.00	0.17
29	34.50	302.15	307.65	5.50	0.16
29	35.00	302.15	308.15	6.00	0.14
29	35.50	302.15	308.65	6.50	0.13
29	36.00	302.15	309.15	7.00	0.12
29	36.50	302.15	309.65	7.50	0.11
29	37.00	302.15	310.15	8.00	0.11
29	37.50	302.15	310.65	8.50	0.10
29	38.00	302.15	311.15	9.00	0.10
29	38.50	302.15	311.65	9.50	0.09
29	39.00	302.15	312.15	10.00	0.09
29	39.50	302.15	312.65	10.50	0.08
29	40.00	302.15	313.15	11.00	0.08
29	40.50	302.15	313.65	11.50	0.07
29	41.00	302.15	314.15	12.00	0.07
29	41.50	302.15	314.65	12.50	0.07
29	42.00	302.15	315.15	13.00	0.07
29	42.50	302.15	315.65	13.50	0.06
29	43.00	302.15	316.15	14.00	0.06
29	43.50	302.15	316.65	14.50	0.06
29	44.00	302.15	317.15	15.00	0.06
29	44.50	302.15	317.65	15.50	0.06

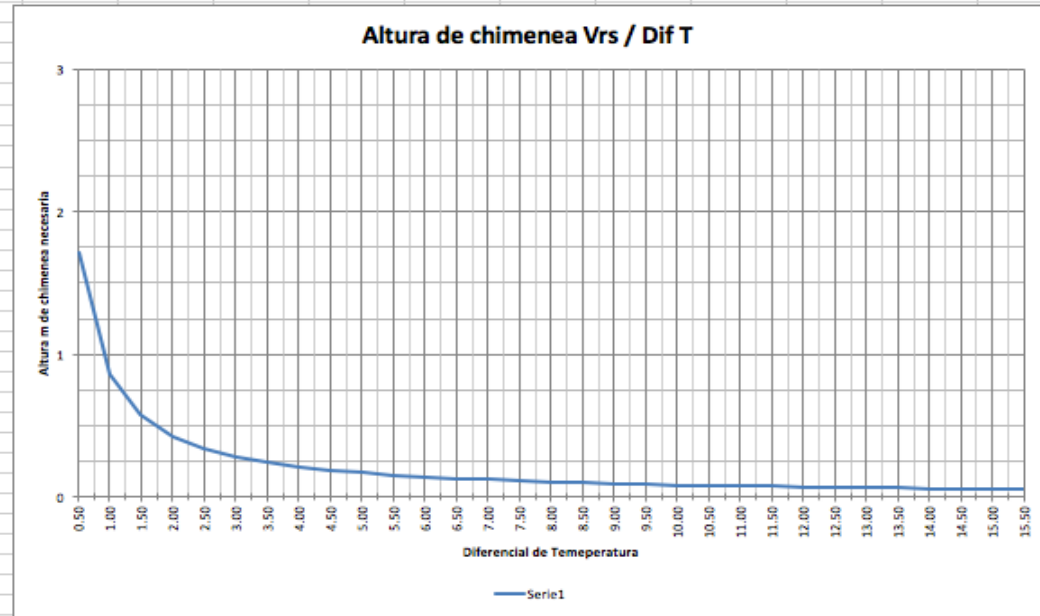


Ilustración 39. Cálculo de altura de ducto dependiendo del diferencial de temperaturas. Fuente: Propia

Esta gráfica muestra la altura del tubo que se deberá implementar, por el método de tanteo o iteración. El área de la sala es 1 en este caso debido a que lo mínimo requerido de renovaciones de aire por hora por persona es de 7.5L/seg*p, el diámetro, se tomó del tubo en existencia, y las renovaciones

por el calculo hecho anteriormente. Se toma un k que es la rugosidad del material empleado para el tubo y se coloca la temperatura exterior deseada. En este caso se tomó 29°C que es la máxima promedio de la tabla de datos promedio del INSIVUMEH, para lograr un movimiento del aire en el momento de más inconformidad de sensación térmica.

Propuesta de Diseño de la Chimenea Solar.

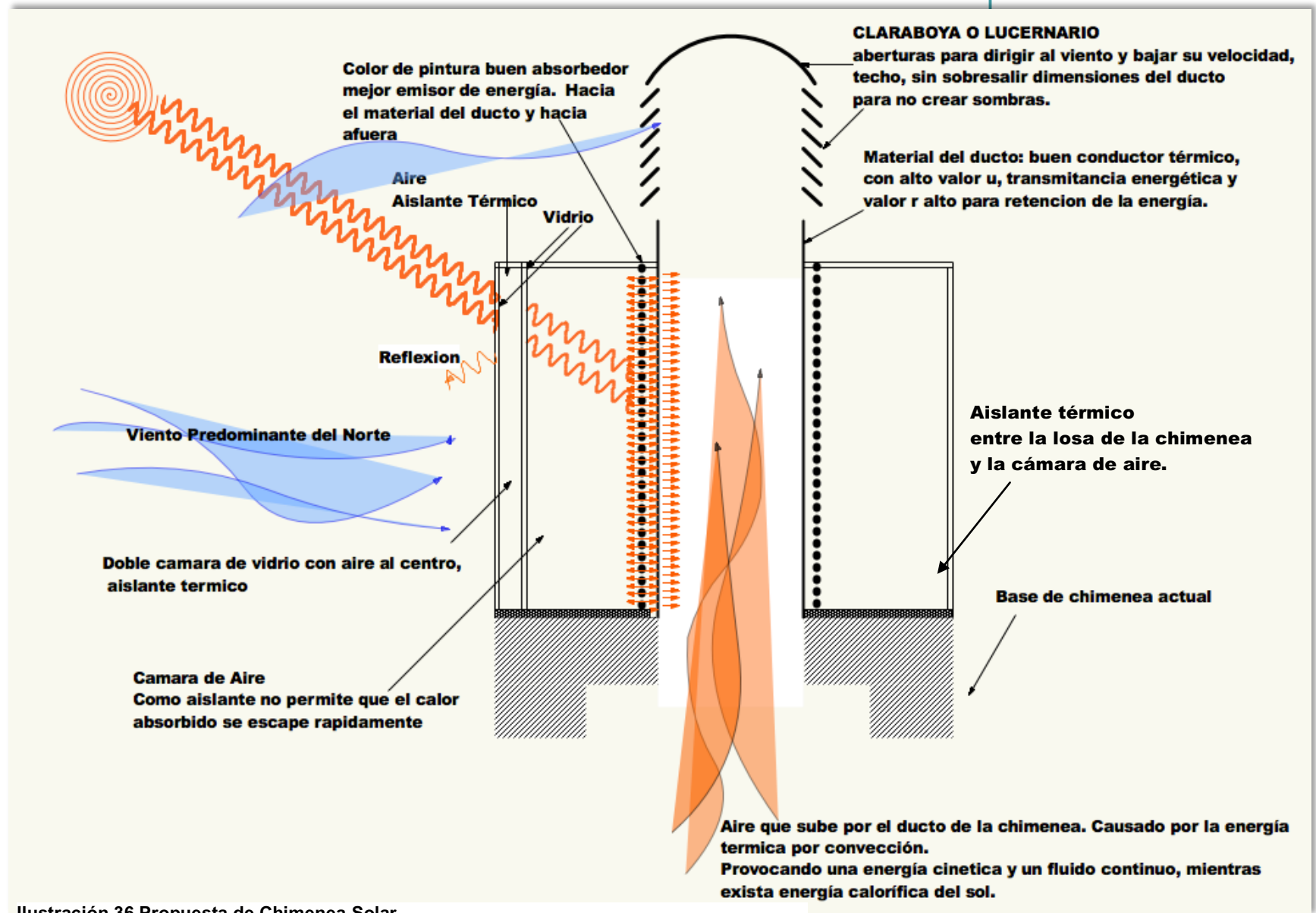


Ilustración 36 Propuesta de Chimenea Solar

La chimenea solar se colocará sobre la base de la chimenea actual, se utilizará el tubo de acero, de 1.00 m de alto con un diámetro de 5 pulgadas y un espesor de ¼ de pulgada. Pintado color negro mate. Con lucernario o claraboya para facilitar su ventilación.

Cerramiento con aislante térmico, paredes y techo de

vidrio de 3 mm una sola capa, fachada al norte con dos capas de vidrio de 3 mm y al centro un espacio de 0.06m. En el suelo de la base del cerramiento se pondrá un material aislante de poliestireno expandido (duroport) de 1 pulgada de espesor. Las esquinas y uniones serán de metal.

