



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de ingeniería
Maestría en Arquitectura

Estrategias de diseño pasivo y activo. Aplicado a casa de interés social en la ciudad de
Cauhtémoc Chihuahua.

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en arquitectura

Presenta:

Arq. Marco Antonio Silva Domínguez

Dirigido por:

MDI Arq. Johann Llamas Vázquez

MDI Arq. Johann Llamas_Vázquez

Presidente

M.C. Verónica Leyva Picazo

Secretario

MDI. Anelisse Yerett Oliveri Rivera

Vocal

MDI. Ana Engenia Vázquez Alemán

Suplente

M.A.S. José Granados Navarrete

Suplente

Centro Universitario Querétaro, Qro, México

30/ABRIL/2020

**Estrategias de diseño pasivo y activo. Aplicado a
casa de interés social en la ciudad de Cuauhtémoc
Chihuahua**

por Marco Antonio Silva Domínguez

Dirección General de Bibliotecas de la UAQ

RESUMEN

En la actualidad en la industria de la construcción se cuenta con políticas energéticas nacionales, que tienen el objetivo mejorar de eficiencia energética en el diseño y construcción de edificio, logrando contribuir en la reducción de contaminación de gases efecto invernaderos y el ascenso de calidad de vida.

Por lo tanto, aún falta mucho trabajo que realizar para lograr una ciudad completamente eficiente energéticamente hablando, como es el caso de la Ciudad de Cuauhtémoc, Chihuahua, en la cual es necesaria la implementación de normatividades mexicanas y aportar el conocimiento a los autoconstructores, ya que es una zona vulnerable debido al el clima extremo con el que cuenta; esto ha ocasionado el aumento de consumo energético para calentar y enfriar las viviendas. Esta investigación estudia los elementos y estrategias climáticas de un diseño pasivo aplicado a una casa de interés social, en el cual se calculan las demandas energéticas, buscando el ahorro energético y la calidad de vida, por medio de estrategias pasivas de calefacción y refrigeración, con el fin de disminuir los sistemas activos.

Este trabajo se fundamenta en:

- Recopilación de datos
- Un estudio de una casa modelo de la colonia Benito Juárez,
- Análisis energético de la vivienda.
- Analizar el uso y la gestión de las instalaciones de consumo y la demanda de energía, mediante el simulador DEEVi. Basado en la norma NOM-020-ENER-2011
- Proponer las intervenciones para mejorar la eficiencia energética del edificio, y conseguir un mejor confort para los usuarios.

Palabras Clave: Arquitectura sustentable, eficiencia energética, diseños pasivos, confort térmico, demanda calorífica y frigorífica.

SUMMARY

Currently in the construction industry has national energy policies, which aim to improve energy efficiency in the design and construction of a building, contributing to the reduction of greenhouse gas pollution and the rise in quality of life.

Therefore, there is still a lot of work to do to achieve a completely energy efficient city, such as the City of Cuauhtémoc, Chihuahua, which is necessary to implement Mexican regulations and provide knowledge to self-builders, since It is a vulnerable area caused by the extreme weather, this has led to increased energy consumption to heat and cool homes. This research studies the climatic elements and strategies of a passive design applied to a house of social interest, in which energy demands are calculated, looking for energy savings and quality of life, through passive heating and cooling strategies, with in order to decrease active systems.

This work is based on:

- Data collection
- A study of a model house in the Benito Juárez neighborhood,
- Energy analysis of housing.
- Analyze the use and management of consumption facilities and energy demand, using the DEEVi simulator. Based on the NOM-020-ENER-2011 standard
- Propose interventions to improve the energy efficiency of the building, and achieve better comfort for users.

Keywords: Sustainable architecture, energy efficiency, passive designs, thermal comfort, heating and cooling demand.

AGRADECIMIENTOS.

Deseo agradecer y expresar mi gratitud a todas aquellas personas que estuvieron involucradas en la realización de esta investigación, a través de su valiosa participación y colaboración fue posible realizar este trabajo.

A mis compañeros y amigos de estudios de posgrado, un honor haber compartido experiencias y estudios a su lado, para todos ellos mi respeto y admiración.

A la Universidad Autónoma de Querétaro, por hacer posible llevar a cabo la maestría en arquitectura, en la ciudad de Querétaro, a toda la comunidad de profesores y directivos.

A mi director de tesis el MDI Arq. Johann Llamas por su valiosa colaboración, disposición, tiempo, paciencia y dedicación a la presente investigación, sin duda invaluable su colaboración.

A mi asesora de tesis el MDI Arq. Verónica por su valioso apoyo, tiempo y paciencia en este camino de la presente investigación, sin duda invaluable su colaboración.

A mi pareja Maraitzel Cabello, por su paciencia a mis desvelos, amanecidos y su gran apoyo incondicional, para poder lograr esta meta de mi vida. Te amo.

Agradezco infinitamente a mis padres, Antonio Silva y Lucy Domínguez, pilares en mi vida, por su apoyo y confianza, mi eterno agradecimiento, toda mi admiración, respeto y cariño.

Y finalmente a mi hijo Alexander Silva Cabello, que este esfuerzo sea inspiración para él, al ser mejor humano, no solo en conocimientos, si no en humildad, esfuerzo, dedicación y paciencia para poder lograr sus sueños. El mayor obstáculo para cumplir tus sueños eres tú mismo, si te lo propones lograrlos, nada lo impedirá. Te amo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
I INTRODUCCIÓN.....	1
I.1 Antecedentes y Justificación	2
I.1.1 Antecedentes	2
I.1.2 Revisión de literatura	3
I.1.3 Justificación	7
I.2 Planteamiento del problema.....	8
I.3 Hipótesis y objetivos	9
I.3.1 Hipótesis general.....	9
I.3.2 Objetivo general.....	9
I.3.3 Objetivos específicos	9
II MARCO TEÓRICO.....	10
II.1 Estudio del consumo energéticos en México por sector	10
II.2 Vivienda de interés social en Cuauhtémoc, Chihuahua	15

II.2.1	El derecho a una vivienda adecuada.....	16
II.2.2	Análisis de bases para vivienda sustentable	16
II.2.3	Reglamento de construcción de Cuauhtémoc aplicado a casas de interés social	20
II.3	Estrategias en invierno	22
II.3.1	Estrategias: Minimizar pérdidas de calor por transmisión	23
II.3.2	Resumen: Aspectos básicos de la refrigeración solar pasiva	29
II.3.3	Estrategias: Maximizar las ganancias solares.....	30
II.3.4	Resumen: Aspectos básicos de la calefacción solar pasiva.....	34
II.4	Estrategias en verano.....	39
II.4.1	Estrategias: Control de las ganancias de radiación.....	39
II.4.2	Estrategias: Refrigeración pasiva	46
III	METODOLOGÍA.....	51
III.1	Metodología.....	51
III.2	Condiciones Climáticas / Geográficas Ciudad Cuauhtémoc.....	53
III.2.1	Estrategias de calefacción y refrigeración por medio de diagrama Psicométrico de Givoni.....	60
III.3	Descripción del proyecto	65
III.3.1	Planos gráficos del proyecto	66
III.3.2	Estrategias y elementos aplicados.....	71
III.3.3	Propuesta de sistemas activos	80
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	82

IV.1	Cálculos y manejo de resultados	82
IV.1.1	Invierno	82
IV.1.2	Verano.....	86
IV.1.3	Consumo global	89
IV.2	Consideraciones finales	93
V	Bibliografía	95
VI	ANEXOS	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1 Normas mexicanas relacionadas al ahorro de energía. (Fuente: Elaboración propia).....	5
Tabla II.1 Emisiones de bióxido de carbono asociadas al consumo de energía (Tg) (Fuente: CONAVI Guía conafovi uso eficiente de la energía en la vivienda 2006).	14
Tabla II.2 frentes y restricciones mínimas lotes habitacionales (Fuente: Reglamento de construcción y normas técnicas municipio de Cuauhtémoc, 2014).....	20
Tabla II.3 Vegetación y áreas pavimentadas (Fuente: Reglamento de construcción y normas técnicas municipio de Cuauhtémoc, 2014).	21
Tabla II.4 Intensidad de uso de suelo (Fuente: Reglamento de construcción y normas técnicas municipio de Cuauhtémoc, 2014).	21
Tabla II.5 El estándar de la Ciudad Cuauhtémoc sobre el coeficiente de transmisión (U) en los envolventes NOM-020-ENER-2011.	26
Tabla II.6 Estrategia de invierno templado seco y semifrío seco (Fuente: Elaboración propia).....	29
Tabla II.7 Resumen de estrategia de Maximización de ganancias solares: invierno templado seco y semifrío seco (Fuente: Elaboración propia).....	38
Tabla II.8 Coeficiente de absorción de colores (%) (Fuente PassivHaus).....	41
Tabla II.9 Resumen de estrategia en verano: control de ganancias templado seco y semifrío seco (Fuente: Elaboración propia).....	45
Tabla II.10 Resumen de estrategia en verano: Refrigeración pasiva templado seco y semifrío seco (Fuente: Elaboración propia).....	50
Tabla III.1 Características climáticas de Ciudad Cuauhtémoc. (Fuente: Elaboración propia, datos INEGI).....	55

Tabla III.2 Tabla Climatológica Ciudad Cuauhtémoc. (Fuente: Elaboración propia).....	59
Tabla III.3 Temperaturas promedias máximas, mínimas y humedades relativas de la Ciudad Cuauhtémoc. (Fuente: Elaboración propia).....	61
Tabla III.4 Estrategias de calefacción y de refrigeración. (Fuente: Elaboración propia) .	62
Tabla III.5 Valores de conductividad térmica propuesta. (Fuente: Elaboración propia)..	72
Tabla III.6 Resumen de conductividad térmica prototipos. (Fuente: Elaboración propia)	73
Tabla III.7 Estrategias Prototipo 1. (Fuente: Elaboración propia).....	74
Tabla III.8 Estrategias Prototipo 2. (Fuente: Elaboración propia).....	74
Tabla III.9 Estrategias Prototipo 3. (Fuente: Elaboración propia).....	75
Tabla III.10 Resumen de estrategias propuestas. (Fuente: Elaboración propia).....	79
Tabla III.11 Resumen de estrategias pasivas propuestas. (Fuente: Elaboración propia)..	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1 Casa programa Tarahumaras Ciudad de Cuauhtémoc (Fuente: Peña, 2014).....	7
Figura II.1 Consumo energético en México por sector (Fuente: CONAVI Guía conafovi uso eficiente de la energía en la vivienda 2006).....	11
Figura II.2 Consumo final energético por tipo (Fuente: CONAVI Guía conafovi uso eficiente de la energía en la vivienda 2006).....	12
Figura II.3 Origen de los energéticos utilizados en México (Fuente: CONAVI Guía conafovi uso eficiente de la energía en la vivienda 2006).....	12
Figura II.4 Consumo de energía del sector residencial (vivienda), comercial y público. (Fuente: CONAVI Guía conafovi uso eficiente de la energía en la vivienda 2006).	13
Figura II.5 Ganancias y pérdidas en invierno y en verano. (Fuente: Guía Passivhaus).....	22
Figura II.6 Periodo durante el año que divide la temperatura de balance. (Fuente: Guía del estándar Passivhuas)	23
Figura II.7 Ecuación de conductividad térmica. (Fuente: Guía del estándar Passivhuas)	24
Figura II.8 Captación directa (Fuente: Elaboración propia).	31
Figura II.9 Captación semi-directo (Fuente: Elaboración propia).	32
Figura II.10 Captación indirecta (Fuente: Elaboración propia).	33
Figura II.11 Orientación (Fuente: Elaboración propia).	34
Figura II.12 Carta estereográfica Cuauhtémoc (Fuente: Elaboración propia).	35
Figura II.13 Protección por medio de vegetación (Fuente: Elaboración propia).....	36
Figura II.14 Orientaciones recomendadas (Fuente: Elaboración propia).	37
Figura II.15 Umbral, proyecto La Calera, Colombia (Fuente PassivHaus).....	42

Figura II.16 Árboles de hoja caduca (Fuente: Elaboración propia).....	44
Figura II.17 Ventilación cruzada (Fuente: Elaboración propia).	47
Figura II.18 Movimiento del aire en distribución en edificios (Fuente: Elaboración propia).....	47
Figura II.19 Efecto chimenea (Fuente: Elaboración propia).	48
Figura II.20 Efecto chimenea (Fuente: Elaboración propia).	48
Figura III.1 Metodología (Fuente: Elaboración propia).	51
Figura III.2 Parque San Antonio, Ciudad de Cuauhtémoc (Fuente: Oscar Domínguez)..	53
Figura III.3 Mapa de clima de la Ciudad de Cuauhtémoc, Chihuahua (Fuente: INEGI).	54
Figura III.4 Gráfica de temperaturas. (Fuente: Elaboración propia)	56
Figura III.5 Radiación solar Cuauhtémoc. (Fuente: ArchiCAD®).....	57
Figura III.6 Humedad relativa Cuauhtémoc. (Fuente: ArchiCAD®)	58
Figura III.7 Diagrama Climograma de Givoni para Ciudad Cuauhtémoc. (Fuente: Elaboración propia).....	60
Figura III.8 Vientos dominantes Cuauhtémoc. (Fuente: ArchiCAD®).....	63
Figura III.9 Carta estereográfica Cuauhtémoc (Fuente: Elaboración propia).....	64
Figura III.10 Propuesta de casa (Fuente: Elaboración propia).	65
Figura III.11 Localización colonia Benito Juárez (Fuente: Google Earth®).....	66
Figura III.12 Fachada norte -Propuesta (Fuente: Elaboración propia).	66
Figura III.13 Plano de planta baja -Propuesta (Fuente: Elaboración propia).	67
Figura III.14 Corte X-X' -Propuesta (Fuente: Elaboración propia).	68
Figura III.15 Proyección de circulación de viento (Fuente: Elaboración propia).....	68

Figura III.16 Sombras fachada norte, 21 junio, 18hrs (Fuente: Elaboración propia).	69
Figura III.17 Sombras fachada norte, 21 diciembre, 18hrs (Fuente: Elaboración propia).	69
Figura III.18 Sombras fachada sur, 21 junio, 18hrs (Fuente: Elaboración propia).	70
Figura III.19 Sombras fachada sur, 21 diciembre, 18hrs (Fuente: Elaboración propia)... ..	70
Figura III.20 Plano de grafico del proyecto -Propuesta (Fuente: Elaboración propia).....	71
Figura III.21 Corte X-X' Propuesta (Fuente: Elaboración propia).....	72
Figura III.22 Corte Y-Y' Propuesta (Fuente: Elaboración propia).....	73
Figura III.23 Carga de humedad y remoción de la humedad Prototipo 1 (Fuente: DEEVi®).	76
Figura III.24 Carga de humedad y remoción de la humedad Prototipo 2 (Fuente: DEEVi®).	77
Figura III.25 Carga de humedad y remoción de la humedad Prototipo 3 (Fuente: DEEVi®).	78
Figura III.26 Cortes por fachada Propuestas sistemas activos (Fuente: Elaboración propia).....	80
Figura III.27 Funcionamiento en verano de muro invernadero (Fuente: TecnoBTL).....	81
Figura III.28 Funcionamiento en invierno de muro invernadero (Fuente: TecnoBTL). ..	81
Figura IV.1 Cálculo de heliodon invierno fachada sureste (Fuente: Elaboración propia).83	
Figura IV.2 Cálculo de heliodon invierno fachada noroeste (Fuente: Elaboración propia).	83
Figura IV.3 Cálculo de heliodon invierno fachada suroeste (Fuente: Elaboración propia).	84

Figura IV.4 Balance energético demanda de calefacción (Fuente: DEEVi®).	85
Figura IV.5 Cálculo de heliodon verano fachada sureste (Fuente: Elaboración propia). .	86
Figura IV.6 Cálculo de heliodon verano fachada noroeste (Fuente: Elaboración propia).	87
Figura IV.7 Cálculo de heliodon verano fachada suroeste (Fuente: Elaboración propia).	87
Figura IV.8 Balance energético refrigeración útil (Fuente: DEEVi®).....	88
Figura IV.9 Comprobación NOM-020 (Fuente: DEEVi®).....	89
Figura IV.10 Consumo de agua de la vivienda (Fuente: SAAVi®).....	90
Figura IV.11 Índice de Desempeño Global (Fuente: IDG®).....	90
Figura IV.12 Etiqueta NOM-020 (Fuente: DEEVi®).	91
Figura IV.13 Hoja de resultados DEEVi (Fuente: DEEVi®).....	92

I INTRODUCCIÓN

México afronta condiciones preocupantes de erosión de suelos, escasez de agua, contaminación atmosférica, agotamientos de la energía de origen fósil y deforestación, entre otros problemas. Estos fenómenos se relacionan con la expansión y el crecimiento de manchas urbanas y en particular de la edificación de viviendas, según CONAVI (2006), esto devenido a la falta de conocimiento, mala planeación y la falta de preocupación por el hábitat.

Además, se sufre los efectos del calentamiento global, tales como la modificación de microclimas, incremento de temperaturas medias, desajustes en los niveles de precipitación y calendarización de fenómenos climatológicos. Es el caso de la ciudad de Cuauhtémoc Chihuahua, donde se han registrado temperaturas de -18°C en invierno y en verano temperaturas de hasta 45°C , provocando aumento del consumo energético y contaminación de CO_2 . Actualmente, los planes y programas gubernamentales, impulsan políticas públicas y acciones para prevenir los efectos invernaderos, afectaciones socioeconómicas, la habitabilidad y la disminución de consumo de energía (López, 2010).

Con la reducción de recursos naturales y el aumento en los costos energéticos, profesionistas e identidades gubernamentales han establecido normas y estrategias para poder combatir este problema, esta postura no ha podido trascender, por diversas cuestiones sociales, económicas o por desconocimiento de las técnicas y estrategias aplicables. Un ejemplo común que se utiliza en la Ciudad de Cuauhtémoc para alcanzar el confort térmico en las viviendas es por medio de sistemas activos como la chimenea, la estufa de leña entre otros, con el consecuente consumo de recursos naturales, emisión de CO_2 al medio ambiente y alto costo energético (Sosa, 2014).

En esta investigación se enfoca en establecer las estrategias de sistemas constructivos pasivos para los auto constructores, aplicadas en verano y en invierno, con el objetivo de alcanzar un ahorro energético, un confort térmico y disminuir los sistemas activos, para casas de interés social ubicadas en la Ciudad de Cuauhtémoc, Chihuahua, todo este estudio llevado a cabo por medio de simuladores. La metodología que se plantea para esta investigación es la siguiente: Análisis de clima, estrategias de diseño sostenible, diseño del prototipo, resultados simulados y manejo de resultados.

I.1 Antecedentes y Justificación

I.1.1 Antecedentes

El gobierno mexicano y dependencias públicas e incluso privadas están comprometiendo a desarrolladoras de viviendas, constructoras y a la sociedad auto constructora, a crear viviendas dignas, partiendo del estudio en el diseño y la forma de la construcción. Derivado de esto se han creado manuales y normativas nacionales, que están aportando en el diseño de la infraestructura basándose en las comprobaciones del efecto invernadero CO₂ y el consumo energético. (Conde, 2007).

Como parte del compromiso con las aportaciones en los diseños, se propone aumentar la calidad de vida, alcanzar un confort térmico deseado y considerar el ahorro energético como lo menciona. Zimbrón (2011) en su publicación *La vivienda de interés social: sostenibilidad, reglamentos internacionales y su relación en México*, indica que es de suma importancia cumplir las normas y reglamento para dar esa aportación al medio ambiente con viviendas sustentables y con ahorro energético.

Como parte indispensable es el confort para los seres humanos, que se ha estudiado desde el siglo XIX, preocupados por las enfermedades y accidentes ocasionados por las bajas y altas temperaturas, se llegó a analizar las causas y llegaron a la conclusión, que la infraestructura de los edificios, tienen que estar aptos a las exigencias de las temperaturas, además se tiene que estudiar los datos climatológicos. Parte de esto se desarrolló en diferentes diagramas bioclimáticos, con el fin de alcanzar el confort térmico, uno de los más utilizados por el diseño de viviendas son el de Olgay y la de Givoni (Fernández, 1994).

I.1.2 Revisión de literatura

El presente capítulo trata de realizar un bosquejo de los trabajos en México en el tema de diseño pasivo y sustentabilidad, así como el estado actual de la investigación en el tema. Una de las bases principales en la realización del trabajo de la presente investigación, fueron las memorias nacionales de energía solar y normas mexicanas.

Estudios relacionados

Peña (2010), presentó el trabajo de *Diseño bioclimático en espacios abiertos para zonas áridas urbanas en el desierto Chihuahuense*, donde desarrolla una propuesta de diseño utilizando métodos pasivos. Además, en el 2014, presentó la propuesta de rehabilitación urbana para la colonia Tarahumara en ciudad de Cuauhtémoc, Chihuahua, en la cual hace un estudio por medio del comportamiento de los Tarahumaras, además tomando encuentra métodos de diseños pasivos.

Sáriz (1986), mostró un estudio llamado *La arquitectura popular como base de una arquitectura bioclimática. Aplicación al enfriamiento pasivo*, donde describe la diversidad arquitectónica popular que se aprecia en España, estudiando el comportamiento con el de enfriamientos pasivos.

Carrasco y Morillón (2004), demostraron los resultados de adecuación bioclimática de interés social, utilizando elementos arquitectónicos vernáculos. El nombre de la investigación es *Adecuación bioclimática de la vivienda de interés social del noroeste de México con base análisis térmico de la arquitectura vernácula*.

Hernández (2010), exhibió el estudio de *Manejo sustentable del sitio en proyectos de arquitectura; criterios y estrategias de diseño*, donde se revisó cómo aprovechar de una mejor manera el entorno para beneficiar tanto el proyecto arquitectónico como al contexto urbano.

Gómez (2007), expuso el estudio de casos de diferentes edificios en argentina, analizando factores y técnicas que se utilizaron para resolver diferentes variables, como la humedad relativa, entre otros.

Huelsz y Ochoa (2011), mostraron un análisis utilizando diseño pasivo y características de sistema pasivos de climatización utilizados en viviendas nuevas en cinco zonas de la república mexicana, aportando estudios de casos y aportando estrategias.

Marinic y Ochoa (2011), exhibieron la construcción actual de viviendas en Hermosillo y su adecuación al clima pasivo, analizando diferentes viviendas que se están ofertando en esa zona, y determinar si cumplen o no cumplen con un confort térmico.

Chan (2010), presentó el estudio de Principios de arquitectura sustentable y la vivienda de interés social. Caso: la vivienda de interés social en la ciudad de Mexicali, Baja California, México. En su estudio contempla variables importantes según la historia y estudios, de cómo se pueden crear casas sustentables.

Müller (1998), mostró el estudio de *Mejoramiento térmico de viviendas con climatización pasiva para la zona central de Chile con programas de simulación térmica*. Comprobó que para reducir el consumo energético y alcanzar el confort térmico se puede utilizar los sistemas pasivos.

Herrera (2014), demostró el estudio de *Eficiencia de estrategias de enfriamiento pasivo en clima cálido seco*, donde presenta los resultados de una evaluación de la eficiencia de enfriamiento que se alcanza aplicándolos en techos estanque utilizando seis técnicas de enfriamiento pasivo.

Higuera (2011), expuso el estudio *La vivienda de Interés social: Sostenibilidad, reglamentos internacionales y su relación en México*. acatar las normas y reglamento para dar esa aportación al medio ambiente con viviendas sustentables para lograr un ahorro energético.

Normas mexicanas relacionadas al ahorro de energía

Tabla I.1 Normas mexicanas relacionadas al ahorro de energía. (Fuente: Elaboración propia)

NOMENCLATURA	TITULO	OBJETIVO
NMX-AA-164-SCFI-2013	Edificación sustentable- Criterios y requerimientos ambientales mínimos	El objetivo de esta norma es especificar los criterios y requerimientos ambientales mínimos para una edificación sustentable, esto para contribuir en la mitigación de impactos ambientales y aprovechar los recursos naturales.
NOM-020-ENER-2011	Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltente de edificios para uso habitacional	El objetivo de la norma es limitar las ganancias de calor de los edificios de uso habitacional por medio de su envoltente, con el objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.
NOM-018-ENER-2011	Aislantes térmicos para edificaciones. Características y métodos de prueba	El objetivo de esta norma es establecer las características y métodos de prueba para los productos, componentes y elementos termoaislantes, para techos plafones y muros en los edificios.
NMX-C-460-ONNCCE-2009	Industria de la construcción-aislamiento térmico- valor R para los envolventes de vivienda por zona térmica para la república mexicana – especificaciones y verificación	Esta norma establece las especificaciones de resistencia térmica total (valor “R”) que aplican a los envolventes de las viviendas para mejorar las condiciones de habitabilidad y para disminuir la demanda de energía utilizada para acondicionar térmicamente su interior, de acuerdo a la zona térmica del estado en que se ubique.

Programas de gobierno mexicano

Estrategia nacional de producción y consumo sustentable (periodo de ejecución 2013-2020), por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales: El objetivo de este programa es desarrollar mercados sustentables en diferentes niveles pudiendo ser local hasta internacional orientados a productos sustentables, esto para generar empleos verdes que contribuyan al combate de la pobreza.

Aprovechamiento energético de residuos urbanos (EnRes) (periodo de ejecución 2014-2018), por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales: El objetivo de este programa es introducir el aprovechamiento energético como una opción de valorización de residuos urbanos en México, este programa está orientado a cada estado y municipio.

Programa de gestión para mejorar la calidad de aire en el Estado de Chihuahua (periodo de ejecución 2016-2025), por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales: El programa ProAire son instrumentos para establecer las medidas y acciones para la calidad del aire, esto para prevenir el deterioro de la calidad del aire.

Guía de usuario Registro nacional de emisiones (RENE) para el reporte de misiones de compuestos y gases de efecto invernadero (2016), por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales: La guía es un instrumento copilar de CyGEI, para evaluar tendencias y establecer estrategias para reducir la huella de carbono.

I.1.3 Justificación

En el estado de Chihuahua el 55% de las víctimas de muerte están relacionadas por las bajas temperaturas de acuerdo a las estadísticas de la secretaría de salud CONAPO, Defunciones 1990/2030 (2017), gran parte de las muertes es por asfixia, ocasionado por tener mal instalado los elementos activos (calentones de gas, calentones de leña, entre otros) y las envolventes de las viviendas mal empleadas. Esta exploración tiene la finalidad de reducir de manera considerable el porcentaje de este problema, implementando estrategias de materiales y elementos constructivos que aporten al problema aplicado en las casas de interés social. Adecuándolas a las exigencias climatológicas que presenta el estado de Chihuahua, y de este modo poder lograr viviendas más accesibles para el segmento de la población más vulnerable (Muñoz, 2007).

Esta investigación pretende encontrar esas estrategias óptimas que permitan lograr un confort térmico, ahorro de energía y habitabilidad, partiendo de la norma NMX-AA-164-SCFI-2013 y NOM-020-ENER-2011, además de la consulta de la *Guía uso eficiente de la energía en la vivienda* del CONAFOVI y la *guía de PassivHaus*. Comprobando y analizando la aplicación en casas de interés social en la ciudad de Cuauhtémoc Chihuahua, por las condiciones climáticas extremosas en invierno y en verano. Proponiendo métodos y materiales estratégicos, para el diseño adecuado con las variables del clima, que se encuentran en la región, con esto reducir costos significativos en la economía de los usuarios, además logrando aportar estrategias para auto constructores y obtención de herramientas óptimas.



Figura I.1 Casa programa Tarahumaras Ciudad de Cuauhtémoc (Fuente: Peña, 2014).

I.2 Planteamiento del problema

El estado de Chihuahua cuenta con una población de 3, 782,017 habitantes, teniendo el 3.1% de la población mexicana, la Ciudad de Cuauhtémoc tiene una población de 179,894 siendo la tercera ciudad más importante de Chihuahua. En el 2025 se espera que aumente la población a 4, 037,777 en el estado y a 194,078 en ciudad de Cuauhtémoc, lo que representa un crecimiento exponencial, así lo menciona la CONAPO (2017).

Una de las problemáticas, además del crecimiento exponencial del estado y de la ciudad de Cuauhtémoc, es el estado actual del cambio climático, que ha provocado temperaturas extremas, causando el aumento en el consumo energético a causa de la necesidad de calentar y enfriar las viviendas, en los últimos cinco años se han registrado temperaturas que van desde los -18°C hasta los 40°C (CONAGUA, 2017).

La Ciudad de Cuauhtémoc, es conocida como una de las ciudades más frías del estado de Chihuahua, por lo que se gasta de energía anual por vivienda de 190 kWh/m^2 para calentamiento de viviendas, además la quema de leña que provoca la deforestación, contaminación y enfermedades crónicas como el asma y alergias e incluso hasta muertes. En cambio, en Europa cuenta también con climas similares y han podido solventar estos problemas, reduciendo considerablemente los consumos energéticos a $40\text{-}70\text{ kWh/m}^2$, lográndolo con diseños pasivos en los edificios y en las viviendas (Sáriz, 1986).

I.3 Hipótesis y objetivos

I.3.1 Hipótesis general

Es posible disminuir sistemas activos por sistemas pasivos, que reduzcan la demanda energética de calefacción y refrigeración para lograr el confort térmico en las viviendas de interés social, de la Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua.

I.3.2 Objetivo general

Implementar estrategias de diseño pasivo que mitiguen la demanda energética de calefacción y refrigeración para alcanzar el confort térmico, en las viviendas de la colonia Benito Juárez de la Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua.

I.3.3 Objetivos específicos

1. Estudiar la demanda energética de calefacciones y refrigeradores con respecto al comportamiento térmico, y el análisis de demanda total para determinar que sistemas activos son más óptimos.
2. Analizar los sistemas pasivos que se pueden utilizar por las consideraciones climáticas de la ciudad.
3. Calcular el potencial de los materiales regionales de la zona, para las estrategias de diseño.
4. Establecer estrategias de diseño para verano e invierno, estudiando las variables de pérdida y ganancia de calor.
5. Desarrollar propuestas simulada con técnicas de diseño pasivo y activo aplicado en la zona de la Ciudad de Cuauhtémoc.

II MARCO TEÓRICO

II.1 Estudio del consumo energéticos en México por sector

El desarrollo sustentable de los recursos naturales, aplicados a la vivienda, implica la incorporación de nuevas exigencias a lo largo del proceso constructivo de la casa y un cambio en las técnicas y sistemas de construcción. Se requiere brindar la atención adecuada a la promoción y aplicación de prácticas concretas y reales para que dentro de la vivienda existan condiciones que el ahorro de la energía.

En este contexto y con el afán de promover criterios y lineamientos generales para que la producción y operación de la vivienda utilicen en forma más eficiente la energía eléctrica, se creó por medio de varias instituciones la guía “Uso eficiente de la energía en la vivienda”, con la coordinación de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) y la participación de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), los Organismos Nacionales de Vivienda Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (FOVISSSTE), Fideicomiso Fondo Nacional de Habitaciones Populares (FONHAPO), El Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), la Comisión Federal de Electricidad, Luz y Fuerza del Centro, el Fideicomiso de Ahorro de Energía, el Instituto Nacional de Ecología, el Instituto Nacional de Ecología, el Instituto de Ingeniería de la UNAM y la Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación.

El propósito de la guía es contribuir a que los desarrolladores aprovechen al máximo los beneficios que les brinda la tecnología aplicable al uso eficiente de energía eléctrica, para ser utilizada en la vivienda y en los conjuntos habitacionales. Aun cuando gran parte de la información del documento contiene interés primordial para los constructores de vivienda, sus habitantes y usuarios también podrán encontrar recomendaciones e información general relevante para mejorar el uso de la energía en sus hogares en todo el país (Ruiz, 2006).

A continuación, se describe el consumo de energéticos por sector, se ubica el contexto que tiene la vivienda en México respecto a otros sectores, con la finalidad de evaluar el impacto que se tendría con la reducción en consumo de energéticos, mediante los requerimientos de resistencia térmica “R” propuesta en la normativa oficial mexicana.

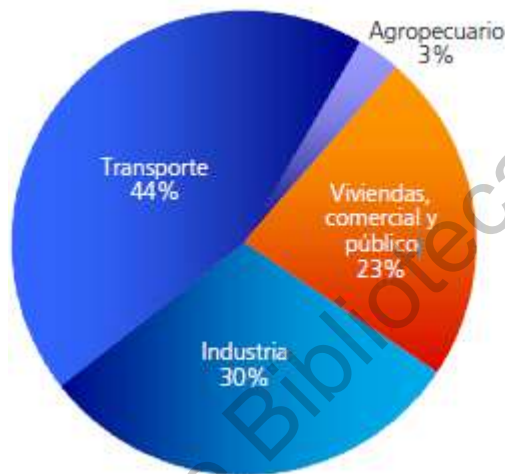


Figura II.1 Consumo energético en México por sector (Fuente: CONAVI Guía conafovi uso eficiente de la energía en la vivienda 2006).

Se tiene que a nivel nacional el apartado de viviendas, comercial y público representa un 23% de total de consumo energético en México, a continuación, se describirá el valor porcentual que significa la vivienda dentro de esta ponderación.

Los orígenes de los energéticos se dividen básicamente en dos categorías, las energías no renovables que tiene un origen fósil (petróleo, gas carbón, etc.) y las energías renovables que se basa en los ciclos que se dan en la naturaleza (biomasa, geotermia, eólica, hidráulica, solar) (Figura II.2).

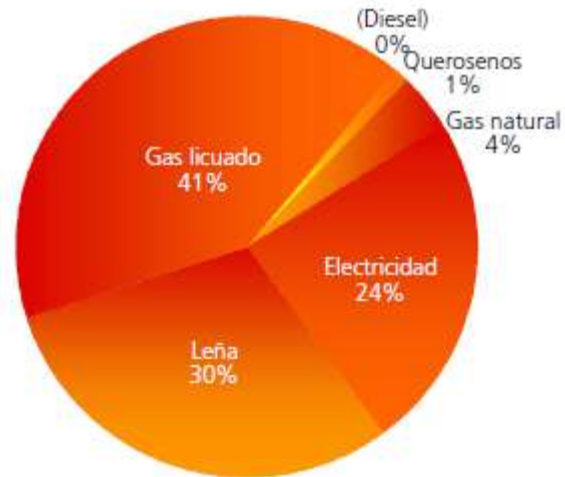


Figura II.2 Consumo final energético por tipo (Fuente: CONAVI Guía conafovi uso eficiente de la energía en la vivienda 2006).

Se tiene que, en el sector de viviendas, comercial y público, representa con mayor consumo el gas licuado con 41% y por debajo tenemos la leña con un 30% de consumo final energético.

En la Figura II.3 se muestra el del porcentaje que representa el consumo de la energía renovable y no renovable en México, cabe señalar que el mayor porcentaje utilizado es de las energías no renovables que tienen su origen fósil como se mencionó anteriormente.

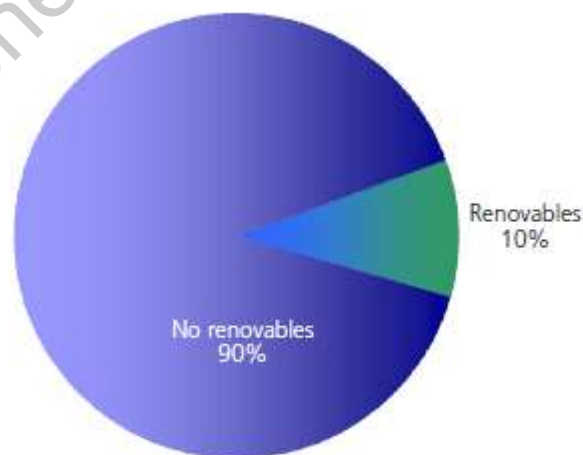


Figura II.3 Origen de los energéticos utilizados en México (Fuente: CONAVI Guía conafovi uso eficiente de la energía en la vivienda 2006).

La electricidad es el tercer lugar en consumo de energéticos total, pero por otro lado es el que más se relaciona directamente con la energía no renovable para su producción, debido a que el 75% de la electricidad se genera con combustibles fósiles principalmente en centrales termoeléctricas que utilizan combustóleo, gas natural, carbón, (que mueven los generadores de electricidad mediante calor o vapor), que son recursos no renovables, además de generar CO₂ que provoca el efecto invernadero, y provoca el cambio climático. Para nuestro caso de estudio analizaremos las resistencias térmicas “R” de los sistemas constructivos, orientación, y elementos que nos puedan servir para diseños pasivos, que están dentro del sector residencial o viviendas, aplicados en casas de interés social, que representan el mayor porcentaje en el consumo de electricidad, de acuerdo a los datos proporcionados por el CONAVI a través de la guía uso eficiente de la energía en la vivienda en el 2006.

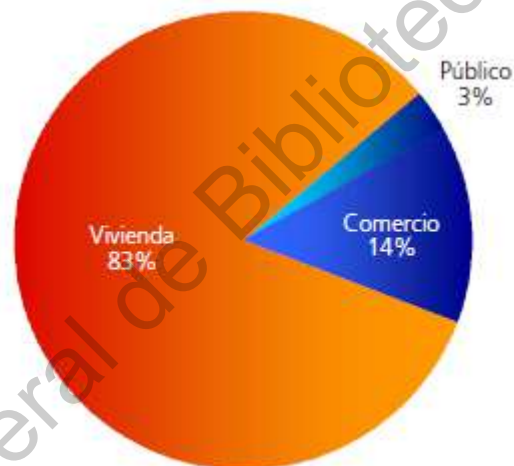


Figura II.4 Consumo de energía del sector residencial (vivienda), comercial y público. (Fuente: CONAVI Guía conafovi uso eficiente de la energía en la vivienda 2006).

El incremento de la tarifa eléctrica en el sector doméstico ha ido en aumento en los últimos años 2005 – 2008 de 0.998 a 1.467 en el 2008 \$/Kwh., esto significa un aumento de 47% en las tarifas domésticas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

La Comisión Nacional de Fomento a la vivienda a través de la guía de CONAFOVI “Uso eficiente en la energía en la vivienda”, dice que las edificaciones provocan un impacto en el medio ambiente y, por ende, en la salud de las personas y además contribuyen al cambio climático. México sufre de manera cada vez más evidente los efectos del calentamiento global,

por ello los expertos plantean que hay que adoptar lo antes posible políticas encaminadas a prevenir el impacto que esto tiene sobre la agricultura, el agua, la energía y los desastres naturales, entre otros. A continuación, se muestra en la Tabla II.1 la cantidad de emisiones de bióxido de carbono asociado al consumo de energía, donde ubica a las viviendas como el responsable de 9% del total de las emisiones de CO₂ (Tabla II.1).

Tabla II.1 Emisiones de bióxido de carbono asociadas al consumo de energía (Tg) (Fuente: CONAVI Guía conafovi uso eficiente de la energía en la vivienda 2006).

	1992	1993	1995	1996	1997	1998	1998
Industrial	55.757	56.149	61.070	62.083	60.935	62.408	25%
Industrias energéticas	38.586	35.980	32.201	38.976	41.606	47.301	13%
Viviendas	20.114	20.676	21.985	22.361	22.471	22.580	9%
Comercial	5.370	5.306	5.377	5.828	6.043	6.418	3%
Agropecuario	5.169	5.204	5.072	5.421	5.797	5.738	2%
Generación electricidad	67.761	70.350	77.958	82.868	92.146	101.343	42%
Total sin biomasa	192.752	193.663	203.662	217.537	228.998	245.788	100%

Por todo lo antes mencionado, se resume que la presente investigación tiene un papel importante en el ahorro de energéticos, como son la electricidad utilizada en climatización artificial para las viviendas, ya sea por requerimientos de calefacción o aire acondicionado, se debe evaluar el comportamiento actual de conductividad térmica “U” de los sistemas constructivos de techos y muros comúnmente utilizados en México, con la finalidad de hacer una estrategia de diseño con la normatividad existente en viviendas, y las requerimientos mínimos de resistencia térmica “R” en techos y paredes utilizados comúnmente en viviendas por bioclima, ya que si se cumple con los requerimientos normativos se tendrá como consecuencia un diseño de vivienda sustentable y ahorro de energéticos en viviendas.