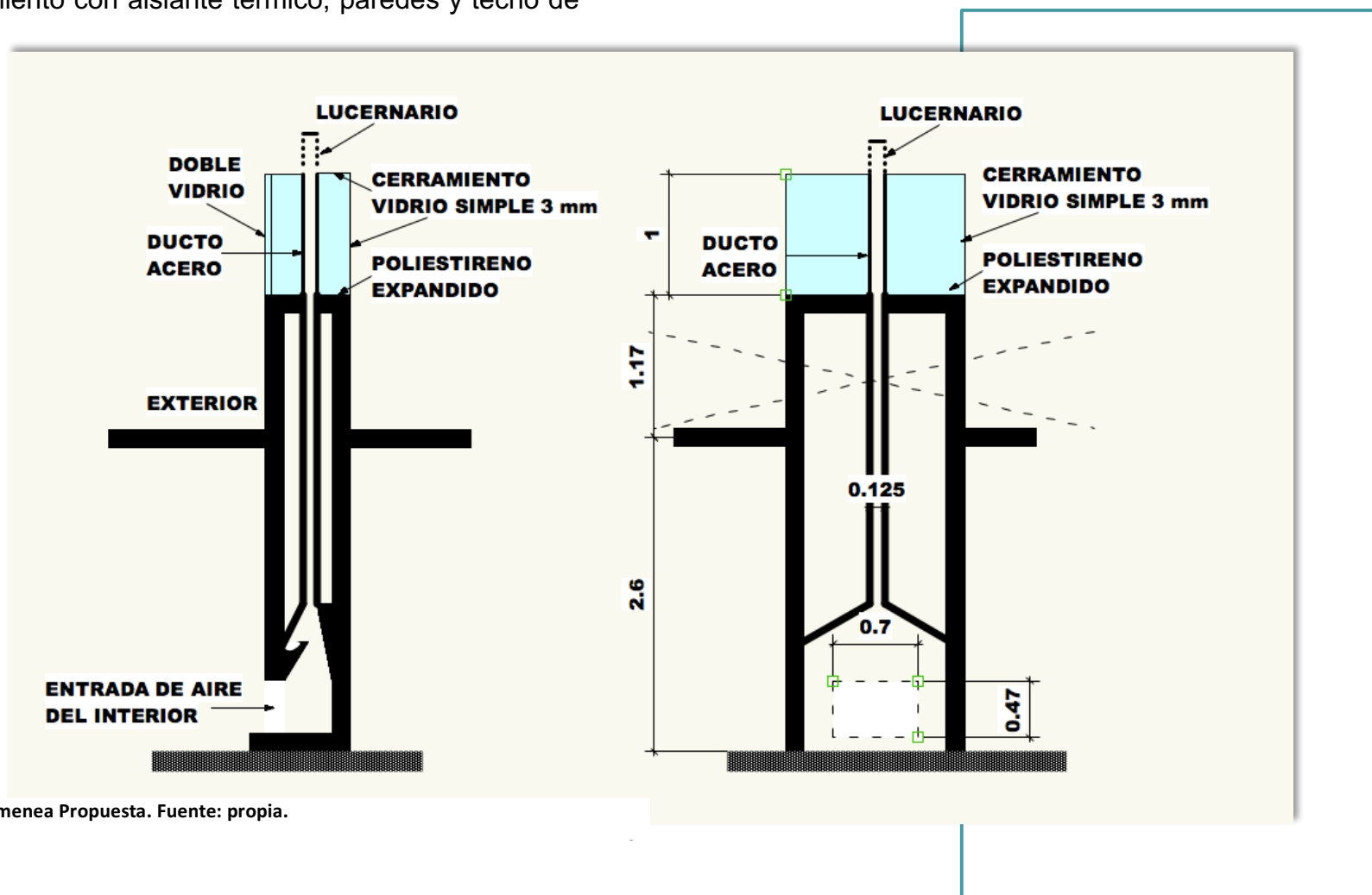


Ilustración 37 Chimenea Propuesta. Fuente: propia.



Ilustración 38 Vista Norte de Propuesta de Chimenea Solar

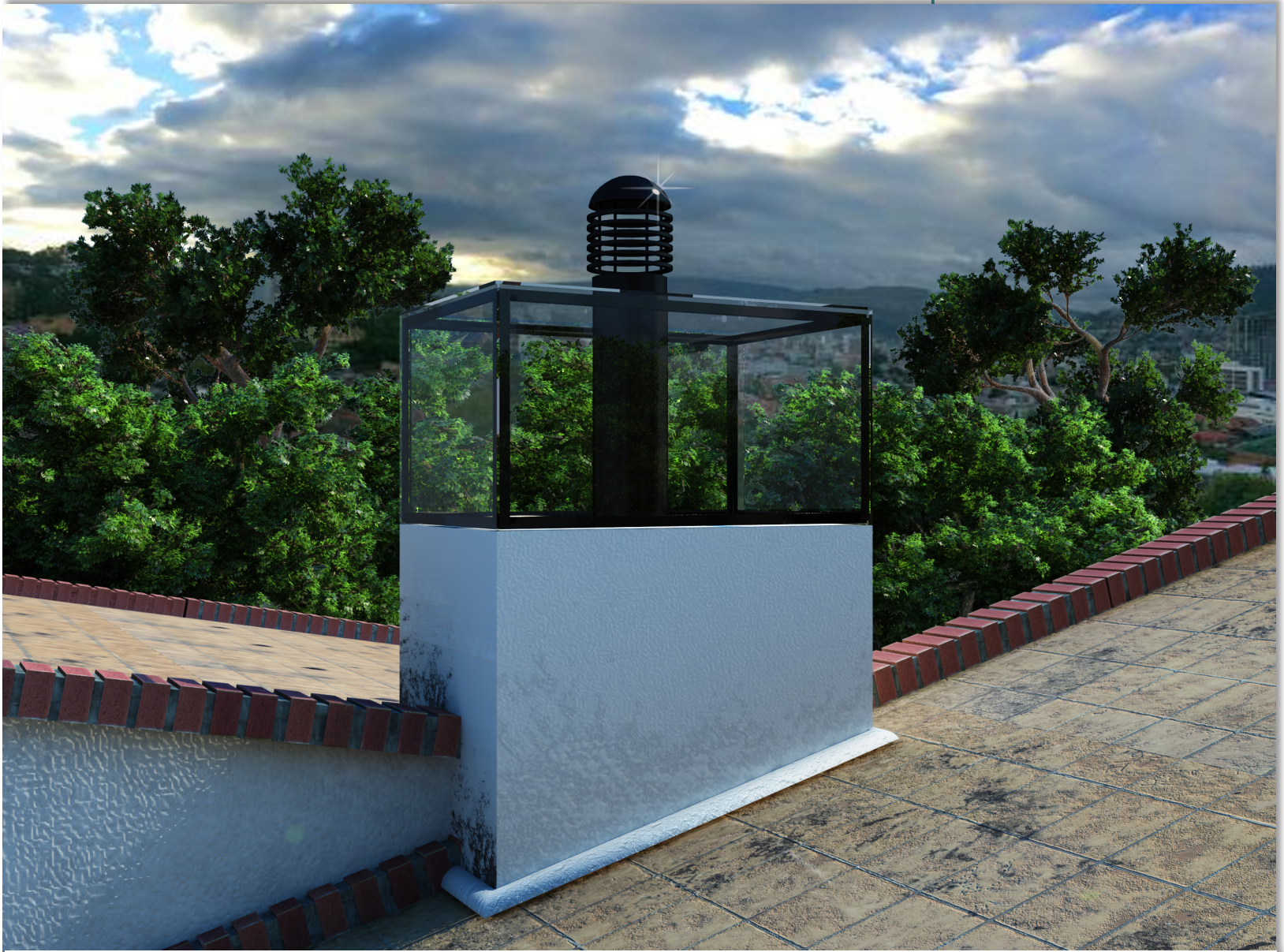
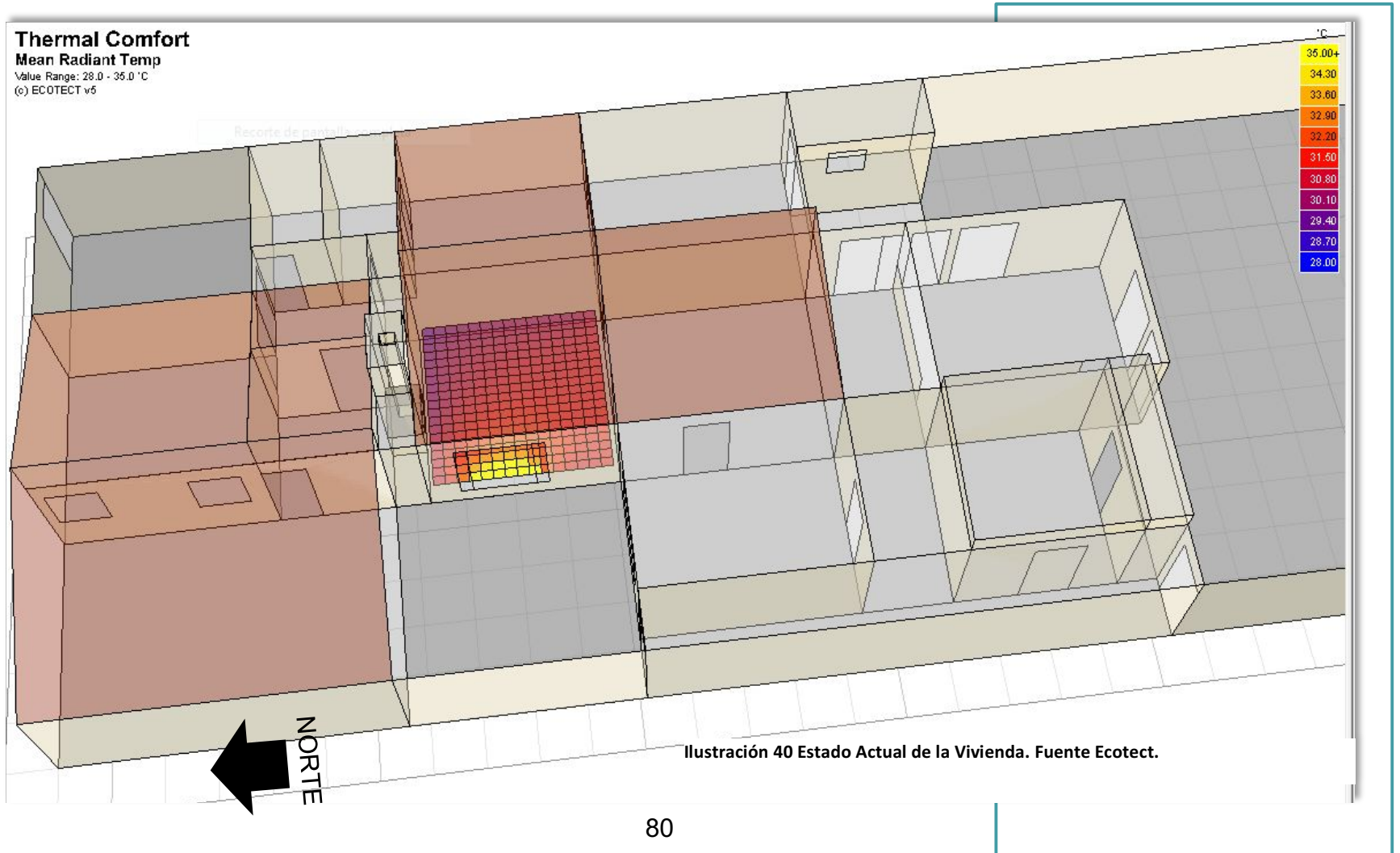


Ilustración 39 Vista Sur de Propuesta Chimenea Solar.