II.2 Vivienda de interés social en Cuauhtémoc, Chihuahua

En función del Plan Nacional de Desarrollo y el Programa Nacional de vivienda, el Instituto de Fomento Nacional de Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), asume no solo su responsabilidad de proveer más y mejores viviendas, sino también la de construir viviendas más sustentables, esto es, a través de un conjunto de acciones orientadas a la preservación y mejoramiento de entorno urbano en tres ámbitos; ambiental, económico y social. Como vivienda sustentable el INFONAVIT aborda el tema desde la escala de la vivienda y medios urbanos.

En la actualidad se impulsa el desarrollo de vivienda que cumpla con los bajos estándares de calidad que contemplan no solo la integración social y urbana sino también ecológica, para esto se cuenta con proyectos de apoyo, entre ellos:

- Hipoteca verde, proyecto donde se incorporan a la vivienda, elementos ambientales que beneficien económicamente a sus habitantes y brinden elementos para más y mejores estímulos, así como impulsar la conciencia ecológica.
- El foro internacional de Viviendas Sustentables para fomentar el desarrollo y adquisición de viviendas en entorno sustentable.
- El programa de Vivienda con Techos solares, que con el apoyo de la Cooperación Técnica Alemana GTZ y Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente (BMU) han efectuado el proyecto de implementar techos solares, calentadores solares, dirigidos a derechohabientes de INFONAVIT.

Innegable es que en México sigue dominando la tecnología tradicional que se basa en el uso del concreto y el tabique o el concreto y el block de concreto, en términos de que estos materiales permiten asegurar que la construcción de estas viviendas se da en niveles de mejor calidad en relación a los conceptos de vida y mantenimiento de la propia vivienda. ¿Es aquí donde se inserta la cuestionarte de qué es el concepto de calidad?, como se define al relacionarlo con los aspectos, en una conjugación de diseño, construcción y vida útil de la vivienda, las características de sus materiales de construcción, el mantenimiento y consumo de recursos naturales que conlleva su uso como espacio habitable, el impacto al medio ambiente por su edificación y uso.

II.2.1 El derecho a una vivienda adecuada

Partiendo de que la vivienda es un derecho humano básico, se puede inferir que una vivienda inadecuada e insegura amenaza la calidad de vida de sus pobladores. Por lo que negar una vivienda adecuada es negar la posibilidad de acceso a una vida digna (Chan López , 2010).

En 2016 se llevó acabo la conferencia sobre el asentamiento humano Hábitat III en Ecuador, donde presentaron la Agenda programa Hábitat, acción mundial para promover la vivienda adecuada para todos y el desarrollo sustentable de las ciudades. Entre los compromisos adquiridos por los países queda el que convoca que:

“Los gobiernos tendrán la obligación de lograr que la población pueda conseguir una vivienda, de proteger y mejorar las viviendas y vecindarios, a fin de mejorar las condiciones de vida y de trabajo, en forma equitativa y sostenible, de tal forma que todos tengan una vivienda adecuada que sea salubre, segura, accesible y asequible, que comprenda servicios, instalaciones y comodidades básicas, bajo un contexto de no discriminación el material de vivienda y seguridad jurídica de la tenencia”(ONU-HABITAT, Conferencia sobre asentamiento humano. III. Ecuador, 2016).

Con estas medidas da compromiso al gobierno y a diferentes organismos relacionados a la vivienda. Quedando claro que el gobierno no tiene la obligación de proporcionar viviendas gratuitamente, pero si tiene la responsabilidad de facilitar un entorno propio para apoyar la capacidad de las familias en el proceso de construir viviendas.

II.2.2 Análisis de bases para vivienda sustentable

En México se dan los primeros acercamientos en cuanto a la vivienda sustentable y medio ambiente con base a las deficiencias tanto cualitativas como cuantitativas en materia de vivienda por lo que se propuso un enfoque integral, sustentable de y el desarrollo de centros de población, considerando la infraestructura, equipamiento, la vivienda y factores ambientales que permitieran un desarrollo regional sostenido (Higuera Zimbrón, 2011).

La primera aportación, proviene de la discusión que el Constituyente de 1917 formuló en relación con las demandas originadas a favor de una legislación de vivienda obrera en la

fracción 12 del Art. 123 constitucional. En ese artículo quedó plasmada la primera y más sistemática aproximación inicial a la exigencia política de vivienda.

El marco jurídico que le da sustento a la política gubernamental en materia de vivienda en México hace referencia a dos niveles:

a) Marco constitucional:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

b) Leyes relativas a vivienda:

- Ley Federal de Vivienda.
- Ley General de Desarrollo Social.
- Ley General de Asentamientos Humanos.
- Ley de Transparencia y de Fomento a la Competencia en el Crédito Garantizado.
- Ley del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores.
- Ley del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.
- Ley Orgánica de Sociedad Hipotecaria Federal.

Las estructuras legales en los estados federados para la vivienda son variables leyes están relacionadas con el tema vivienda sobre todo las referidas a regulación urbana, uso de suelo, fomento del crédito, infraestructura y servicios públicos que atienden las diferentes esferas de la problemática de vivienda. Estas leyes son definidas como prioritarias en el Programa Sectorial a través de los catorce programas de trabajo que se presentan clasificados en cuatro vertientes: consolidación del crecimiento del sector, financiamiento de la oferta y la demanda, desarrollo de la productividad y oferta del suelo con infraestructura y servicios para la vivienda.

Con respecto a esto, las entidades que cuentan con la Ley del Instituto Estatal de Vivienda son: Aguascalientes, Baja California Sur, Coahuila, Colima, Chihuahua, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Quintana Roo y Sinaloa. El

alcance y la naturaleza jurídica de la legislación varían en cada caso, del cual el estado de Chihuahua sí cuenta con esta Ley en el cual el proyecto se registró con esta Ley y normas mexicanas (Centro de Estudios sociales y de opinión pública, "antecedentes", en vivienda , 2006).

Reglamentación a la construcción sustentable en México de la vivienda de interés social

La vivienda es uno de los componentes más importantes de una ciudad, por ello la importancia de estudiar el tema desde varias perspectivas como ha sido lo normativo, no obstante, ¿qué ha pasado con la vivienda de interés social con diseños pasivos y orientados al tipo sustentable? No es sino hasta el 2008 que las grandes instituciones, desarrolladores y colegios consideraron normar la vivienda de interés social de tipo sustentable (Higuera Zimbrón, 2011).

Según la CONAVI, “ se considera que los Desarrollos Habitacionales Sustentables son aquellos que respetan el clima, el lugar, la región y la cultura, incluyendo una vivienda efectiva, eficiente y construida con sistemas constructivos y tecnologías óptimas para que sus habitantes puedan enfrentar las condiciones climáticas extremas que prevalecen en algunas zonas del país; y, que facilitan el acceso de la población a la infraestructura, el equipamiento, los servicios básicos y los espacios públicos de tal manera que sus ocupantes sean enriquecidos por el entorno” (Guía CONAVI. Criterios e indicadores para el desarrollos habitacionales sustentables, 2008).

Criterios técnicos establecidos en la guía CONAVI:

- *Selección del sitio y desarrollo urbano*

Integralidad, conectividad, infraestructura, usos del suelo y densificación.

- *Planeación del proceso de construcción*

Manejo de los residuos de la construcción y del producto de excavaciones.

- *Diseño del proyecto*

Adaptabilidad a la topografía y medio geográfico, incidencia de los factores bioclimáticos y acústicos, diseño y función de los espacios urbanos y arquitectónicos, factores estéticos visuales.

- Sistemas constructivos y especificaciones

Selección del tipo de tecnología para la ejecución del proyecto, características de las instalaciones y características del programa de ejecución de la obra, características de la mano de obra, equipos empleados, fuentes de energía empleadas.

- Materiales empleados

Proceso de fabricación, mano de obra empleada en su fabricación, disposición de recursos para su fabricación, características ecológicas en el proceso de fabricación, características de desempeño de calidad y su armonización con el entorno.

- Solución estructural

Calidad del estudio geotécnico, revisión estructural, calidad del cálculo y diseño estructural y valoración del comportamiento estructural.

-Incidencia ecológica

Del diseño arquitectónico y urbanístico, evaluación de impacto ambiental, adaptación e integración al medio ambiente, previsión de destrucción, reutilización o reciclaje de los residuos generados en la producción de la vivienda, impacto en el uso de técnicas constructivas.

- Factores socioculturales

Aceptación social del proyecto, contribución del proyecto a través del proyecto arquitectónico y urbano al fortalecimiento de la cultura y tradiciones, bienestar social por medio de la cultura bioclimática.

- Mantenimiento de la vivienda

Diseño del proyecto de mantenimiento.

II.2.3 Reglamento de construcción de Cuauhtémoc aplicado a casas de interés social

En la ciudad de Cuauhtémoc rige el Reglamento de Construcciones y Normas Técnicas municipio de Cuauhtémoc, en este reglamento muestra las consideraciones mínimas de construcción y cumplimiento de orden público y social.

En el artículo 13, se clasifican las construcciones municipales, teniendo tres clasificaciones; Unifamiliares de una vivienda, Plurifamiliar de 2 a 60 viviendas y Multifamiliar de más de 60 viviendas.

El Capítulo I. Uso, Reservas y Destinos, en el artículo 54, Dependiendo de la zonificación donde se ubique el proyecto de condominio o fraccionamiento, los proyectos de vivienda deberán respetar los frentes y restricciones que se describen en la siguiente Tabla II.2.

Tabla II.2 frentes y restricciones mínimas lotes habitacionales (Fuente: Reglamento de construcción y normas técnicas municipio de Cuauhtémoc, 2014).

Zonificación	Frentes Mínimos	Restricción al Frente	Mínimas Lat. (1 lado)	Superficie Mínima Lote	Radio de Curva Esq.
H4Campestre	30	10.0	5.0	2,000	5.00
H4	20	6.0	2.0	800	5.00
H12	12	5.0	2.0	350	3.00
H20E,H20R	10	3.0	1.0	250	3.00
H30,H30T	9	3.0	1.0	160	3.00
H40,H40T	7	2.0	1.0	120	3.00
H50	7	2.0	1.0	120	3.00

En donde se va a realizar el prototipo simulado es el H40, con frente de 7 metros, restricción al frente de 2m, 1m de separación lateral y con superficie mínima de lote de 120m².

El reglamento además pide que se plante un árbol de una altura mínima de 1.5m por cada lote, además del área libre solo se puede pavimentar el 30% (tabla II.3).

Tabla II.3 Vegetación y áreas pavimentadas (Fuente: Reglamento de construcción y normas técnicas municipio de Cuauhtémoc, 2014).

Zonificación	Vegetación 1.5m de altura mínima	Porcentaje de área libre que puede ser pavimentada dentro del lote
H4	2 por lote	30%
H12	2 por lote	35%
H20E, H20R	2 por lote	42%
H30, H30T	1 por lote	37%
H40, H40T	1 por lote	30%
H50	1 por lote	30%

El artículo 57, Zona habitacional, se considera la intensidad de uso de suelo, en el caso de la colonia Benito cuales es de COS 0.75 y de CUS 2.25 (tabla II.4).

Tabla II.4 Intensidad de uso de suelo (Fuente: Reglamento de construcción y normas técnicas municipio de Cuauhtémoc, 2014).

ZONIFICACIÓN	COS	CUS	ALTURA MAXIMA
H4 Campestre	.20	0.5	8.5 en dos niveles
H4	.50	1.0	8.5 en dos niveles
H12	.60	1.2	8.5 en dos niveles
H20E, H20R	.70	1.4	8.5 en dos niveles
H30, H30T	.80	1.6	8.5 en dos niveles
H40, H40T	.75	2.25	12 en tres niveles
H50	.75	2.25	12 en tres niveles

Estrategias de diseño para disminuir las demandas de calefacción y refrigeración

II.3 Estrategias en invierno

Los diseños arquitectónicos deben contemplar diferentes aspectos tanto para invierno y así como verano, esto por sus exigencias opuestas. Además de las características que implican las temperaturas extremas durante el año, sabiendo las consideraciones se pueden diseñar elementos que ayuden a calentar o enfriar el edificio.

Por las condiciones climáticas en invierno, las estrategias que pueden generar más eficiencia son las ganancias térmicas, que son por medio del sol y de climatización activa que se encuentran en el interior, los sistemas activos pueden alcanzar una eficiencia térmica suficiente, pero implica alto costo económico y ambiental. Uno de los métodos utilizados para alcanzar la temperatura deseada en el interior, es por medio de sistemas pasivos, que consisten en el aumento de ganancia térmica, disminución de pérdidas de calor y ganancias caloríficas. (Herrera Sosa, 2014).

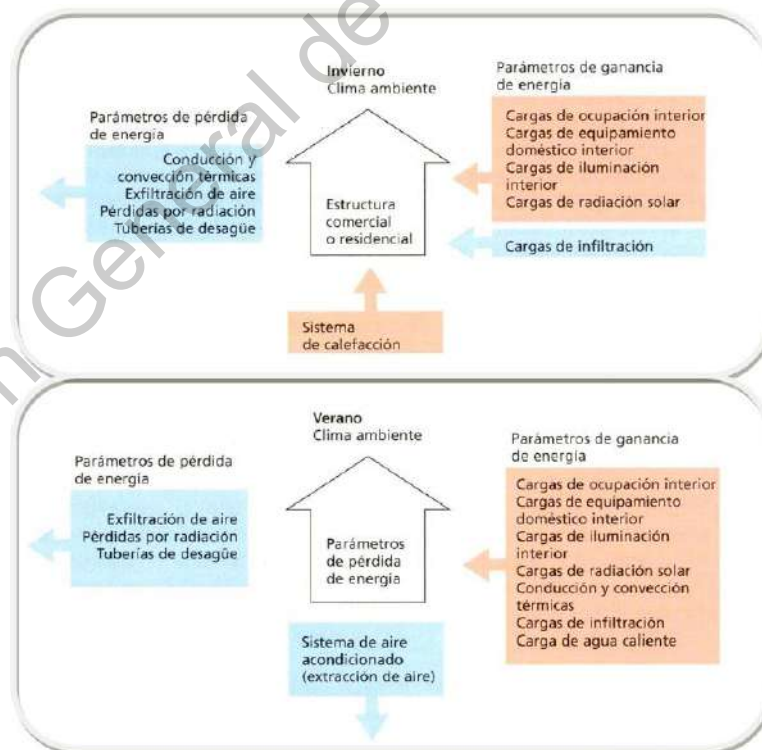


Figura II.5 Ganancias y pérdidas en invierno y en verano. (Fuente: Guía Pasivhaus)

Para la obtención de la temperatura de balance el año se divide (Figura II.6).

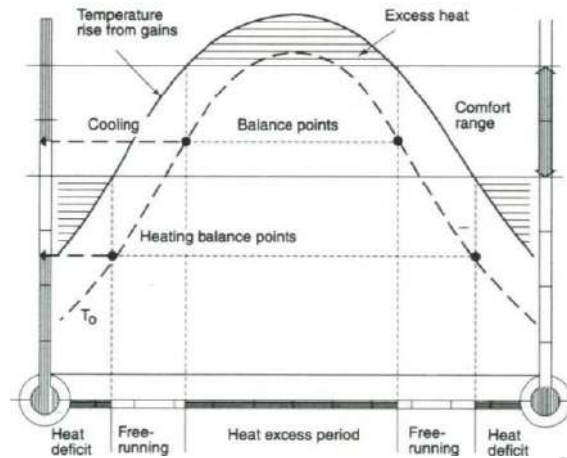


Figura II.6 Periodo durante el año que divide la temperatura de balance. (Fuente: Guía del estándar Passivhuas)

II.3.1 Estrategias: Minimizar pérdidas de calor por transmisión

Para un diseño eficiente es necesario conseguir los niveles óptimos de radiación solar y sobre todo disminuir las pérdidas de calor, estas pérdidas se pueden disminuir con aislamiento térmico, considerar ventanas de alta calidad con conductividad térmica baja, las pérdidas por transmisión se pueden reducir tomando en cuenta las siguientes acciones:

Permanentes son:

- Mejorar el aislamiento térmico del edificio, reduciendo los coeficientes U.
- Diseñar con formas más compactas, para reducir la superficie por la que se pierda el calor.
- Controlar la entrada de agua en la construcción.

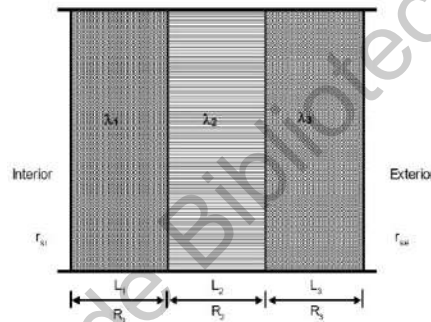
Variables son:

- Planteamiento de aislantes nocturnos móviles y variables por las superficies acristaladas en la fachada.

Coefficiente de transmisión “U”

Para mejorar el coeficiente de transmisión U de los envoltentes se puede lograr por tratamiento de superficies exteriores:

1. Envoltente = Materiales naturales de baja resistencia térmica
2. Techos = Aislamiento térmico
3. Partes opacas = Aislamiento térmico
4. Parte transparentes = Ventanas de alta calidad
5. Texturas en la superficies interior y exterior



$$U = \frac{1}{R_T}$$

Figura II.7 Ecuación de conductividad térmica. (Fuente: Guía del estándar Passivhuas)

U : Conductividad térmica, en $W/m^2 \cdot K$

R_T : Resistencia térmica total del componente constructivo, en $m^2 \cdot K/W$

La resistencia térmica total R_T de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas se calculan con la expresión:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_{se}$$

$R_1, R_2 \dots R_n$: Las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (3) [$m^2 \cdot K/W$];

R_{si} y R_{se} : Las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [$m^2 \cdot K/W$].

La ecuación de Conductividad térmica, presenta las variables que corresponden en un envolvente (muros, techos y pisos), con esta ecuación nos podemos dar cuenta cuanto es el valor de resistencia que tiene los materiales, esto nos permite saber cuánto calor o pérdida de calor tienen los envolventes (Mercado et al Esteves, 2005).

Una de las bases del diseño bioclimático es la ganancia solar por medio de radiación, esta ganancia aporta para poder calentar el interior de un edificio esto cuando la temperatura exterior es más bajo del confort o controlar las ganancias cuando la temperatura exterior es alta (Monterde et al Jiménez, 2014). Aplicando estas bases a los diseños, se puede sostener la temperatura de confort sin la necesidad del aporte de sistemas activos de calefacción y refrigeración. Las estrategias que vamos abordar son las que influyen principalmente en el confort térmico en el interior de la casa que lo resumimos en Ganancias y Pérdidas por transmisión.

Al tener ya analizados los factores y los climas que afectan el balance térmico de la Ciudad de Cuauhtémoc, se pueden determinar las estrategias de diseño para invierno y verano, esto con el fin de bajar lo máximo en la demanda calorífica y frigorífica, además de reducir sistemas activos de calefacción.

El envolvente se puede mejorar con materiales naturales como el adobe y el tapial que tienen una resistencia térmica muy baja, comparada con los materiales industriales. En el caso de materiales por sus características necesitan mejoras y se logra aumentando el grado de aislamiento térmico y las partes transparentes (ventanas) de la envolvente, estas representan los puntos más débiles de la construcción desde punto de vista de pérdidas, se mejoran colocando ventanas de alta calidad. Otro aspecto muy importante es la relación entre partes opacas y huecas en el envolvente, tiene que ser proporcionado teniendo en cuenta las ganancias y las pérdidas (Azqueta, 2014).

Tabla II.5 El estándar de la Ciudad Cuauhtémoc sobre el coeficiente de transmisión (U) en los envoltentes NOM-020-ENER-2011.

K de referencia (W/m ² K)			CONDUCCIÓN												RADIACIÓN					Barreña para vapor			
			OPACA						TRANSPARENTE						TRANSPARENTE								
			Temperatura equivalente promedio te (°C)																				
Hasta tres niveles y Conjunto horizontal con muros compartidos		Mas de tres niveles	T interior	Superficie inferior	Techo	Muro masivo				Muro ligero				Tragaluz y dorno	Ventanas				Factor de ganancia solar promedio FG (W/m ²)				
Techo y muro	Techo	Muro				N	E	S	O	N	E	S	O		N	E	S	O	Tragaluz y dorno	N	E	S	O
0.625	0.625	0.909	25	28	41	27	30	29	29	33	36	35	36	24	25	26	26	26	322	70	159	131	164

Tratamiento de las partes opacas de los cerramientos exteriores

Aislamiento térmico

Para la construcción de edificios energéticamente eficiente uno de los principios primordiales es el aislamiento térmico en muros y techos, minimiza las pérdidas de calor. El aislamiento térmico tiene beneficios en invierno y en verano. Permite la disminución de la conductividad térmica en los envoltentes, esto provoca que la demanda de energía disminuya. Uno de los factores significativos para un balance de energía en las construcciones es la pérdida de calor, las pérdidas se deben compensar con ganancias de calor, de lo contrario la temperatura de la habitación bajaría considerablemente (Regodón & Ríos, 2004).

Para el clima de la ciudad, es necesario un buen grado de aislamiento térmico de los envoltentes, según la norma NMX-C-460-ONNCCE-2009, la ciudad se encuentra en la zona 4B, en el cual se recomienda para un confort térmico su conductividad térmica de la envolvente es en techo 2.65 m²K/W, en muros 1.80 m²K/W y en entrepisos 1.80 m²K/W.

El aislamiento térmico se sitúa en la parte externa de la fachada para que su masa térmica entre en el interior y que permita acumulación de calor en el interior.

Control de los puentes térmicos

En la guía del estándar PassivHaus Gauna menciona que los puentes térmicos son: aquellos puntos en los que la envolvente de un edificio se debilita debido a un cambio de su composición o al encuentro de distintos planos o elementos constructivos. Cuando se hace un correcto diseño en los edificios se logra eliminar los puentes térmicos además minimiza las pérdidas de energía.

Además de las paredes y techos se puede transmitir la energía en las esquinas, ejes, juntas, etc. Los puentes térmicos logran perjudicar la eficiencia energética de la construcción, Para poder lograr un buen aislamiento térmico efectivo se debe reducir los efectos de puentes térmicos.

Como se menciona PassivHaus siguiendo unas simples reglas se puede eliminar los efectos de los puentes térmicos:

- No interrumpir la capa de aislamiento
- En las juntas de los elementos constructivos del edificio, la capa de aislamiento debe unirlas y rellenarlas.
- Si se interrumpe la capa de aislamiento térmico es inevitable, usar un material con la resistencia térmica más alta posible.
- Los puentes térmicos reducen las temperaturas superficiales de la cara interior del muro en invierno lo cual incrementa el riesgo de formación de condensaciones.
- Los puentes térmicos también pueden minimizarse instalando las ventanas en la capa del aislamiento y cubriendo parte del marco con aislamiento térmico. Sin embargo, debido al cambio de grosor de la capa de aislamiento, es normal que quede un puente térmico en la junta entre la ventana y la pared.
- Reducir o evitar los puentes térmicos es en general una cuestión de costo eficiencia, para reducir las pérdidas por transmisión o la transmisión de cargas de calor. Mediante la aplicación adecuada de aislamientos, la conductividad térmica lineal es reducida a valores por debajo de 0.01 W/mk.

Tratamiento de las partes transparentes de los cerramientos exteriores

La ventana como punto de crítico en el balance energético

Uno de los elementos más complejos en una edificación hablando energéticamente, son las ventanas. En los últimos años la tecnología ha avanzado a pasos agigantados y esto ha beneficiado al diseño de ventanas con características y especificaciones que alcanzan los requerimientos de una edificación con ganancias solares.

Una de las zonas más débiles ya mencionadas de la envolvente son las ventanas, pero en la actualidad ya no es una desventaja, porque ya se encuentran vidrios de bajo emisivos doble o triples cristales en algunas ventanas incorporan gases nobles en las cámaras, esto con el fin de aumentar los coeficientes de transmisión térmica (Artuch, 2014).

Para cumplir los requerimientos de eficiencia en las casas diseñadas para el clima de la ciudad de Cuauhtémoc, es indispensable la mejora de las ventanas con acristalamiento de calidad y de marcos. Las ventanas con doble cristal alcanzan un coeficiente de $U < 2.90 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Los coeficientes de conductividad de marcos y vidrio entre ambos llegarán en el rango de $0.80\text{-}1.00 \text{ W/m}^2\text{K}$. Estos elementos funcionan de tal manera que las pérdidas de calor en la ventana será la mitad comparando con una ventana convencional. Las ganancias solares directas e indirectas se captan por medio de los cristales, por lo tanto, se ha demostrado que las ventanas de alta calidad aportan al balance energético positivo.

II.3.2 Resumen: Aspectos básicos de la refrigeración solar pasiva

Tabla II.6 Estrategia de invierno templado seco y semifrío seco (Fuente: Elaboración propia).

Estrategia: Control de pérdidas por transmisión					
Objetivo	Factores influyentes	Acción	¿Como?	¿Qué?	¿Donde?
Reducir las pérdidas por transmisión	Aspectos de urbanismo:	Mejorar coeficiente de transmisión "U"	Tratamiento de puentes opacas	Aumento de grado de aislamiento térmico en la parte exterior	Todo el envolvente del edificio
	<ul style="list-style-type: none"> Orientación de los edificios 			Control de los puentes térmicos: la capa de aislamiento continuo en toda la envolvente del edificio	
	Aspectos arquitectónicos:	Ubicación	Tratamiento de partes transparentes	Ventana de alta calidad:	Todo el envolvente del edificio
	<ul style="list-style-type: none"> Forma del edificio Orientación y tamaño de los huecos 			<ul style="list-style-type: none"> Triple vidrio Marco con coeficiente $U= 1.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ Acrilamiento con coeficiente $U= 0.80 \text{ W/m}^2\text{K}$ 	
	<ul style="list-style-type: none"> Control adecuado de asoleamiento Puentes térmicos 			Fachadas		Máxima (menor del 80% de superficie del muro) en las orientaciones E-S-SE para ganancias solar directa Mínima dimensión al N, NE, NO, O y SO	Máxima al S-SE para ganancia de solar directa Mínimas en fachadas N, NE, NO y O, para evitar vientos fríos
			Según el nivel	<ul style="list-style-type: none"> Horizontal en la parte alta del muro para iluminación y ventilación Las partes operables por encima de los ocupantes 	<ul style="list-style-type: none"> E-SE-S a la altura del plano de las actividades Norte y dirección de vientos fríos, por encima del plano de las actividades

II.3.3 Estrategias: Maximizar las ganancias solares

Los sistemas de calefacción solar pasivos

Se asume que dos tercios del consumo energético en edificios en Chihuahua se deben a calefacción. La situación que presenta la ciudad de Cuauhtémoc tiene los menores números de eficiencia energética, las viviendas con las que cuenta con mayor aportación son las de los indígenas (Tarahumaras) que han logrado entender cómo funciona el clima con materiales tradicionales y de la zona. Los edificios de la república mexicana consumen un 23% del consumo energético, de los cuales las viviendas consumen un 83% de energía (CONAVI, 2006). Con la energía solar, se puede aportar un gran porcentaje de ahorro energético en calefacción, esto lográndolo con sistemas pasivos (Ernst, 1998).

De los sistemas pasivos existen 3 configuraciones diferentes:

- a) Sistemas captadores directos
- b) Sistemas captadores semi directos
- c) Sistemas captadores indirectos

Captación directa

La ganancia directa es uno de los conceptos para el diseño pasivo más simples, la función es captar la máxima radiación solar, esto para almacenar el calor que en este se transmite a los materiales para que estos a su vez distribuyan el calor en el ambiente. Para hacer el diseño más eficiente tenemos que considerar los materiales, el sitio, la topografía, la ubicación, la orientación y la forma del edificio (uso y distribución del espacio) (Villarrubia, 1999).

La orientación sur de los edificios debe estar libre de obstáculos de gran tamaño, por ejemplo, árboles altos, edificios altos, esto para que no bloqueen la radiación solar. Para alcanzar una buena ganancia y alcanzar el confort, debemos de considerar las pérdidas de calor, que mayormente es por las ventanas (por conducción, convección, radiación de onda larga y por infiltraciones), pero se puede alcanzar un balance térmico, utilizando acristalamiento adecuado.

La captación directa tiene una radiación térmica variable entre 0.4 y 0.7 $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$, según el tipo de vidrio y material del marco, el cual se recomienda $r=0.44 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, con un coeficiente $U=2.225 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.

Las ganancias solares directas a través de acristalamiento dependen de:

- Clima, metodología
- Orientación, obstrucciones
- Características de los materiales de acristalamiento –Resistencia (r) media de vidrio (g)- normalmente es 0.6
- La superficie de ventanas (m²), posición y forma de hueco
- Posición, forma y dimensionado de los dispositivos de sombreado

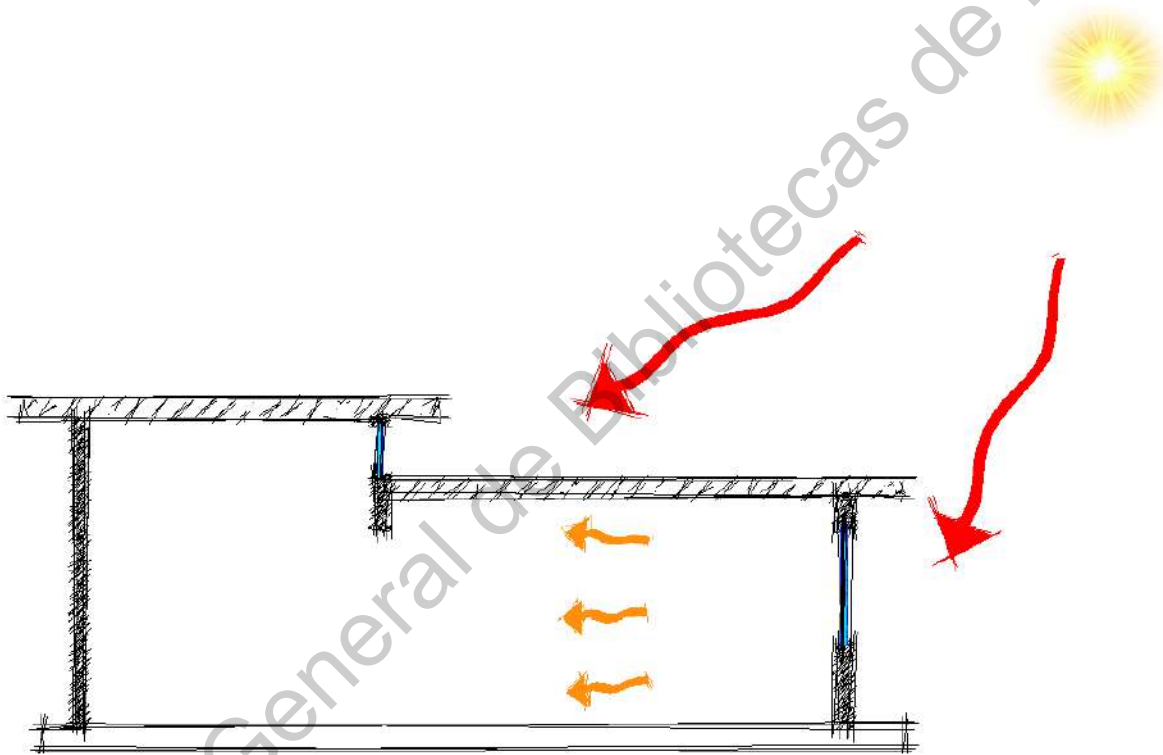


Figura II.8 Captación directa (Fuente: Elaboración propia).

Sistemas semi-directos

El sistema de captación semi-directos es aquel que se interpone un recinto acristalado cerrado en el interior buscando la orientación al sur de la vivienda, en este recinto se recomienda por el clima de Cuauhtémoc, colocar un muro en la parte habitada del edificio, este sirve para estabilizar la temperatura en el invernadero como en la vivienda, los valores considerados son de resistencia térmica de $0.18 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Parte de la función de los invernaderos es precalentar el aire que se encuentra en el interior, una de las recomendaciones que se hace al utilizar este tipo de sistemas es colocar persianas para que en la noche no se pierda el calor ganado.

Las ventajas del uso de los invernaderos y galerías acristaladas:

- El clima de las viviendas mejora sensiblemente siendo un recinto compensador entre el espacio habitado y el exterior.
- Puede ocupar la totalidad o solo parte de la fachada sur del edificio, como en altura y anchura, con lo que reduce las pérdidas por ventilación.

Las desventajas del uso de los invernaderos y galerías acristaladas:

- Problemas de sobrecalentamientos que se pueden encontrar en verano.
- Grandes oscilaciones que experimenta su temperatura interior.
- El costo de la construcción suele ser superior a las ganancias energéticas que proporciona.

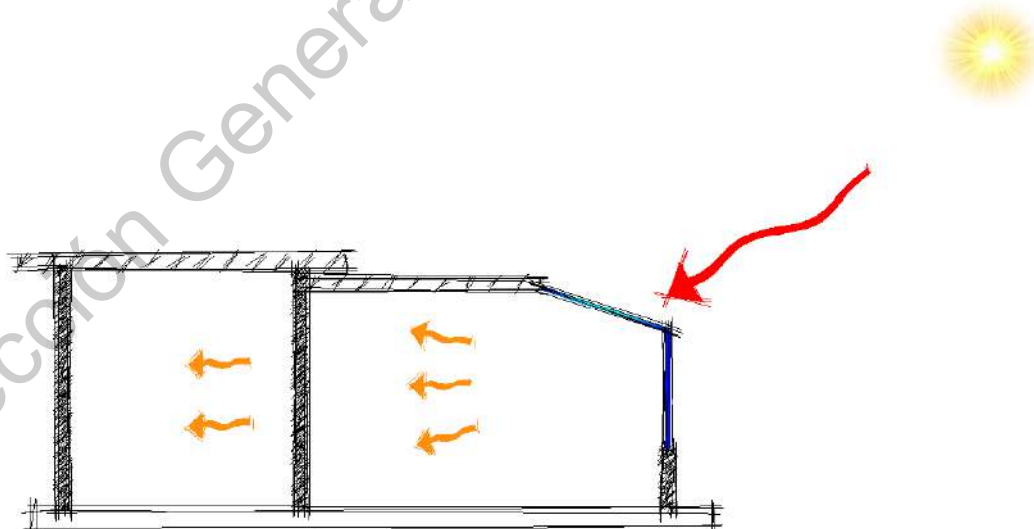


Figura II.9 Captación semi-directo (Fuente: Elaboración propia).

Captación indirecta

La captación indirecta es mediante elementos que acumulan y almacenan energía, para ceder con el transcurso del tiempo el calor al interior de la vivienda. Los sistemas indirectos tienen de resistencia térmica entre 0.15 y 0.28 $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$, y los recomendados entre 0.7 y 1.1 $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$. Las fachadas, cubiertas o suelos, se pueden diseñar de tal manera que la acumulación de calor sea la necesaria para los climas fríos.

Para este tipo de sistemas podemos utilizar los muros acumuladores térmicos, muro trombe y también el muro invernadero, este muro tiene la finalidad de captar la radiación solar a través de un muro en la fachada, de hormigón o ladrillo, pintado negro.

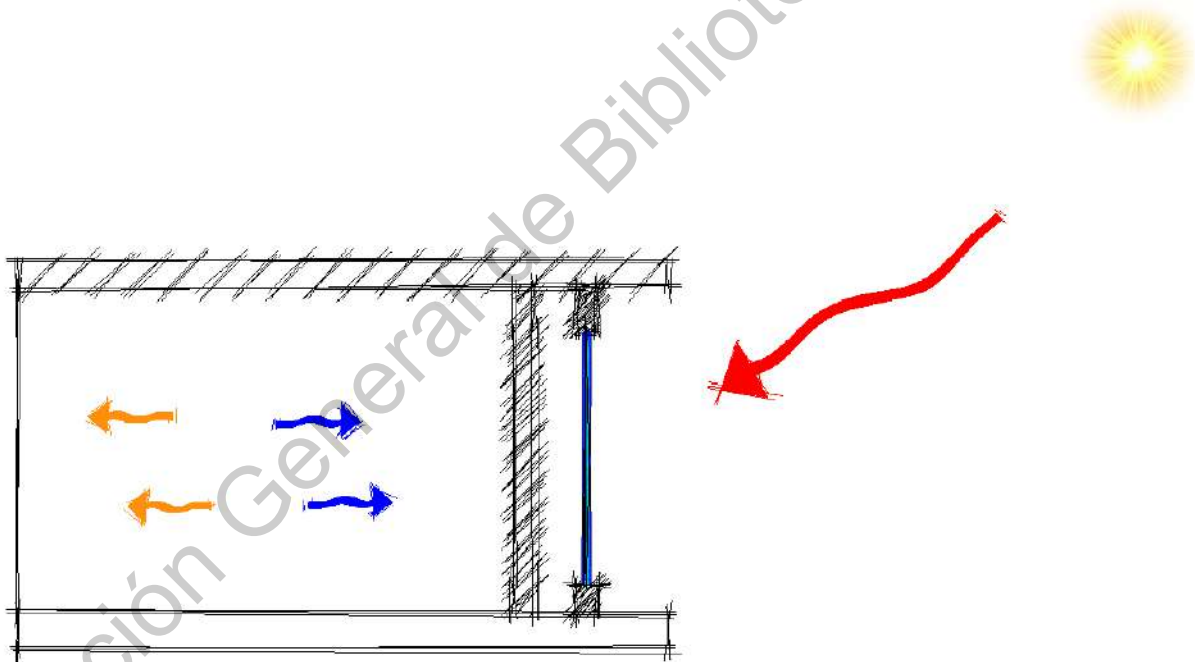


Figura II.10 Captación indirecta (Fuente: Elaboración propia).

II.3.4 Resumen: Aspectos básicos de la calefacción solar pasiva

También se van a considerar estos principios básicos para reducir la energía requerida en el proyecto con aprovechamiento pasivo:

- Orientación
- Soleamiento/Obstáculos
- Árboles
- Forma del edificio/Distribución de los espacios interiores
- Aislamiento térmico
- Capacidad térmica/Masa térmica de envolvente
- Acristalamiento/tamaño y distribución de los huecos
- Protección solar
- Color
- Ganancias directas/indirecta

Orientación

Es el aspecto fundamental al principio del diseño. La orientación de la fachada Sur captadora debería de ser con una desviación acimutal de ± 20 grados. Más desfavorables son las fachadas de Oeste y Este desde punto de vista térmico y por lo tanto se debería intentar a disminuir la superficie expuesta y el tamaño de los huecos.

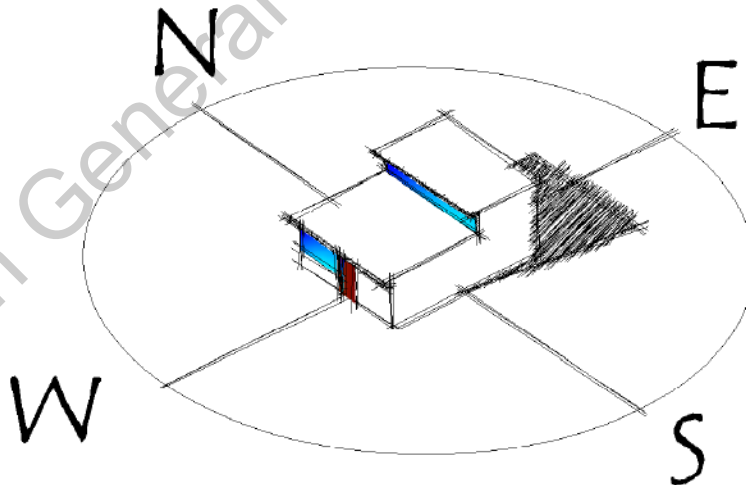


Figura II.11 Orientación (Fuente: Elaboración propia).

Soleamiento

Como primera parte es analizar la posición del sol en el transcurso del año, esto para determinar las estrategias para aprovechar la radiación, una de las herramientas que se pueden usar es la carta solar, donde podemos estudiar la trayectoria del sol según el calendario, solsticio, equinoccio. En la Figura II.12 se muestra la carta solar correspondiente a la Ciudad de Cuauhtémoc, la ciudad se encuentra en la latitud $28^{\circ} 20'$ Norte y se utiliza la carta de latitud 30° N, en esta carta se hizo un análisis de las temperaturas promedio por hora y por mes, donde terminamos que zona necesitamos radiación, que zonas son de confort y que zonas necesitamos ventilación.

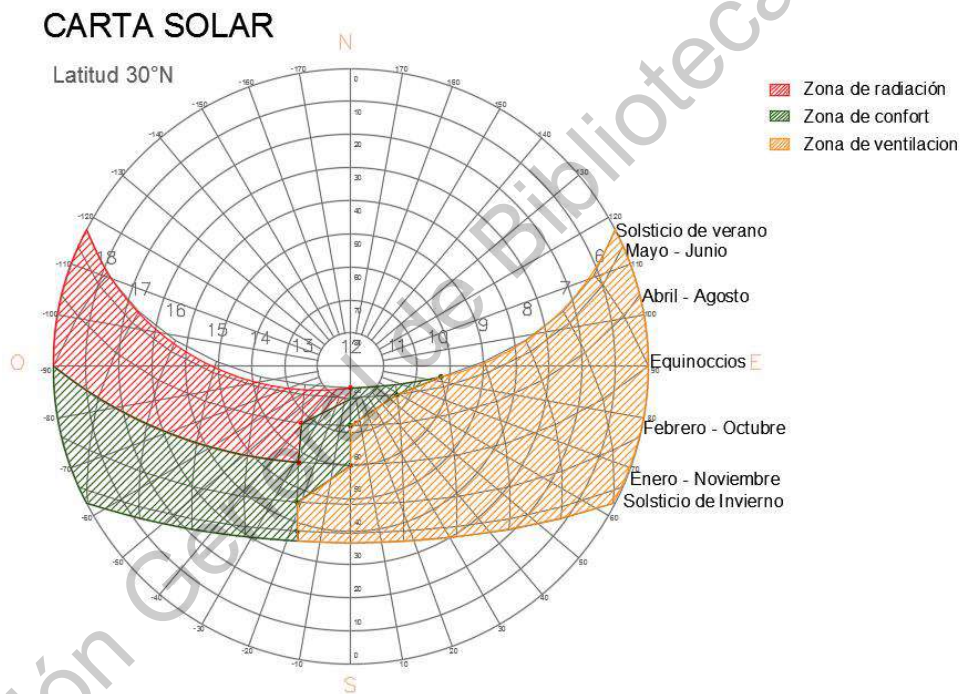


Figura II.12 Carta estereográfica Cuauhtémoc (Fuente: Elaboración propia).

Árboles

Se recomienda que, si el proyecto lo permite, colocar árboles alrededor del edificio, en la fachada sur colocar arboles caducos, estos para permitir el paso de la radiación y en verano proteja de la radiación solar. En el norte se recomienda arboles perene para proteger los vientos fríos y en el este y oeste para protección solar (CONAFOVI, 2005).

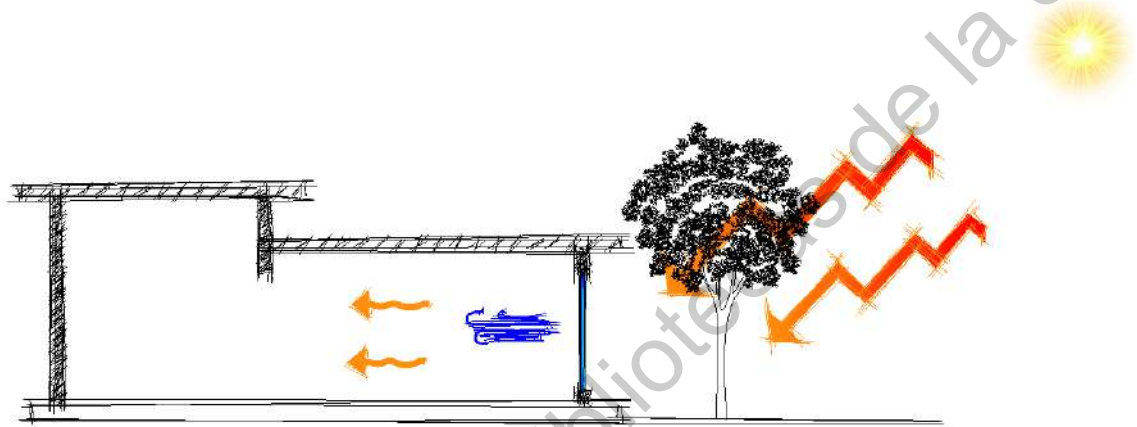


Figura II.13 Protección por medio de vegetación (Fuente: Elaboración propia).

Forma del edificio / distribución interior

La forma del edificio y la distribución de las áreas internas juegan un papel importante, porque las condiciones y las actividades que se lleven en el interior son diferentes y algunas actividades producen más actividades o incluso en algunas áreas se encuentran la mayor parte del tiempo desocupadas.

Se recomiendan por el tipo de clima que las viviendas sean compactas, con una orientación a lo largo de un eje este-oeste, este tipo de orientación es más eficiente para el invierno, ya que permite poner acristalamiento al sur y permitir el paso de la radiación solar. Esto no significa que todo tiene que ser rígido en la orientación, se puede jugar con la distribución, buscando la eficiencia energética y confort térmico.

En la distribución de espacios, los patios de servicio situarlos al oeste, las zonas con mayor ocupación como son las recamaras orientarlas al sur. Las áreas menos utilizadas

colocarlas en el norte como son los armarios, áreas de almacenamiento, esto para que sean amortiguador entre el espacio de uso y el frío del norte. Si la entrada es al norte se recomienda colocar un vestíbulo estanco, esto para realizar una cámara de microclima en esa área. Figura II.14

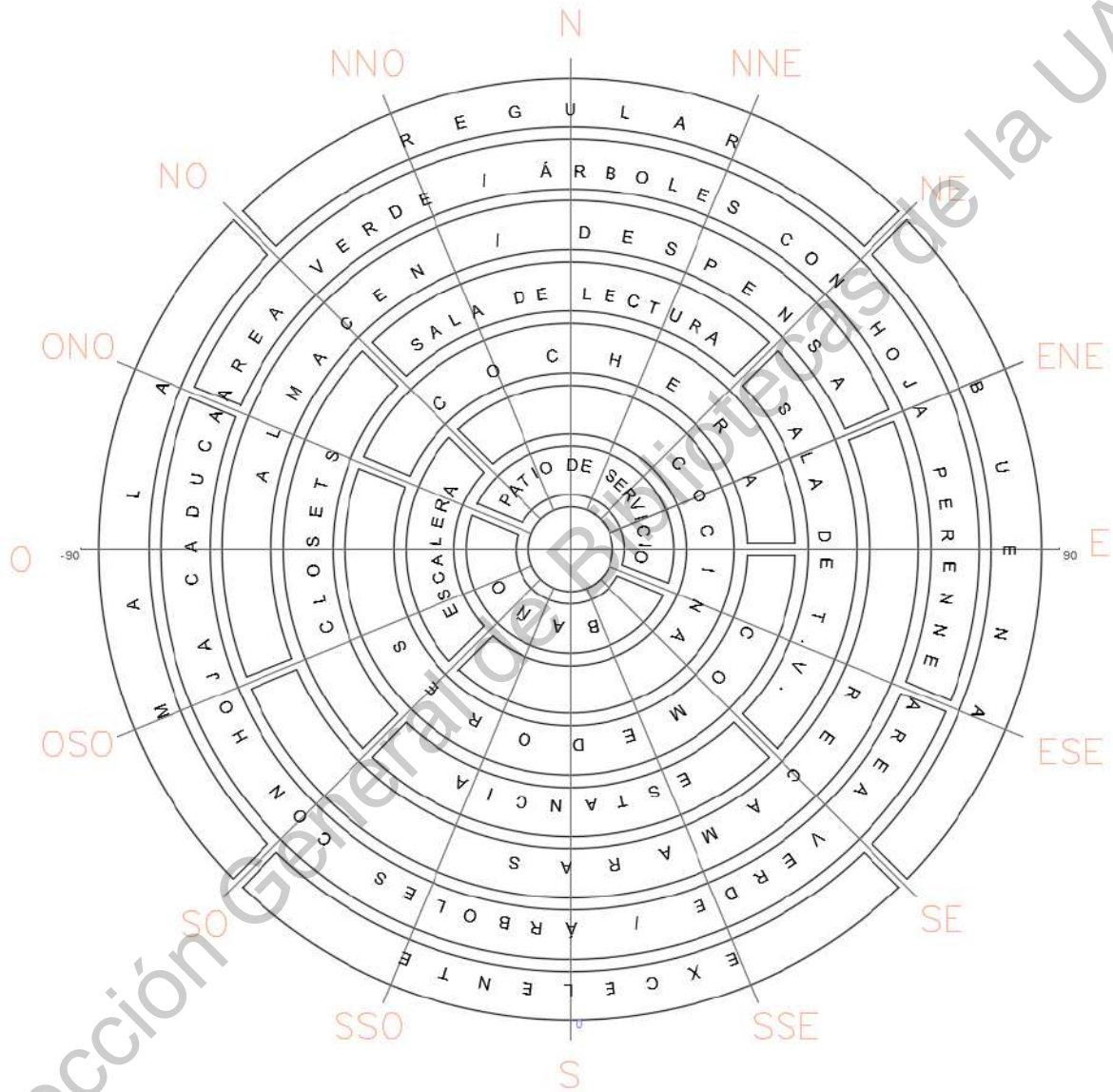


Figura II.14 Orientaciones recomendadas (Fuente: Elaboración propia).

Tabla II.7 Resumen de estrategia de Maximización de ganancias solares: invierno templado seco y semifrío seco (Fuente: Elaboración propia).

Estrategia: Maximización de ganancias solares					
Objetivo	Factores influyentes	Acción	¿Como?	¿Qué y Por qué?	¿Donde?
Aumentar ganancias solares	<ul style="list-style-type: none"> • Vegetación, obstrucciones • Orientación y forma de edificio, distribución interior • Orientación, forma y tamaño de los huecos • Posición, forma y dimensionado de los dispositivos de sombreado • Características de acristalamiento y coeficiente de transmisión • Asoleamiento • Capacidad térmica • Color de los muros 	Sistemas básicos de captación	Captación directa	Ventanas – Huecos	Fachada Sur, cubierta
				Manifestación más sencilla; Equilibrio entre las demandas opuestas de calefacción y refrigeración pasiva	
			Captación indirecta	Muro trombe, muro invernadero	Fachada Sur
				La captación se hace mediante un elemento acumulador que almacena energía, para ceder posteriormente el calor al ambiente interior	
			Tratamiento de partes exteriores	Invernadero Adosado	Fachada Sur
				Entre el ambiente interior y el exterior, se interpone un espacio que capta la energía solar	

II.4 Estrategias en verano

En verano podemos encontrar tres fuentes de calor: por las ganancias directas debido a transmisión de calor y la infiltración de la temperatura, esto por medio de los materiales. De estas tres fuentes la ganancia directa es de las más fácil de controlar.

El sobrecalentamiento provoca que los edificios que se encuentran expuestos a la radiación solar, alcanzan temperaturas elevadas en el interior, las estrategias bioclimáticas con condiciones de verano en climas templadas semi húmedas se pueden manejar en dos grupos:

- Actuaciones directas con control de ganancias de radiación solar
- Actuaciones indirectas de refrigeración pasivo

II.4.1 Estrategias: Control de las ganancias de radiación

Lo primero que se tiene que hacer en el diseño es minimizar la radiación solar, lo podemos lograr con medidas preventivas y elementos constructivos como cubiertas, cerramientos, vidrio, color en las fachadas, textura en los envolventes entre otros (Reardon & Milne, 2010).

Algunas de las técnicas para la calefacción solar pasiva pueden ser adaptables al enfriamiento pasivo, un ejemplo es el aislamiento que en invierno no permite la pérdida de calor y además en verano retrasa la ganancia de calor. En las texturas rugosas de los acabados en el exterior, por medio de R_i y R_e , se acumula más cantidad de aire por la rugosidad y ayudan a que la conductividad térmica disminuya y el paso del calor sea más lento. En los edificios los muros y pisos de mampostería actúan como masas térmicas, absorben una gran cantidad de calor, este tipo de sistemas se recomienda que este situada cerca de una ventana, esto para tener ventilación, además se pueden exponer al aire frío de las noches esto para liberar el calor absorbido durante el día.

Al estar bien diseñado y el a ver considerado el ambiente, se puede reducir la radiación solar en las superficies externas. La vegetación juega un papel importante, nos puede generar disminución en ganancias directas, así como plantar árboles de hoja caduca que interrumpen la trayectoria del sol en verano, este y otros sistemas que proporcionen sombras funcionales de excelente manera en verano con los sistemas pasivos de calefacción, como invernaderos adosado, muro trombe, entre otros

Además, los principios básicos para refrigeración solar pasiva que se van a utilizar en este proyecto para la reducción de energía requerida para el enfriamiento se van a considerar los siguientes sistemas de control de ganancia de radiación solar:

- **Orientación y tamaño de los huecos acristalados**
- **Colores de los acabados**
- **Protecciones solares**

Orientación y tamaño de los huecos acristalados

Como se mencionó en capítulos anteriores los elementos acristalados, son los más desfavorables para el edificio ya que captan la energía del sol directamente. Para lograr la eficiente estrategia, se tienen que considerar el tipo de ventana: cristal y marcos. Con el fin de obtener un coeficiente de transmisión térmica eficiente.

La orientación de los huecos es una estrategia fundamental para el control de la radiación solar, se tiene que analizar las diferentes consideraciones en invierno y en verano, con el fin de solucionar el problema el enfoque global.

Acristalamiento debe reducirse al mínimo en la cubierta y el este y el oeste, donde la luz del sol de verano es más intensa, porque la radiación solar en verano es 3 veces mayor en el plano horizontal, que en las superficies verticales.

Colores de los acabados

El color en los acabados exteriores, forma una parte importante, puede provocar calentamiento o mantener una temperatura mínima, esto es por la absorción que tiene el color, según la tonalidad. Los colores que se recomienda son los claros para acabados exteriores.

Tabla II.8 Coeficiente de absorción de colores (%) (Fuente PassivHaus)

Superficie recién blanqueada	10-15
Pintura blanca al aceite	20-30
Mármol blanco	40-50
Gris	60-70
Ladrillo, hormigón	70-75
Negro mate	90-95

Protecciones solares

La radiación solar en verano en plano horizontal es 3 veces mayor que el plano vertical, las protecciones solares y el aislamiento son más necesarios en las cubiertas. En las fachadas orientadas al este y oeste, las protecciones más eficientes son en vertical, dado que el sol está debajo en el horizonte durante el amanecer y atardecer. Una de las protecciones más eficientes es la vegetación, recomendadas en las fachadas este y oeste, pero se tiene que tener en cuenta su colocación para no afectar la ventilación natural y la brisa por la noche.

Para evitar el sobrecalentamiento, uno de aspectos fundamentales es proteger los huecos acristalados. Una de las cualidades para el diseño de protecciones es reducir la radiación que entre en los huecos en verano, pero en invierno logre captar la mayor energía en invierno. Según en la *guía de estrategias pasivo para la edificación* de valencia, dice que la manera para interrumpir la radiación solar directa se puede clasificar en umbráculos y en elementos protectores en el envolvente del edificio, además los elementos protectores se dividen en fijos y móviles.

Umbráculos

Son sistemas estructurales metálicas o de madera, permitiendo sobrado y la ventilación de pasillos utilizado en exterior, interior y también utilizados como espacios intermedios. Asimismo, se le conoce como pérgolas, estas pueden tener gran variedad de diseños. Este sistema controla la radiación mediante con el diseño de la trayectoria de sol.

Como parte de estos sistemas, la estructura se incorpora en el volumen de edificio logrado formar parte de la arquitectura misma. (Figura II.15)



Figura II.15 Umbral, proyecto La Calera, Colombia (Fuente PassivHaus).

Protección solar fijo

Este tipo de protecciones necesitan muy poco mantenimiento por no ser manipulables, una de las consideraciones para este tipo de protecciones es el estudio adecuado para el diseño, para que genere sombra en verano y en invierno permita la entrada de la radiación solar. Los tipos de protección solar fijos son los siguientes:

- Voladizos, aleros, porches
- Parasoles, lamas, celosías horizontales o verticales

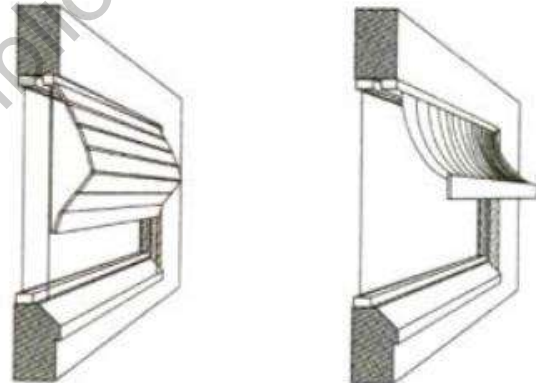
Con proyecciones horizontales encima de una ventana en la orientación sur, es considerada como una solución económica y eficaz. Para determinar el tamaño de las protecciones depende de la proyección del sol con el fin de proteger las ventanas y no permitir la entrada de la radiación. En las fachadas norte y sur, los aleros y voladizos horizontales tienen más resultado, en cambio en las fachadas este y oeste, tienen mejores resultados los verticales.

Protecciones solares móviles

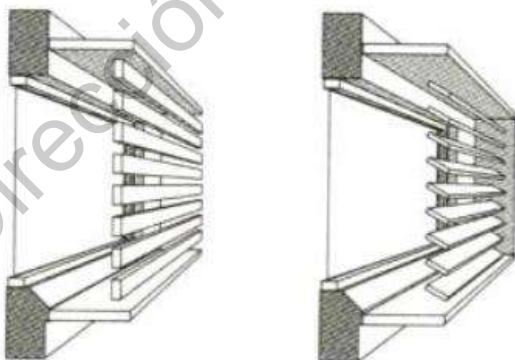
Las protecciones solares móviles son elementos añadidos al edificio de los cuales se divide en:

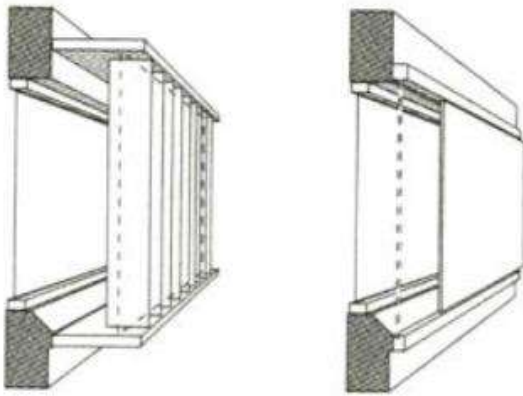
- Exteriores: Persianas, contraventanas (con lama fija o móviles).
- Interiores: Persianas venecianas, cortinas, etc.

Los sistemas variables o móviles, como toldos, persianas basculantes, entre otros, permiten una mayor maleabilidad y se adoptan mejor a las estacionales. Este tipo de protección tiene como principal virtud de abrir y cerrar según las necesidades de captar o retener la radiación solar.



En las fachadas se recomiendan las protecciones horizontales, con el fin de permitir la ventilación y enfriar la superficie para no provocar sobre calentamiento.





Otro de los elementos de protecciones móviles son las persianas, estos elementos son muy sencillos y de los más utilizados en las edificaciones, el diseño es muy variable, la cual permite un amplio catálogo para determinar cuál es el más eficiente en el diseño.

Vegetación

La vegetación es uno de los elementos más importantes, el motivo es para poder reducir el impacto ambiental y el tener vegetación damos una aportación natural en una solución de protección de radiación solar, permitiendo sombra permitiendo una gran aportación en el confort térmico y creando microclimas. Para poder determinar qué tipo de vegetación se puede utilizar son las siguientes variables: el crecimiento del árbol, tipo de hoja y caducidad. En el clima templado, con inviernos fríos y veranos calurosos, se recomiendan los árboles de hoja caduca, con el fin que en invierno deje pasar la radiación y en verano provoque sombra.

La orientación de los árboles con hoja caduca, se recomienda en el Este, Sur y Oeste, las hojas perennes en la orientación norte y arbustos para controlar ángulos de altura solar muy bajos orientados al norte para barreras de vientos fríos.

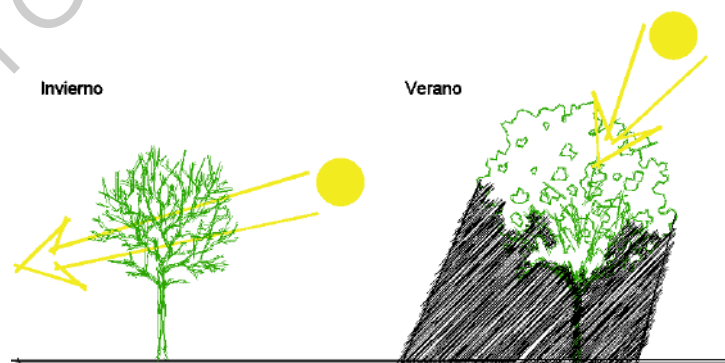


Figura II.16 Árboles de hoja caduca (Fuente: Elaboración propia).

Tabla II.9 Resumen de estrategia en verano: control de ganancias templado seco y semifrío seco (Fuente: Elaboración propia).

Estrategia: Control de ganancias					
Objetivo	Factores influyentes	Acción	¿Como?	¿Qué y Por qué?	¿Donde?
Reducir las ganancias solares <ul style="list-style-type: none"> • Sistema directo • Evitar exceso del sol • Reducir las infiltraciones • Evitar el sobrecalentamiento • Bajar la temperatura interior 	Aspectos de urbanismo <ul style="list-style-type: none"> • Orientación de las calles • Vientos dominantes • Control adecuada de obstáculos y árboles 	Protección solar	Umbráculos	Espacios de sombreado interpuestos entre ambiente exterior y ambiente interior y funcionan como espacios intermedios	Todo el envolvente
			Protección móvil	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores: Persianas venecianas, cortinas • Exteriores: Persianas, contraventanas (con lamas fijas o móviles) 	Cubierta fachada Sur
			Protección fija	<ul style="list-style-type: none"> • Parasoles horizontales sobre el dintel y mixtos • Lamas fijas, de desarrollo horizontal o vertical. • Voladizos y aleros en la fachada 	
				<ul style="list-style-type: none"> • Protección solar vertical 	Fachada Este y Oeste
				<ul style="list-style-type: none"> • Árboles de hoja caduca alrededor, que interrumpen la trayectoria del sol de verano 	Fachada Sur, Este y Oeste
		<ul style="list-style-type: none"> • Árboles de hoja perenne, que protegen edificio de vientos fríos en invierno 	Fachada Norte		
	Aspectos arquitectónicos <ul style="list-style-type: none"> • Forma del edificio • Distribución de los espacios interiores • Orientación y tamaño de los huecos 	La reducción de superficies de huecos	Orientación de los huecos al sur	Menor de 50% de superficie total de fachada	Fachada sur
			Disminuir el tamaño de los huecos en fachadas Este y Oeste y cubierta	<ul style="list-style-type: none"> • Tener en cuenta que la incidencia solar es mayor 3 veces en el plano horizontal que en el plano vertical 	Cubierta, fachada Este y Oeste
		Color de acabados	Utilización de los colores apropiados para casa superficie	Colores de tono claros	Todas fachadas, cubierta

II.4.2 Estrategias: Refrigeración pasiva

La técnica para el enfriamiento de las viviendas las más efectivas son las pasivas, esto permitiendo disminución de sistemas mecánicos activos para el enfriamiento de los edificios. Los sistemas pasivos que se pueden utilizar para la zona de Cuauhtémoc son los sistemas de ventilación natural y la masa térmica de la envolvente.

Sistemas de ventilación natural

La ventilación natural tiene tres funciones básicas para los diseños arquitectónicos:

- Renovar la calidad del aire, reemplazando el aire por uno limpio.
- Permite disminuir el calor de los elementos, por medio de la velocidad del viento.
- Refrigerar le edificio mediante la ventilación natural.

Constantemente los edificios intercambian aire con el exterior, aun cuando las ventanas se encuentren cerradas, esto es porque en los elementos constructivos del edificios tienen poros y fisuras, algunas son microscópicas, esto ocasionando que el aire fluya por ellos. Esto es natural en los edificios, lo que podemos hacer es utilizarlo a favor del confort térmico y del ahorro energético. Para conseguir una eficiente ventilación, se tienen que comprender muy bien el clima de la zona y realizar un estudio pertinente para saber qué tamaño, orientación y ubicación de las aberturas. En el estudio de José Roberto García Chávez (2005) demuestra que no necesariamente con grandes huecos se alcanza una buena ventilación y la refrigeración.

Los sistemas de ventilación que se puede utilizar con el clima de semiseco templado son los siguientes:

- Ventilación cruzada
- Efecto Chimenea
- Torres de vientos

Ventilación cruzada

Este sistema consiste en colocar dos aberturas en los lados opuestos de dos fachadas, esto permite que el viento fluya y renueve el aire del espacio. Uno de los métodos que aportan mayor eficiencia en colocarlos en los vientos dominantes con rasgos favorables.

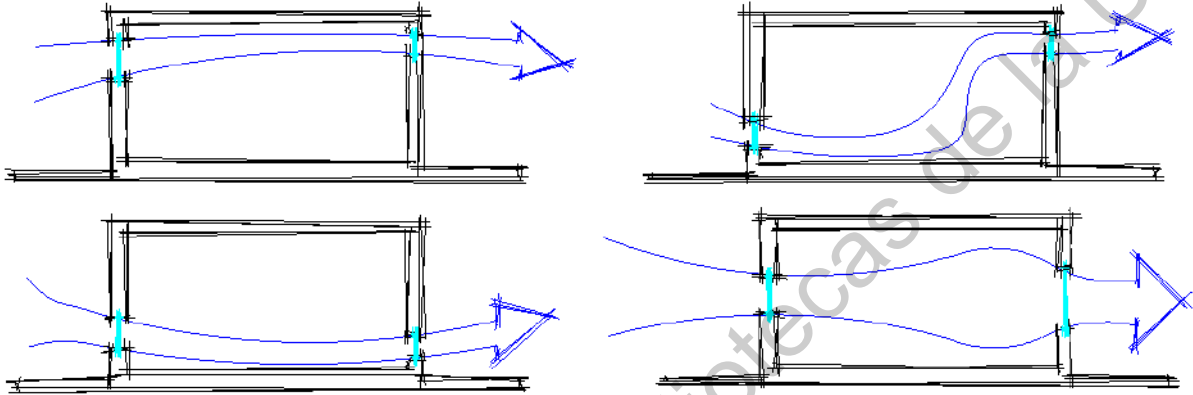


Figura II.17 Ventilación cruzada (Fuente: Elaboración propia).

El flujo del viento depende de tamaño, localización y la forma de las aberturas, para que sea capaz de conducir los vientos en el interior de los espacios.

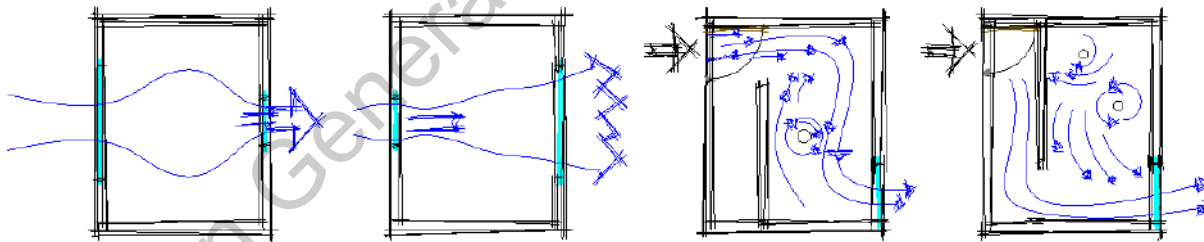


Figura II.18 Movimiento del aire en distribución en edificios (Fuente: Elaboración propia).

Efecto Chimenea

El sistema de efecto chimenea se genera colocando ductos que sobre salen de la sola, lo que ocasiona es que el aire caliente del espacio suba y salga por la chimenea, para mayor eficiencia colocar una ventana cerca del suelo, ocasionando flujo de viento natural. Para que este sistema sea más eficaz la chimenea tiene que colocarse a una altura considerable, con este sistema la renovación de aire tipos son de 4-6 rh.

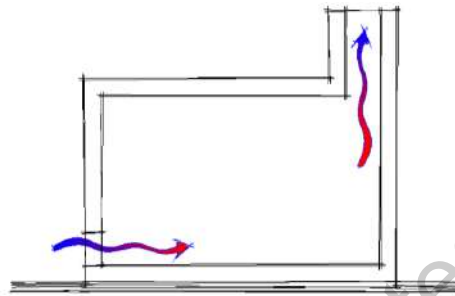


Figura II.19 Efecto chimenea (Fuente: Elaboración propia).

Torres de vientos

Otro sistema por medio de la ventilación natural que se puede utilizar en climas semisecos templado son las torres de vientos, consisten en recoger el viento mediante una torre que se sobresaliente del edificio introduciéndolo al interior, pero de igual manera que el caso del efecto chimenea se recomienda colocar una pequeña ventana, con la diferencia que esta ventana se coloca en zonas altas, esto para renovar el aire caliente del interior.

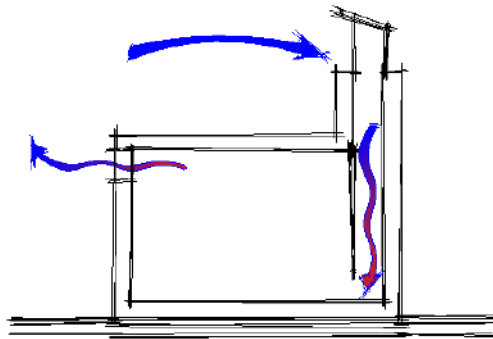


Figura II.20 Efecto chimenea (Fuente: Elaboración propia).

Masa térmica

Son parte del elemento constructivo que transmite mayor cantidad de radiación, esto sucede por la cantidad de horas que pasa bajo el sol, en el transcurso de la noche irradia el calor acumulado en el día. Los materiales que aportan mayor masa térmica son los ladrillo y la piedra.

Los materiales que tienen las siguientes características influyen para una buena masa térmica:

- Alto calor específico
- Alta densidad
- Baja conductividad térmica

Ejemplo de los mejores materiales son el adobe, la tierra y aislantes térmicos.

En las viviendas se puede mantener temperaturas más bajas en el interior comparado con el exterior, sucede cuando los elementos tienen masa térmica y una resistencia térmica mínima, siempre y cuando se proteja de la radiación directa.

Esta estrategia donde las temperaturas en son arriba de los 30°C y las temperaturas mínimas nocturnas estén por debajo de los 20°C, la inercia térmica que ocasionan el envolvente con una buena masa térmica amortigua y retrasa el tiempo de las temperaturas máximas y mínimas en los interiores.

Tabla II.10 Resumen de estrategia en verano: Refrigeración pasiva templado seco y semifrío seco
(Fuente: Elaboración propia).

Estrategia: Refrigeración pasiva					
Objetivo	Factores influyentes	Acción	¿Como?	¿Qué y Por qué?	¿Donde?
Enfriamiento pasivo	Aspectos de urbanismo	Ventilación natural	Ventilación cruzada	<ul style="list-style-type: none"> Favorece el movimiento (el flujo) de aire de un espacio 	Colocación de las aberturas en los lados opuestos de dos fachadas
			Efecto chimenea	<ul style="list-style-type: none"> Las ventanas en el techo dejan el aire usado, las ventanas en los niveles inferiores toman el aire fresco en el edificio 	La entrada de aire cerca de nivel de suelo y de la salida en la cubierta
			Torre de viento	<ul style="list-style-type: none"> Recogen el viento más intenso y favorecen la introducción de aire fresco en interior 	Torre se coloca en la suficiente del edificio
<ul style="list-style-type: none"> Protección de sobrecalentamiento Ventilar la casa sin sistemas mecánicos y sin energía Favorecer las renovaciones 	Aspectos arquitectónicos	Sistema de enfriamiento por radiación	Alta inercia térmica	<ul style="list-style-type: none"> Cubierta ecológicas de tierra Cada noche la masa libera calor, dejándolo listo para absorber el calor de nuevo 	La cubierta, todas las fachadas y superficies
			Alta inercia térmica y ventilación nocturna	<ul style="list-style-type: none"> Se logra un adecuado amortiguamiento de temperaturas máximas y mínimas en el interior El edificio es ventilado solo durante las horas de la noche y permanece cerrado durante el día 	La cubierta, todas fachadas y superficies
<ul style="list-style-type: none"> Bajar la temperatura interior Lenta transferencia de calor Disipación de calor excesivo desde el interior 	<ul style="list-style-type: none"> Forma del edificio La capacidad térmica de los materiales en el edificio Orientación y tamaño de los huecos 	Sistema de enfriamiento por radiación nocturno			

III METODOLOGÍA

III.1 Metodología

La metodología que se planteó para esta investigación fue la siguiente:

1. Análisis de clima
2. Estrategias de diseño sostenible
3. Diseño del prototipo
4. Resultados simulados
5. Manejo de resultados

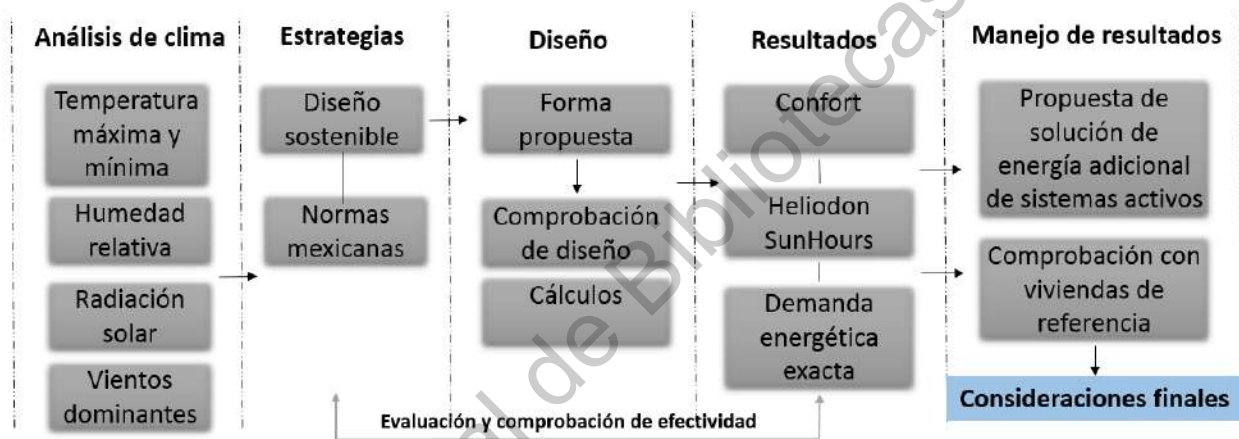


Figura III.1 Metodología (Fuente: Elaboración propia).

La intención principal de este trabajo consistió en plantear las estrategias de diseño para dos estaciones térmicamente extremas, verano e invierno (40°C y -18°C), para casas de interés social en la colonia Benito Juárez, de la Ciudad de Cuauhtémoc, con el propósito de bajar la demanda energética de calefacción y refrigeración en las viviendas de esta zona.

Lo primero que se estudió es el estado actual de consumo energético en casas habitaciones de interés social en la Ciudad de Cuauhtémoc, estableciendo las causas trascendentales que provienen del consumo en las viviendas. Seguido de un análisis de requisitos estándares de consumo en México – CONAFOVI (Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda) – SISEVIVE (Sistema de Evaluación de Vivienda Verde), la cual tratará de encontrar

los aspectos de estándares que se puedan aplicar en clima en la Ciudad de Cuauhtémoc, como complementarios a sistemas activos de control térmico.

Consiguiente se analizó el clima de la Ciudad de Cuauhtémoc, obteniendo datos de los institutos de gobierno CONAGUA, INEGI, como la humedad relativa, vientos dominantes, temperaturas máximas y mínimas, y radiación solar registradas en los últimos 5 años. Con estos datos se utilizó la metodología de Givoni, por medio de un climograma adaptado a la ciudad, con el fin de determinar que estrategias se pueden utilizar según el mes, tales como la ventilación natural, ganancias internas, y sistemas pasivos y activos, además la elaboración de una carta solar latitud 30° N se explica en que orientación se necesita ventilación o ganancia solar.

Se ejecutó un estudio de los materiales regionales, con fórmulas de conductividad térmica simulados con el software Opaque, esto para saber su resistencia y saber cuál de los materiales que se encuentran en la zona de Cuauhtémoc, tienen las características más óptimas para el manejo del confort térmico y no dejando fuera el costo de estos materiales.

Además de lo planteado se realizó una propuesta de una casa de interés social, con materiales naturales de la región, aplicando las estrategias pasivas: ganancias de calor para invierno y en verano las pérdidas de calor.

Por lo tanto, se calculó el consumo energético de una casa de interés social de 60 m² de construcción, esto con simulaciones de software como el ArchiCAD. Opaque, Sun Hours, DEEVi (Diseño Energéticamente Eficiente de la Vivienda), además el cálculo en SAAVi (Simulador de Ahorro de Agua en la Viviendas) y IDG (Índice de desempeño global), la intención de estos cálculos es establecer el porcentaje de efectividad de las estrategias del diseño pasivo aplicadas y reducir considerablemente las estrategias activas.

Como último, el resultado de la demanda de la casa propuesta se comparó con una casa de construcción estandarizada de autoconstrucción, así como un desarrollador de interés social de Cuauhtémoc, determinando cuál de las tres es la más eficiente.

III.2 Condiciones Climáticas / Geográficas Ciudad Cuauhtémoc

La Ciudad de Cuauhtémoc, se encuentra en la zona 4 Elevaciones Semiáridas Meridionales según la *Guía uso eficiente de la energía en la vivienda*, la región limita al occidente con las sierras templadas estando con frontera con la región ecológica de los desiertos de América del Norte. Se compone de colinas, valles bajos y planicies. La vegetación de esta zona está dominada por pastizales, matorrales y bosques.



Figura III.2 Parque San Antonio, Ciudad de Cuauhtémoc (Fuente: Oscar Domínguez).

La región de Cuauhtémoc cuenta con cuatro tipos de climas según el INEGI, Los cuales son: Semiseco templado (82.7%), semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (10.7%), semiseco semifrío (5.8%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (0.8%), con una precipitación de 300-500mm (Figura III.3).