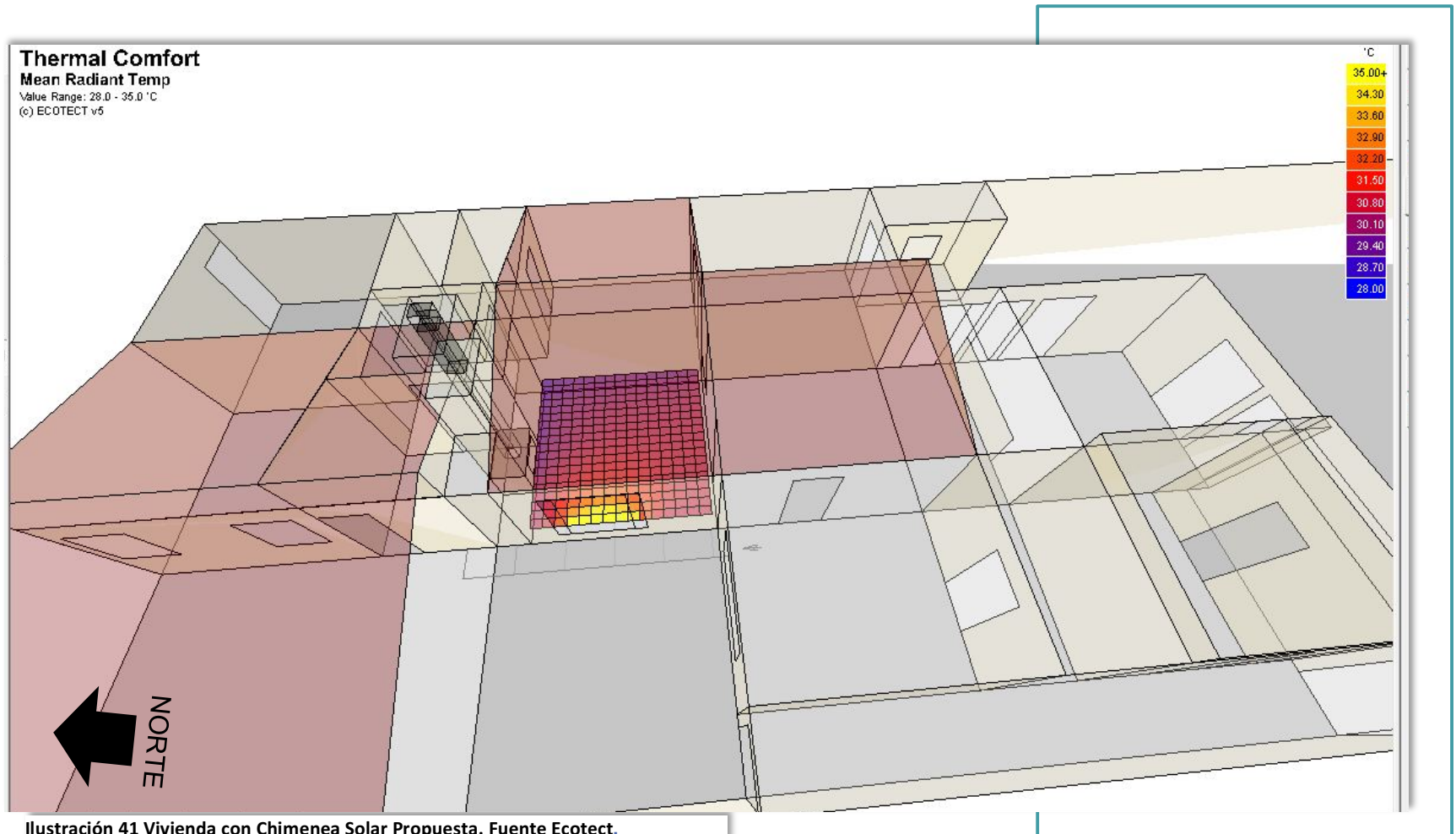
6.3 COMPARATIVO DEL ANÁLISIS ACTUAL CON LA PROPUESTA

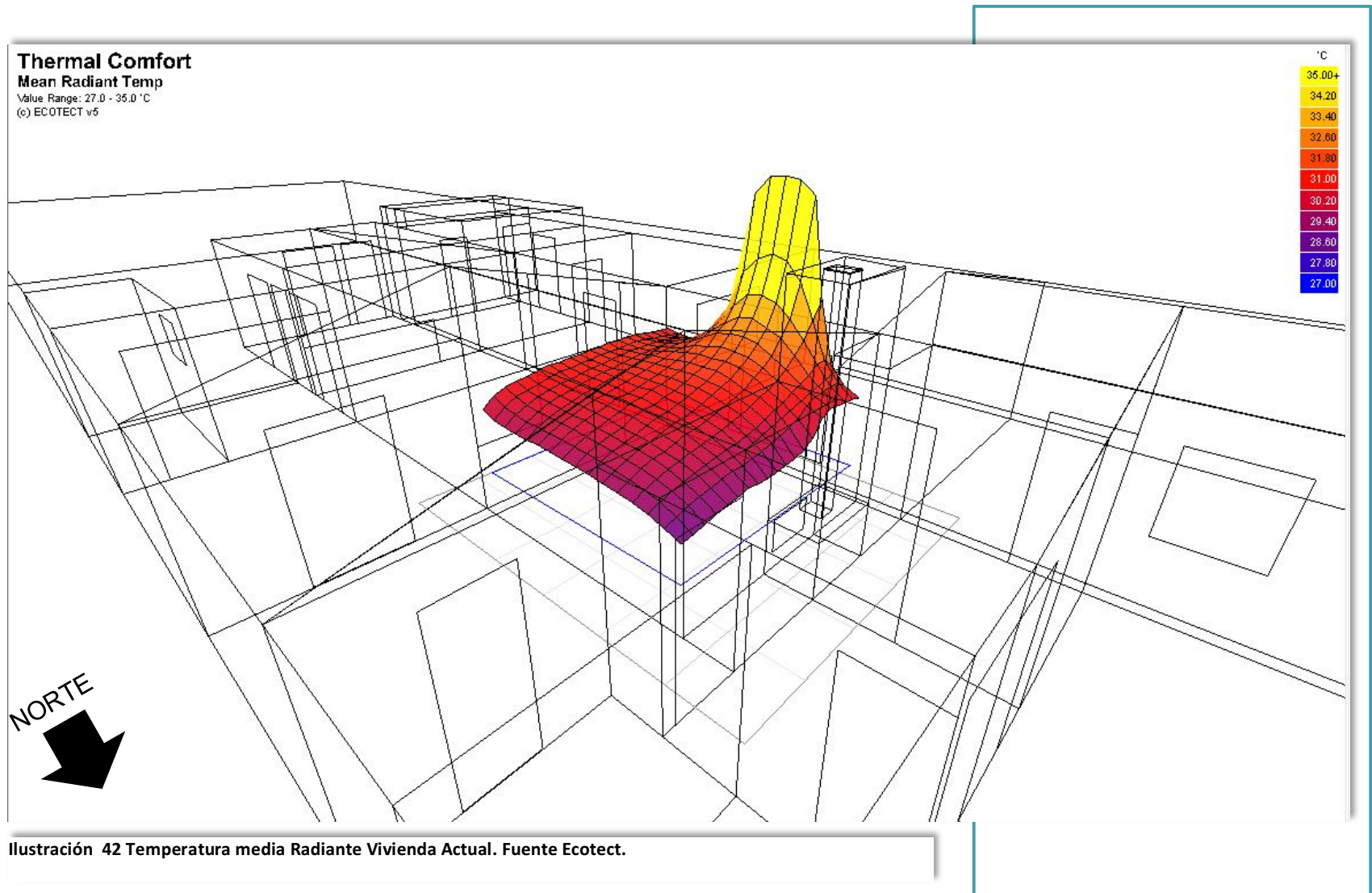
Se compararán las gráficas realizadas con Ecotect, con un modelado de la solución propuesta, tomando en cuenta los datos climáticos obtenidos del INSIVUMEH.



La ilustración 40, muestra la situación actual, se observa en color rojo las temperaturas media radiante de 31°C y 30°C, marcando la mayor área de la habitación.

La siguiente simulación (Ilustración 41) muestra la vivienda con la chimenea propuesta, y muestra en color corinto y morado, que representan a 30°C y 29°C.





El mismo rango de temperatura se muestra en la ilustración 42 comparándola con la ilustración 43, para una visualización más comprensible en 3D.