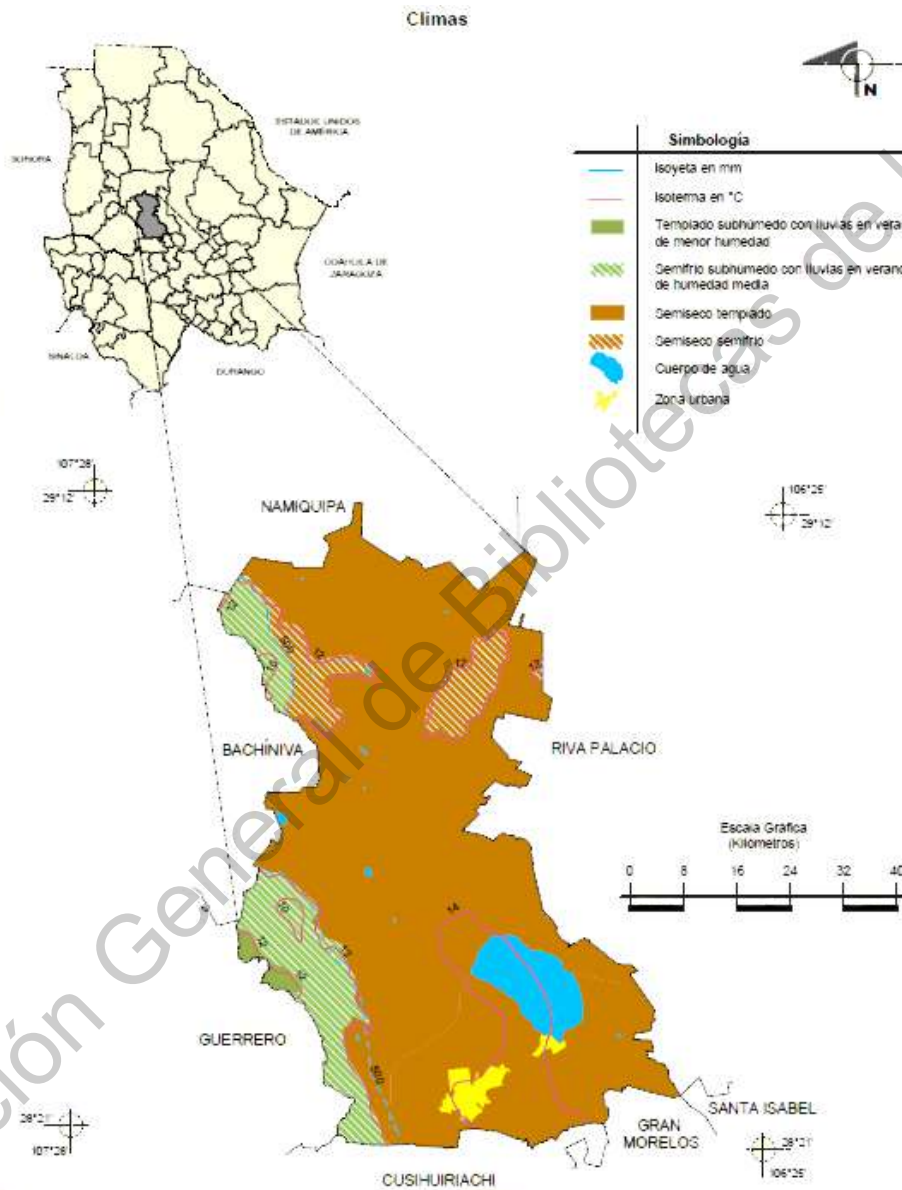


Figura III.3 Mapa de clima de la Ciudad de Cuauhtémoc, Chihuahua (Fuente: INEGI).

Tabla III.1 Características climáticas de Ciudad Cuauhtémoc. (Fuente: Elaboración propia, datos INEGI)

Parámetro	Unidad	Cuauhtémoc	Características
Superficie	Km ²	3,018.9	El clima de la ciudad de Cuauhtémoc, tiene 5 tipos climas: Semiseco templado (82.7%), semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (10.7%), semiseco semifrío (5.8%), templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (0.8%),
Población	Núm.	168,482	
Lat./Long	Grados y minutos	28° 20' Norte 106° 32' Oeste	
Altitud	M	2,350	Colinda al norte con los municipios de Namiquipa y Riva Palacio; al este con los municipios de Riva Palacio, Santa Isabel y Gran Morelos; al sur con los municipios de Gran Morelos, Cusihiuriachi y Guerrero; al oeste con los municipios de Guerrero, Bachiniva y Namiquipa.
T anual promedio	°C	16.06	
T máx. registrado		41.60	Veranos calurosos, con más de 60 días con temperatura superior de 30 grados, el mes más caluroso es junio
T mín. Registrado		-18.80	Inviernos fríos, con escasas nevadas en el mes de enero, el mes más frío es el mes de diciembre
T verano promedio		28.41	90 días con temperaturas bajo cero
T invierno promedio		3.90	El invierno dura de octubre hasta abril con temperaturas considerablemente frías
Humedad relativa promedio anual	%	43.43	Se cuenta con poca humedad en el año, siendo marzo con la mínima humedad y septiembre con máxima humedad
Precipitaciones promedio anual	mm	400	La temporada de lluvias es en septiembre y el mes más seco del año es marzo
Radiación solar máxima	Wh/m ²	330	
Radiación promedio		242.22	

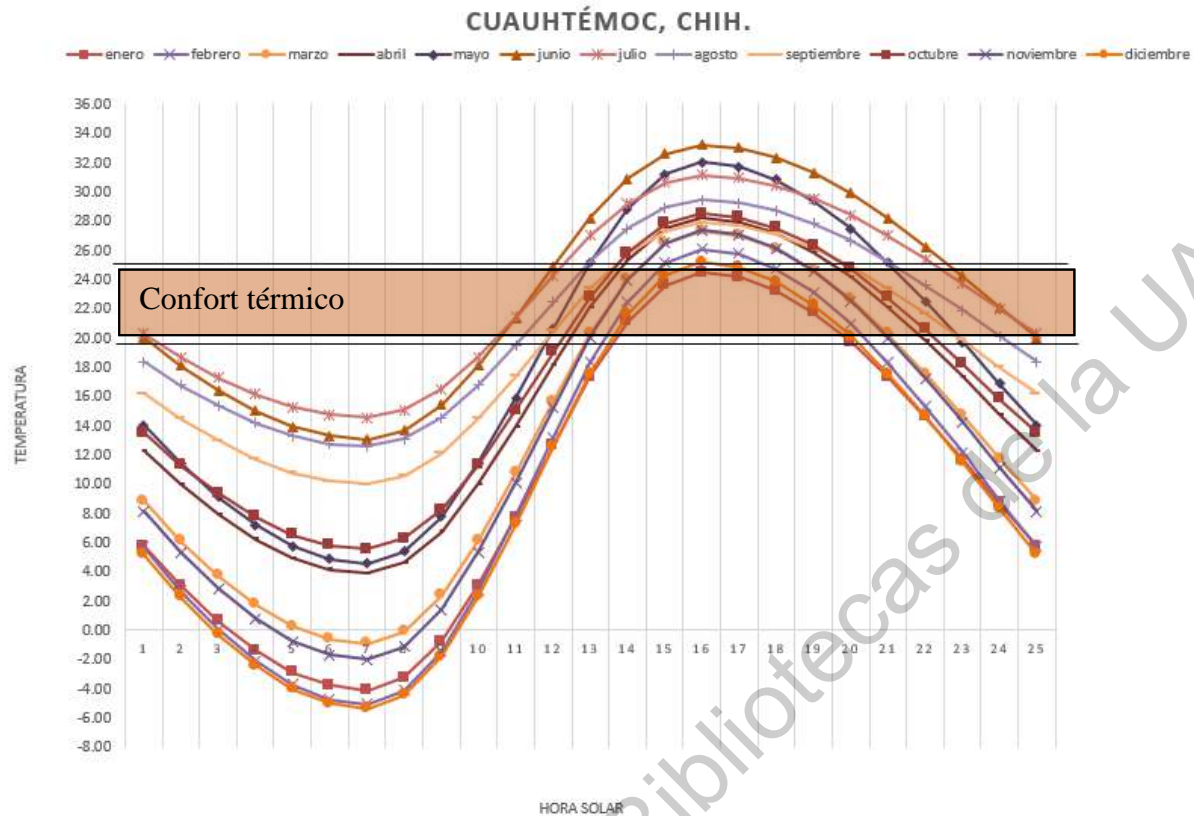


Figura III.4 Gráfica de temperaturas. (Fuente: Elaboración propia)

La Figura de temperatura muestra el comportamiento por horas solar de cada mes, este resultado corresponde al análisis de 5 años obtenido por la CONAGUA. El comportamiento de las temperaturas en el exterior se representa con una curvatura, uno de los objetivos es mantener la temperatura interior de la vivienda en la zona del confort de 20°C a 25°C (Figura III.3 Gráfica de temperatura). Lo que se encontró con esta recopilación, es que hay un desfase de estaciones climáticas de 30 días y además de un aumento de temperatura en los últimos años de 2°C, según las investigaciones a estos temas, derivan que esto sucede por los ciclos que tiene la tierra y el cambio climático por la contaminación.



Figura III.5 Radiación solar Cuauhtémoc. (Fuente: ArchiCAD®)

En la Figura III.5, se muestra la radiación solar de Cuauhtémoc simulado en el software ArchiCAD®, donde menciona que la radiación máxima se encuentra en el mes de mayo con 1129.6 Wh/m², y el mes de enero con la radiación mínima, teniendo un promedio de 242.22 Wh/m². Con estos datos permiten plantear las estrategias más óptimas, aprovechando la radiación cuando se requiere y evitando la radiación en verano.

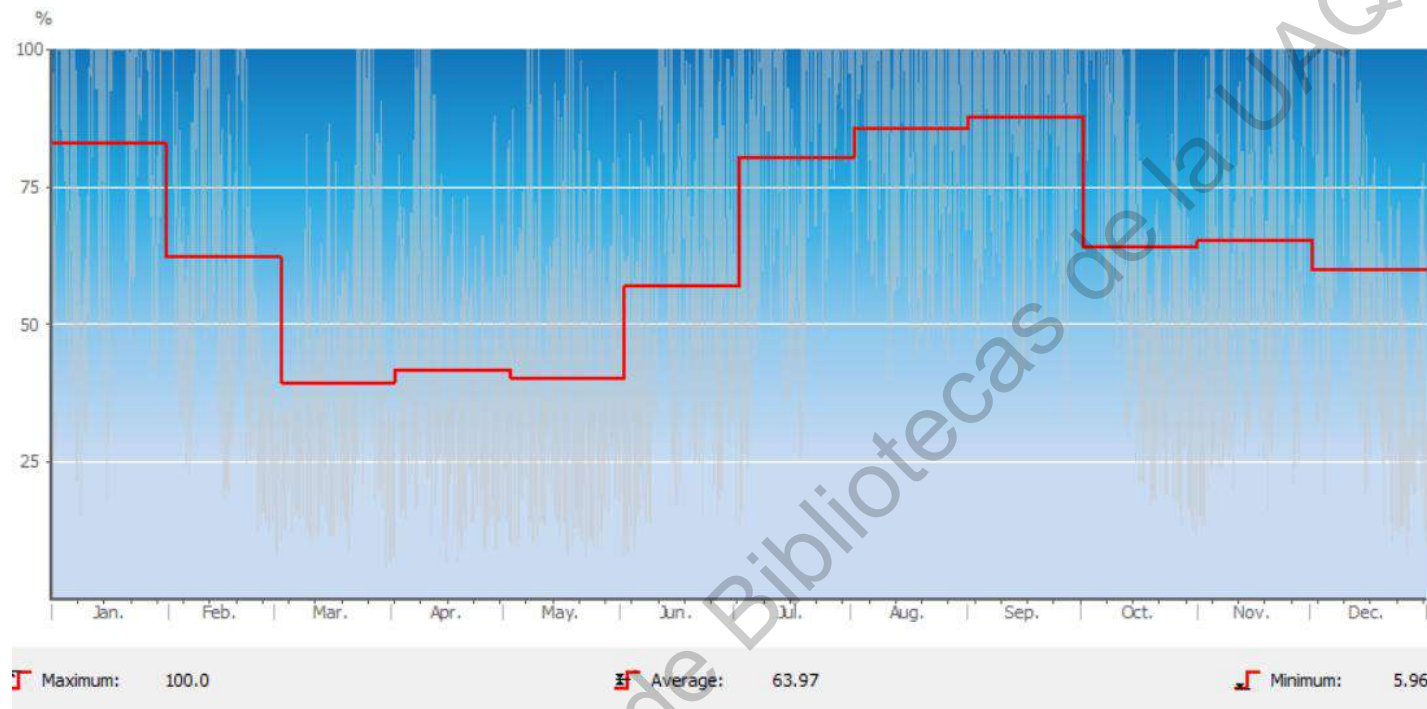


Figura III.6 Humedad relativa Cuauhtémoc. (Fuente: ArchiCAD®)

En la Figura III.6, muestran las humedad relativa de cada mes, donde la humedad máxima es el en mes de septiembre de 100% (este mes es considerado como la temporada de lluvias), el mes con la humedad mínima es marzo. Con estos datos permite analizar cómo manejar la humedad a nuestro favor, aplicando estrategias pasivas.

Tabla III.2 Tabla Climatológica Ciudad Cuauhtémoc. (Fuente: Elaboración propia)

TEMPERATURAS HORARIAS MENSUALES												
HR	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEMBRE
0	5.77	5.70	8.84	12.30	14.05	20.04	20.29	18.40	16.19	13.49	8.13	5.20
1	3.04	2.72	6.14	9.97	11.42	18.11	18.70	16.79	14.48	11.30	5.33	2.29
2	0.62	0.09	3.75	7.92	9.10	16.41	17.30	15.36	12.97	9.36	2.84	-0.29
3	-1.37	-2.09	1.77	6.22	7.18	15.00	16.14	14.18	11.72	7.75	0.78	-2.43
4	-2.87	-3.72	0.29	4.95	5.74	13.94	15.27	13.30	10.79	6.55	-0.76	-4.02
5	-3.79	-4.73	-0.62	4.17	4.86	13.29	14.74	12.76	10.21	5.81	-1.71	-5.01
6	-4.10	-5.07	-0.93	3.90	4.56	13.07	14.56	12.57	10.01	5.56	-2.03	-5.34
7	-3.24	-4.13	-0.08	4.63	5.39	13.68	15.06	13.08	10.55	6.25	-1.14	-4.42
8	-0.76	-1.43	2.38	6.74	7.77	15.43	16.50	14.55	12.10	8.24	1.41	-1.77
9	3.04	2.72	6.14	9.97	11.42	18.11	18.70	16.79	14.48	11.30	5.33	2.29
10	7.70	7.81	10.75	13.94	15.91	21.40	21.41	19.54	17.40	15.05	10.12	7.27
11	12.66	13.22	15.66	18.16	20.68	24.90	24.29	22.47	20.50	19.04	15.23	12.57
12	17.32	18.31	20.27	22.12	25.16	28.19	27.00	25.22	23.42	22.79	20.03	17.55
13	21.12	22.45	24.04	25.36	28.82	30.87	29.20	27.47	25.80	25.84	23.94	21.61
14	23.60	25.16	26.49	27.47	31.20	32.62	30.64	28.93	27.35	27.84	26.50	24.27
15	24.46	26.10	27.34	28.20	32.03	33.23	31.14	29.44	27.89	28.53	27.39	25.19
16	24.15	25.76	27.03	27.93	31.73	33.01	30.96	29.26	27.69	28.28	27.06	24.85
17	23.22	24.75	26.12	27.15	30.84	32.36	30.43	28.71	27.11	27.54	26.11	23.87
18	21.73	23.12	24.64	25.88	29.41	31.30	29.56	27.83	26.18	26.33	24.58	22.27
19	19.73	20.94	22.67	24.18	27.48	29.89	28.40	26.65	24.93	24.73	22.52	20.14
20	17.32	18.31	20.27	22.12	25.16	28.19	27.00	25.22	23.42	22.79	20.03	17.55
21	14.59	15.33	17.58	19.80	22.54	26.26	25.41	23.61	21.71	20.59	17.22	14.64
22	11.67	12.14	14.68	17.32	19.73	24.20	23.72	21.89	19.88	18.24	14.22	11.52
23	8.69	8.89	11.73	14.78	16.86	22.10	21.98	20.13	18.02	15.84	11.14	8.33
24	5.77	5.70	8.84	12.30	14.05	20.04	20.29	18.40	16.19	13.49	8.13	5.20

	NECESIDAD DE RADIACION
	ZONA CONFORT 20 - 25
	NECESIDAD DE VENTILACION

En la tabla de climatología de la Ciudad de Cuauhtémoc se muestran los resultados de temperaturas promedio de un análisis por mes y hora por un transcurso de cinco años entre 2012 a 2018. En la publicación científica de Felipe Fernández García, en su investigación llamado *Clima y confortabilidad humana. Aspectos metodológicos* se determinó que las temperaturas menores de 18° C necesitan radiación, de 19° C a 25° C se considera dentro de una zona de confort, de 26° C en adelante se considera con necesidad de ventilación; los meses considerados para esta investigación son diciembre y junio; en el caso del mes de diciembre se cuenta con 18 horas frías, siendo el 70% y solo teniendo 7 horas de confort 30% restante, en el caso de junio tiene 10 horas frías 40%, 5 horas de confort lo que sumaría el 20% más 10 horas calientes que representan el 40% (Tabla III.2 Climatológica Ciudad Cuauhtémoc).

Con estos datos podemos iniciar el estudio para determinar las estrategias más óptimas para el calentamiento y la refrigeración, según los meses y horas que necesiten de estas, esto para lograr un confort térmico y reducir el consumo energético.

III.2.1 Estrategias de calefacción y refrigeración por medio de diagrama Psicométrico de Givoni

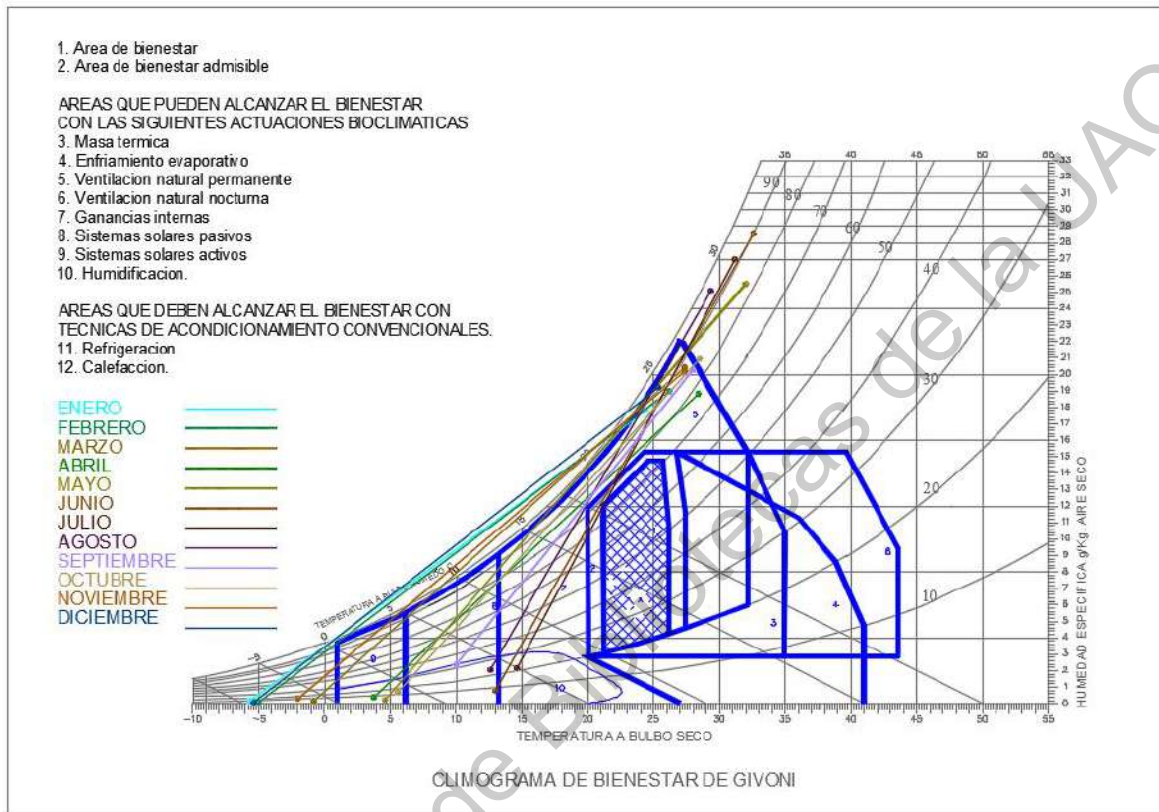


Figura III.7 Diagrama Climograma de Givoni para Ciudad Cuauhtémoc. (Fuente: Elaboración propia)

El método para la realización del diafragma de Givoni, se elabora un recopilado de temperaturas máximas y mínimas, y además de la humedad relativa máxima y mínima de cada mes por un transcurso de cinco años. Con los datos obtenidos se empieza con identificar cada mes y colocar en el diagrama una marca en la temperatura mínima con relación a la humedad mínima, se coloca otra marca en la temperatura máxima con relación a la humedad máxima, ya teniendo las dos marcas se realiza una recta, con esta recta identificamos en que zona pasa y determinar que estrategias nos permite alcanzar un confort térmico deseable (Figura III.7).

Tabla III.3 Temperaturas promedio máximas, mínimas y humedades relativas de la Ciudad Cuauhtémoc. (Fuente: Elaboración propia)

Ciudad Cuauhtémoc													
Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Temperatura promedio máx. en °C	24.46	26.10	27.34	28.20	32.03	33.23	31.14	29.44	27.89	28.53	27.39	25.19	28.41
Temperatura promedio mín. en °C	-4.10	-5.07	-0.93	3.90	4.56	13.07	14.56	12.57	10.00	5.56	-2.03	-5.34	3.90
Humedad relativa %	46	37	34	30	28	39	61	62	56	45	50	46	43.5

Con el diagrama de Givoni se representan diferentes estrategias de actuación para alcanzar la zona de confort térmico (Givoni, 1990). Gran parte del año podemos alcanzar confort mediante las ganancias internas y aprovechamiento de la energía solar pasiva, lo que implica una adecuada superficie de captación solar así como una gran capacidad de acumulación y aislamiento térmico. Observando las temperaturas máximas y mínimas promedio de los meses de invierno, se muestra que casi 4 meses se necesitan empleo de calefacción convencional, además de calefacción solar pasiva. En junio, julio y agosto, se precisa además de “masa térmica”, la ventilación nocturna.

Tabla III.4 Estrategias de calefacción y de refrigeración. (Fuente: Elaboración propia)

MES	ESTRATEGIA DE CALEFACCIÓN	ESTRATEGIA DE REFRIGERACIÓN
ENERO	Sistemas solares activos, sistemas solares pasivos,	
FEBRERO	Sistemas solares activos, sistemas solares pasivos, Ventilación natural permanente.	
MARZO	Sistemas solares activos, sistemas solares pasivos, ventilación natural permanente	
ABRIL	Sistemas solares activos, sistemas solares pasivos, ganancias internas	
MAYO		Humidificación, sistemas solares activos, sistemas solares pasivos, ganancias internas, ventilación natural permanente
JUNIO		Humidificación, sistemas solares activos, sistemas solares pasivos, ganancias internas, ventilación natural permanente
JULIO		Humidificación, sistemas solares activos, sistemas solares pasivos, ganancias internas, ventilación natural permanente
AGOSTO		Humidificación, sistemas solares activos, sistemas solares pasivos, ganancias internas, ventilación natural permanente
SEPTIEMBRE	Sistemas solares activos, sistemas solares pasivos, ganancias internas, ventilación natural permanente	
OCTUBRE	Sistemas solares activos, sistemas solares pasivos, ganancias internas, ventilación natural permanente	
NOVIEMBRE	Sistemas solares activos, sistemas solares pasivos, ventilación natural permanente	
DICIEMBRE	Sistemas solares activos, sistemas solares pasivos,	

Uno de los factores importantes en el estudio para el diseño de sistemas pasivos, son los vientos (Chávez & Freixanet, 2005). Los vientos dominantes de la Ciudad de Cuauhtémoc se encuentran en el Suroeste con velocidades de hasta 80 km/hr, los vientos fríos vienen del noroeste con velocidades de hasta 60km/hr. (CONAGUA, 2017), en la Figura III.8 se muestra una carta donde se indican los vientos dominantes y sus velocidades.

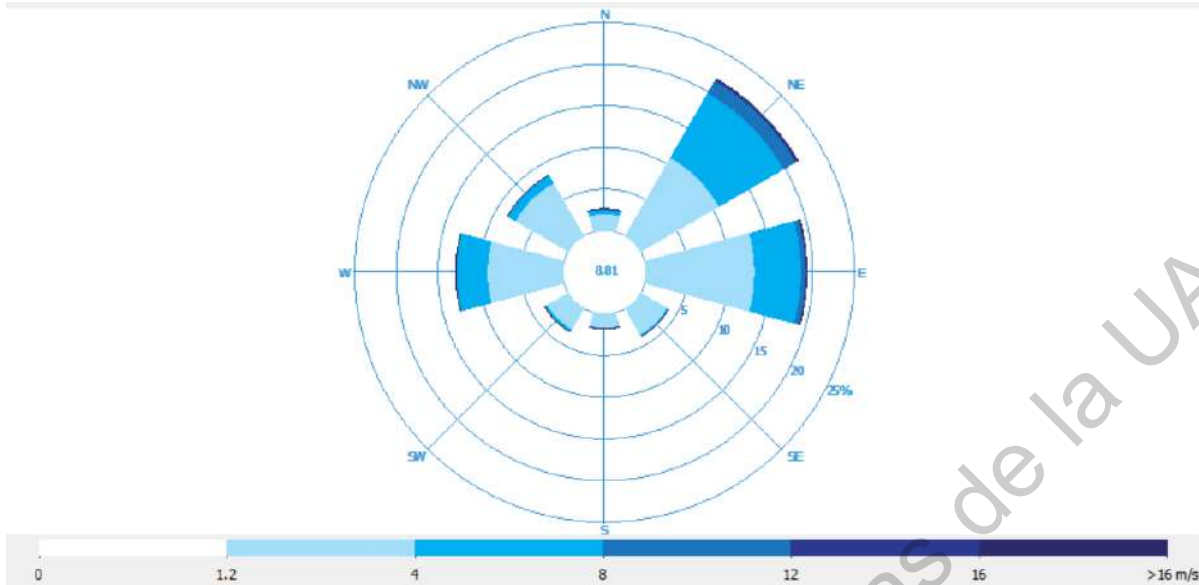


Figura III.8 Vientos dominantes Cuauhtémoc. (Fuente: ArchiCAD®)

La carta solar es una de las herramientas donde podemos estudiar la trayectoria del sol según el calendario, solsticio, equinoccio. En la Figura III.9 se muestra la carta solar correspondiente a la Ciudad de Cuauhtémoc, la ciudad se encuentra en la latitud $28^{\circ} 20'$ Norte y se utiliza la carta de latitud 30° N, en esta carta se hizo un análisis de las temperaturas promedio por hora y por mes, donde terminamos que zona necesitamos radiación, que zonas son de confort y que zonas necesitamos ventilación.

CARTA SOLAR

Latitud 30°N

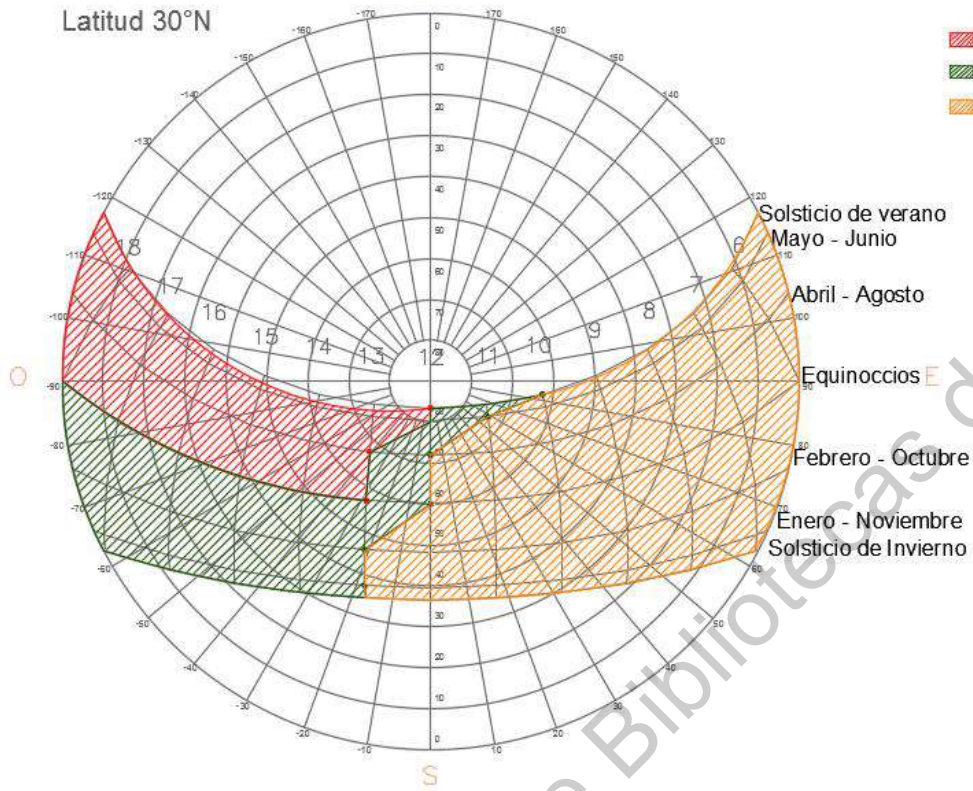


Figura III.9 Carta estereográfica Cuauhtémoc (Fuente: Elaboración propia).

III.3 Descripción del proyecto

Se propone el diseño de una casa de interés social, donde se plantean diferentes estrategias con sistemas pasivos, considerando el clima semiseco templado y semifrío subhúmedo que cuenta la Ciudad de Cuauhtémoc Chihuahua, además de la propuesta para los autoconstructores en utilizar materiales naturales de la región, como es la tierra, piedra, entre otros.

Para la comprobación del diseño y estrategias estudiadas, se ha diseñado una vivienda de interés social en un terreno de 8m de ancho y 18m de largo, localizado en la colonia Benito Juárez, en la calle 21 de marzo, con 60 m² de construcción.

El diseño fue proyectado para una familia de dos mayores y dos menores, cumpliendo con los requerimientos del reglamento de construcciones y normas técnicas municipio de Cuauhtémoc, según el plan de desarrollo de Cuauhtémoc la vivienda de 60m² de construcción entra en la categoría de interés social (Municipio de Cuauhtémoc, 2009). El trazado de distribución fue considerado por medio de la orientación del sol, permitiendo la captación de la radiación directa y en algunas zonas evitando la radiación. Además, el diseño está planteado por medio de la complejidad humana; actividades y necesidades en una vivienda (Fig. III.10).



Figura III.10 Propuesta de casa (Fuente: Elaboración propia).

III.3.1 Planos gráficos del proyecto

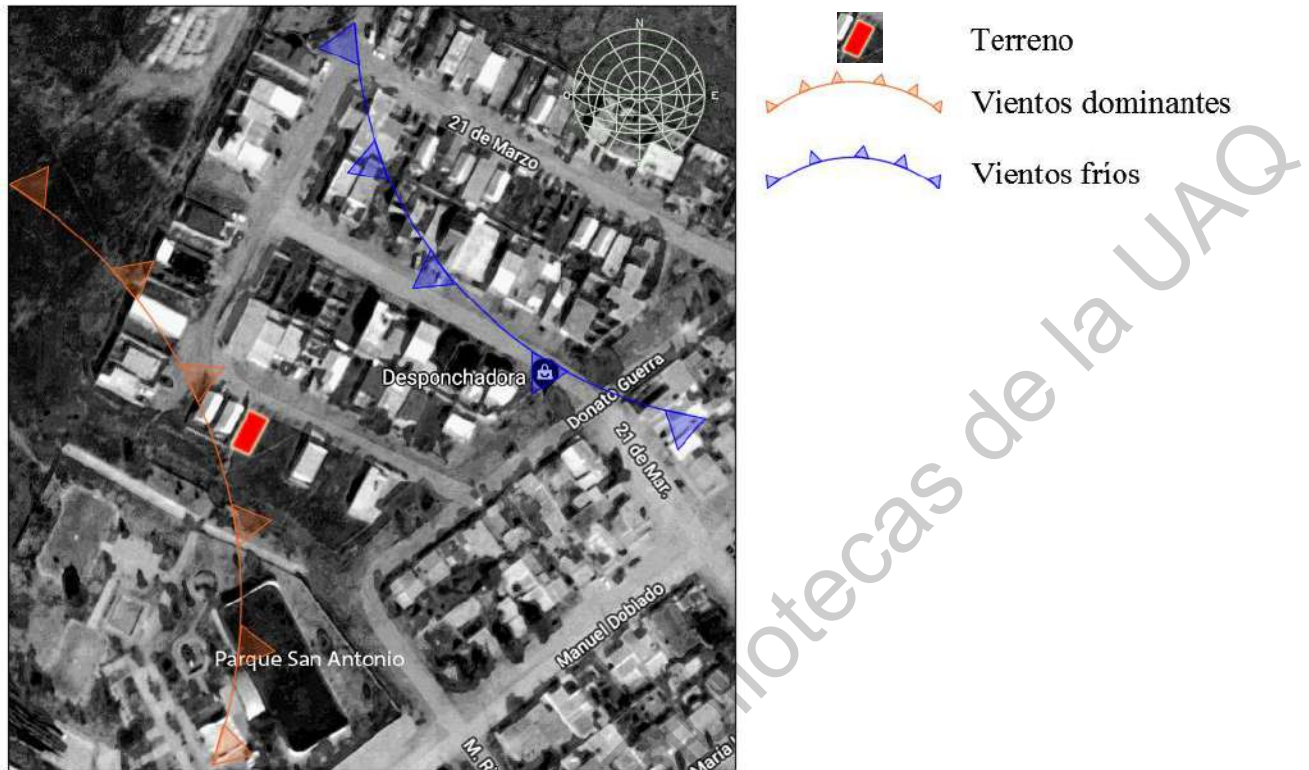


Figura III.11 Localización colonia Benito Juárez (Fuente: Google Earth®).

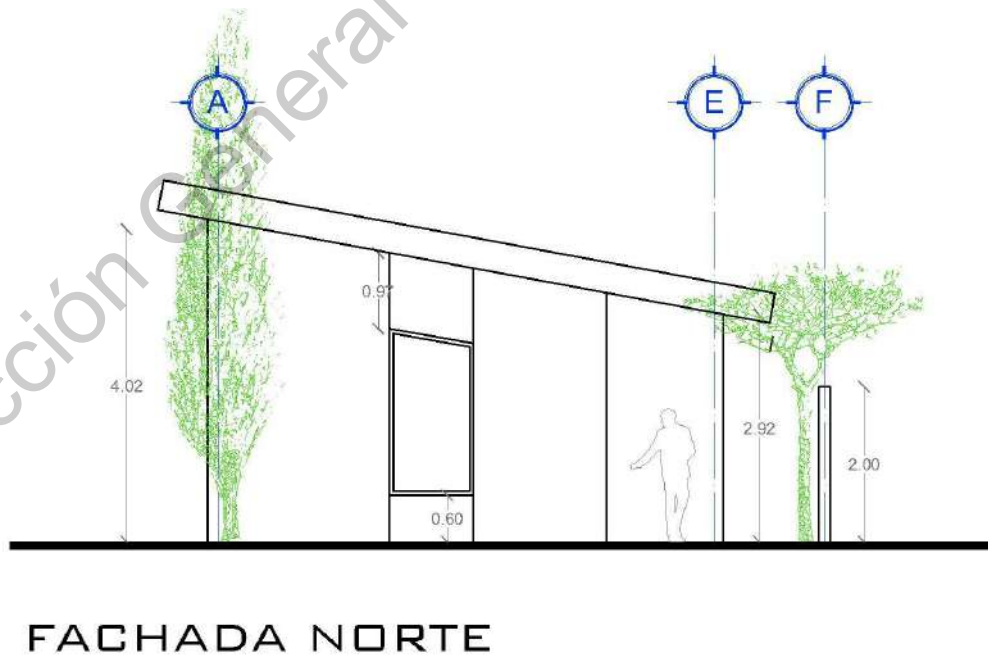
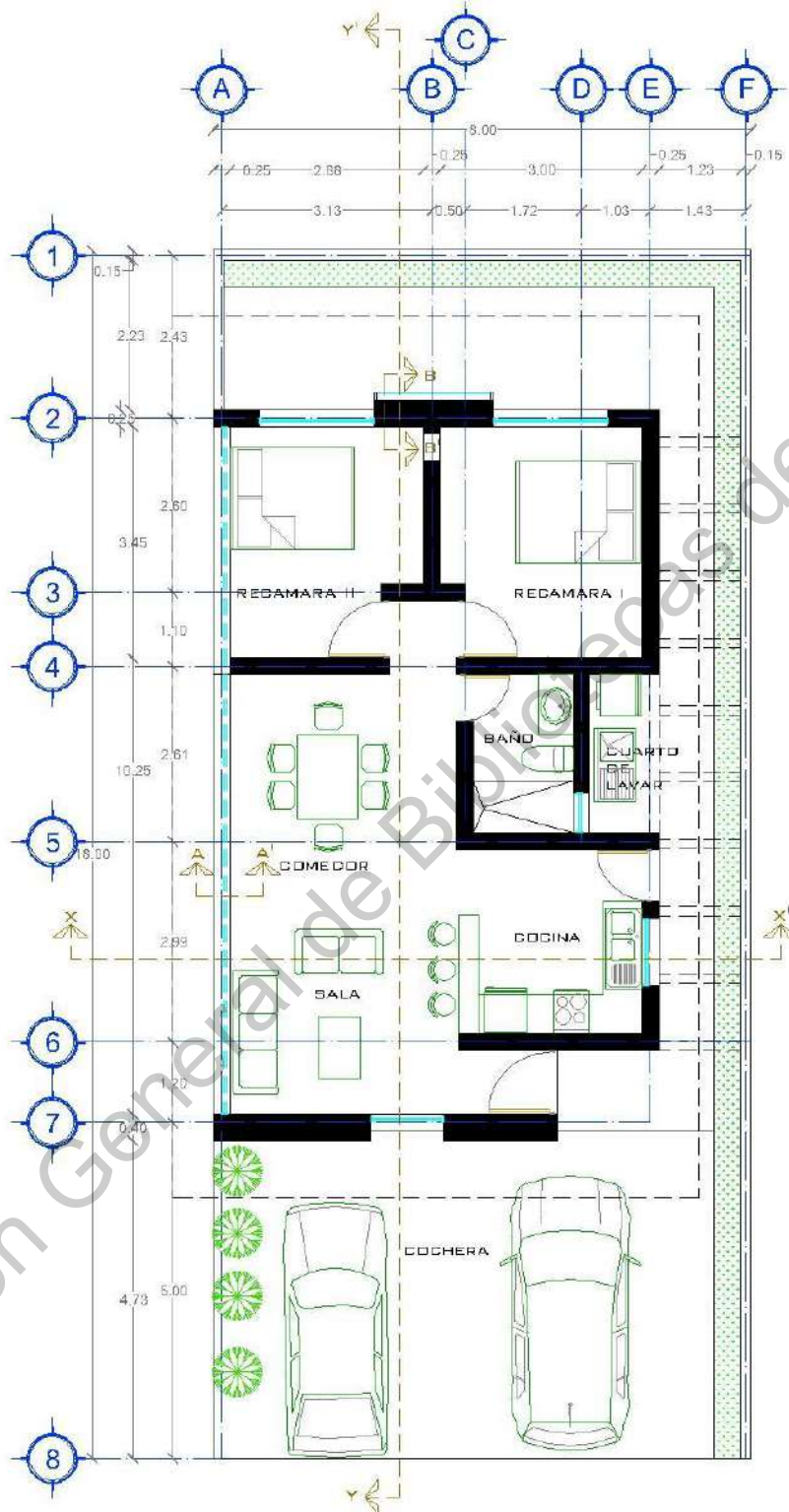
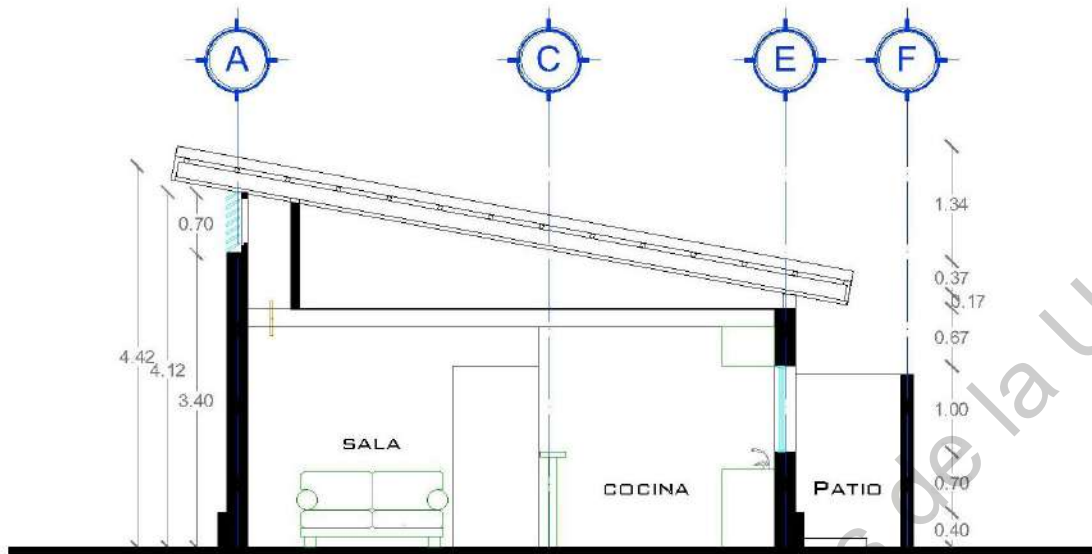


Figura III.12 Fachada norte -Propuesta (Fuente: Elaboración propia).



PLANTA BAJA

Figura III.13 Plano de planta baja -Propuesta (Fuente: Elaboración propia).



CORTE X-X'

Figura III.14 Corte X-X' -Propuesta (Fuente: Elaboración propia).

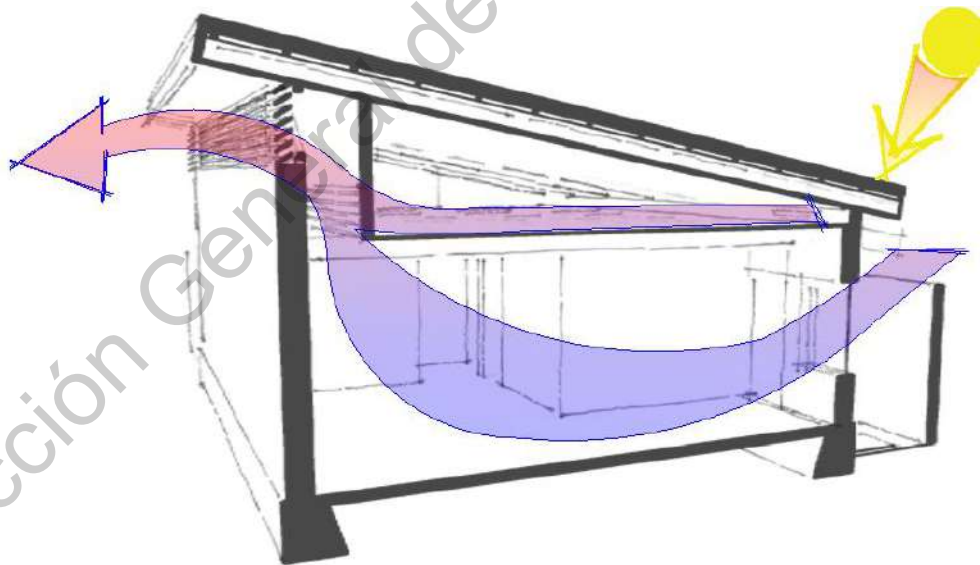


Figura III.15 Proyección de circulación de viento (Fuente: Elaboración propia).

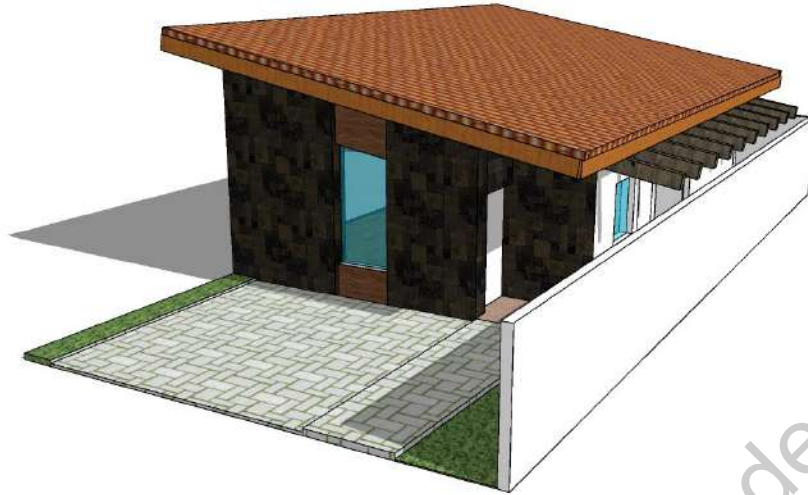


Figura III.16 Sombras fachada norte, 21 junio, 18hrs (Fuente: Elaboración propia).



Figura III.17 Sombras fachada norte, 21 diciembre, 18hrs (Fuente: Elaboración propia).



Figura III.18 Sombras fachada sur, 21 junio, 18hrs (Fuente: Elaboración propia).



Figura III.19 Sombras fachada sur, 21 diciembre, 18hrs (Fuente: Elaboración propia).

III.3.2 Estrategias y elementos aplicados

El diseño de las plantas arquitectónicas y la forma de la casa fue resultado de un proceso por medio de la complejidad humana, en los que aplican factores como; las necesidades, las actividades, lo funcional, lo técnico, estético y las condiciones de microclimas. La forma de la vivienda propuesta es compacta, con una techumbre que sobre sale de los muros exteriores para disminuir la exposición de radiación en los muros.

La orientación de la vivienda corresponde al terreno que se encuentra en un eje de Sureste – Noroeste, ubicada la fachada al Noreste, utilizando en la fachada muros de masa térmica y vegetación de hoja perene, con el fin del amortiguamiento de los vientos fríos. En el interior al norte se colocaron; sala comedor y cocina, en el oeste; cuarto de servicio y baño completo y en el sur las habitaciones. (Figura III.11)

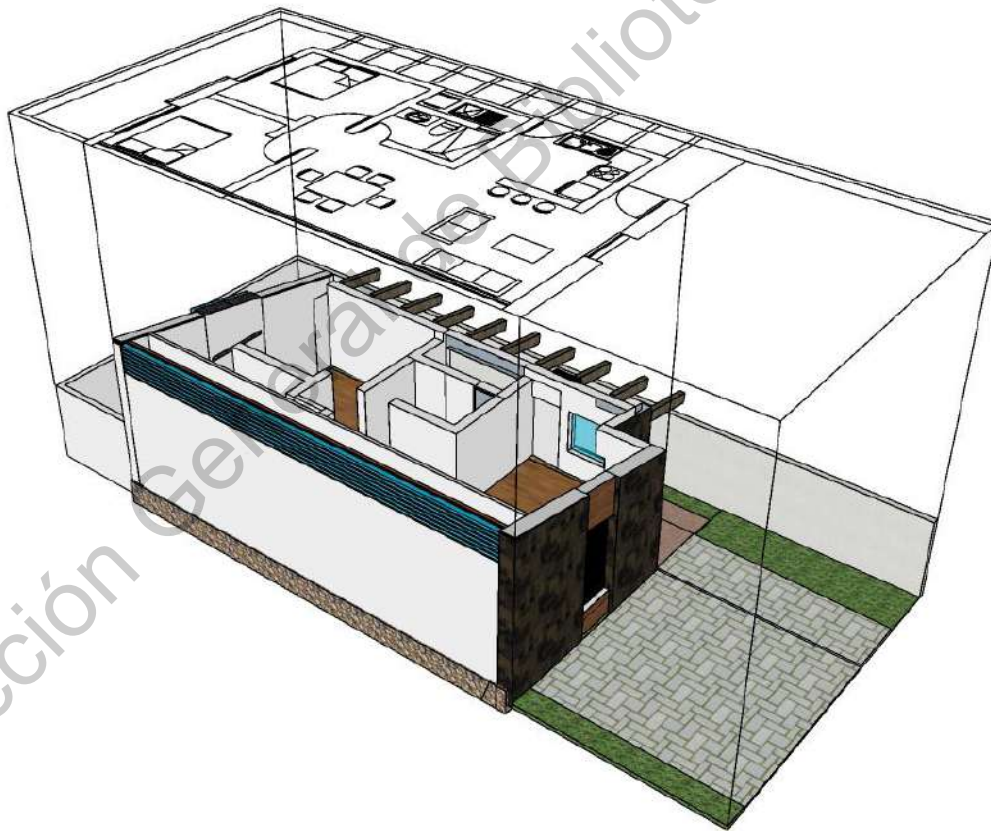


Figura III.20 Plano de grafico del proyecto -Propuesta (Fuente: Elaboración propia).

Para los envolventes se ha realizado un amplio análisis, como resultado se propone un mejoramiento del coeficiente de conductividad térmica, partiendo de los valores U de la norma NMX-C-460, en el caso de los muros exteriores la norma nos pide 1 U (W/m²k) y los muros propuestos de adobe de alta calidad con textura gruesa se obtiene 0.76 U (W/m²k), cumpliendo con el confort térmico y además para el ahorro energético, en techos nos pide 0.71(W/m²k), y con la propuesta de un techo inclinado con cámara de aire, aislante por medio de tierras y con estructura de madera, se logra 0.032 U (W/m²k), obteniendo un eficiente mejoramiento en el envolvente. Por último en las ventanas se requiere 2.60 U (W/m²k) y con la propuesta de ventanas de alta calidad con doble cristal y marcos de PVC logramos 2.40 U (W/m²k). Se estudió otro tipo de elementos constructivos elaborados por medio de tierra: super adobe, tapial, cob, quincha, bahareque y pacas de paja, pero las condiciones comerciales no plantean en esta etapa de la investigación. Tabla III.6

Tabla III.5 Valores de conductividad térmica propuesta. (Fuente: Elaboración propia)

ELEMENTOS	PROPUESTA U (W/m ² k)	NORMA NMX-C-460 U (W/m ² k)	REFERENCIA U (W/m ² k)
Muro exterior	0.75	1	3.015
Techumbre	0.032	0.71	0.33
Ventanas	2.40	2.60	6.06
Puerta principal	1.24		1.30
Piso	0.90	0.90	1.54

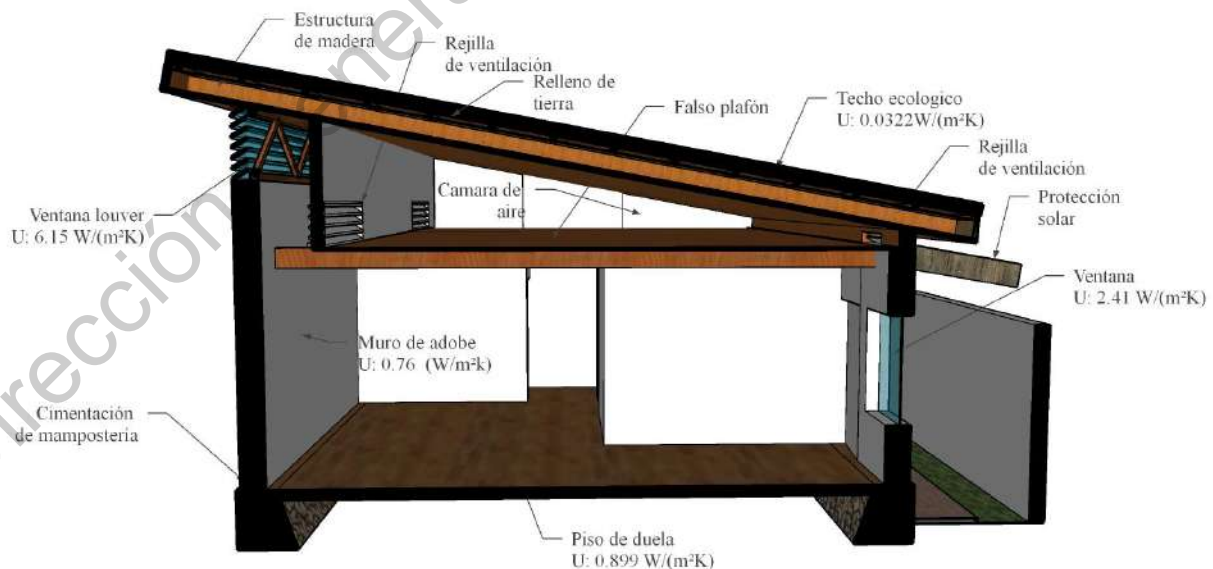


Figura III.21 Corte X-X' Propuesta (Fuente: Elaboración propia).

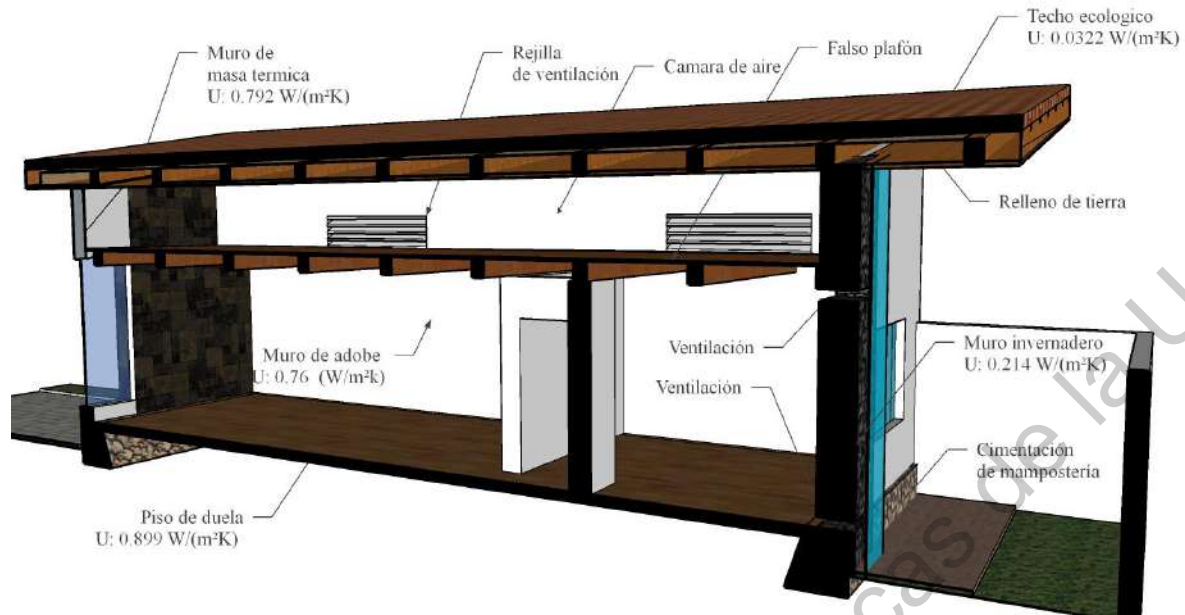


Figura III.22 Corte Y-Y' Propuesta (Fuente: Elaboración propia).

Consideraciones del envoltente y diseño pasivo

Se han calculado tres propuestas analizando la eficiencia energética y térmica de la envoltente, calculada por medio de la norma NOM-020. En la primera propuesta se considera materiales estándar de una vivienda típica; ladrillo rojo recocido, losa maciza entre otros (Tabla III.8), con demanda global de 190 Kwh/(m²a), en la propuesta dos se plantean materiales de alta calidad y aislamiento; muro de ladrillo con aislante de poliestileno, losa de casetón aislado con poliuretano (Tabla III.9), obteniendo una demanda global de 84 Kwh/(m²a), y la tercera propuesta consiste en materiales naturales derivados de la tierra y madera; muros de adobe de alta calidad con aplanados gruesos, techumbre inclinado con estructura de madera con cámara de aire y aislante de tierra preparada (Tabla III.10), alcanzando una demanda de 72 Kwh/(m²a).

Tabla III.6 Resumen de conductividad térmica prototipos. (Fuente: Elaboración propia)

ENVOLVENTE	PROTOTIPO 1 U (W/m ² k)	PROTOTIPO 2 U (W/m ² k)	PROTOTIPO 3 U (W/m ² k)	NORMA NMX-C-460 U (W/m ² k)	NORMA ESPAÑOLA CTE HE1 BOE U (W/m ² k)
Muro exterior	3.015	0.61	0.75	1	0.86
Techumbre	0.33	0.28	0.032	0.71	0.49
Ventanas	6.06	4.20	2.40	2.60	3.50
Puerta principal	1.30	1.24	1.24	-	-

Piso	1.54	1.54	0.90	0.90	0.64
Demanda global de KWh/(m²a)	190	84	72		

Tabla III.7 Estrategias Prototipo 1. (Fuente: Elaboración propia)

PROTOTIPO 1	
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Muro exterior	Muro de tabique (estándar) de: Mortero Cemento de 20 mm y valor lambda de 0.872 W/(mK); Muro de tabique rojo recocido // Concreto de 110 mm y valor lambda de 0.872 // 1.74 W/(mK); Mortero Cemento de 20 mm y valor lambda de 0.872 W/(mK);
Techumbre	Losa maciza de: Impermeabilizante de 10 mm y valor lambda de 0.17 W/(mK); Concreto armado de 100 mm y valor lambda de 1.74 W/(mK); Mortero cemento de 10 mm y valor lambda de 0.87 W/(mK); Aislante de poliuretano de 50 mm y valor lambda de 0.021 W/(mK);
Ventanas	Acrilamiento sencillo 6mm 5.80 W/(mK);// MARCO DE VENTANA ALUMINIO 5.50 W/(mK);
Puerta principal	Puerta Principal de: ACERO de 1 mm y valor lambda de 52.3 W/(mK); POLIURETANO // MADERA MARCO de 30 mm y valor lambda de 0.035 // 0.13 W/(mK); ACERO de 1 mm y valor lambda de 52.3 W/(mK);
Piso	Piso de cerámica de: Loseta cerámica de 7 mm y valor lambda de 1.047 W/(mK); Concreto armado de 130 mm y valor lambda de 1.74 W/(mK);
Sistema activo	Ventilador de techo potencia de 80W// mini Split 1.0 ton, potencia útil 3.5 kW/tn, caudal de aire en potencia nominal 500 m ³ /h

Tabla III.8 Estrategias Prototipo 2. (Fuente: Elaboración propia)

PROTOTIPO 2	
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Muro exterior	Muro de tabique aislado de: Mortero Cemento de 20 mm y valor lambda de 0.872 W/(mK); Muro de tabique rojo recocido // Concreto de 110 mm y valor lambda de 0.872 // 1.74 W/(mK); Mortero Cemento de 20 mm y valor lambda de 0.872 W/(mK); Poliestireno extruido de 50 mm y valor lambda de 0.039 W/(mK); Mortero Cemento de 5 mm y valor lambda de 0.872 W/(mK);
Techumbre	Losa de caseton de: Impermeabilizante de 20 mm y valor lambda de 0.17 W/(mK); Concreto armado de 50 mm y valor lambda de 1.74 W/(mK); Caseton de poliestireno // Concreto armado de 200 mm y valor lambda de 0.3 // 1.74 W/(mK); Mortero cemento de 25 mm y valor lambda de 0.87 W/(mK); Aislante de poliuretano de 50 mm y valor lambda de 0.021 W/(mK);
Ventanas	Doble acrilamiento 4/12 aire/4 2.90 W/(mK); // MARCO DE VENTANA ALUMINIO 5.50 W/(mK);
Puerta principal	Puerta Principal de: ACERO de 1 mm y valor lambda de 52.3 W/(mK); POLIURETANO // MADERA MARCO de 30 mm y valor lambda de 0.035 // 0.13 W/(mK); ACERO de 1 mm y valor lambda de 52.3 W/(mK);
Piso	Piso de cerámica de: Loseta cerámica de 7 mm y valor lambda de 1.047 W/(mK); Concreto armado de 130 mm y valor lambda de 1.74 W/(mK);
Sistema activo	Ventilador de techo potencia de 80W// mini Split 1.0 ton, potencia útil 3.5 kW/tn, caudal de aire en potencia nominal 500 m ³ /h// Des humidificador de aire, potencia útil 50 l/día

Tabla III.9 Estrategias Prototipo 3. (Fuente: Elaboración propia)

PROTOTIPO 3	
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Muro exterior	Muro de adobe de: Mortero de cal de 25 mm y valor lambda de 0.7 W/(mK); Adobe // Arena, tepetate de 250 mm y valor lambda de 0.3 // 0.4 W/(mK); Mortero de cal de 25 mm y valor lambda de 0.7 W/(mK);
Muro invernadero	Muro invernadero de: Vidrio de 6 mm y valor lambda de 5.8 W/(mK); Cámara de aire de 100 mm y valor lambda de 0.024 W/(mK); Muro de piedra de 350 mm y valor lambda de 1.4 W/(mK); Mortero de cal de 50 mm y valor lambda de 0.7 W/(mK);
Techumbre	Techo ecológico de: Teja de 120 mm y valor lambda de 0.84 W/(mK); Triplay de madera // Listones de madera 1"x2 de 25 mm y valor lambda de 0.3 // 0.3 W/(mK); Tierra preparada // Barrotes de madera 2"x4" de 180 mm y valor lambda de 0.8 // 0.3 W/(mK); Cámara de aire de 700 mm y valor lambda de 0.024 W/(mK); Refuerzos de madera // Barrotes de 200 mm y valor lambda de 0.3 // 0.3 W/(mK); Triplay de madera // Tierra preparada de 25 mm y valor lambda de 0.3 // 0.8 W/(mK);
Ventanas	Doble acristalamiento 4/12 aire/4 2.90 W/(mK); // Marco altamente aislado; calidad térmica media 0.75 W/(mK);
Puerta principal	Puerta Principal de: ACERO de 1 mm y valor lambda de 52.3 W/(mK); POLIURETANO // MADERA MARCO de 30 mm y valor lambda de 0.035 // 0.13 W/(mK); ACERO de 1 mm y valor lambda de 52.3 W/(mK);
Piso	Duela de: Duela de 20 mm y valor lambda de 0.15 W/(mK); Poliuretano de 10 mm y valor lambda de 0.03 W/(mK); Concreto armado de 130 mm y valor lambda de 1.74 W/(mK);
Sistema activo	Ventilador de techo potencia de 80W

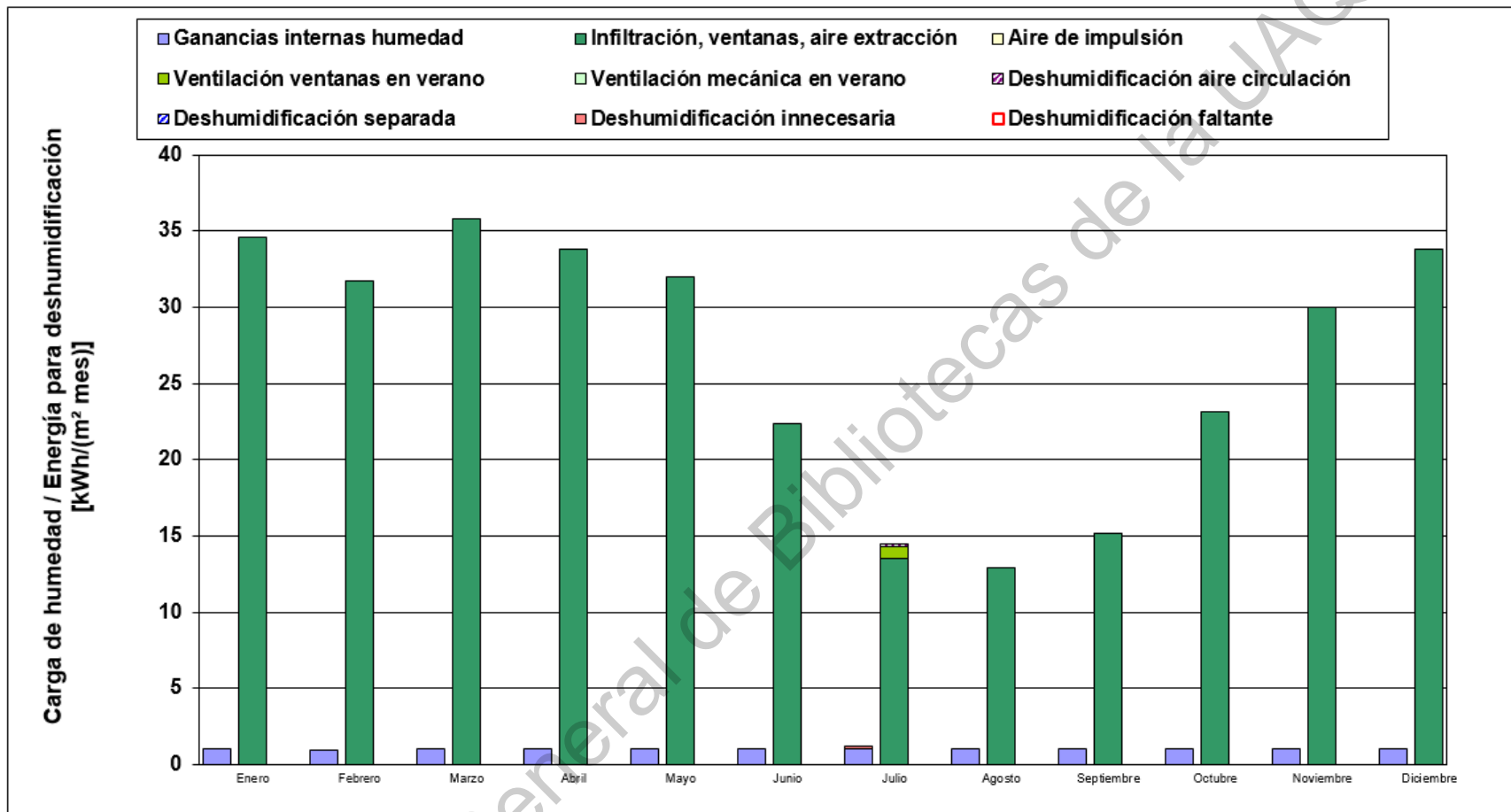


Figura III.23 Carga de humedad y remoción de la humedad Prototipo 1 (Fuente: DEEVI®).

En la Figura III.23 muestra los resultados obtenidos de carga de humedad y remoción de humedad del prototipo 1, lo que se propone es un minisplit de 1 ton y deshumidificación, el mes mas critico es en julio donde se necesitan estos dos sitemas para poder alcanzar el confort deseado.

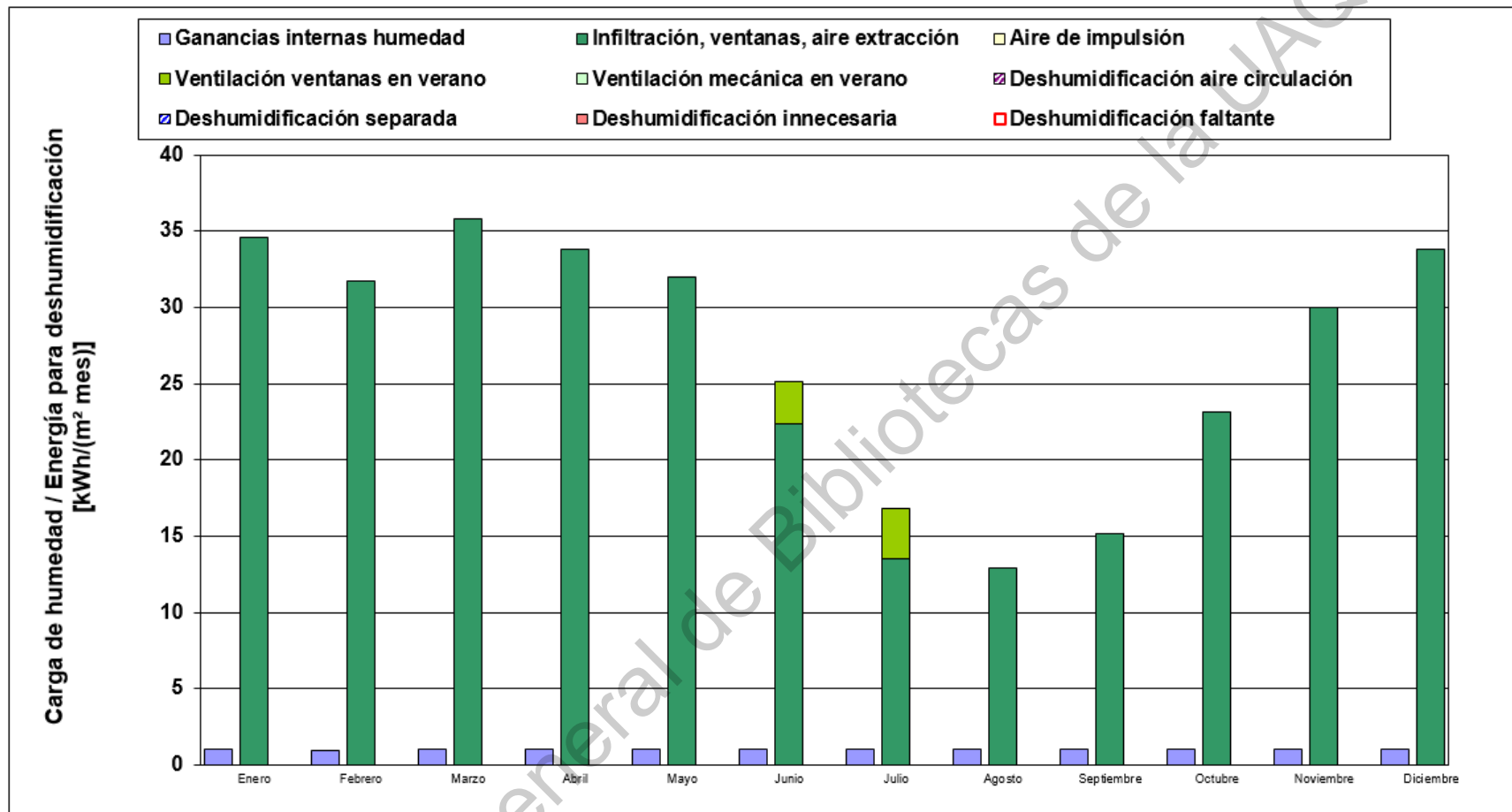


Figura III.24 Carga de humedad y remoción de la humedad Prototipo 2 (Fuente: DEEVI®).

En el prototipo 2 se proponen sistema de minisplit de 1 ton, con esto si alcanza la carga de humedad deseada para el confort térmico en la vivienda.

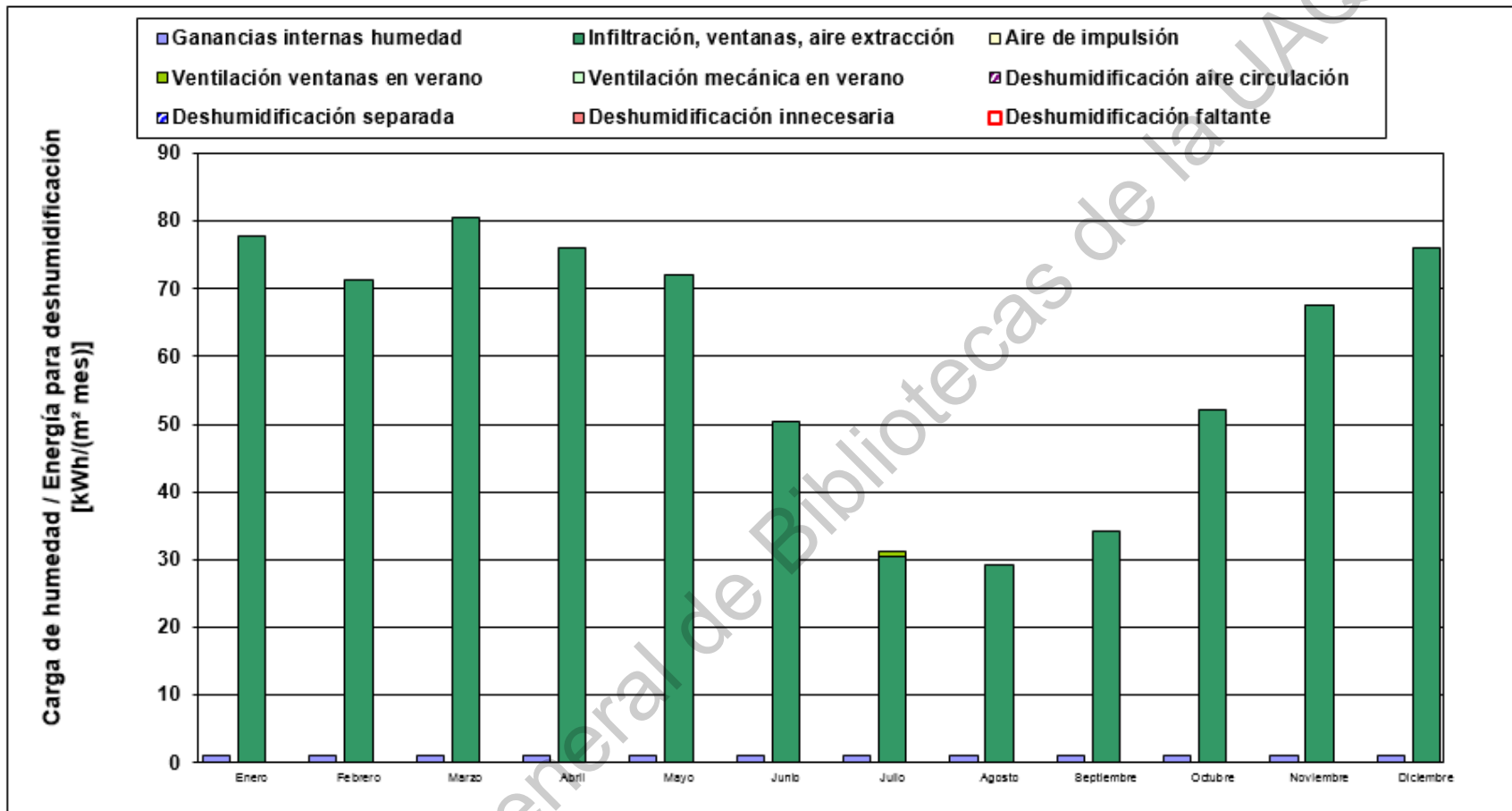


Figura III.25 Carga de humedad y remoción de la humedad Prototipo 3 (Fuente: DEEVI®).

Con las estrategias de ventilación cruzada y con alta calidad en las ventanas, se logra ventilar excelente permitiendo que el consumo de energía disminuya considerablemente. Se cuenta con dos meses más críticos que son julio y agosto, para estos meses se necesita ventilación mecánica para alcanzar refrescar la vivienda.

Tabla III.10 Resumen de estrategias propuestas. (Fuente: Elaboración propia)

DISEÑO	ESTRATEGIA DE PROYECTO PROPUESTA
EMPLAZAMIENTO	El acceso principal esa orientado al noroeste, ubicada por la calle principal
FORMA Y VOLUMEN	La forma de la vivienda es compacta alargada, con el fin de reducir áreas al este y oeste, además de utilizar techo inclinado.
ORIENTACIÓN	Se orienta de la manera más favorable según las actividades de los habitantes, con orientación más óptima de norte-sur.
DISTRIBUCIÓN	Se coloca un pasillo en el exterior de la vivienda en la orientación oeste, esto para amortiguar la radiación solar.
VEGETACIÓN	Colocación de árboles caducos en la orientación sur y oeste, en la orientación noreste árboles de hoja perene para evitar los vientos fríos.
COLOR	En la fachada norte colores oscuros y en las demás fachadas color blanco.

Tabla III.11 Resumen de estrategias pasivas propuestas. (Fuente: Elaboración propia)

ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	ESTRATEGIA DE PROYECTO PROPUESTA
ABERTURAS Y VENTANAS	La cantidad más grande de aberturas se encuentra en el sur, colocando dos ventanas y una puerta al oeste, una ventana tipo louver colocada en lado este y unas ventanas al norte, con el fin de tener ventilación cruzada, en la fachada este se colocó una ventana pequeña en la partes superiores del muro, con el fin de obtener el efecto chimenea. Ventanas de doble acristalamiento con marcos de alto aislamiento de pvc con una conductividad térmica de 2.59 U (W/m²k)
VENTILACIÓN NATURAL	Se colocan ventanas y puertas en sentido contrario para provocar ventilación cruzada. Se coloca una ventana tipo louver en la fachada este con una separación del suelo de 3.40 y con altura de 0.70m y de largo 10.24m. Se colocan en la cámara de aire rejillas louver mecánicas manualmente, con el fin de ventilar la techumbre. Con renovación de aire de 4.5 1/h
ENVOLVENTE	Colocando muros de adobe de alta calidad con espesores de 25cm y 35cm en la orientación norte, sirviendo como masa atérmica. Muro de adobe con cantera de: Mortero de cal de 25 mm y valor lambda de 0.7 W/(mK); Adobe // Arena, tepetate de 300 mm y valor lambda de 0.3 // 0.4 W/(mK); Mortero de cal de 25 mm y valor lambda de 0.7 W/(mK); Cantera negra de 50 mm y valor lambda de 0.55 W/(mK); superficie de 18.75m²; valor U de 0.77 W/m²k. Muro de adobe de: Mortero de cal de 25 mm y valor lambda de 0.7 W/(mK); Adobe // Arena, tepetate de 250 mm y valor lambda de 0.3 // 0.4 W/(mK); Mortero de cal de 25 mm y valor lambda de 0.7 W/(mK); superficie de 72.86 m²; valor U de 0.75 W/m²k. Muro invernadero de: Vidrio de 6 mm y valor lambda de 5.8 W/(mK); Cámara de aire de 100 mm y valor lambda de 0.024 W/(mK); Muro de piedra de 350 mm y valor lambda de 1.4 W/(mK); Mortero de cal de 50 mm y valor lambda de 0.7 W/(mK); valor U de 0.2146 W/m²k.
MURO INVERNADERO	Muro invernadero en la fachada sur para captar la radiación en invierno, y para verano se colocan dos rejillas en el muro, una en la parte superior de 15cm y otra en la parte inferior de 15cm. El material es de piedra con un espesor de 35cm, una cámara de aire de 10 cm y cristal de 6mm. Con valor U de 0.2146 W/m²k.
PROTECCIÓN SOLAR	Las protecciones solares en la parte sur; se proyecta la techumbre 1.3m del muro orientado al sur, en los muros este y oeste con una proyección de 60cm y en el norte de 0.80cm. En la orientación oeste se colocan umbráculos de material de madera reciclados colocados a cada 1.20m.
SISTEMA DE CALEFACCIÓN SOLAR PASIVO	Se considera sistemas directos como es la superficie de las ventanas de 12.02m² y muros de alta masa térmica.