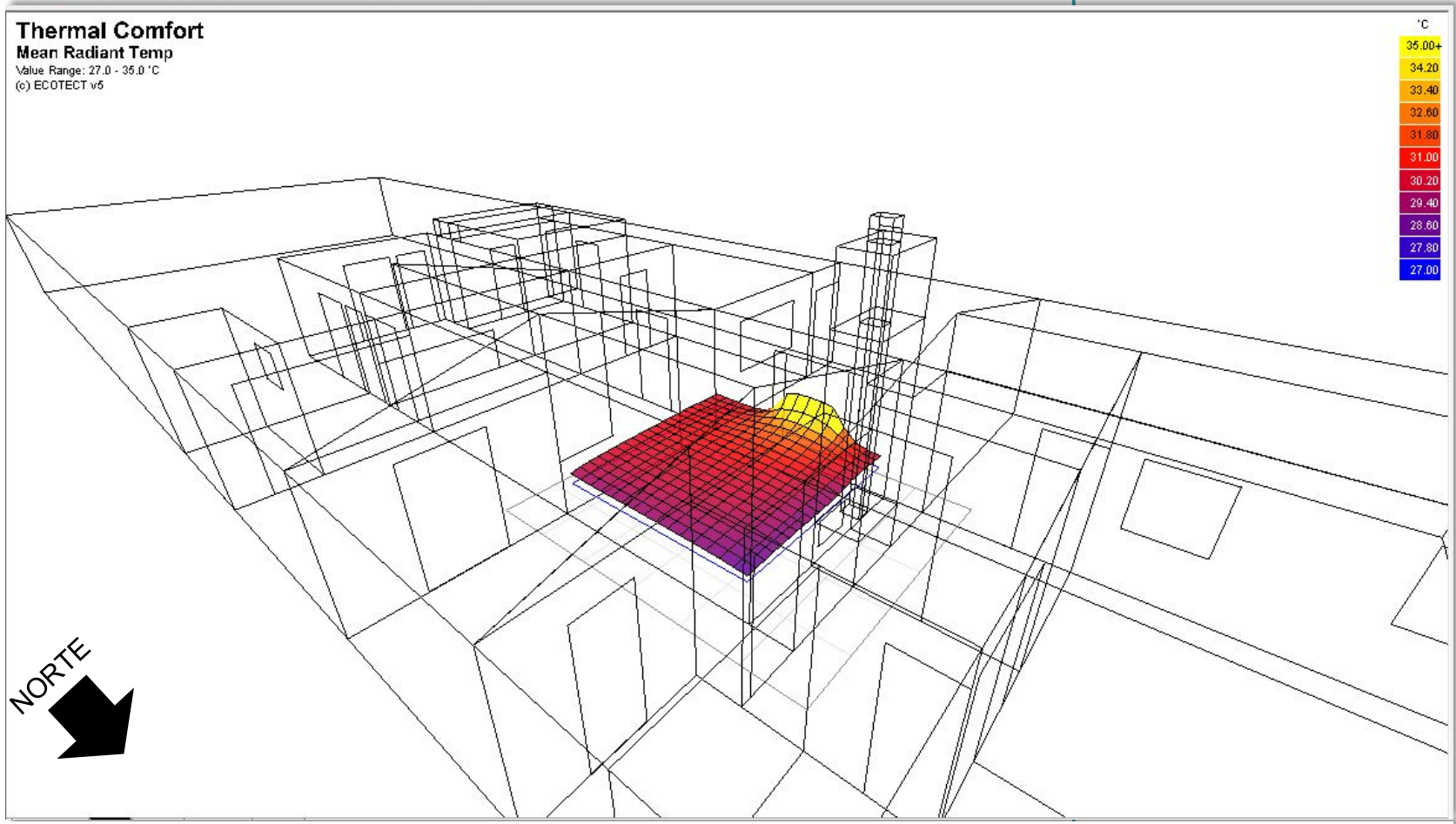


Ilustración 43 Temperatura Media Radiante, Propuesta de Chimenea Solar. Fuente Ecotect.

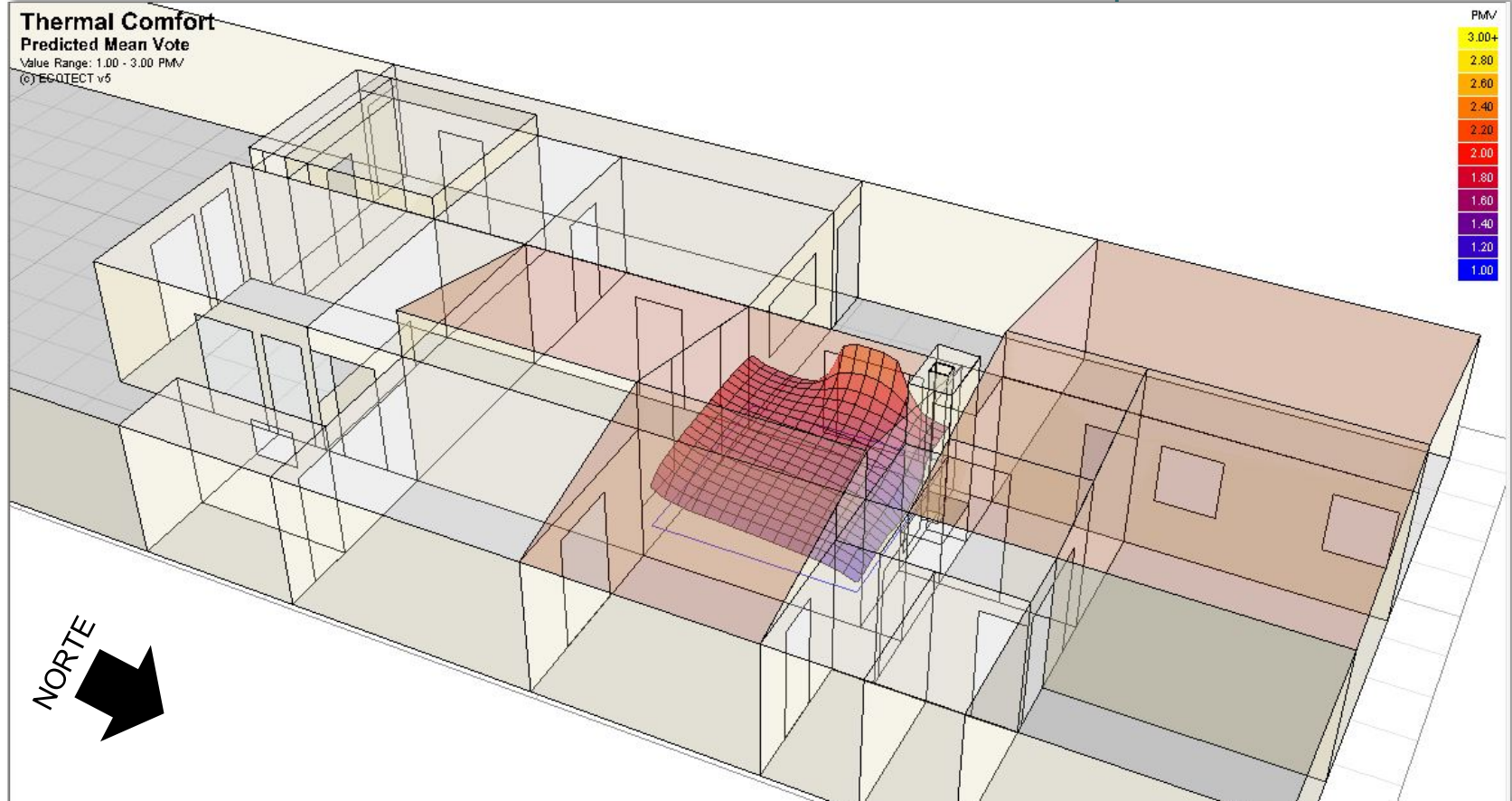
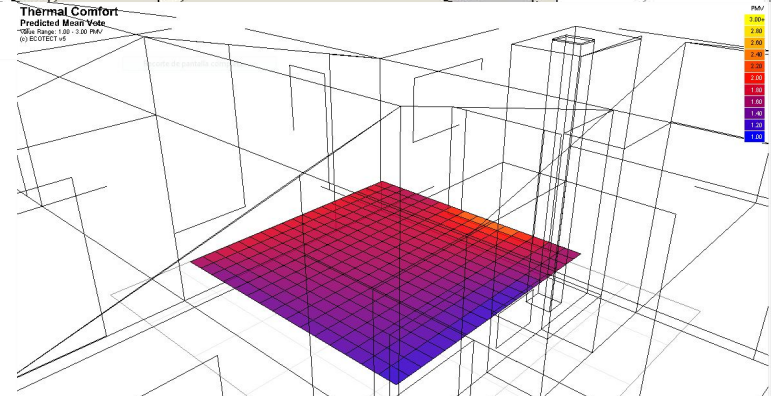


Ilustración 44 Voto Medio Estimado en Vivienda Actual. Fuente Ecotect

La comparación del voto medio estimado en el estado actual de la vivienda (I.44) oscila entre +2 y +1.60 y en la propuesta de chimenea solar(I.45), entre +1.60 y +1.20. Estos valores indican en la simulación, que las personas sienten más confort térmico en la propuesta de chimenea solar.



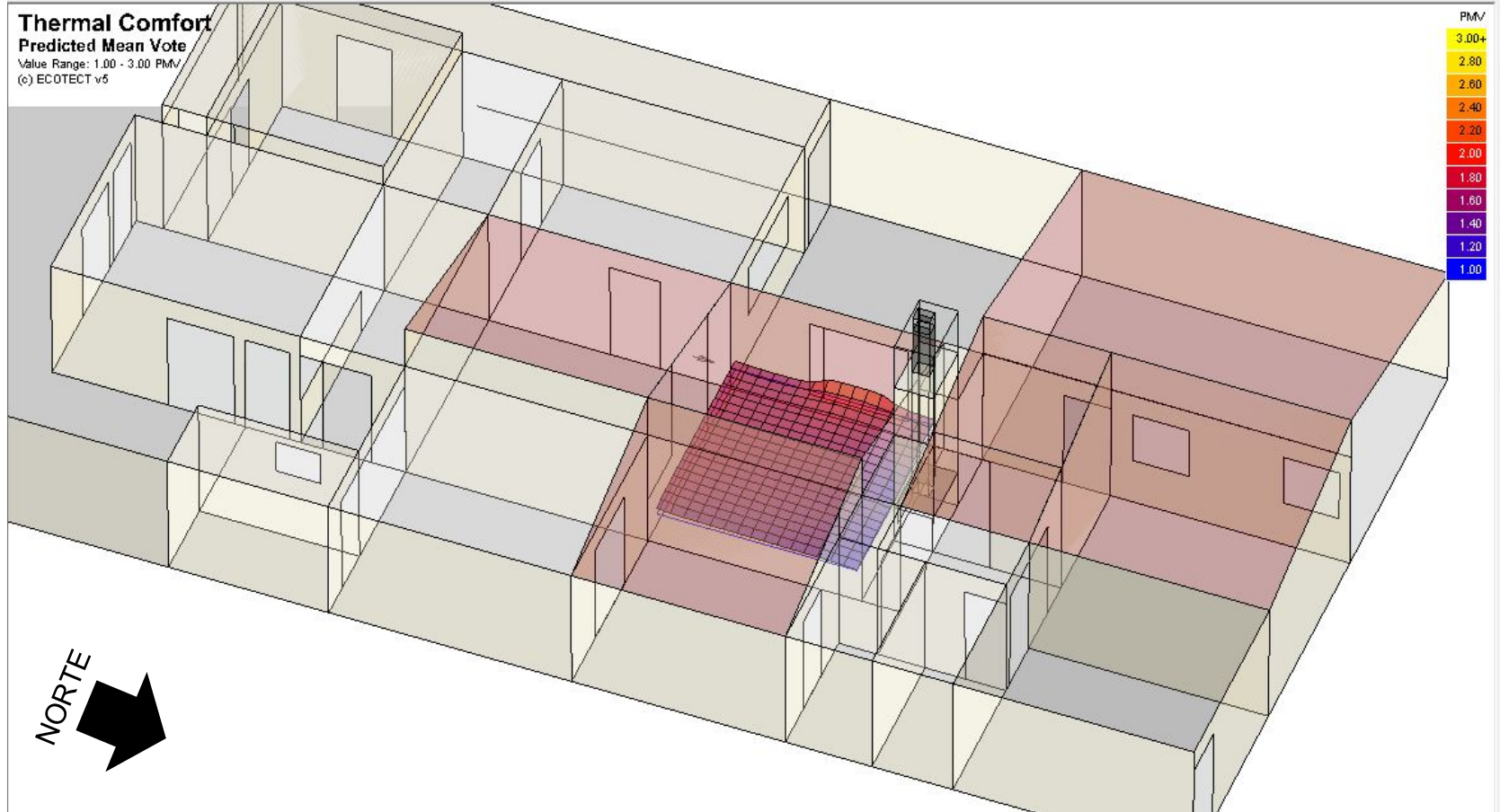
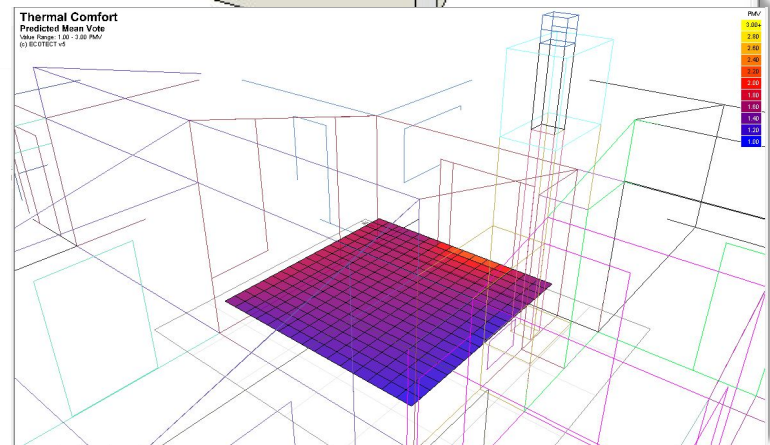