III.3.3 Propuesta de sistemas activos

Para la cantidad de energía obtenida en el cálculo de carga térmica de la propuesta con materiales naturales es de 68 kWh/(m²a) por año, para lograr este consumo se propusieron sistemas activos:

- 1) Ventilación por medio de ventana louver de 10.24m de largo y 0.70cm de ancho, con renovación de aire 4.50 1/h.
- 2) Louver metálicos de 1.5m de largo y 0.20cm de ancho, colocados en la superficie de la techumbre del falso plafón de madera, con una renovación de aire 1.0 1/h.
- 3) Ventilador de techo de potencia de 80w, obteniendo una demanda de refrigeración de 4.5 kWh/(m²a).
- 4) Ventilación mecánica por medio de abertura de 50cm en muro noreste, permitiendo en verano la ventilación y en invierno evitar la pérdida de aire caliente.
- 5) En muro invernadero, se colocan dos rejillas de 10cm para ventilación manual, con el fin de renovar el aire caliente, renovación de aire de 0.24 1/h.

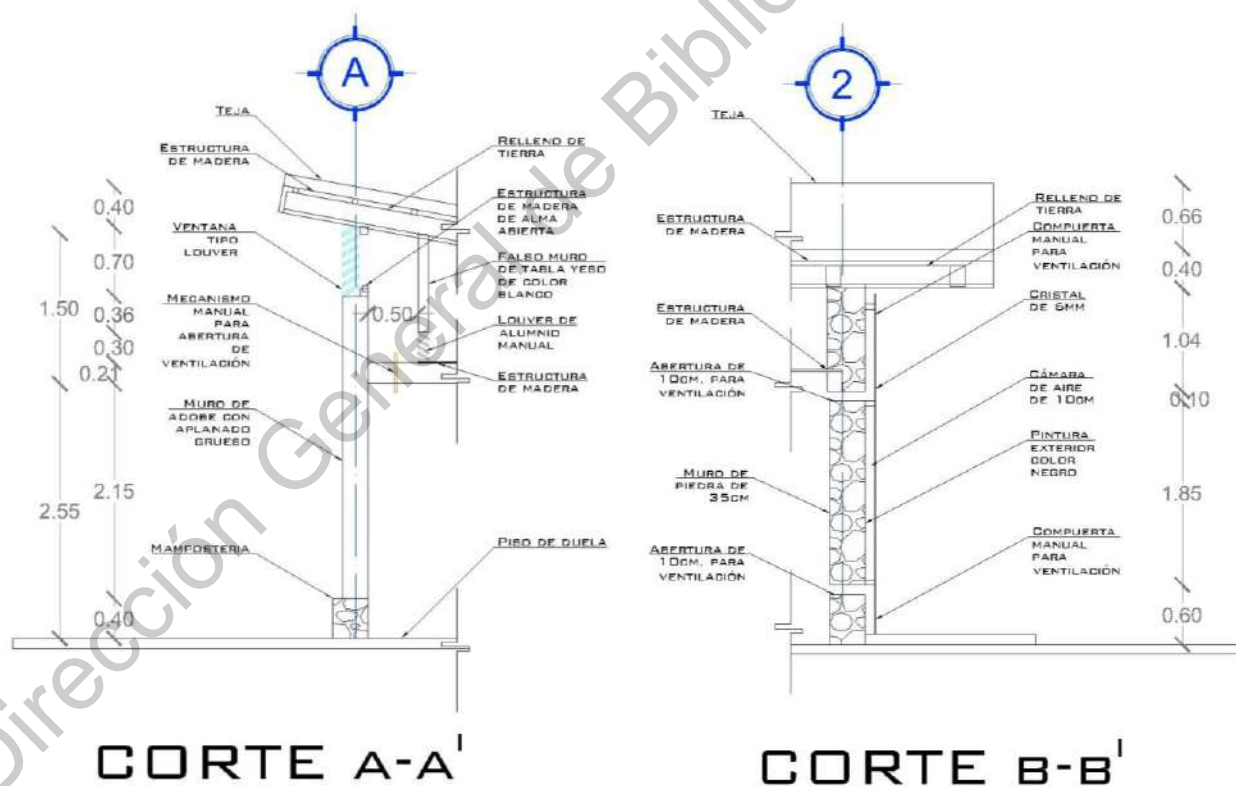


Figura III.26 Cortes por fachada Propuestas sistemas activos (Fuente: Elaboración propia).

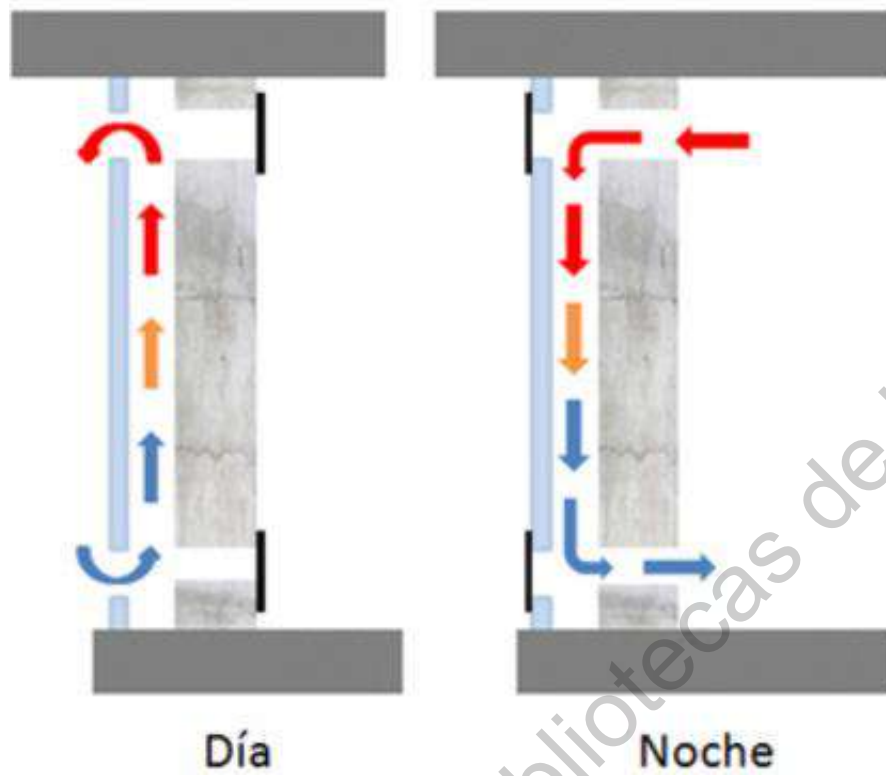


Figura III.27 Funcionamiento en verano de muro invernadero (Fuente: TecnoBTL).

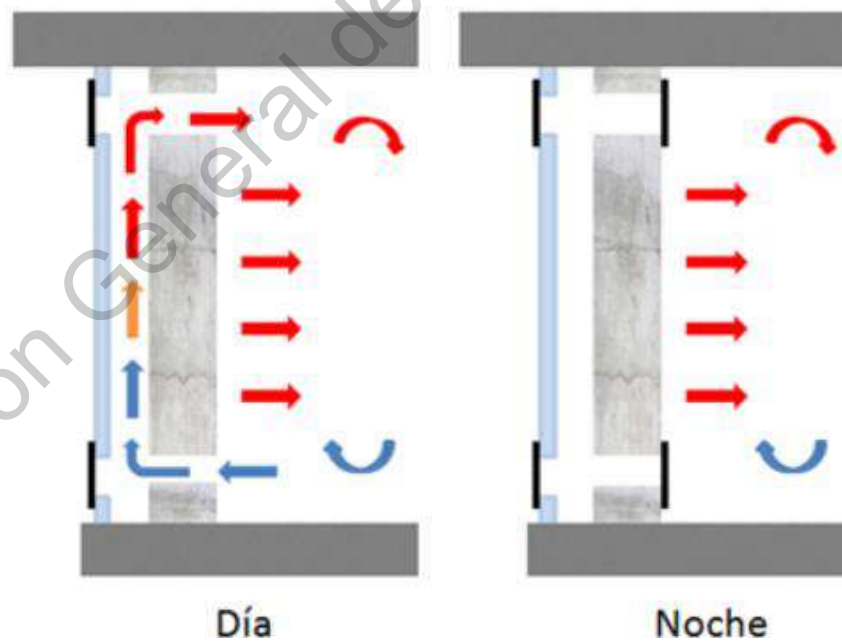


Figura III.28 Funcionamiento en invierno de muro invernadero (Fuente: TecnoBTL).

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1 Cálculos y manejo de resultados

Los cálculos que se muestran a continuación fueron hechos con el objetivo de encontrar que tan eficientes son las estrategias propuestas y determinar qué porcentaje de ahorro de energía se tiene, además se hacen simulaciones por medio de SunHours (heliodon) y DEEVi, mostrando resultados de cantidad de radiación y confort térmico, además se proponen sistemas activos que permiten tener una mayor eficiencia energética.

IV.1.1 Invierno

Cuauhtémoc		
Parámetro	Unidad	Cantidad
T anual promedio	°C	16.06
T max. Registrado		28.50
T min. Registrado		-18.80
T invierno promedio		3.90
Humedad relativa	%	50

Resultados de heliodon

Los cálculos que se hicieron con el simulador SunHours, son del 21 de septiembre al 21 de diciembre, muestran las horas de radiación solar en las superficies con un total de 932h.

En la Figura IV.1 se muestra la fachada sur, el muro de la Recamara I, tiene mayor cantidad de radiación, en el muro invernadero tiene una gran cantidad de radiación en el transcurso del día, esto permitirá que las recamaras tengan una temperatura de confort en invierno. En el muro invernadero tiene un promedio de 600hrs, esto permite transmitir calor hacia las habitaciones manteniendo un ambiente confortable, además en caso de sobre pasar el calor en las habitaciones cuenta con rejas manuales para que ventile el aire caliente. En la Recamara II es la más desfavorable, pero con el muro invernadero se cumple con los requerimientos habitables de confort.

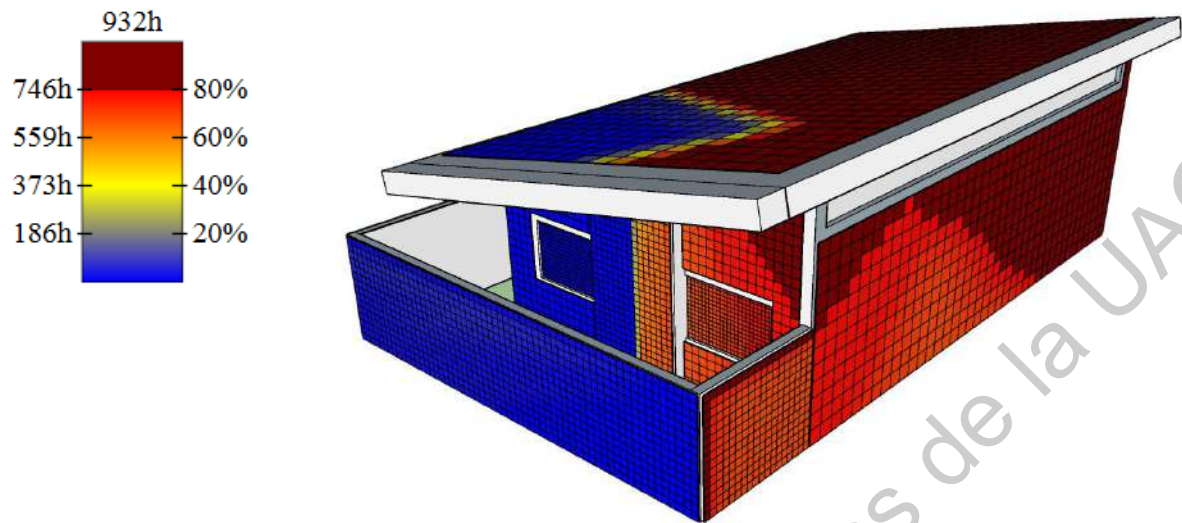


Figura IV.1 Cálculo de heliodon invierno fachada sureste (Fuente: Elaboración propia).

En fachada noroeste muestra que la radiación es casi nula, esto ocasiona que las zonas sean más frías, con la masa térmica utilizada en los muros noroeste, permite que la radiación sea más lenta y se mantenga la temperatura idea. Figura IV.2

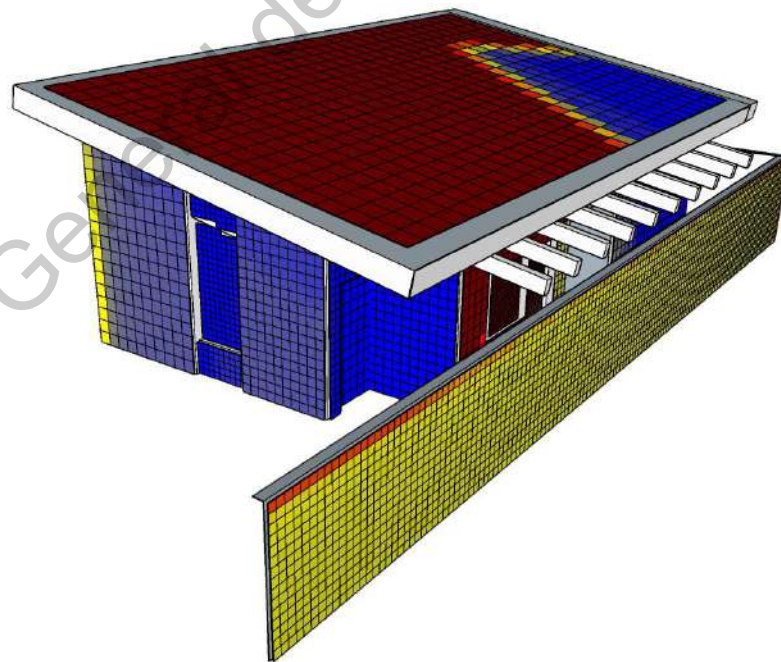


Figura IV.2 Cálculo de heliodon invierno fachada noroeste (Fuente: Elaboración propia).

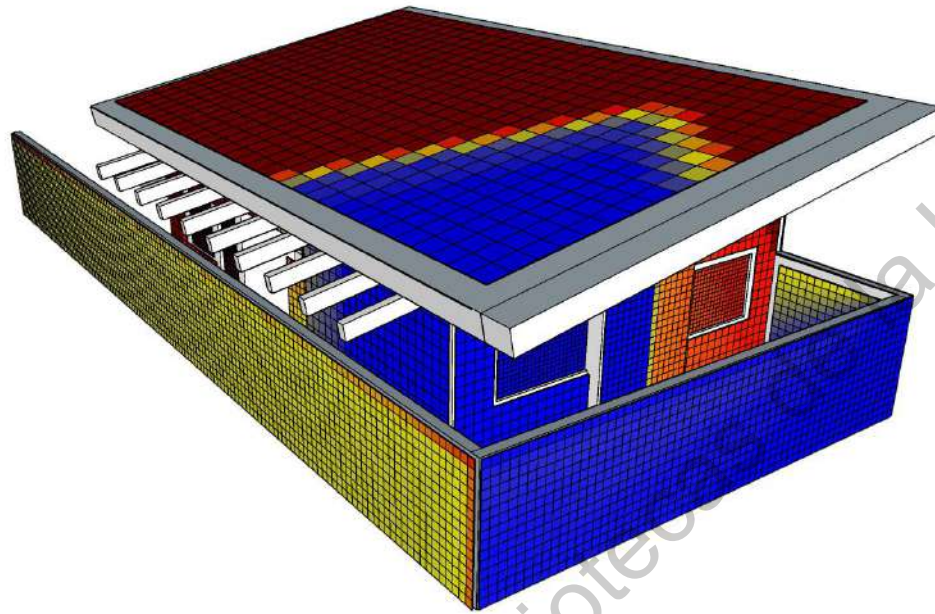


Figura IV.3 Cálculo de heliodon invierno fachada suroeste (Fuente: Elaboración propia).

Balance energético demanda de calefacción

Para el cálculo del balance energético fue simulado en DEEVi, muestra los resultados de consumo energético del proyecto, estos resultados se contemplan dos; demanda de calefacción (invierno) y refrigeración útil (verano), estos resultados muestran el consumo global anual de la vivienda.

En el caso de invierno el consumo de demanda de calefacción son las siguientes; Muro exterior- aire exterior 34.01 kWh/(m²a), techo amb.exterior/Sup.inf. 1.52 kWh/(m²a), piso/losa sobre sótano 6.88 kWh/(m²a), Ventanas 30.03 kWh/(m²a), puerta exterior 1.85 kWh/(m²a), pérdidas por puentes térmicos 10.18 kWh/(m²a), ganancias no utilizables 9.06 kWh/(m²a), ventilación 31.21 kWh/(m²a), demanda de calefacción 68.23 kWh/(m²a), ganancias internas 10.68 kWh/(m²a), ganancias solares pasivas 45.85, Total: 124.77 kWh/(m²a) Figura IV.4. Con la propuesta dada, encontramos que se encuentra un balance energético, con una disminución considerable de consumo energético en invierno, dando efectiva las estrategias pasivas y de materiales naturales.

El resultado de la demanda específica de refrigeración fue de 68 kWh/(m²a), alcanzando un ahorro energético de 47%.

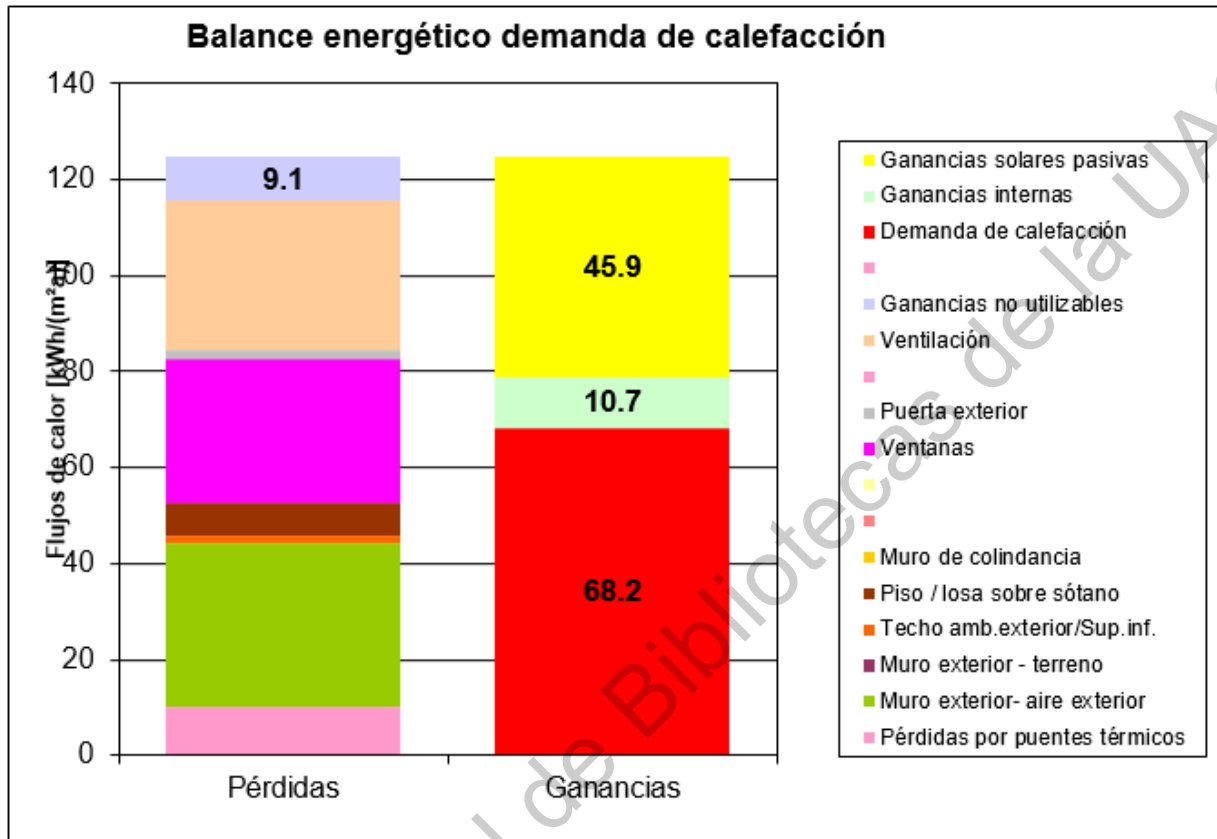


Figura IV.4 Balance energético demanda de calefacción (Fuente: DEEVi®).

IV.1.2 Verano

Cuauhtémoc		
Parámetro	Unidad	Cantidad
T anual promedio	°C	16.06
T max. Registrado		41.60
T min. Registrado		-1.00
T verano promedio		28.41
Humedad relativa	%	42.00

Resultados de heliodon

El cálculo simulado fue del mes del 21 de marzo al 21 de junio, tenido un total de 1034h de radiación, en la fachada noreste es la que tiene mayor radiación en las mañanas, con la propuesta de ventilación cruzada logra reducir la temperatura en el interior. Figura IV.5

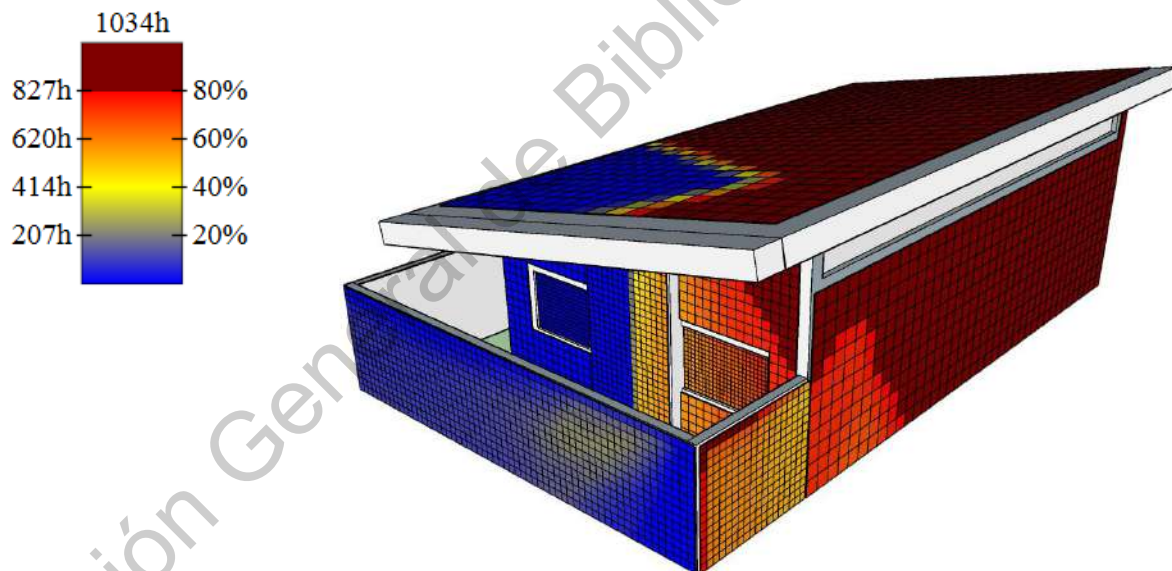


Figura IV.5 Cálculo de heliodon verano fachada sureste (Fuente: Elaboración propia).

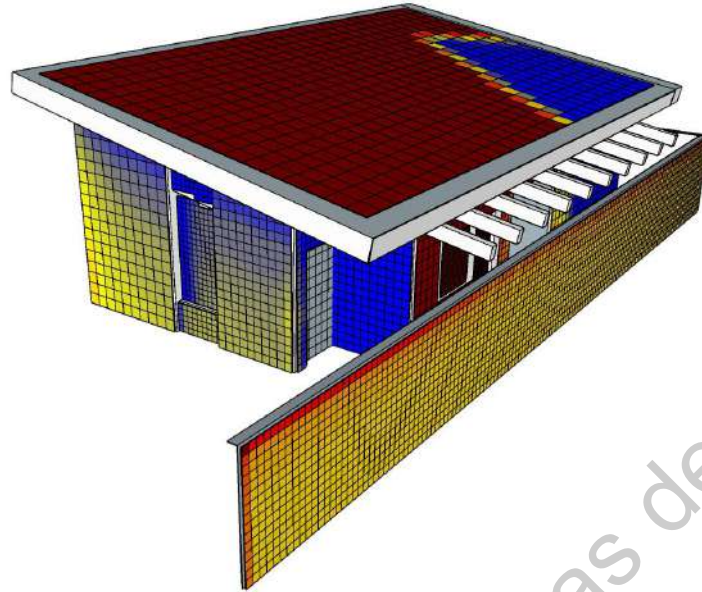


Figura IV.6 Cálculo de heliodon verano fachada noroeste (Fuente: Elaboración propia).

En la fachada suroeste la radiación es muy poca teniendo promedio de 400hrs, solo en la mañana tendría rayos solares directo. En el muro invernadero le toca un promedio de 100hrs, esto permite que en la noche mantenga temperatura de confort, ya que en la noche en verano baja la temperatura hasta 10°C. Figura IV.7

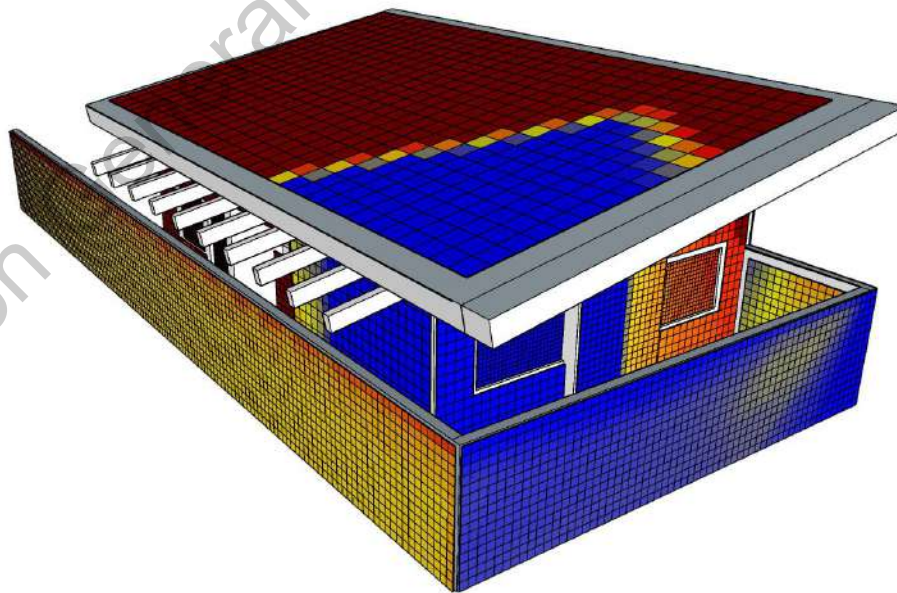


Figura IV.7 Cálculo de heliodon verano fachada suroeste (Fuente: Elaboración propia).

Balance energético refrigeración útil

Se muestran los resultados de balance de refrigeración necesario para verano conseguidos en el simulador DEEVi, la energía de cargas y pérdidas son equilibradas consumiendo 564.22 kWh/(m²a).

Los resultados de balance energético de refrigeración son los siguientes: Pérdidas Cargas Muro exterior- aire exterior 90.39 kWh/(m²a), Muro exterior – terreno, Techo amb.exterior/Sup.inf. 4.04 kWh/(m²a), Piso / losa sobre sótano 30.26 kWh/(m²a), Muro de colindancia, Ventanas 79.81 kWh/(m²a), Puerta exterior 4.92 kWh/(m²a), Pérdidas por puente térmico 27.07 kWh/(m²a), Pérdidas no utilizables 473.45 kWh/(m²a), Ventilación 323.14 kWh/(m²a), Demanda de refrigeración útil 4.56 kWh/(m²a), Cargas internas 48.64 kWh/(m²a) Cargas solares pasivas 42.12, Total 564.22 kWh/(m²a).

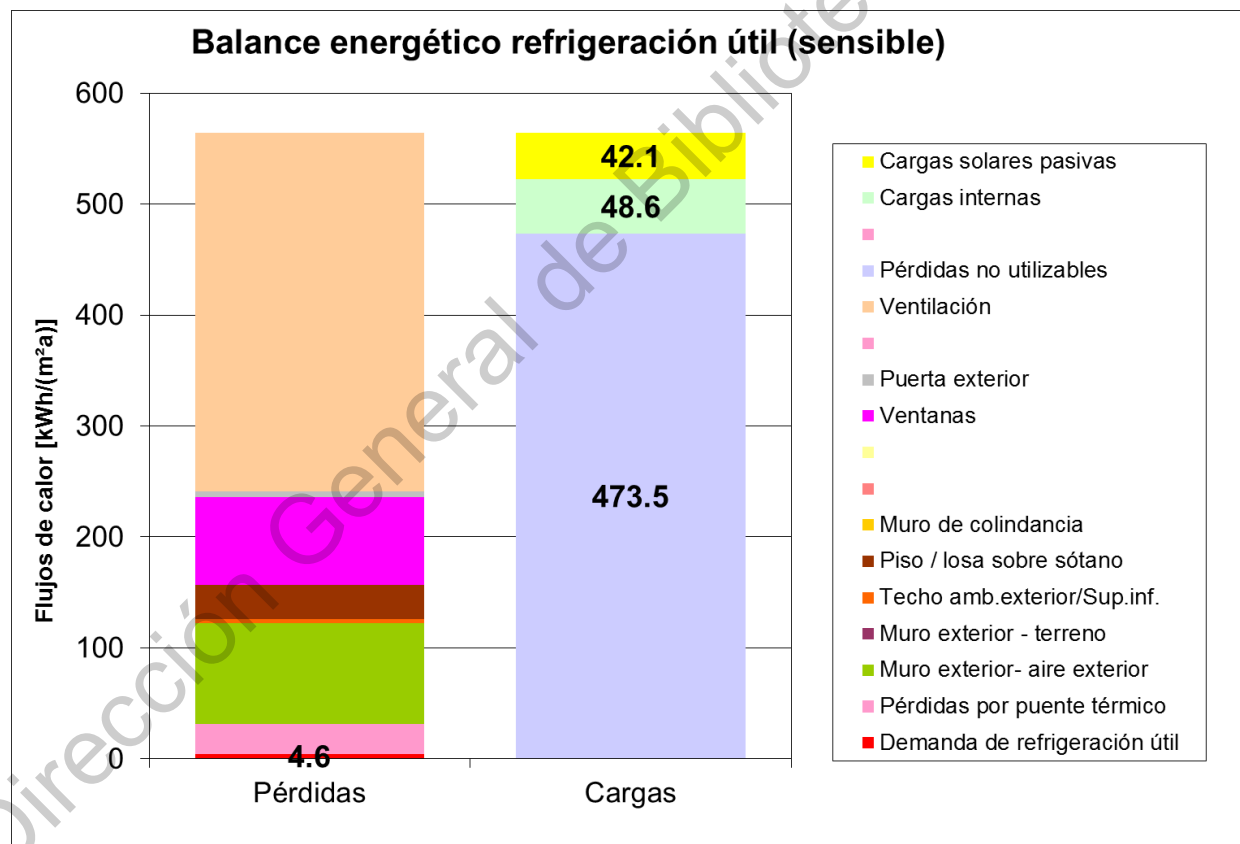


Figura IV.8 Balance energético refrigeración útil (Fuente: DEEVi®).

IV.1.3 Consumo global

Con las estrategias pasivas y activas planteadas en invierno y en verano, con la implementación de materiales naturales, se logró cumplir con la norma NOM-020, teniendo como base un consumo de 2851W y con la propuesta se obtuvo 1501W, obteniendo un 47% de ahorro energético, una demanda específica de calefacción de 68 kWh/(m²a) y una demanda específica de refrigeración de 5 kWh/(m²a), logrando una demanda específica de 73 kWh/(m²a) y una demanda de energía primaria de 280 kWh/(m²a) (Fig. IV.9). Además, se sometió a la simulación de SAAVi obteniendo un ahorro del 49%, consiguiendo un consumo total por persona de agua de 124.7 l/p/d, y por último se sometió a la simulación de IDG (Índice de Desempeño Global) el cual obtuvo una clasificación de B con un 72 IDG (Fig. IV.11). Demostrando que la propuesta es eficiente y aporta un ahorro energético considerable.

Tipo de construcción:	masiva	Temperatura interior invierno:	20.0 °C	Vol. construido V _e m ³ :	200.0
Año construcción:		Temperatura interior verano:	27.5 °C	Mostrar dem. refrigeración:	x
Nr. de viviendas:	1	Ganancias internas de calor (GIC):	2.1 W/m ²	Ventilador de techo:	x
Nr. de personas:	4	GIC Verano:	5.6 W/m ²	Nr. de personas:	

Valores característicos del edificio con relación a la superficie de referencia energética y año					
	Superficie de referencia energética	70.0 m ²			
Calefacción	Demanda específica de calefacción	68 kWh/(m ² a)			
Refrigeración	Demanda total específica de refrigeración	5 kWh/(m ² a)			
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 27,5 °C)	%			
Demanda energía primaria	Calefacción, refrigeración, ACS, deshumidificación, electricidad auxiliar, electricidad doméstica	280 kWh/(m ² a)			
	ACS, calefacción y electricidad auxiliar	213 kWh/(m ² a)			
	Ahorro de EP a través de electricidad solar	0 kWh/(m ² a)			
Hermeticidad	Resultado test presurización n ₅₀	16.8 1/h			
Resultado del edificio de referencia de la NOM 020		2851 W	¿Se cumple la NOM-020?		sí
Resultado del edificio proyectado de la NOM 020		1501 W	Ahorro de energía		47%

Figura IV.9 Comprobación NOM-020 (Fuente: DEEVI®).

CALCULADORA PARA ESTIMAR EL CONSUMO DE AGUA DE LA VIVIENDA EN FUNCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

Comparación del caso propuesto (Proyectado) con la línea base (Referencia)

CONSUMO DE AGUA DE LA VIVIENDA QUE SE SIMULA		
Consumo total proyectado (Litros/Vivienda/día)	498.6	Proporción del consumo total
Número de residentes	4	
Inodoro	76.0	15%
Llaves baños	100.0	20%
Fregadero	128.0	26%
Regadera	121.6	24%
Lavadora	69.3	14%
Lavadero	3.2	1%
Litros acumulados en la tubería	0.5	0%
Consumo total por persona (Litros/persona/día)	124.7	

CONSUMO DE AGUA DE LA VIVIENDA DE REFERENCIA		
Consumo total de referencia (Litros/Vivienda/día)	983.7	Proporción del consumo total
Número de residentes	4	
Inodoro	120.0	12%
Llaves baños	160.0	16%
Fregadero	160.0	16%
Regadera	320.0	33%
Lavadora	212.9	22%
Lavadero	3.2	0%
Litros acumulados en la tubería	7.6	1%
Consumo total por persona (Litros/persona/día)	245.9	

Porcentaje de ahorro (Consumo de agua proyectado por diseño/Consumo de agua de referencia)
49%

Figura IV.10 Consumo de agua de la vivienda (Fuente: SAAVi®).

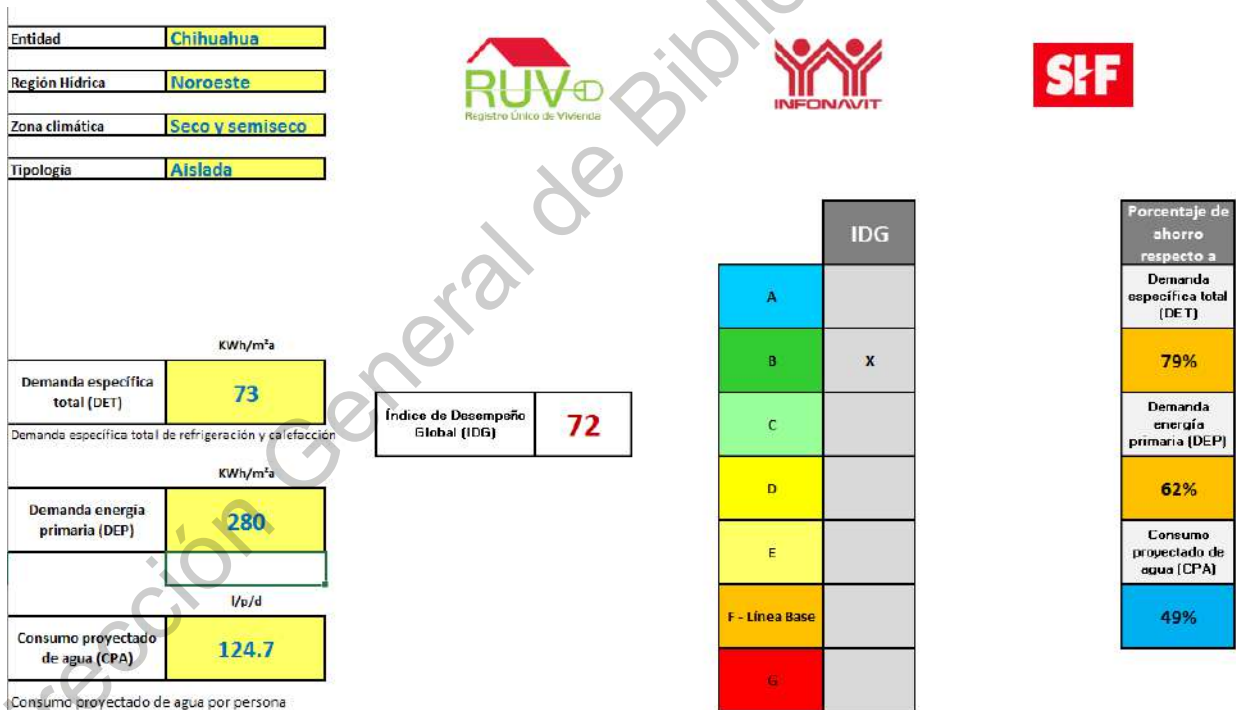


Figura IV.11 Índice de Desempeño Global (Fuente: IDG®).

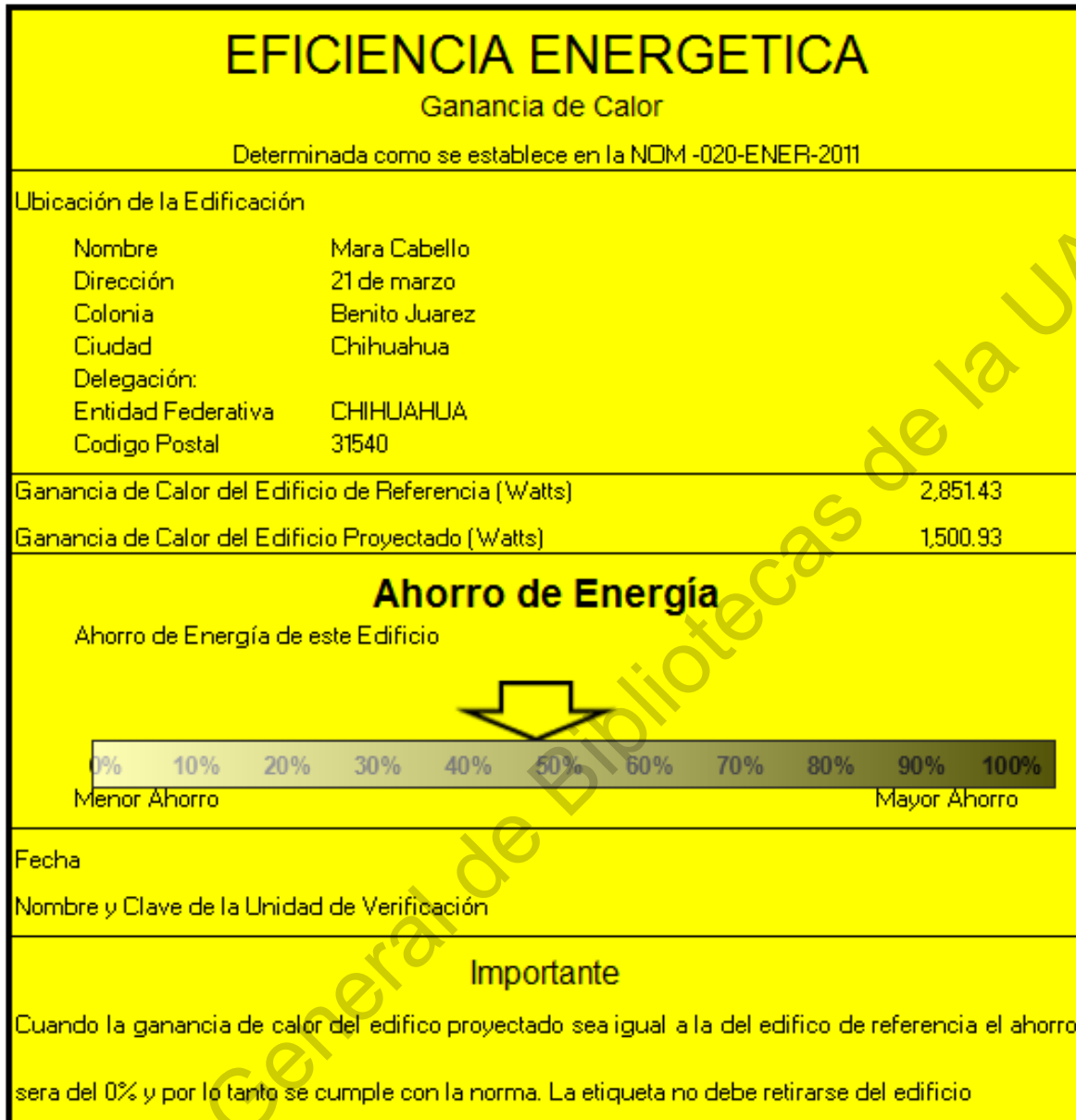


Figura IV.12 Etiqueta NOM-020 (Fuente: DEEVi®).

La norma NOM-020 arroja una etiqueta, esta etiqueta demuestra que la vivienda cumple con la norma y se recomienda pegar la etiqueta en el edificio, alcanzando un ahorro de 47%.

Figura IV.12

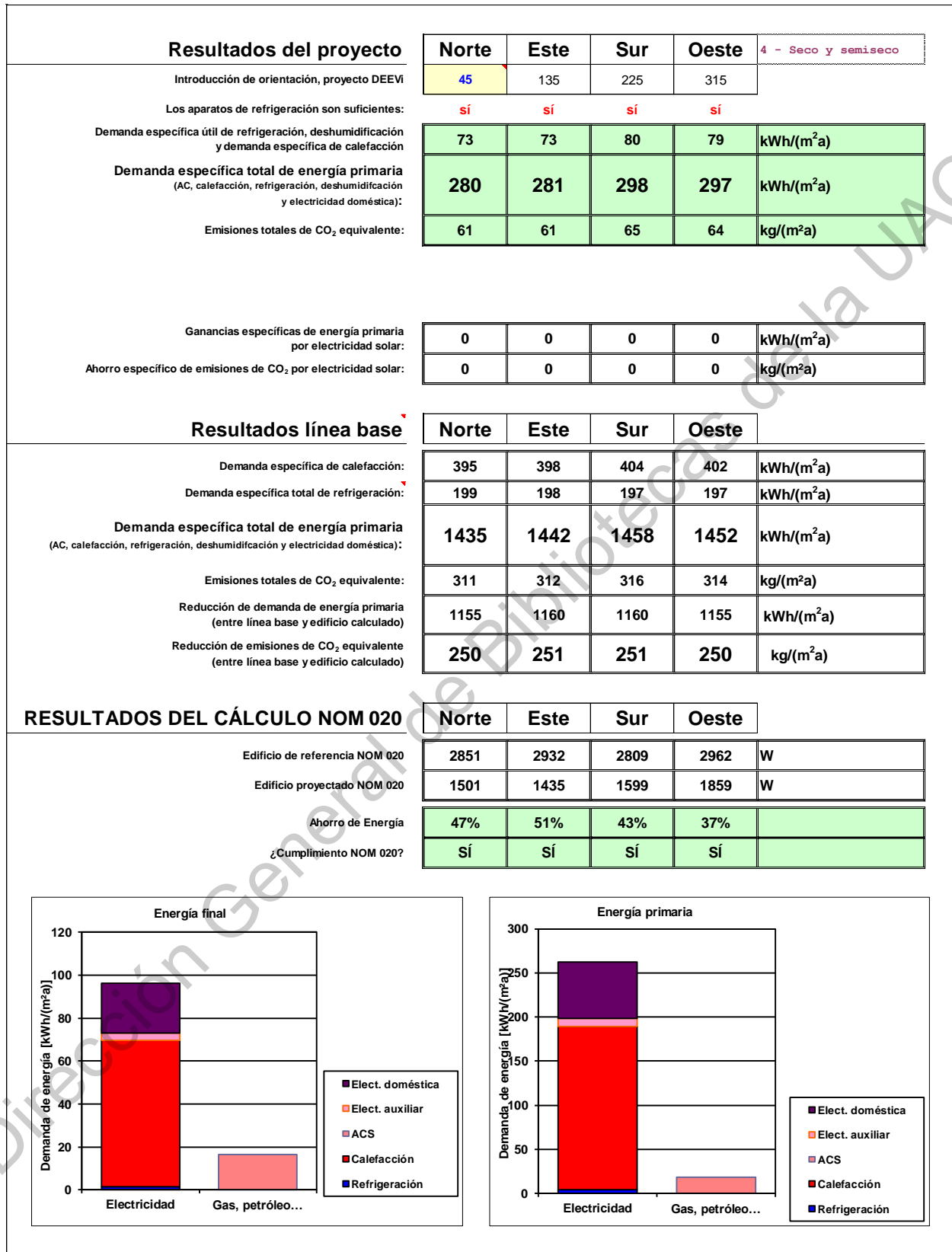


Figura IV.13 Hoja de resultados DEEVI (Fuente: DEEVI®).

IV.2 Consideraciones finales

Con el avance tecnológico y con las nuevas técnicas de construcción, se ha creado una brecha entre el ser humano y su entorno, perdiendo el equilibrio natural del ecosistema, hablando rigurosamente de la arquitectura y la construcción cómo una industria que desfavorece la armonía entre el hombre y el medio ambiente. Por estas circunstancias, se nos ha olvidado convivir con la naturaleza y cómo aprovechar las energías naturales que nos rodean.

Hoy en día son pocas las ciudades que hacen esfuerzos para hacer más estrecha esta brecha, logrando acercarnos más hacia una convivencia amigable con la naturaleza, cambiando la forma de construir, disminuyendo el consumo energético considerablemente por medio de políticas públicas, así como normas y estrategias utilizados en los sistemas constructivos estandarizados. Desafortunadamente, y al igual que en muchas ciudades de nuestro país es el caso de la Ciudad de Cuauhtémoc, su desarrollo va atrasado comparado con otras ciudades del mundo, tanto en lo económico, como en lo político.

Lo que ha ayudado al crecimiento son las comunidades menonitas, por su influencia con familiares en Estados Unidos y Canadá, trayendo tecnologías y técnicas diferentes de construcción compradas con las mexicanas, pero estas tecnologías son costosas y para la mayoría de las familias Cuauhtemences aún son inaccesibles. Lo que ha provocado que en los últimos años sea mayor el consumo de energía sin control y sin conciencia, por lo tanto, los edificios actualmente construidos “no existe” la eficiencia energética.

Uno de los resultados de esta investigación demuestra que el mayor consumo energético en las viviendas proviene de la calefacción en periodo de invierno, en donde se encontró la manera de reducir considerablemente el consumo, por medio de las estrategias pasivas y las técnicas de construcción natural, encontrando que las mejores estrategias efectivas y económicas son las naturales por medio de tierras, además de rescatar técnicas antiguas de construcción.

Los resultados obtenidos con las propuestas de sistemas pasivos y la disminución de sistemas activos mostraron que se puede bajar la demanda alrededor de tres veces, comparado con los consumos actuales, alcanzando un consumo anual de 68 kWh/(m²a), en cambio utilizando materiales comerciales y estándar se logra un consumo anual de 182 kWh/(m²a).

Otra parte se alcanzó a reducir los sistemas activos a un hasta un 50%, de los cuales en el proyecto se propusieron solo un ventilador de potencia de 80w obteniendo un consumo de 4.5 kWh/(m²a) y la utilización de sistema de ventilación natural cruzada por medio de louvers manuales, además de lograr una ventilación cruzada también se tiene la ventilación por medio de efecto chimenea alcanzando una renovación de aire de 4.50 1/h. Con estas propuestas se eliminaron los sistemas convencionales de minisplit y las estufas de lecha.

Los hallazgos encontrados en esta investigación son: con una buena envolvente con alta conductividad térmica se logra hasta un 40% de ahorro de energía, además la importancia de la ventilación cruzada donde juega un papel importante pero no la clave para encontrar el confort y el ahorro energético.

Con esta propuesta se abre la oportunidad para que las familias auto constructoras busquen algún crédito hipotecario para obtener una vivienda. Analizando el costo beneficio y las condiciones de reglamento de construcción de la Ciudad de Cuauhtémoc, entra en la categoría de interés social y puede aplicar para programas como es el SISEVIVE e Hipoteca Verde programas de INFONAVIT, que permite realizar inversiones para crear viviendas dignas y sostenibles, ya que con estas estrategias se logró el Índice de Desempeño Global de 72 adquiriendo la etiqueta de B, cumpliendo eficientemente la norma NOM-020-ENER-2011.

Con los trabajos realizados en esta investigación permite realizar más estudios en la ciudad para mejoras sostenibles en las viviendas, además con este análisis se pretende hacer en un futuro una plataforma virtual donde cualquier persona pueda consultar que estrategias de diseño permiten un ahorro energético y confort térmico, los datos necesarios para la simulación: metros cuadrados del terreno, la orientación, ubicación entre otros. Esto permitirá que autoconstructores y diseñadores de vivienda tengan una herramienta sencilla que te mencione las estrategias de materiales, orientación de interiores forma, tipo de vegetación entre otros. Con el fin de aportar al medio ambiente y disminuir las demandas energéticas.

V BIBLIOGRAFÍA

Agua, C. N. (2010). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado*. CONAGUA. México: ISBN.

Álvarez, C. (09 de Julio de 2010). *El país* . Obtenido de El país semanal : <http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/07/lo-que-contamina-un-ladrillo.html>

Arteaga, C. A. (2016). *Sistemas de evaluación del grado de sustentabilidad en los procesos de producción del adobe tecnificado por ADOMEX en México*. Jalisco: Instituto tecnológico y de estudios superiores de occidente .

Artuch, A. C. (2014). *Simulación dinámica del comportamiento energético de una vivienda "casas arias"*. Barcelona: Escuela Politécnica superior de edificación de Barcelona.

Azqueta, P. E. (2014). *Manual práctico del aislamiento térmico en la construcción*. Argentina: Asociación argentina de poliestireno expandido.

Cecilia Conde Álvarez, Sergio O Saldaña Zorrilla. (2007). Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. *Ambiente y desarrollo*, 23-30.

(2006). *Centro de Estudios sociales y de opinión pública, "antecedentes", en vivienda* .

Chan López , D. (2010). Principios de arquitectura sustentable y la vivienda de interés social. Caso: la vivienda de interés social en la ciudad de Mexicali, Baja California. México.

Chávez, J. R., & Freixanet, V. F. (2005). *Viento y arquitectura. El viento como factor de diseño arquitectónico* . México: trillas .

Conafovi. (2005). *Diseño de áreas verdes en desarrollos habitacionales*.

CONAFOVI. (2005). *Guía para el diseño de áreas verdes en desarrollos habitacionales*. México: CONAFOVI.

CONAGUA. (2017). *Humedad relativa de la república Mexicana*. Obtenido de <http://sigagis.conagua.gob.mx/Humedales/>

CONAPO. (2017). *Crecimiento de la población por Municipios 2010/2030*. Obtenido de http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Proyecciones/Datos/Bases_de_Datos/Proyecciones_Municipios/Descriptor/Diccionario_Proyecciones_por_Municipios.csv

CONAPO. (2017). *Defunciones 1990/2030*. Obtenido de <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones>

CONAPO. (2017). *Proyecciones de los hogares en México y las Entidades Federativas, 2010-2030*.

CONAVI. (2006). *Guía conafovi uso eficiente de la energía en la vivienda*.

Condori, M. (2009). *Prototipo de vivienda con adobe mejorado en el distrito de Chupa*. Perú: Universidad Nacional de Altiplano.

Cortes, D. H. (2009). *Distribución de cargas en una casa habitación y administración de la energía para un ahorro económico*. México.

CTE HE1 BOE. (2017). *Boletín Oficial del Estado Real Decreto Documento Básico HE1 Ahorro de Energía*. Real Decreto, Boletín Oficial del Estado, España.

Delgado Hernández, D. (Enero-junio de 2010). Manejo sustentable del sitio en proyectos de arquitectura; criterios y estrategias de diseño. *Quivera*, 12(1), 38-51. Obtenido de www.redalyc.org/articulo.oa?id=40113202004

Dirección general de vivienda. (1990). *Manual de autoconstrucción de unidades habitacionales con adobe*. Bolma: Ministerio de desarrollo económico.

Ernst, M. (1998). Mejoramiento térmico de viviendas con climatización pasiva para la zona central de Chile con programas de simulación térmica. *Congreso internacional de energías sustentables SENESEX*.

García, F. F. (1994). Clima y confortabilidad humana. Aspectos metodológicos . *Serie Geográfica*, 109-125.

Gauna, J. C. (2011). Los edificios pasivos. *Guía del estándar Passivhaus Edificios de consumo*, 15-26.

Givoni B. (1990). Passive and low cooling of buidings. En Giovoni, *Passive and low cooling of buidings*. New York: Van Nostrand Reinhold.

(2008). *Guía CONAVI. Criterios e indicadores para el desarrollos habitacionales sustentables*.

Herrera Sosa, L. C. (2014). Eficiencia de estrategias de enfriamiento pasivo en clima cálido seco. *Revista de arquitectura*, 16, 86-95.

Higuera Zimbrón, A. (Julio-diciembre de 2011). La vivienda de interés social: sostenibilidad, reglamentos internacionales y su relación en México. *Quivera*, 13(2), 193-208. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40119956009>

Irene Marincic, J., & Manuel Ochoa, M. (5-7 de Octubre de 2011). La construcción actual de viviendas en Hermosillo y su adecuación al clima por medios pasivos. *Memorias del XXXV Congreso Nacional de Energía solar, ANES*, 189-193.

Isunza Vizuet, G. (Enero-junio de 2011). Desafíos de los programas de viviendas sustentables en México. *Cuadernos de viviendas y urbanismo*, 4(7), 60-74.

M. Villarrubia, L. Jutglar. (1999). Arquitectura solar pasiva ahorro energético en calefacción . *Energua*.

Maria Machado, C. B. (1999). *LA CUBIERTA ECOLÓGICA COMO MATERIAL DE. ESPAÑA*.

Mercado, M. V., & Esteves, A. (2005). Sistema de calentamiento solar para viviendas de bajo costo sin fachada hacia el ecuador. *Avances de energía Renovables y medio ambiente*, 9. Obtenido de www.researchgate.net/publication/267417525

Monterde, M. A., & Guillamón., I. G. (2014). *Guía de estrategias de diseño pasivo para la edificación*. Valencia: Instituto Valenciano de la Edificación.

Muñoz, J. M. (2007). Invierno en Chihuahua y el norte de México. *Observatorio Ciudadano de la Energía*.

NMX-AA-164-SFCI. (2013). *Edificación sustentable - Criterios y requerimientos ambientales mínimos*. Secretaria de economía, México.

NOM-020-ENER. (2011). *Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltente de edificios para uso habitacional*. Secretaría de Energía , México.

NXM-C-460. (2009). *Norma mexicana, industria de la construcción aislamiento térmico valor "R" para las envolventes de vivienda por zona térmica para la República Mexicana*. México.

Portillo, O. C. (2008). *Análisis térmico de los sistemas constructivos comunes utilizados en techos y muros en viviendas versus la normatividad oficial en el tema, en los diversos bioclimas de México*. Ciudad de México : Universidad Nacional Autónoma de México .

Reardon, C., & Milne, G. (2010). *Your Home* (Vol. 4th). Australia.

Regodón, M. I., & Ríos, J. A. (2004). Pérdidas de calor y formación de condensaciones en los puentes térmicos de los edificios. *Instituto de ciencias de la construcción Ecuador Torraja, 1 Jornada de investigación de construcción*, 1131-1153.

Ruiz, C. G. (2006). *Carta de presentación "Uso eficiente de la energía en la vivienda"*.

Vicente Fuentes Freixnet, José Roberto García Chávez. (1985). *El viento como factor de diseño arquitectónico*. Trillas.

Zócalo. (2010). *zocalo.com*. (E. M. Conavi, Productor) Recuperado el Agosto de 2018, de http://www.zocalo.com.mx/new_site/articulo/en-mexico-seis-de-cada-10-casas-es-por-autoconstruccion-conavi

Dirección General de Bibliotecas de la UAQ

VI ANEXOS

1. Características físicas del proyecto, datos para DEEVi: Volúmenes, determinación de.
2. Presentación grafica del proyecto (CD Anexo – Carpeta Planos DWG PDF)
3. Valores U del envolvente prototipo 3
4. Comprobación DEEVi: Ventanas/ Sombra / Ventilación / Distribución-ACS / ACS – Solar

-
1. Características físicas del proyecto, datos para DEEVi: Volúmenes y elementos del envolvente.

Dimensiones del prototipo 3

ZONA	SUPERFICIE M ²	ALTURA M	VOLUMEN M ³
Sala – Comedor	15.55	2.55	39.65
Cocina	7.47	2.55	19.05
Baño	3.47	2.55	8.85
Recamara I	9.93	2.55	25.32
Recamara II	9.23	2.55	23.54
Pasillos	9.14	2.55	23.31
Cuarto de lavar	2.41	2.55	6.15
Total	72.21		145.86
Área libre	67.14		

Dimensiones de superficies prototipo 3

SUPERFICIE	ÁREA M ²
Suelo	72.21
Cubierta	103
Muros Norte	21.8
Muros Sur	17.2
Muros Este	29.4
Muros Oeste	25.9
Total	269.51

Comprobación DEEVi DETERMINACIÓN DE SUPERFICIES

Edificio: Casa Habitación

Cuadro resumen						Resumen de los elementos constructivos	Valor-U, promedio [W/(m²K)]
Nr. de grupos	Grupo de Superficies	Zona de Temp.	Superficie	Unidad	Comentario		
1	Sup. de ref. energética (SRE)		70.00	m²	Superficie habitable o superficie útil en el interior de la envolvente térmica (ver manual cap. 7.8).		
2	Ventanas al norte	A	2.00	m²	Los resultados proceden de la hoja "Ventanas"	Ventanas al norte	2.516
3	Ventanas al este	A	7.18	m²		Ventanas al este	6.151
4	Ventanas al sur	A	4.76	m²		Ventanas al sur	2.566
5	Ventanas al oeste	A	1.72	m²		Ventanas al oeste	2.381
6	Ventanas horizontales	A	0.00	m²		Ventanas horizontales	
7	Puerta exterior	A	3.44	m²		Restar la superficie de la puerta exterior del elemento constructivo correspondiente	Puerta exterior	1.177
8	Muro exterior- aire exterior	A	100.01	m²	Las superficies de las ventanas que están especificadas en la hoja "Ventanas" se restan de los elementos constructivos	Muro exterior- aire exterior	0.741
9	Muro exterior- terreno	B	0.00	m²	La zona de temperatura "A" es la temperatura exterior	Muro exterior- terreno	
10	Techo amb. exterior/Sup.inf.	A	103.00	m²	La zona de temperatura "B" es el Terreno	Techo amb. exterior/Sup.inf.	0.032
11	Piso / losa sobre sótano	B	70.00	m²		Piso / losa sobre sótano	0.474
12	Muro de colindancia	I	0.00	m²	Muro que colinda con un terreno o construcción desconocidos	Muro de colindancia	
13			0.00	m²	Las zonas de temperatura "A", "B", "P" y "X" pueden utilizarse; NO puede utilizarse la "T"		
14		X	0.00	m²	Zona de temperatura "X". El usuario introduce factor de temperatura ponderado (0 < F < 1):		Factor para X 7.5%
						Resultado de PTA	Y [W/(m²K)]
15	PTs ambiente exterior	A	222.10	m	Unidades en metros lineales	PTs ambiente exterior	0.100
16	PTs perimetrales en zócalo	P	0.00	m	Unidades en metros lineales, la zona de la temperatura "P" corresponde al perímetro (ver hoja de "terreno")	PTs perimetrales en zócalo	
17	PTs en piso / losa cimentación	B	0.00	m	Unidades en metros lineales	PTs en piso / losa cimentación	
18	Muro medianero	I	0.00	m²	Muro que separa a dos viviendas en un mismo fraccionamiento. Sin pérdida de calor (sólo considerado para cálculo de	Muro medianero	
Total de la envolvente térmica			292.10	m²		Promedio env. térm.	0.633

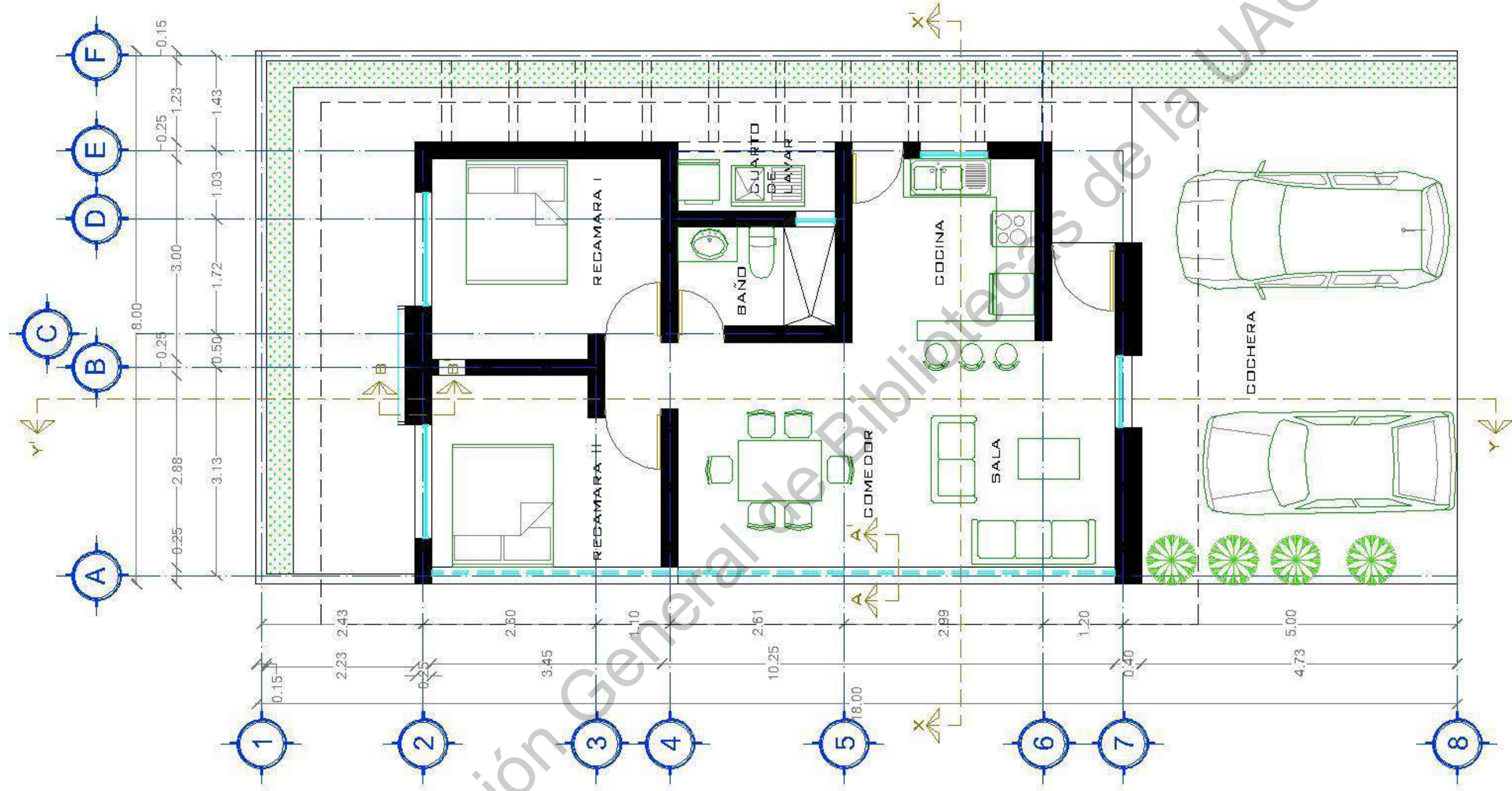
Total de superficies para NOM 020			
Elemento constructivo	Ángulo Inclinación con la horizontal // Desviación respecto al norte	Superficies m²	Valor-K promedio [W/(m²K)]
Ventanas al norte	>45° a 135° // -45° a <-45°	1.72	
Ventanas al este	>45° a 135° // 45° a <-135°	2.00	
Ventanas al sur	>45° a 135° // 135° a <-225°	7.18	
Ventanas al oeste	>45° a 135° // 225° a <-315°	4.76	
Ventanas horizontales	0° a 45°	0.00	
Muro exterior norte	>45° a 135° // -45° a <-45°	25.96	0.923
Muro exterior este	>45° a 135° // 45° a <-135°	21.80	0.773
Muro exterior sur	>45° a 135° // 135° a <-225°	29.38	0.928
Muro exterior oeste	>45° a 135° // 225° a <-315°	22.68	0.752
Techo	0° a 45°	103.00	0.034
Superficie inferior	>135° a 180°	0.00	
Muro exterior hacia el vecino	>45° a 135°	0.00	
Muro de colindancia norte	>45° a 135° // -45° a <-45°	0.00	
Muro de colindancia este	>45° a 135° // 45° a <-135°	0.00	
Muro de colindancia sur	>45° a 135° // 135° a <-225°	0.00	
Muro de colindancia oeste	>45° a 135° // 225° a <-315°	0.00	
Puerta norte	>45° a 135° // -45° a <-45°	3.44	1.110
Puerta este	>45° a 135° // 45° a <-135°	0.00	
Puerta sur	>45° a 135° // 135° a <-225°	0.00	
Puerta oeste	>45° a 135° // 225° a <-315°	0.00	
Total de la envolvente térmica NOM 020		222.10	m²

Introducción de superficies																										
Nr. de área	Denominación del elemento constructivo	al grupo Nr.	Asignación al grupo	Cantidad	x (	a [m]	x	b [m]	+	Definido por el usuario [m²]	-	Restado por el usuario [m²]	-	Deducción de las ventanas [m²]	=	Superficie [m²]	Selección de la composición correspondiente del elemento constructivo	Nr.	Desviación respecto al norte	Ángulo Inclinación con la horizontal	Orientación	Factor total de reducción de sombras	Absorptividad de la envolvente exterior	Emissividad de la envolvente exterior	Valor-U [W/(m²K)]
	Superficie ref. energética (SRE)	1	Sup. de ref. energética (SRE)	1	x (x		+		-		-		=	0.0										
	Ventanas al Norte	2	Ventanas al norte	2	x (x		+		-		-		=	2.0	Valor hoja "Ventanas"									2.516
	Ventanas al Este	3	Ventanas al este	3	x (x		+		-		-		=	7.2	Valor hoja "Ventanas"									6.151
	Ventanas al Sur	4	Ventanas al sur	4	x (x		+		-		-		=	4.8	Valor hoja "Ventanas"									2.566
	Ventanas al Oeste	5	Ventanas al oeste	5	x (x		+		-		-		=	1.7	Valor hoja "Ventanas"									2.381
	Ventanas horizontales	6	Ventanas horizontales	6	x (x		+		-		-		=	0.0	Valor hoja "Ventanas"									0.000
¡Por favor rellenar únicamente en la hoja "Ventanas" !																										
1	PROTOTIPO A, ID	1	Sup. de ref. energética (SRE)	1	x (x		+	70.00	-		-		=	70.0										
2	Muro Sur aplanado de mort.	8	Muro exterior- aire exterior	1	x (	6.63	x	3.59	+		-	1.80	-		=	17.2	Muro de adobe	5	180	90	Sur	0.7	40%	0.9	0.754
3	Muro Oeste aplanado de mort	8	Muro exterior- aire exterior	1	x (	8.40	x	2.55	+		-		-		=	20.4	Muro de adobe	5	270	90	Oeste	0.7	40%	0.9	0.754
4	Muro Oeste con Cerámica	8	Muro exterior- aire exterior	1	x (	2.36	x	2.55	+		-		-		=	5.5	Muro de adobe loseta	6	270	90	Oeste	0.7	40%	0.9	0.930
5	Muro Norte cantera	8	Muro exterior- aire exterior	1	x (	6.63	x	3.59	+		-		-		=	21.8	Muro de adobe con cantera	1	0	90	Norte	0.7	90%	0.9	0.792
6	Muro Este Aplanado de Mort.	8	Muro exterior- aire exterior	1	x (	10.75	x	3.40	+		-		-		=	29.4	Muro de adobe	5	90	90	Este	0.7	40%	0.9	0.754
7	Techo	10	Techo amb. exterior/Sup.inf.	1	x (		x		+	103.00	-		-		=	103.0	Techo ecológico	16	0	0	Techo	1.0	60%	0.9	0.032
8	Piso	11	Piso / losa sobre sótano	1	x (		x		+	70.00	-		-		=	70.0	Piso	15	0	180	Piso		0%	0.9	0.474
9	Puerta cocina	7	Puerta exterior	1	x (	0.90	x	2.10	+		-		-		=	1.4	Puerta cocina	17	270	90	Oeste	0.7	40%	0.9	1.087
10	Puerta principal	7	Puerta exterior	1	x (	0.95	x	2.10	+		-		-		=	2.0	Puerta principal	18	270	90	Oeste	0.7	90%	0.9	1.241
11	Muro invernalero	8	Muro exterior- aire exterior	1	x (	1.80	x	3.13	+		-		-		=	5.6	Muro invernalero	19	180	90	Sur	0.7	80%	0.9	0.215
12					x (		x		+		-		-		=	0.0	Muro tabicón 20cm	3					40%	0.9	1.098
13					x (		x		+		-		-		=	0.0	Muro tabicón 20cm	3					40%	0.9	1.098
14					x (x		+		-		-		=	0.0		0								
15					x (x		+		-		-		=	0.0		0								

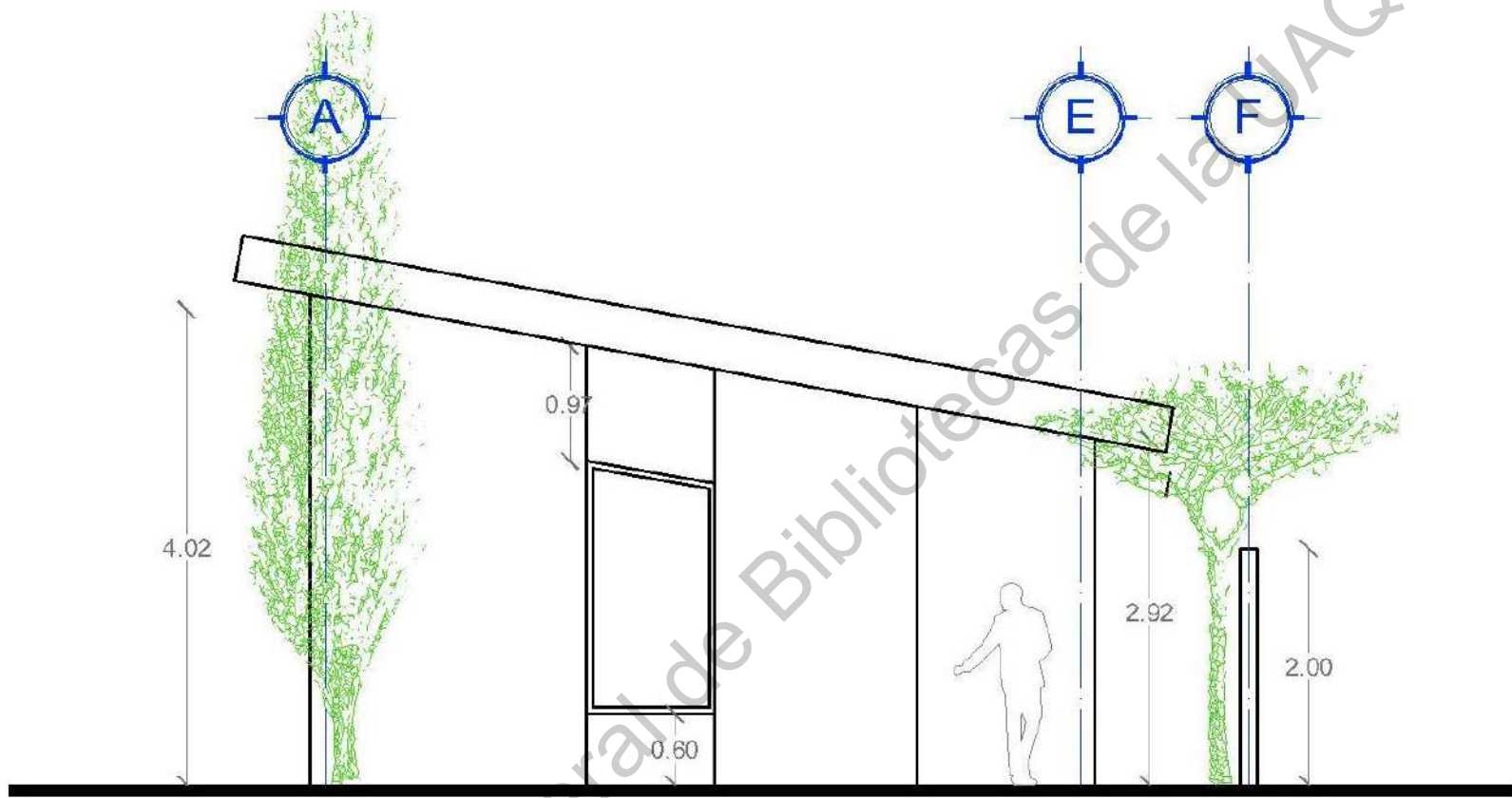


Dirección General de Bibliotecas de la UAQ

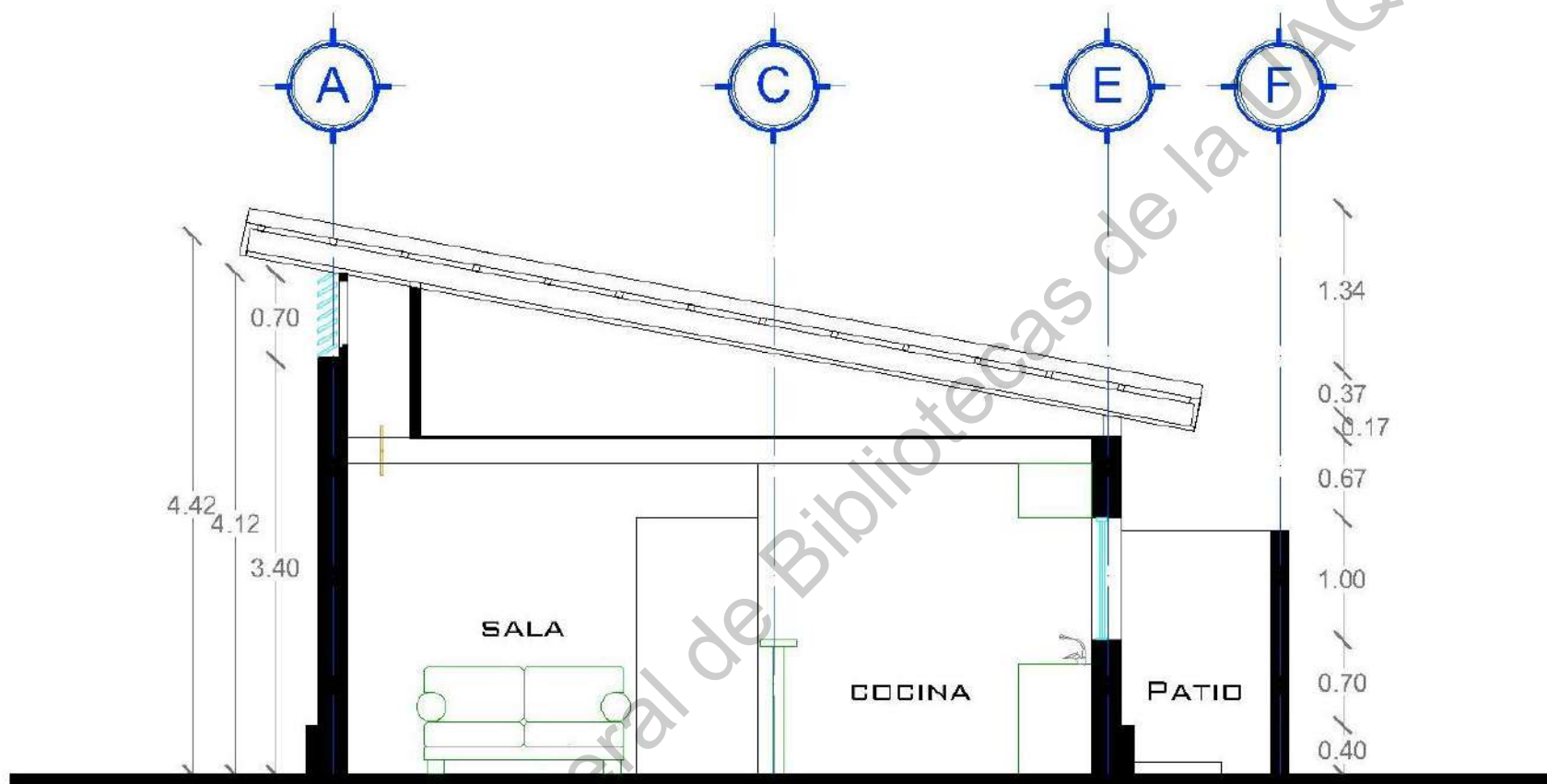
1. Presentación grafica del proyecto



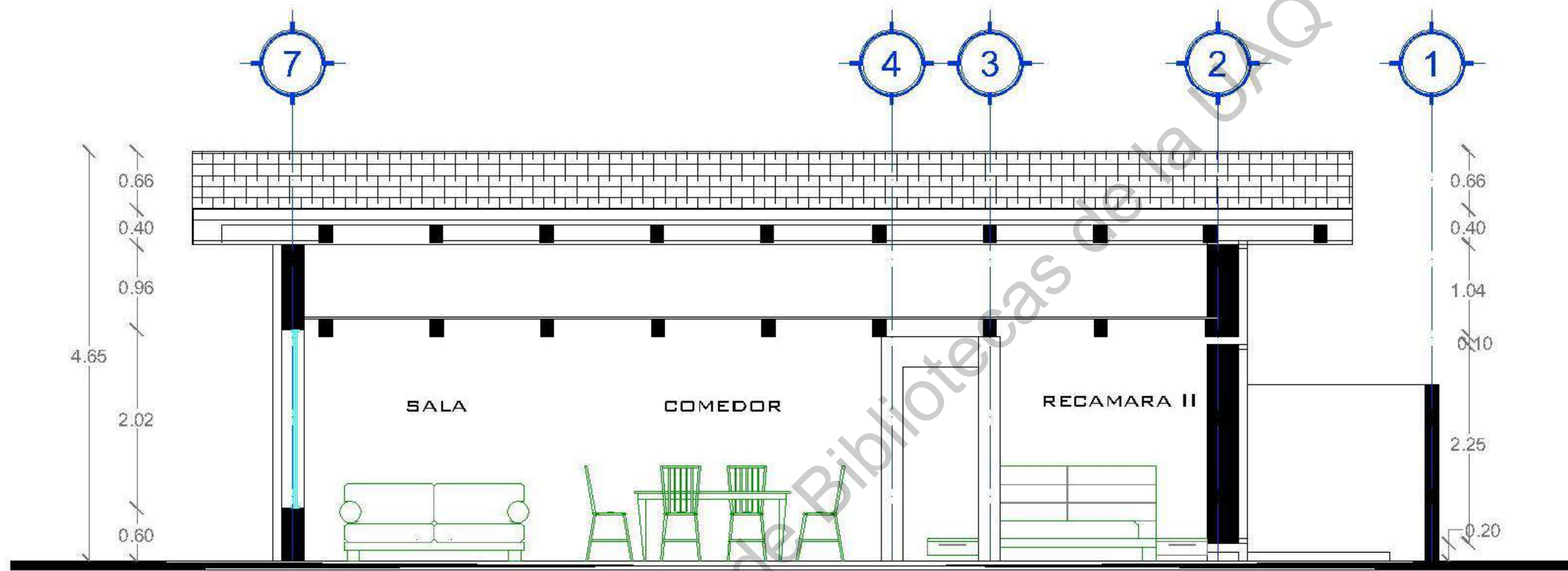
PLANTA BAJA



FACHADA NORTE



CORTE X-X



CORTE Y-Y¹

2. Valores U del envoltente prototipo 3

Dirección General de Bibliotecas de la UAQ

Nr.elem.const.	Denominación de elemento constructivo	IDEcoteología aislamiento	Techo	Pared	Sup. inf.	Piso
1	Muro de adobe con cantera			X		
Resistencia térmica superficial [m ² K/W]		interior R _{si} : 0.13	Coeficiente de absorptividad		80%	X masivo
		exterior R _{se} : 0.04	Coeficiente de emisividad		0.93	ligero
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
1. Mortero de cal	0.700					25
2. Adobe	0.300	Arena, tepetate	0.400			300
3. Mortero de cal	0.700					25
4. Cantera negra	0.900					50
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
Proporción superficie parcial 1		Proporción superficie parcial 2		Proporción superficie parcial 3		Total
89%		11.0%				40.0 cm
Suplemento valor-U		Valor-U: 0.7920		Coeficiente K: 0.7726		
W/(m ² K)		W/(m ² K)		W/(m ² K)		