Ilustración 45 Voto Medio Estimado en Propuesta de Chimenea Solar. Fuente Ecotect.



En la ilustración 46 se muestra el voto medio estimado para el día 14 de abril a las 16:00 horas, en la vivienda actual existe más +1.68 a +1.80 a la misma hora se observa en la ilustración inferior, que el rango que presenta la sala en su mayor área esta entre +1 y +1.20. Debido a que existe una mejor circulación del aire y esto mejora las condiciones de bienestar térmico.

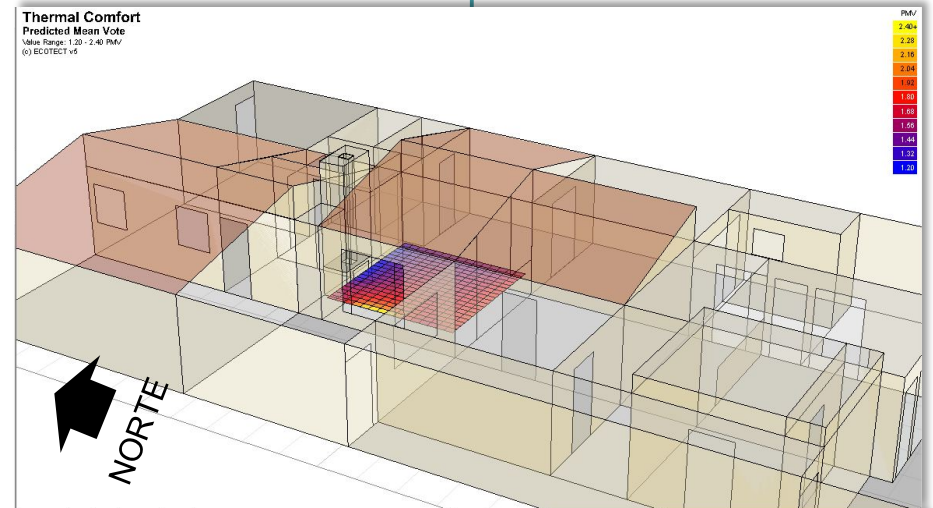


Ilustración 46 Voto Medio Estimado, 16:00 en Vivienda Actual. Fuente Ecotect.

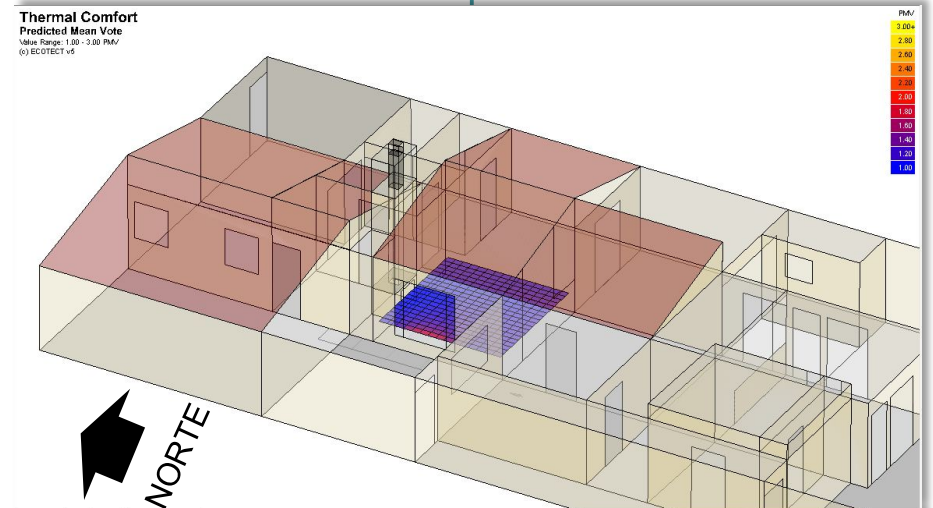


Ilustración 47 Voto Medio Estimado, 16:00 Propuesta de Chimenea Solar. Fuente Ecotect.

Thermal Comfort
Percent Dissatisfaction
Value Range: 10.0 - 100.0 PPD
(c) ECOTEECT v5

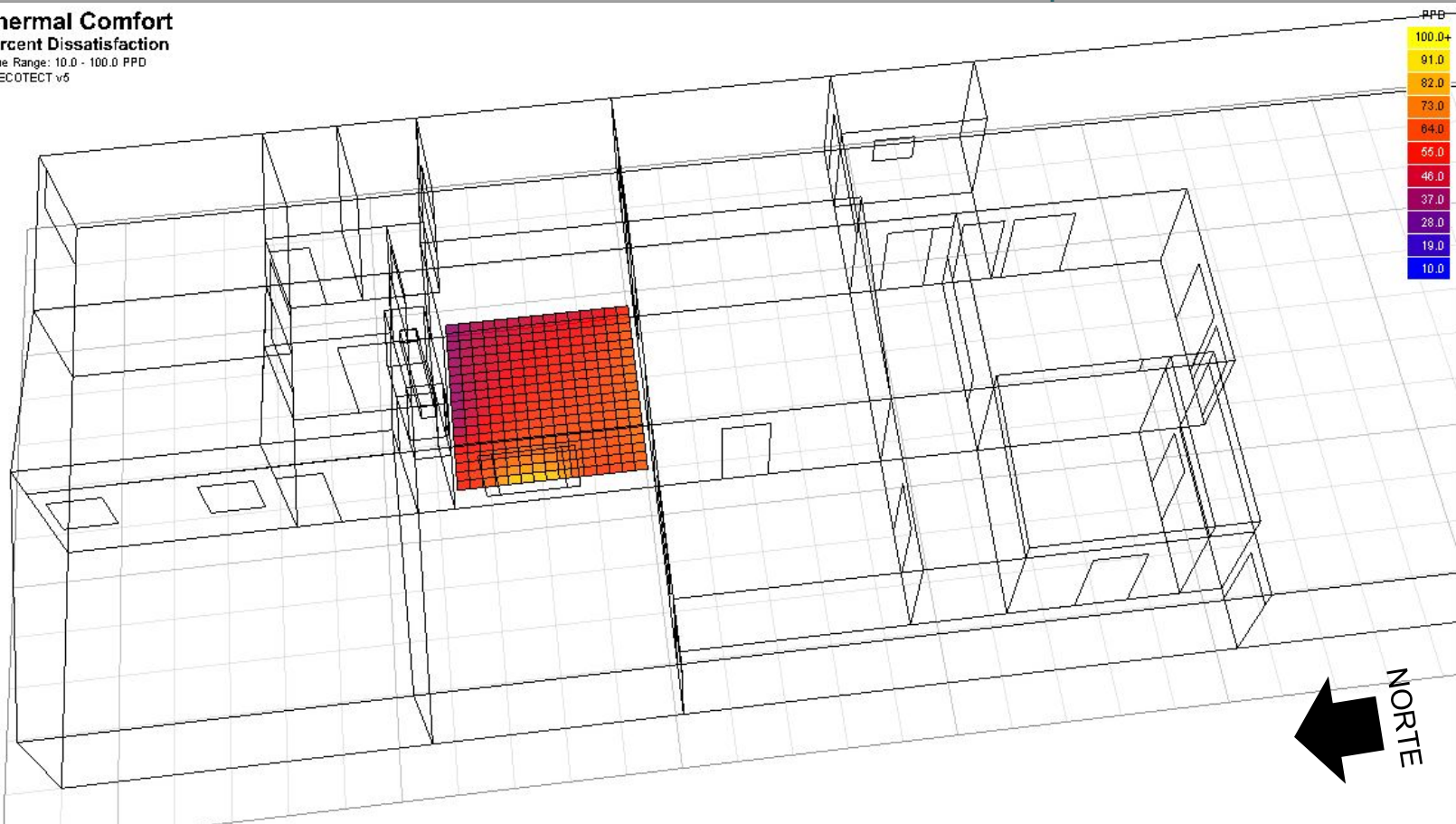


Ilustración 48 Porcentaje Estimado de Insatisfechos. Vivienda Actual. Fuente Ecotect.

Se puede apreciar que el porcentaje estimado de insatisfechos en la vivienda actual en su mayoría entre 46% y 73%.

Thermal Comfort

Percent Dissatisfaction

Value Range: 10.0 - 100.0 PPD

(c) ECOTECT v5

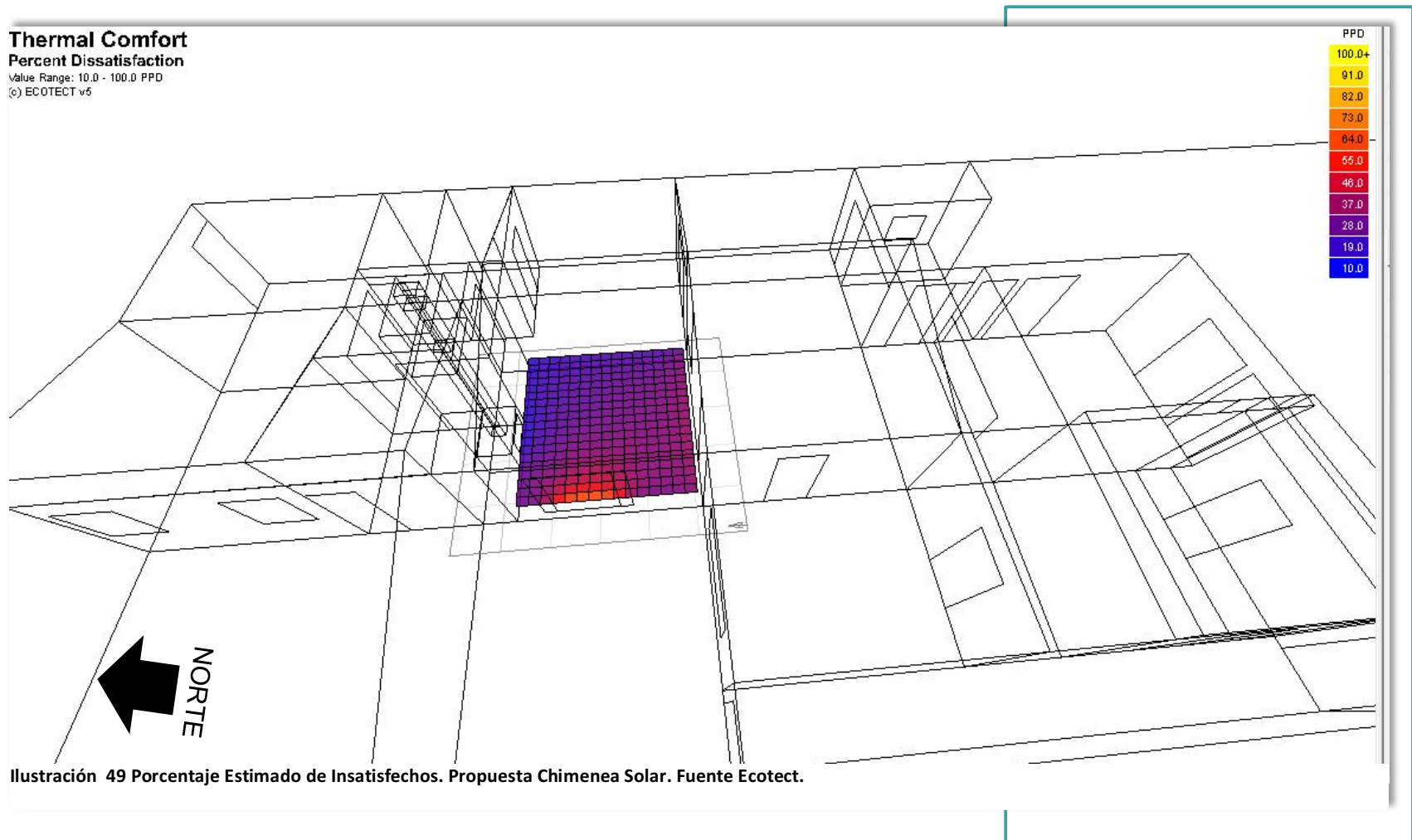


Ilustración 49 Porcentaje Estimado de Insatisfechos. Propuesta Chimenea Solar. Fuente Ecotect.

En la ilustración 49 se muestra el porcentaje estimado de insatisfechos, el cual esta en su mayoría de 37% a 10%, lo cual expone que en la simulación el

porcentaje de personas insatisfechas es mucho menor que en la situación actual.

CONCLUSIONES

Para poder renovar y refrescar un ambiente de una construcción se necesita que exista movimiento del aire, para esto deben existir entradas y salidas de aire, deben ser de las dimensiones correctas y estar en lugares precisos en la edificación si se quiere obtener un buen resultado.

El sol y el viento son recursos que se pueden aprovechar fácilmente, con una inversión inicial y muy poco mantenimiento. El sol es una energía sin costo y abundante, solamente se tiene que captar para convertirla en energía calórica.

No necesariamente se tiene que hacer uso de ventilaciones mecánicas en climas muy calurosos.

Existen soluciones y estrategias pasivas que se pueden implementar y beneficiarse, sin hacer inversiones en equipo y mantenimiento de aires acondicionados o ventiladores.

Estas soluciones son dependientes directamente de las variables climáticas, por lo tanto los resultados pueden tener alteraciones tendiendo a ser soluciones variantes.

En este caso, la ventilación es necesaria para refrescar en las estaciones del año más calurosas, en esta época existe alta radiación solar, que es la energía que se capta y se utiliza de manera natural para poder desplazar el aire interno sobrecalentado y conducirlo hacia el exterior, por lo que funciona la captación de energía por radiación.

En los meses de invierno, se colocará una pequeña compuerta para poder administrar la energía calórica que se almacena en el ducto para poder calentar la sala.

Tomando en cuenta principios físicos, investigación, análisis del sitio y de los ocupantes del edificio, orientación y datos climáticos se pueden dar soluciones bioclimáticas que han sido utilizadas por civilizaciones ancestrales, pero debido a la comodidad actual y tecnología se han quedado rezagadas estas soluciones.

Actualmente la sociedad ha empezado a preocuparse por este tema, del cuidado al medio ambiente, el ahorro energético y por ello es conveniente el uso de ventilaciones naturales en los edificios.

El ser humano es parte de la naturaleza, necesita tener contacto con ella, no debe vivir o realizar sus actividades

en una edificación totalmente cerrada al ambiente exterior, su rendimiento, ánimo y salud se ve afectada al no tener relación sensorial con el ambiente externo, por consiguiente si se sellan las ventanas no se puede percibir un contacto externo, el campo receptivo se siente limitado al no ser estimulado y se considera aislado parcialmente .

Es posible conseguir una ventilación natural forzada haciendo uso de materiales correctos con características necesarias para alcanzar el objetivo preciso. Estas estrategias son escasas en nuestra sociedad, por lo tanto existe dificultad en encontrar información y datos para realizarlas, por lo tanto es experimental, sin embargo con ahínco se pueden alcanzar logros bastante satisfactorios para el usuario.

El confort térmico se puede lograr con estrategias bioclimáticas eficientes en un edificio adecuado, funcional y agradable a las actividades del usuario.

RECOMENDACIONES

El uso de los recursos que ofrece la naturaleza no debe ser indeterminado ni desmedido, este deterioro excesivo ha provocado cambios que son difícilmente revocables en el clima.

Para alcanzar como finalidad el uso de energía cero, se tiene que hacer utilización de estrategias pasivas en las edificaciones, no solo en la fase constructiva, sino que se debe iniciar con ese objetivo desde el diseño conceptual, para que éste tome en cuenta la orientación adecuada, materiales a utilizar, vocación del área de uso y aproveche el potencial en el terreno de los recursos renovables que ofrece .

Es más complejo lograr una adecuada ventilación en un edificio ya construido que en una fase inicial. Si, es necesario un mejoramiento en el edificio, se debe implementar el reuso de los materiales que estén disponibles y se adecuen a las soluciones propuestas, para lograr un diseño más eficiente en cuanto a no generar gastos innecesarios.

Para lograr una ventilación adecuada se tiene que tener conocimiento de los recursos disponibles y de las necesidades del usuario, el clima, materiales del edificio.

La energía calórica es un recurso que se puede aprovechar para el confort térmico de las personas, solamente que se debe observar, investigar y analizar para poder escoger la mejor estrategia a utilizar.

Para hacer el mejor uso de los materiales, estrategias y recursos se tiene que tener presente el uso de las mejores propiedades de cada uno de ellos.

La misma naturaleza proporciona las soluciones a los obstáculos al confort térmico.

GLOSARIO

Homeostático: Compensa la estabilidad interna, con los cambios con el exterior en energía y materia. Es un equilibrio dinámico.

Termómetro de bulbo húmedo: Este instrumento mide la influencia de la humedad relativa en el ambiente junto a la temperatura del aire.

Termómetro de Globo: Sirve para medir la temperatura media radiante, absorbe y emite la radiación de los objetos del ambiente más calientes que el aire y los más fríos, y da un resultado de esta medición. Ayuda a medir el confort térmico.

ANEXO

TABLE E-2 ^a
Outdoor Air Requirements for Ventilation of Residential Facilities (Private Dwellings, Single, Multiple)

Applications	Outdoor Requirements	Comments
Living areas	0.35 air changes per hour but not less than 15 cfm (7.5 L/s) per person	For calculating the air changes per hour, the volume of the living spaces shall include all areas within the conditioned space. The ventilation is normally satisfied by infiltration and natural ventilation. Dwellings with tight enclosures may require supplemental ventilation supply for fuel-burning appliances, including fireplaces and mechanically exhausted appliances. Occupant loading shall be based on the number of bedrooms as follows: first bedroom, two persons; each additional bedroom, one person. Where higher occupant loadings are known, they shall be used.
Kitchens ^b	100 cfm (50 L/s) intermittent or 25 cfm (12 L/s) continuous or openable windows	Installed mechanical exhaust capacity. ^c Climatic conditions may affect choice of the ventilation system.
Baths, Toilets ^b	50 cfm (25 L/s) intermittent or 20 cfm (10 L/s) continuous or openable windows	Installed mechanical exhaust capacity ^c
Garages: Separate for each dwelling unit	100 cfm (50 L/s) per car	Normally satisfied by infiltration or natural ventilation
Common for several units	1.5 cfm/ft ² (7.5 L/s m ²)	See "Parking garages" in Table 6.4.

^a In using this table, the outdoor air is assumed to be acceptable.

^b Climatic conditions may affect choice of ventilation option chosen.

^c The air exhausted from kitchens, bath, and toilet rooms may utilize air supplied through adjacent living areas to compensate for the air exhausted. The air supplied shall meet the requirements of exhaust systems as described in Section 5.8 and be of sufficient quantities to meet the requirements of this table.