Cumple con NMX-460

Nr.elem.const.	Denominación de elemento constructivo	IDEcoteología aislamiento	Techo	Pared	Sup. inf.	Piso
5	Muro de adobe			X		
Resistencia térmica superficial [m ² K/W]		interior R _{si} : 0.41	Coeficiente de absorptividad		40%	X masivo
		exterior R _{se} : 0.04	Coeficiente de emisividad		0.93	ligero
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
1. Mortero de cal	0.700					25
2. Adobe	0.300	Arena, tepetate	0.400			250
3. Mortero de cal	0.700					25
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
Proporción superficie parcial 1		Proporción superficie parcial 2		Proporción superficie parcial 3		Total
89%		11.0%				30.0 cm
Suplemento valor-U		Valor-U: 0.7537		Coeficiente K: 0.9280		
W/(m ² K)		W/(m ² K)		W/(m ² K)		

Cumple con NMX-460

Nr.elem.const.	Denominación de elemento constructivo	IDEcoteología aislamiento	Techo	Pared	Sup. inf.	Piso
6	Muro de adobe loseta			X		
Resistencia térmica superficial [m ² K/W]		interior R _{si} : 0.13	Coeficiente de absorptividad		40%	X masivo
		exterior R _{se} : 0.04	Coeficiente de emisividad		0.93	ligero
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
1. Mortero de cal	0.700					25
2. Adobe	0.300	Arena, tepetate	0.400			250
3. Mortero de cal	0.700					25
4. Loseta ceramica	1.047					30
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
Proporción superficie parcial 1		Proporción superficie parcial 2		Proporción superficie parcial 3		Total
89%		11.0%				33.0 cm
Suplemento valor-U		Valor-U: 0.9303		Coeficiente K: 0.9038		
W/(m ² K)		W/(m ² K)		W/(m ² K)		

Cumple con NMX-460

Nr.elem.const.	Denominación de elemento constructivo	IDEcotecnología aislamiento	Techo	Pared	Sup. inf.	Piso
15	Duela					x
Resistencia térmica superficial [m ² K/W]		interior R _{si} : 0.17	Coeficiente de absorptividad		0%	x
		exterior R _{se} : 0.40	Coeficiente de emisividad		0.93	masivo
						ligero
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
1. Duela	0.150					20
2. Poliuretano	0.030					10
3. Concreto armado	1.740					130
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
Proporción superficie parcial 1		Proporción superficie parcial 2		Proporción superficie parcial 3		Total
99%				1.0%		16.0 cm
Suplemento valor-U		W/(m ² K)		Valor-U:	0.8998	W/(m ² K)
				Coefficiente K	1.5438	W/(m ² K)

Nr.elem.const.	Denominación de elemento constructivo	IDEcotecnología aislamiento	Techo	Pared	Sup. inf.	Piso
16	Techo ecologico		x			
Resistencia térmica superficial [m ² K/W]		interior R _{si} : 0.10	Coeficiente de absorptividad		60%	
		exterior R _{se} : 0.40	Coeficiente de emisividad		0.93	masivo
						ligero
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
1. Teja	0.840					120
2.						
3. Triplay de madera	0.300	Listones de madera 1	0.300			25
4. Tierra preparada	0.800	Barrotes de madera 2	0.300			180
5. Camara de aire	0.024					700
6. Refuerzos de madera	0.300	Barrotes	0.300			200
7. Triplay de madera	0.300	Tierra preparada	0.800			25
8.						
9.						
10.						
Proporción superficie parcial 1		Proporción superficie parcial 2		Proporción superficie parcial 3		Total
40%		60.0%				125.0 cm
Suplemento valor-U		W/(m ² K)		Valor-U:	0.0322	W/(m ² K)
				Coefficiente K	0.0337	W/(m ² K)

Cumple con NMX-460

Nr.elem.const.	Denominación de elemento constructivo	IDEcotecnología aislamiento	Techo	Pared	Sup. inf.	Piso
17	Puerta cocina			x		
Resistencia térmica superficial [m ² K/W]		interior R _{si} : 0.13	Coeficiente de absorptividad		40%	
		exterior R _{se} : 0.04	Coeficiente de emisividad		0.93	masivo
						ligero
Para NOM20: Marcar con una 'x' al menos un campo						
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
1. Hoja de acero	52.600					1
2. Poliuretano	0.040					30
3. Hoja de acero	52.600					1
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
Proporción superficie parcial 1		Proporción superficie parcial 2		Proporción superficie parcial 3		Total
100%						3.2 cm
Suplemento valor-U		W/(m ² K)		Valor-U:	1.0869	W/(m ² K)
				Coefficiente K	1.0522	W/(m ² K)

¡No cumple con NMX-460!

Nr.elem.const.	Denominación de elemento constructivo	IDEcoteología aislamiento	Techo	Pared	Sup. inf.	Piso
18	Puerta Principal			x		
Resistencia térmica superficial [m ² K/W]		interior R _{si} : 0.13	Coeficiente de absorptividad: 80%		masivo	
		exterior R _{se} : 0.04	Coeficiente de emisividad: 0.93		ligero	
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
1. ACERO	52.300					1
2. POLIURETANO	0.035	MADERA MARCO	0.130			30
3. ACERO	52.300					1
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
Proporción superficie parcial 1		Proporción superficie parcial 2		Proporción superficie parcial 3		Total
85%		15.0%				3.2 cm
Suplemento valor-U		Valor-U: 1.2412		Coeficiente K: 1.1516		
W/(m ² K)		W/(m ² K)		W/(m ² K)		

No cumple con NMX-460!

Nr.elem.const.	Denominación de elemento constructivo	IDEcoteología aislamiento	Techo	Pared	Sup. inf.	Piso
19	Muro invernadero			x		
Resistencia térmica superficial [m ² K/W]		interior R _{si} : 0.13	Coeficiente de absorptividad: 80%		masivo	
		exterior R _{se} : 0.04	Coeficiente de emisividad: 0.93		ligero	
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
1. Vidrio	5.800					6
2. Camara de aire	0.024					100
3. Muro de piedra	1.400					350
4. Mortero de cal	0.700					50
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
Proporción superficie parcial 1		Proporción superficie parcial 2		Proporción superficie parcial 3		Total
100%						50.6 cm
Suplemento valor-U		Valor-U: 0.2146		Coeficiente K: 0.2132		
W/(m ² K)		W/(m ² K)		W/(m ² K)		

Cumple con NMX-460

TIPO DE ACRISTALAMIENTO

[Ir a marcos de ventana a partir de la fila 99](#)

TIPO						
Nr. de composición	Acristalamiento	Valor g	Valor-U _g	Valor-CS	Certificado	
1	Acristalamiento sencillo 6mm	0.87	5.80	1.00		
2	Doble acristalamiento 4/12 aire/4	0.77	2.90	0.89		
3						

MARCOS DE VENTANA

[Ir a los acristalamientos a partir de la fila 2](#)

Nr. de composición	TIPO	Valor U _f				Dimensiones de los marcos			
		Marco izquierda	Marco derecha	Marco abajo	Marco arriba	Anchura izquierda	Anchura derecha	Anchura inferior	Anchura superior
1	MARCO DE VENTANA ALUMINIO	5.50	5.50	5.50	5.50	0.140	0.140	0.140	0.140
2	Marcos de ventana metal, sin división térmica, pintura	5.50	5.50	5.50	5.50	0.140	0.140	0.140	0.140
3	Marco altamente aislado; calidad térmica media	0.75	0.75	0.75	0.75	0.140	0.140	0.140	0.140
4	Marcos de ventana metal, con división térmica	2.40	2.40	2.40	2.40	0.140	0.140	0.140	0.140

3. Comprobación DEEVi: Ventanas/
Sombra / Ventilación / Distribución-ACS /
ACS – Solar

FACTOR DE REDUCCIÓN DE RADIACIÓN SOLAR; VALOR-U DE VENTANAS

Edificio: Casa Habitación

Clima: Chihuahua -- Chihuahua

Orientación de la superficie de la ventana	Radiación global (puntos cardinales)	Sombras	Suciedad	Radiación no vertical	Proporción de acristalamiento	Valor g	Factor de reducción de radiación solar	Superficie de ventana	Valor-U de ventana U_w	Sup. de acristalamiento
Norte	140	0.58	0.95	0.85	0.619	0.77	0.29	2.00	2.52	1.2
Este	220	0.45	0.95	0.85	0.584	0.87	0.21	7.18	6.15	4.2
Sur	370	0.42	0.95	0.85	0.688	0.77	0.23	4.76	2.57	3.2
Oeste	230	0.46	0.95	0.85	0.420	0.78	0.16	1.72	2.38	0.7
Horizontal	360	1.00	0.95	0.85	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Total o valor promedio de todas las ventanas						0.82	0.22	15.66	4.18	9.3

Cantidad	De nominación	Desviación respecto a la orientación norte	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal	Medidas vano (hueco de albañilería)		Orientación	Anchura	Altura	Instalado en	Acristalamiento		Marco	Valor g	Valores-U		Borde vidrio	Instalación	Resultados			
				En superficie en la hoja "Superficies"	Nr.					Selección acristalamiento en hoja "Tipo de Ventanas"	Nr.			Selección marco en hoja "Tipo de Ventanas"	Nr.			Radiación perpendicular	Acristalamiento U_g	Marco (centro) U_r	U_{vent} (centro)	$U_{promedio}$	Sup. de ventana	Sup. de acristalamiento	Valor-U de ventana $U_w$	Proporción de acristalamiento por ventana
2	V-1	225	90	Sur	1.700	1.400	Muro Sur aplanao	2	Doble acristalamiento	2	Marco altamente	3	0.77	2.90	0.75	0.080	0.080	4.8	3.18	2.57	67%
1	V-2	315	90	Oeste	0.600	0.800	Muro Oeste con c	4	Doble acristalamiento	2	Marco altamente	3	0.77	2.90	0.75	0.080	0.080	0.5	0.17	2.24	35%
1	V-3	315	90	Oeste	1.000	1.000	Muro Oeste apla	3	Doble acristalamiento	2	Marco altamente	3	0.77	2.90	0.75	0.080	0.080	1.0	0.52	2.41	52%
1	V-4	45	90	Norte	1.000	2.000	Muro Norte cant	5	Doble acristalamiento	2	Marco altamente	3	0.77	2.90	0.75	0.080	0.080	2.0	1.24	2.52	62%
1	V-5	135	90	Este	10.250	0.700	Muro Este Aplana	6	Acristalamiento si	1	MARCO DE VENT	1	0.87	5.80	5.50	0.080	0.080	7.2	4.19	6.15	58%
1	V-6	315	90	Oeste	0.400	0.600	Puerta cocina	9	Acristalamiento si	1	Marco altamente	3	0.87	5.80	0.75	0.080	0.080	0.2	0.04	2.52	16%

Comprobación DEEVi CÁLCULO DE LOS FACTORES DE SOMBRA

Edificio: **Casa Habitación**

Clima: **Chihuahua -- Chihuahua**

Latitud geográfica: **28.4** °

Dist. promedio entre edificios: **6.00** m

Altura promedio de los edificios: **3.00** m

Orientación	Superficie acristalamiento m ²	Factor de reducción invierno r _{sombas}	Factor de reducción verano r _{sombas}
Norte	1.24	58%	25%
Este	4.19	45%	14%
Sur	3.18	42%	13%
Oeste	0.72	46%	36%
Horizontal	0.00	100%	100%

Perfil de sombreado	Tipo de sombreado temporal	Factor de reducción z
1	Ninguno	100%
2	Persiana láminas exteriores	40%
3	Persiana láminas interiores	85%
4	Persiana enrollable ext., toldo blanco	50%
5	Persiana enrollable int., toldo blanco	75%
6	Persiana enrollable ext., toldo gris	40%
7	Persiana enrollable int., toldo gris	90%

Cantidad	Denominación	Desviación respecto a la orientación norte grados	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal grados	Orientación	Altura del objeto que causa la sombra m	Distancia horizontal m	Profundidad de los rematamientos laterales m	Distancia del borde del vidrio al borde del vano m	Profundidad del volado o rematamiento superior m	Distancia del borde superior del vidrio hasta el volado m	Sombreado temporal	Invierno					Verano				
												Factor de reducción para protección solar temporal %	Factor de reducción sombras horizonte %	Factor de reducción sombras causado por rematamientos %	Factor de reducción sombra causado por volado %	Factor de reducción de sombras Total %	Factor de reducción sombras horizonte %	Factor de reducción sombras rematamiento %	Factor de reducción sombra causado por volado %	Factor de reducción de sombras Total %	
																					Nr.	z	r_{ho}	r_{rem}	r_{vol}	r_{sombas}	r_{ho}	r_{rem}	r_{vol}	r_{sombas}
2	V-1	225	90	Sur	1.50	6.00	0.15	0.050	1.40	0.05	Persiana enrollable ext., toldo gris	6	40%	89%	94%	50%	42%	89%	95%	39%	13%
1	V-2	315	90	Oeste	1.50	6.00	0.15	0.050	0.60	0.05	Persiana enrollable ext., toldo gris	6	40%	82%	80%	61%	40%	86%	86%	55%	16%
1	V-3	315	90	Oeste	1.50	6.00	0.15	0.050	0.60	0.05	Persiana láminas interiores	3	85%	82%	89%	68%	50%	86%	92%	63%	42%
1	V-4	45	90	Norte	1.50	6.00	0.15	0.050	0.80	0.05	Persiana enrollable ext., toldo gris	6	40%	82%	89%	79%	58%	86%	92%	78%	25%
1	V-5	135	90	Este	1.50	6.00	0.15	0.050	0.60	0.05	Persiana enrollable ext., toldo gris	6	40%	89%	99%	50%	45%	89%	99%	39%	14%
1	V-6	315	90	Oeste	1.50	6.00	0.15	0.050	0.60	0.05	Ninguno	1	100%	82%	67%	51%	28%	86%	77%	46%	31%

DATOS DE VENTILACIÓN

Edificio:

Superficie de referencia energética A_{SRE}	m ²	72	(hoja "Superficies")
Altura de la habitación h	m	2.5	(hoja "Calefacción Ansa")
Caudal de aire por habitación ventilación ($A_{GRV} \cdot h$) =	m ³	181	(hoja "Calefacción Ansa")

Tipo de sistema / concepto de ventilación

- Ventilación equilibrada con recuperación de calor *favor de marcar con una 'x'*
- Sólo aire de extracción, impulsión *Favor de introducir los datos básicos del concepto de ventilación (a partir de la fila 45), aún y si se selecciona ventilación por ventanas.*
- Ventilación por ventanas

Valores estándar para estimación de hermeticidad	
<input type="checkbox"/> Ventana hoja pivotante, abatible o de proyección con junta hermética	3.3
<input type="checkbox"/> Ventana hoja pivotante, abatible o de proyección sin junta hermética	10.9
<input checked="" type="checkbox"/> Ventana corrediza	16.3

Coeficiente de protección contra viento e	Para dem. anual	0.07	Para periodo calef.:	0.18	Caudal de aire neto para el test de presurización V_{ntz}	Permeabilidad del aire n_{50}
	15.00	15	181	m ³		
Renovación de aire a 50 Pa	f/h	16.32	16.32	181	m ³	10.01
Resultado test de presurización n_{50}	f/h					

Intercambio de aire promedio m ³ /h	Renovación de aire promedio 1/h	Aire de extracción Exceso (Aparato extracción) 1/h	Valor ef. de rec. de calor Eficiencia aparato []	Potencia específica absorbida Wh/m ²	Eficiencia de recuperación de calor ITA
0	0.00	0.00	0.0%	0.00	0.0%
Eficiencia del intercambiador tierra-aire (ITA)					η_{ITA} 0%

DATOS BÁSICOS DEL CONCEPTO DE VENTILACIÓN

Dimensionamiento de la ventilación

Ocupación	m ² /P	20				
Cantidad de personas (P)	P	3.6				
Aire de impulsión por persona	m ³ (P·h)	30				
Demanda de aire de impulsión	m ³ /h	108				
Habitaciones de extracción de aire			Baño			
Cantidad			Cocina	Baño (tina)	(sólo ducha)	Medio baño
Demanda de aire de extracción por habitación	m ³ /h	60	40	20	20	
Demanda total de aire de extracción	m ³ /h	80				
Caudal de aire de diseño (máx.)	m ³ /h	108				
Tasa de renovación de aire necesaria (1/h)		0.46	Tasa de renovación de aire por infiltración (1/h)		Tasa de renovación de aire promedio adicional a la infiltración (1/h)	
		0.46		1.14		0.00
						0

Selección de aparato de ventilación / extracción o impulsión / ventilación por ventanas		Ef. de recup. de calor aparato η_{rec}	Introducción de potencia específica [Wh/m ²]
Selección tipo ventilación	<input type="text" value="Ventilación manual mediante ventanas"/>	0.00	0.00
Valor efectivo de recuperación de calor $\eta_{rec,ef}$		0.0%	Recuperación de humedad η_{hum}
Eficiencia del recuperador del intercambiador geotérmico	η_{ITA}		
Eficiencia del Intercambiador tierra-aire (ITA)	η_{ITA}	0%	
		Temperatura interior (°C)	20.0
		Temp. exterior media periodo calefacción (°C)	11.7
		Temperatura media de la superficie del terreno (°C)	19.6

VENTILACIÓN EN VERANO

Edificio: <u>Casa Habitación</u>		Tipo de edificio / uso: <u>Casa Habitación</u>	
Volumen del edificio:	<u>181</u> m ³	Recuperación de calor n _{hc} :	<u>0%</u>
Humedad absoluta máxima:	<u>1.8</u> g/kg	Recuperación de humedad n _{hm} :	<u>0%</u>
Ganancia interna de humedad:	<u>0</u> g/(m ³ h)	Intercambiador de calor tierra-aire n _{tra} :	<u>0%</u>
Ventilador(es) de techo:	<u>X</u> Marcar, si procede	Modulo:	<u>Ejemplo 1</u>
Potencia eléctrica total:	<u>90</u> W	Potencia eléctrica:	<u>90</u> W
Ganancia interna de calor:	<u>1.8</u> W	Cantidad:	<u>1</u>
Introducir aquí el valor de la fila anterior:	<u>1.8</u> W		

Ventilación básica en verano para el aseguramiento de una calidad del aire suficiente

Renov. aire sistema ventilación por impulsión		<u>0</u> 1/h	RC/RIH en verano (marcar sólo un campo)
			Ninguna
			Bypass automático, regulado a partir de la diferencia de temperatura
			Bypass automático, regulado a partir de la diferencia de entalpía
			Siempre
Renov. aire sistema de extracción		<u>0</u> 1/h	Potencia específica (sistema de extracción) <u>0</u> W/m ³
Renov. aire ventilación por ventanas		<u>4.50</u> 1/h	

Renovación de aire efectiva

	Renovar 1/h	η _{tra}	η _{hc}	η _{hm}	P _{vent} en 1/h
exterior H _o	<u>0.000</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0.000</u>
sin RC	<u>0.000</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0.000</u>
Terreno H _o	<u>0.000</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0.000</u>
sin RC	<u>0.000</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0.000</u>

Resultados refrigeración pasiva
Frecuencia de sobrecalentamiento n₂ > 3m: 13.0%
Frecuencia de humedad elevada: 0.3%
Humedad máxima: 16.0 g/kg

Conductividad de la ventilación

	V _{vent} 1/h	η _{tra}	η _{hc}	η _{hm}	P _{vent} en 1/h	Q _{vent} (W/m ³)	
exterior H _o	<u>181</u>	<u>0.000</u>	<u>0.33</u>	<u>0.33</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u> W/K
sin RC	<u>181</u>	<u>0.000</u>	<u>0.33</u>	<u>0.33</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u> W/K
Terreno H _o	<u>181</u>	<u>0.000</u>	<u>0.33</u>	<u>0.33</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u> W/K
sin RC	<u>181</u>	<u>0.000</u>	<u>0.33</u>	<u>0.33</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u> W/K
Infiltración, ventanas, extracción	<u>181</u>	<u>4.500</u>	<u>0.33</u>	<u>0.33</u>	<u>268.1</u>	<u>268.1</u>	<u>268.1</u> W/K

Resultados refrigeración activa
Demanda de refrigeración total: 4.4 kWh/(m²h)
Demanda de deshumidificación: 0.0 kWh/(m²h)

Ventilación adicional en verano para refrigeración

Equilibrado de la ventilación adicional
Temperatura interior mínima permitida: 22.0 °C

Tipo de ventilación de impulsión

Renovación de aire correspondiente	<u>0.20</u> 1/h	
Ventilación nocturna manual (ventanas)	con 1 K de diferencia de temperatura, cálculo mediante cálculo auxiliar	
Renovación de aire correspondiente	<u>0.00</u> 1/h	Regulado por entalpía (marcar X)
Mecánica, automática	con funcionamiento adicional a renov. aire	Diferencia temp.:
ventilación equilibrada	Potencia específica: <u>0</u> W/m ³	Diferencia humedad:

Cálculo auxiliar: estimación del intercambio de aire por ventilación libre a través de las ventanas

Determinación	Duración de apertura: horas/día	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>12</u>	
	Cuota de duración de apertura	<u>25%</u>	<u>25%</u>	<u>25%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>50%</u>	
Marco de condiciones climáticas	Diferencia de temp. Int.-ext.	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>				K
	Velocidad del viento	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>				m/s

Nota: para ventilación nocturna en verano a través de las ventanas hay que considerar una diferencia de temperatura de 1 K y una velocidad de viento de 0 m/s. ¡De lo contrario, en la hoja Verano, el efecto de refrigeración por la ventilación nocturna se sobreestimaría!

Grupo de ventanas 1

Cantidad	<u>2</u>	<u>1</u>			
Anchura libre	<u>1.00</u>	<u>0.60</u>			
Altura libre	<u>1.00</u>	<u>0.80</u>			
¿Ventanas oscilantes?					
Ancho apertura (v. oscilantes)	<u>1.000</u>	<u>1.000</u>			

Grupo de ventanas 2 (en el caso de ventilación cruzada)

Cantidad	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>		
Anchura libre	<u>10.24</u>	<u>10.24</u>	<u>0.80</u>		
Altura libre	<u>0.70</u>	<u>0.70</u>	<u>1.70</u>		
¿Ventanas oscilantes?					
Ancho apertura (v. oscilantes)					
Dif. de nivel con Gpo. ventanas 1	<u>2.40</u>	<u>3.40</u>			

Caudal ventilación desde un sólo lado 1	<u>266</u>	<u>57</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	m ³ /h
Caudal ventilación desde un sólo lado 2	<u>796</u>	<u>796</u>	<u>471</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	m ³ /h
Caudal de ventilación cruzada	<u>1682</u>	<u>854</u>	<u>471</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	m ³ /h
Proporción de renovación de aire	<u>2.33</u>	<u>1.18</u>	<u>0.65</u>	<u>0.00</u>	<u>0.00</u>	1/h

Resumen de proporciones ventilación verano

Determinación tipo de ventilación		Prom. renov. diaria	
1	<u>V-1</u>	<u>3.16</u>	1/h
2	<u>V-2</u>	<u>1.20</u>	1/h
3	<u>V-3</u>	<u>0.60</u>	1/h

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE CALEFACCIÓN Y ACS

Edificio: <u>Casa Habitación</u>	
Temperatura interior: <u>20.0</u> °C	
Tipo de edificio / uso: <u>Casa Habitación</u>	
Superficie de referencia energética A _{ref} : <u>72.2</u> m ²	
Ocupación: <u>4.0</u> Personas	Cantidad de ocupantes para cálculo de demanda de ACS: <u>4</u> Personas
Nr. de viviendas: <u>1</u>	
Demanda anual de calefacción Q _{calor} : <u>4771</u> kWh/a	
Duración de temporada de calefacción: <u>65</u> d	
Carga media de calefacción P _{calor} : <u>3.1</u> kW	
Aprovechamiento máx. de las ganancias de calor adicionales: <u>92%</u>	

	Localización			Total	Unidad
	Dentro de la envolvente térmica	Fuera de la envolvente térmica			
	1	2	3		
Red de calefacción					
Longitud de las tuberías de distribución	A _{cal} (Proyecto)				m
Coefficiente pérdida de calor por m de tubería	Ψ (Proyecto)				W/(mK)
Temp. de habitación por la que pasa la tubería	S _h Habitación			<u>20</u>	°C
Temp. de ida de diseño	S _{id} Ida de diseño				°C
Carga de calefacción de diseño	P _{cal} (Disponible o calculado)				kW
Regulación de la temp. de ida (marcar una "X" si es el caso)					°C
Temp. de retorno de diseño	S _{re} Retorno			$= 0.714 \cdot (S_{id} - 20) + 20$	°C
Emisión de calor anual por m de tubería	Q _{calor} Emission			$= \Psi \cdot (S_{re} - S_{h}) \cdot L_{cal} \cdot 0.024$	kWh/(m·a)
Grado aprovech. posible emisión de calor					
Pérdidas anuales	Q _{calor} Loss			$= L_{cal} \cdot \Psi \cdot (S_{id} - S_{re}) \cdot (1 - \eta_{p})$	kWh/a
Pérdidas específicas	Q _{calor} Loss			$= \Psi \cdot (S_{id} - S_{re}) \cdot A_{cal}$	kWh/(m ² ·a)
Rendimiento de la distribución de calor	ε _{distrib.}			$= (Q_{cal} + Q_{calor}) / Q_{cal}$	100%
ACS: calor útil estándar					
Consumo de ACS por persona y día (60 °C)	V _{ACS} (Proyecto o valor medio 30 litros/d)			<u>30.0</u>	Litros/pers/d
Temp. media de ida del agua fría	S _{ap} Temperatura de agua potable			<u>19.6</u>	°C
Calor útil ACS	Q _{ACS}			<u>2053</u>	kWh/a
Calor útil específico ACS	q _{ACS}			$= Q_{ACS} / A_{ref}$	28.4 kWh/(m ² ·a)
Distribución y acumulación de ACS					
Longitud tuberías de circulación (ida+retorno)	L _{circ} (Proyecto)				m
Coefficiente de pérdida calor por m de tubería	Ψ (Proyecto)			<u>0.264</u>	W/mK
Temp. de la habitación por la que pasa tubería	S _h Habitación			<u>27.5</u>	°C
Temp. de ida de diseño	S _{id} Ida de diseño			<u>60.0</u>	°C
Tempo de funcionamiento circulación al día	I _d (Proyecto)				h/d
Temp. de retorno de diseño	S _{re} Retorno			<u>55</u>	°C
Tempo funcionamiento circulación al año	I _{an} (Proyecto)			<u>55</u>	h/a
Emisión de calor anual por m de tubería	Q _{circ} Emission			$= 365 \cdot I_{d} \cdot \Psi \cdot (S_{id} - S_{re}) \cdot L_{circ}$	kWh/m/a
Grado aprovechamiento posible emisión calor	η _{GAC}			<u>16%</u>	
Pérdida de calor anual de tuberías circulación	Q _{circ} Loss			$= L_{circ} \cdot \Psi \cdot (S_{id} - S_{re}) \cdot (1 - \eta_{GAC})$	kWh/a
Longitud total de las tuberías Individuales	L _{ind} (Proyecto)			<u>65.88</u>	m
Diámetro exterior del tubo	D _{ext} (Proyecto)			<u>0.015</u>	m
Emisión de calor por cada apertura de grifo	Q _{apertura} Emission			$= \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot c_p \cdot V_{grifo} \cdot (S_{id} - S_{re})$	kWh/apertura por grifo
Cantidad de aperturas de grifo por año	N _{grifo}			<u>4380</u>	Aperturas de grifo/año
Emisión de calor anual	Q _{grifo} Emission			<u>1411</u>	kWh/a
Grado aprovechamiento posible emisión calor	η _{grifo}			<u>16%</u>	
Pérdida calor anual de tuberías individuales	Q _{grifo} Loss			$= L_{ind} \cdot \Psi \cdot (S_{id} - S_{re}) \cdot (1 - \eta_{grifo})$	kWh/a
Emisión media de calor del tanque	P _{tan} Emission			$= L_{tan} / 8760 \cdot \eta_{tan}$	W
Grado aprovech. posible emisión de calor	η _{tan}			<u>16%</u>	
Pérdidas de calor anuales del tanque	Q _{tan} Loss			$= P_{tan} \cdot 8760 \cdot \eta_{tan} \cdot (1 - \eta_{tan})$	kWh/a
Pérdidas totales del sistema de ACS	Q _{ACS} Loss			<u>1601</u>	kWh/a
Pérdidas específicas del sistema de ACS	q _{ACS} Loss			$= Q_{ACS} / A_{ref}$	22.2 kWh/(m ² ·a)
Rendimiento Distribución-ACS y Calentador	ε _{ACS}			178.0%	
Demanda total de calor del sistema de ACS	Q _{calor} ACS			<u>3654</u>	kWh/a
Demanda total específica sistema ACS	q _{calor} ACS			$= Q_{calor} / A_{ref}$	50.6 kWh/(m ² ·a)

APORTACIÓN SOLAR A LA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

Edificio: **Casa Habitación** Tipo de edificio / uso: **Casa Habitación**
 Superficie de referencia energética A_{ref} : **72.2** m²

Cuota de aporte solar de la demanda de calor para ACS (incluida demanda de ACS para lavadora y lavavajillas)

Demanda de calor ACS Q_{ACS} : **3654** kWh/a De la hoja "Distribución-ACS"
 Latitud geográfica: **28.4** De los datos climáticos
 Cantidad colectores y tanques: **1**

Selección del colector de la lista (ver abajo): **6** Selección: **6. colector plano estándar**
 Superficie del colector: **5.00** m²
 Desviación de la dirección norte: **180**
 Ángulo de inclinación respecto a la horizontal: **20**
 Factor de reducción adicional por sombra r_{sra} : **85%**

Ocupación: **4.0** Personas
 Superficie específica del colector: **1.3** m²/Pers

Cuota estimada de la contribución solar en la preparación de ACS
74%
 Contribución solar al calor útil: **2705** kWh/a **37** kWh/(m²a)

Cálculo secundario de pérdidas de calor del tanque
 Selección del tanque de ACS de la lista (ver abajo): **6** Selección: **6. Tanque solar sencillo**
 Volumen total del tanque: **150** Litros

RENDIMIENTO DEL CALENTADOR DE GAS

Edificio: **Casa Habitación** Tipo de edificio / uso: **Casa Habitación**
 Superficie de referencia energética A_{ref} : **72.2** m²

Porcentaje de cobertura de la demanda de calefacción: **0%**
 Demanda de calefacción + pérdidas por distribución: **4771** kWh
 Aportación solar de calor para el espacio calefactado: **0** kWh

Demanda efectiva de calefacción
 $Q_{cal,e} = Q_{cal} \cdot (1 - \eta_{distrib,cal})$: **0** kWh
 Demanda de calefacción sin pérdidas de distribución: Q_{cal} (Hoja Comparación): **4771** kWh

Porcentaje de cobertura de demanda de ACS: **100%**
 Demanda total de calor del sistema de ACS: Q_{ACS} (Hoja Distribución-ACS): **3654** kWh
 Aportación solar para la generación de ACS: $\eta_{Solar,ACS}$ (Hoja ACS-Solar): **74%**

Demanda efectiva de ACS
 $Q_{ACS,e} = Q_{ACS} \cdot (1 - \eta_{distrib,ACS})$: **950** kWh

Tipo de generador de calor: **Calentador de gas**
 Factor de energía primaria (EP) (Hoja Datos): **1.1** kWh/kWh
 Factor de emisión de CO₂ (CO₂ equivalente): **270** g/kWh
 Calor útil aportado: Q_{util} : **950** kWh/a
 Duración del periodo de calefacción: t_{oc} : **5088** h
 Duración del periodo de ACS: t_{of} : **8760** h

Calefactor: **Calentador 15**
 Tipo: **CALENTADOR DE AGUA DE RÁPIDA RECUPERACIÓN**
 Flujo de agua: **8** l/mh
 Cantidad: **1**
 Coeficiente de rendimiento (grado de eficiencia) de generador de calor: **82%**
 ID Ecotecnología: **21**

Demanda energía final generador calor para calefac.: $Q_{FINAL,CH} = Q_{CH,e} \cdot \eta_{CH,AK}$: **0** kWh/a
 Demanda energía final generador de calor para ACS: $Q_{FINAL,AF} = Q_{ACS,e} \cdot \eta_{AF,AK}$: **1158** kWh/a
 Demanda de energía final del generador de calor total: $Q_{FINAL} = Q_{FINAL,CH} + Q_{FINAL,AF}$: **1158** kWh/a
 Demanda anual de Energía Primaria (EP): **1274** kWh/a
 Emisión anual de CO₂ equivalente: **313** kg/a

16.0 kWh/(m²a)
17.6 kWh/(m²a)
4.3 kg/(m²a)

VALOR ESPECÍFICO DE ENERGÍA PRIMARIA (EP)

Edificio: Casa Habitación		Tipo de edificio / uso: Casa Habitación		
Superficie de referencia energética A_{ref} : 72.2 m ²		Demanda de calefacción incl. distribución: 6.6 kWh/m ²		
Total de demanda de refrigeración (RE) incluida deshumidificación: 4 kWh/m ²				
		Energía final	Energía Primaria	Emissiones
		kWh/m ² a	kWh/m ² a	CO ₂ equivalente
				kg/m ² a
Demanda de electricidad (sin bomba de calor)			Valor-EP	Factor de emisión de CO ₂ (CO ₂ equivalente)
Porcentaje de cobertura de la demanda de calefacción	(Proyecto)	100%	kWh/m ² a	gkWh
Porcentaje de cobertura de demanda de ACS	(Proyecto)	0%	2.7	58.4
Calefacción directamente eléctrica	$Q_{cal,el}$	66.1	179.5	38.5
Producción ACS, dir. eléctrica (sin ACS lavado ropa / platos)	$Q_{ACS,el}$ (Fuente Distribución-ACS, ACS-Solar)	0.0	0.0	0.0
Post-calentamiento eléctrico para ACS lavado ropa y platos	(Fuente ACS-Solar)	0.0	0.0	0.0
Demanda eléctrica de aparatos electrodomésticos	Q_{eag}	23.1	62.8	13.5
Demanda eléctrica auxiliar		3.3	8.9	1.9
Total de la demanda de electricidad (sin BC)		92.5	251.2	54.9
Bomba de calor (BC)			Valor-EP	Factor de emisión de CO ₂ (CO ₂ equivalente)
Porcentaje de cobertura de la demanda de calefacción	(Proyecto)	0%	kWh/m ² a	gkWh
Porcentaje de cobertura de demanda de ACS	(Proyecto)	0%	2.7	58.4
Medio energético - calefacción auxiliar		Electricidad	2.7	60.0
Índice de Rendimiento Calorífico (COP) anual de la BC	Cálculo propio			
Rendimiento del generador de calor del sistema total	Cálculo propio			
Demanda de elect. de la BC (sin ACS lavado ropa / platos)	Q_{BC}	0.0	0.0	0.0
Demanda no-eléctrica de ACS lavado ropa / platos	(Fuente Electricidad)	0.0	0.0	0.0
Total de la demanda de electricidad de la BC		0.0	0.0	0.0
Calentador			Valor-EP	Factor de emisión de CO ₂ (CO ₂ equivalente)
Porcentaje de cobertura de la demanda de calefacción	(Proyecto)	0%	kWh/m ² a	gkWh
Porcentaje de cobertura de demanda de ACS	(Proyecto)	100%	1.1	27.0
Tipo de generador de calor	(Fuente Calefactor)	Calefactor de gas		
Rendimiento del generador de calor	(Fuente Calefactor)	1.22%		
Demanda de energía anual (sin ACS lavado ropa / platos)	(Fuente Calefactor)	16.0	17.6	4.3
Demanda no-eléctrica de ACS lavado ropa / platos	(Fuente Electricidad)	0.0	0.0	0.0
Total gasoil/gas/leña		16.0	17.6	4.3
Otros			Valor-EP	Factor de emisión de CO ₂ (CO ₂ equivalente)
Porcentaje de cobertura de la demanda de calefacción	(Proyecto)	0%	kWh/m ² a	gkWh
Porcentaje de cobertura de demanda de ACS	(Proyecto)	0%		
Fuente de calor	(Proyecto)			
Rendimiento del generador de calor	(Proyecto)			
Demanda de energía anual de calefacción		0.0	0.0	0.0
Demanda de energía anual de ACS (sin ACS lavado ropa / platos)		0.0	0.0	0.0
Demanda no-eléctrica de ACS lavado ropa / platos	(Fuente Electricidad)	0.0	0.0	0.0
Total otros		0.0	0.0	0.0
Refrigeración con BC eléctrica			Valor-EP	Factor de emisión de CO ₂ (CO ₂ equivalente)
Porcentaje de cobertura para la demanda de refrigeración	(Proyecto)	100%	2.7	58.4
Fuente de calor		Electricidad		
Relación de Eficiencia Energética (REE) refrigeración		3.0		
Demanda de energía para refrigeración		1.5	3.9	0.8
Calefacción, refrigeración, agua caliente, electricidad auxiliar y de hogar		110.0	272.8	59.2
Valor-EP total		272.8	kWh/m ² a	
Emisión total equivalente de CO₂		59.2	kg/m ² a	
Calefacción, agua caliente, electricidad auxiliar (ninguna aplicación para el hogar)		85.4	206.0	44.8
Valor EP específico instalaciones		206.0	kWh/m ² a	
Emisión total equivalente de CO₂		44.8	kg/m ² a	
Demanda anual de electricidad proyectada		0	kWh/m ² a	25.0
Valor característico	Cálculo propio	0.0	kWh/m ² a	0.0
Valor-EP específico: ahorro por electricidad solar producida		0.0	kWh/m ² a	
Emisiones de CO₂ ahorradas por electricidad solar		0.0	kg/m ² a	

Dirección General de Bibliotecas de la UAQ