ASHRAE 62 2001

Valores de la Rugosidad Absoluta

Material de construcción	Rugosidad (k: mm)
<u>Tuberías de plástico</u>	
Poliétileno (P.E.).....	0,002
Cloruro de polivinilo (PVC)	0,02
<u>Tuberías metálicas</u>	
Tuberías estiradas, sin soldaduras de latón, cobre, plomo.....	0,0015 - 0,01
Aluminio.....	0,015 - 0,06
<u>Acero estirado sin soldaduras:</u>	
Nuevas.....	0,02 - 0,10
Después de muchos años en servicio.....	1,2 - 1,5
<u>Acero galvanizado:</u>	
Nuevas, buena galvanización.....	0,07 - 0,10
Galvanización ordinaria.....	0,10 - 0,15
<u>Fundición:</u>	
Nuevas.....	0,25 - 1,00
Nuevas con revestimiento bituminoso.....	0,10 - 0,15
Asfaltadas.....	0,12 - 0,30
Después de varios años en servicio.....	1,00 - 4,00
<u>Hormigón y fibrocemento:</u>	
<u>Hormigón:</u>	
- Superficie muy lisa.....	0,3 - 0,8
- Condiciones medias.....	2,5
- Superficie rugosa.....	3 - 9
- Hormigón armado.....	2,5
<u>Fibrocemento (F.C.):</u>	
- Nuevas.....	0,05 - 0,10
- Después de varios años en uso.....	0,60

<https://image.slidesharecdn.com/hidraulicaentuberias-120716215001-phpapp01/95/hidraulica-en-tuberias-14-728.jpg?cb=1342475458>

Tabla 7.4
Caracterización térmica de diversos materiales constructivos

Material	Densidad aparente (kg/m³)	Conductividad térmica aparente (W/m·K)	Color específico (kg/m³) x 10³	Dilatibilidad térmica (10⁻⁵) x 10³	Fluidez térmica (10⁻⁴) W/m²·K
1. ROCAS Y SUELOS NATURALES					
1.1. Rocas y terrenos					
Arable	2100	0,990	1,67...2,50	0,18...0,27	1806...2210
Arroz con humedad natural	1700	1,400	0,91...1,18	0,46...0,90	1472...2070
Arroz seco	1500	0,580	0,91...1,18	0,33...0,42	990...1013
Barrido	2800	1,279	0,86	0,53	1795
	3000	3,721	0,86	1,44	3098
Caliza	2000...2500	2,500	0,67	1,15...1,44	2086...2332
	2900...3000	3,488	0,67	1,34...1,54	2809...3017
Gravil	2500...3000	3,372	0,80	1,41...1,69	2697...2845
Mármol	2500	1,976	0,67	0,91	2073
	2650	3,488	0,67	1,41	2941
Piedra pómez	400	0,080	0,60	0,25	160
Plasma	2700	3,500	0,70	1,65	2572
Roca porosa en general	1700...2500	2,330	0,70	1,33...1,96	1665...2019
Roca volcánica	1600	0,600	0,60	0,47	876
Suelo arcilloso	2000	2,550	0,92	1,39	2166
Suelo vegetal	1800	1,600	0,92	1,09	1726
Suelo colchonero (humedad alta)	1800	2,100	1,67...2,50	0,47...0,70	2512...3074
Suelo arenoso	1700	1,400	0,92	0,90	1480
1.2. Materiales de relleno					
Cascote de ladrillo	1300	0,410			
Escoria de coque	1200	0,190	0,80	0,20	427
Grava suelta	1700	0,810	0,91...1,18	0,40...0,52	1119...1275
	1900	2,326	0,91...1,18	1,04...1,35	2005...2284
Piedra	2100	2,180	0,75	1,37	1844
2. PASTAS, MORTEROS Y HORMIGONES					
2.1. Revestimientos continuos					
Estuco de yeso	200	0,116	1,00	0,58	152
	400	0,209	1,00	0,52	289
	600	0,291	1,00	0,49	418
	800	0,300	1,00	0,38	490
Estuco de yeso con perlita	570	0,180	0,90	0,35	304
Estuco de yeso con vermiculita	200	0,081	1,06	0,38	131
	400	0,116	1,06	0,27	222
	600	0,163	1,06	0,28	322
Mortero de cal y canchales	1600	0,870	1,10	0,49	1237
Mortero de cemento	1800	0,900	1,10	0,45	1335
	1900	1,000	1,10	0,48	1446
	2000	1,400	1,10	0,64	1755
2.2. Hormigones					
Hormigón armado normal	2400	1,630	1,06	0,64	2036
Hormigón armado con áridos ligeros	600	0,170	1,00	0,28	319
	1000	0,330	1,00	0,33	574
	1400	0,550	1,00	0,39	877
Hormigón celular con árido silíceo	600	0,340	1,00	0,57	452
	1000	0,670	1,00	0,67	819
	1400	1,090	1,00	0,78	1235
Hormigón celular sin árido	305	0,090	1,00	0,30	166
Hormigón en masa normal sin vibrar	2000	1,160	1,08	0,54	1583

4. Según el Proyecto de Norma Europea PrEN 12524

(Neila Gonzalez, 2004)

Material	Densidad aparente (kg/m³)	Conductividad térmica aparente (W/m·K)	Color específico (kg/m³) x 10³	Dilatibilidad térmica (10⁻⁵) x 10³	Fluidez térmica (10⁻⁴) W/m²·K
2.3. Fábricas de bloques de hormigón y silicocaláreos					
Fábrica de ladrillos silicocaláreos	1200	0,560	1,00	0,47	820
	1400	0,700	1,00	0,50	990
	1800	0,790	1,00	0,49	1124
	1800	0,990	1,00	0,55	1335
	2000	1,100	1,00	0,55	1483
Fábrica de bloques huecos de hormigón	1000	0,440	0,84	0,52	608
	1200	0,490	0,84	0,49	703
	1400	0,560	0,84	0,48	812
Fábrica de bloques de hormigón celular curados al vapor	600	0,350	0,84	0,69	420
	800	0,410	0,84	0,61	525
	1000	0,470	0,84	0,56	628
Fábrica de bloques de hormigón celular curados al aire	800	0,440	0,84	0,65	544
	1000	0,560	0,84	0,67	686
	1200	0,700	0,84	0,69	840
Fábrica de bloques de hormigón con arena expandida	350...400	0,190	0,84	0,57...0,65	236...253
Baldosa de hormigón	2100	1,400	1,00	0,67	1715
2.4. Placas o paneles					
Placa de cartón yeso	900	0,180	1,05	0,19	412
Placa de cartón yeso doble	415	0,230	0,92	0,60	296
Placa de fibrocemento	2000	0,930	1,25	0,37	1525
	1800	0,640	1,25	0,32	1131
	1400	0,720	1,05	0,49	1029
Placa de hormigón con fibra de madera	300...450	0,080	1,50	0,12...0,18	190...232
Placa de micaepila	600	0,244	1,00	0,41	383
	800	0,300	1,00	0,36	490
	1000	0,349	1,00	0,35	591
	1200	0,407	1,00	0,34	699
Tablero de fibra de madera	300	0,050	1,00	0,17	122
	500	0,100	1,00	0,20	224
	825	0,160	1,34	0,19	366
	925	0,210	1,34	0,17	510
Forjado alveolar	1840	1,400	0,80	0,95	1229
3. LADRILLOS, BLOQUES Y PLAQUETAS CERÁMICAS					
Alicatado	2000	1,050	0,92	0,57	1399
Baldosa de barro	1900	0,900	0,90	0,53	1241
Baldosa en esmalte	2000	1,050	0,94	0,63	1328
Fábrica de bloques de adobe	1510	0,480...0,800	0,85	0,35...0,62	759...1012
Fábrica de bloques de tierra compactada	1757	0,750...1,100	0,65...0,92	0,46...0,97	924...1333
Fábrica de bloques terraplenada	767	0,280	1,04	0,35	472
	802	0,270	1,04	0,32	474
	826	0,310	1,04	0,36	516
	906	0,290	1,04	0,31	522
Fábrica de ladrillos macizos	1800	0,870	0,84	0,58	1147
	2000	1,047	0,84	0,62	1326
Fábrica de ladrillos perforados	1400	0,605	0,84	0,51	843
	1600	0,760	0,84	0,57	1011

5. Doble vidrio de 6 mm y cámara simple de 6, 8 ó 12 mm.
6. Triple vidrio de 6 mm y doble cámara de 6, 8 ó 12 mm.

Material	Densidad aparente (kg/m³)	Conductividad térmica aparente (W/m·°C)	Calor específico (kJ/kg·°C) x10²	Difusividad térmica (m²/s) x10²	Eficiencia térmica (°W/m²·°C)	
Fibras de lastillas frías	800	0,337	0,84	0,50	478	
	1000	0,407	0,84	0,48	585	
	1200	0,490	0,84	0,49	703	
	2400	1,820	0,90	0,75	1871	
Gres	2100	1,050	0,90	0,56	1409	
	1800	1,150	1,00	0,64	1438	
Porcelana	2000	1,050	0,90	0,58	1375	
Tijales	1800	0,700	0,92	0,48	1015	
4. VIDRIOS						
Vidrio aislante	6+6+6	1867	0,135	1,00	0,08	474
	6+8+6	1500	0,140	1,00	0,09	458
	6+12+6	1250	0,162	1,00	0,13	450
	6+8+6+6	1500	0,122	1,00	0,08	428
	6+8+6+8+6	1323	0,128	1,00	0,10	412
	6+12+6+12+6	1071	0,127	1,00	0,12	369
Vidrio plano	2500	1,160	1,00	0,46	1703	
Vidrio templado simple	900	0,760	1,00	0,84	827	
5. METALES						
Acero	7850	58,000	0,45	16,42	14314	
Acero inoxidable	7900	17,000	0,46	4,66	7880	
Aluminio	2700	204,000	0,89	84,89	22141	
Bronce	8500	84,000	0,38	19,81	14378	
Cobre	8900	384,000	0,38	113,54	36037	
Fundición	7500	58,000	0,45	16,59	13748	
Hierro	7900	75,000	0,45	21,10	16328	
Latón	8500	107,000	0,38	33,13	16591	
Plomo	11250	95,000	0,13	23,83	7155	
Zinc	8980	110,000	0,38	42,20	16934	
6. MADERAS						
Aguilónsido, tabaco	300	0,100	1,70	0,20	226	
	500	0,140	1,70	0,16	345	
	700	0,180	1,70	0,15	463	
Contrachapado	400	0,090	1,70	0,13	247	
	600	0,140	1,70	0,14	378	
	800	0,180	1,70	0,13	495	
Maderas ligeros (abeto, álamo, pino, cedro, ...)	200	0,064	1,61	0,20	144	
	300	0,087	1,61	0,18	205	
	400	0,111	1,61	0,17	267	
	500	0,133	1,61	0,17	327	
	600	0,151	1,61	0,16	382	
Maderas pesadas (castaño, encina, haya, ...)	700	0,174	1,61	0,15	443	
	800	0,198	1,61	0,15	505	
	900	0,221	1,61	0,15	566	
Virutas de madera prensadas	650	0,081	1,70	0,07	299	
Serrín	200	0,116	1,00	0,58	152	
Tijales	800	0,198	1,70	0,15	519	
7. MATERIALES BITUMINOSOS						
Asfalto	2100	0,700	1,50	0,22	299	
Betón	1050	0,170	1,00	0,16	152	
Lámina asfáltica	1100	0,190	1,00	0,17	519	
8. VARIOS						
8.1. AGUAS						
Agua líquida a 10°C	1000	0,590	4,18	0,14	1570	
Hielo a 0°C	900	2,280	2,00	1,27	2026	
a -10°C	900	2,500	2,00	1,39	2121	

Material	Densidad aparente (kg/m³)	Conductividad térmica aparente (W/m·°C)	Calor específico (kJ/kg·°C) x10²	Difusividad térmica (m²/s) x10²	Eficiencia térmica (°W/m²·°C)	
Hielo	recta caída	100	0,060	2,00	0,30	110
	biselado	200	0,120	2,00	0,30	219
	Equipamiento compresión	300	0,230	2,00	0,38	371
	compactado	500	0,700	2,00	0,70	837
8.2. Gases						
Aire	1,00	0,025	1,01	24,75	5	
Argón	1,70	0,017	0,52	19,27	4	
Dióxido de carbono	1,95	0,014	0,82	8,76	5	
Nitrogeno	3,56	0,009	0,25	10,32	3	
8.3. Plásticos y gomas						
Acrílico	1050	0,200	1,00	0,19	458	
Caucho butilo	920	0,130	1,13	0,13	368	
Caucho celular	70	0,060	1,50	0,57	79	
Caucho natural	910	0,130	1,10	0,13	361	
Latex	1280	0,190	1,40	0,11	565	
Metacrilato		0,185				
Nesporin	1240	0,230	2,14	0,09	781	
Polietileno HD	980	0,400	1,80	0,23	840	
Polietileno LD	920	0,320	2,10	0,17	796	
Poliestireno rígido	1200	0,250	1,80	0,12	735	
PVC acrilato	1340	0,180	0,90	0,15	468	
PVC rígido	1200	0,140	1,00	0,12	410	
Resina epoxy	1200	0,230	0,80	0,24	470	
	1200	0,230	1,40	0,14	622	
8.4. Resto						
Algodón	80	0,050	1,35	0,46	73	
Carbón pesado	950	0,350				
Carbón ligero	650	0,140				
Cerco	1000	0,160				
Fibra	80	0,040				
Lana	140	0,045	1,36	0,24	93	
Mineral	1000	0,050	1,40	0,04	285	
Paja	compresión baja	50...75	0,030	1,60	0,25...0,36	49...60
	compresión media	75...100	0,035	1,60	0,22...0,29	65...70
compresión alta	100...150	0,040	1,60	0,17...0,25	80...98	
Papel		0,140				
Pavimento de corcho	535	0,081				
9. MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS						
9.1. De origen sintético						
Poliestireno expandido	I	10	0,047	1,45	3,24	26
	II	12	0,045	1,45	2,59	28
	III	15	0,040	1,45	1,84	29
	IV	20	0,037	1,45	1,28	33
	V	25	0,035	1,45	0,97	36
	VI	-	0,034	1,45		
	VII	-	0,033	1,45		
Poliestireno extruido	I	20	0,032	1,45	1,10	30
	II	25	0,036	1,45	0,99	36
	III	30	0,030	1,45	0,69	36
	IV	35	0,028	1,45	0,56	38
	V	45	0,030	1,45	0,46	44
Polidiamarato		32	0,020	1,40	0,45	30
Especie de poliuretano	I certam	32	0,023	1,40	0,51	32
	II certam	40	0,023	1,40	0,41	36
	III certam	40	0,023	1,40	0,41	36

ARTÍCULO 4.10: COEF. DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE MATERIALES (según N. IRAM 11601)

MATERIAL	DENSIDAD	CONDUCTIVIDAD
lana mineral/vidrio suelta	80/140	0,035
	150/200	0,040
lana mineral/vidrio planchas semirrigidas/rigidas	45/80	0,040
	80/200	0,045
poliestireno expandido	15/20	0,030
espuma de uretano/poliuretano	25/40	0,025
perlita suelta	30/130	0,046
mortero de perlita	400	0,080
	600	0,120
espuma de vidrio	100	0,040
paneles de corcho expandido/aglomerado	100/150	0,037
	150/200	0,041
paneles de corcho comprimido	500	0,085
maderas tipo aglomerado	200	0,055
	300	0,060
	400	0,074
amiante	400	0,067
vermiculita suelta	150	0,070
vermiculita expandida	100	0,060
minerales en forma granular	200	0,130
	400	0,150
	1600	0,700
mampostería ladrillos comunes/maczos	1800	0,780
	2000	0,900
mampostería ladrillos silico calcareos	1800	0,850
mampostería ladrillos huecos	1000	0,400
	1200	0,450
	1400	0,520
mampostería bloques de hormigón 2c	1000	0,380
	1200	0,420
	1400	0,480
mampostería bloques de hormigón 3c	1400	0,420
	1600	0,480
bloques o placas de hormigón liviano	600	0,300
	800	0,350
	1000	0,480
	1200	0,500
Hormigón	2200	1,200
Hormigón de cascaje	1600	0,650
	1800	0,800
bloques cerámicos	730	0,320
mortero de cal y cemento	1900	0,600
mortero de cemento	2100	1,200
mortero de yeso	1000	0,650
mortero para revoques	1800/2000	1,000
	300	0,120
mortero de vermiculita	450	0,160
	650	0,220
placas de yeso	600	0,250
	700	0,280
	900	0,350
	1000	0,400
	1200	0,500

ARQUIMASTER :: <http://www.arquimaster.com.ar>

	350/450	0,100
madera	450/600	0,130
	600/750	0,200
	800/100	0,250
bitumen asfáltico	1000	0,170
fieltro saturado con asfalto	1100	0,180
tejas cerámicas	1650	0,650
baldozas cerámicas	1750	0,700
vidrio	2700	0,700
hierro	7870	62
acero	7780	45
fundición	7500	48
aluminio	2700	200
aire	-	0,022
agua	1000	0,500

DENSIDAD (kg/m³) - CONDUCTIVIDAD (Kcal m / m² H °C)
Los valores de esta tabla son ilustrativos. Para ampliar la información consultar la NORMA IRAM 11601.

En el ARTÍCULO 4.2 y otros se aplican estos conceptos en un ejemplo práctico. La información se suministra sin fines comerciales. Prohibido el uso y/o reproducción de los artículos sin autorización de sus autores. Contacto: arquimaster@arquimaster.com.ar

Tabla <http://www.arquimaster.com.ar/descargas/articulo410.pdf>

FUENTES DE CONSULTA

Balanza Chavarria, J. d. *Creación de Modelo Matemático para Diseñar Chimenas Solares Metálicas*. Veracruz, México: Publicia.

Bustamante, R. C. (2009). *Guía de diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social, Santiago, Ministerio de Vivienda y Urbanismo*. Santiago.

College of Environmental Design, U. B. (s.f.). Radiation. *Arch 140*

Educa Madrid. Org. (2016). 6 Energía Mecánica 7 Energía Térmica. Madrid, España.

<http://www.educa.madrid.org/web/ies.alonsoquijano.alcala/carpeta5/carpetas/quienes/departamentos/ccnn/CCNN-1-2-ESO/2eso-FyQ-2016-17/Tema-07-Energia-termica/Tema-07-Energia-termica.html#1>

Energy Institute. República Checa.

<http://www.eu.fme.vutbr.cz/odbor-termomechaniky-a-techniky-prostredi>

Espinosa Cancino, C. F., & Cortéz Fuentes, A. (2015). Confort Higrotérmico en Vivienda Social y la Percepción del Habitante. *Invi*, 85 (30 227-242), 229.

Kooy News. Irán. (2015). Cero Energía CBA, Singapur. <http://kooy.ir/News1274.html>

León J., J. C. (2013). *Parametros de diseño de la Chimenea Solar*. Tesina, Universidad Politecnica de Cataluña, Arquitectura, energia y medio ambiente, Barcelona.

Maerefat, M., & Haghghi, A. P. (2010). *Natural cooling of stand-alone houses using solar chimney and evaporative cooling cavity*. Obtenido de www.elsevier.com/locate/renene: <https://www.researchgate.net/publication/222191050>

Neila Gonzalez, F. J. (2004). *Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sostenible*. (E. Munilla-Lería, Ed.) Madrid, España: Munilla-Lería.

Pedro Sarmiento. (2007). *Energía Solar en Arquitectura y Construcción*. Chile. RIL Editores.

Robin Jain. (2014). Analysis of Solar Chimney. Makaviya National Institute of Technology, Jaipur, India.

<https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjdvIXWjqfUAhVL1CYKHbVMD8MQjRwIBw&url=https%3A%2F%2Fwww.slideshare.net%2FSuchitGupta3%2Fsolar-chimney&psig=AFQjCNENTZJ4Hk1vRNQO0V9nG5pubnuHVg&ust=1496766166401862>

Sidwell Friends. Green Buildings. Washington DC, Estados Unidos.

<http://www.sidwell.edu/about/environmental-stewardship/green-buildings>

SOFTWARE

CLIMOGRAMA DE BIENESTAR ADAPTADO

Neila Gonzalez, F. J. Escuela Técnica Superior de
Arquitectura de Madrid, ETSAM.
Universidad Politécnica de Madrid.

AUTODESK ECOTECT ANALYSIS 2011.

“Tomo, pues, Jehová Dios al hombre y lo puso en el huerto del Edén,
para que lo labrara y lo cuidase.”

Génesis 2:15