

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de 1976.

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables



Confort Térmico y Ahorro Energético en Vivienda de Monterrey, Nuevo León

TRABAJO DE OBTENCIÓN DE GRADO que para obtener el **GRADO**
de
MAESTRO EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES

Presenta: **JOSÉ ROBERTO CAMARILLO CORTÉS**

Tutor **MTRO. ING. LUIS CARLOS SHAAR VELÁZQUEZ**

Tlaquepaque, Jalisco. julio de 2022.

Resumen

Este Trabajo de Obtención de Grado analizará cómo mejorar el confort térmico al interior de la vivienda de Monterrey, N.L., y reducir el consumo eléctrico de los equipos de climatización mediante un sistema conformado por el diseño arquitectónico y las tecnologías pasivas de la arquitectura vernácula norestense, las tecnologías activas y las energías renovables. En la actualidad las condiciones climáticas del noreste del país son extremas durante la temporada de verano como la invernal. Retomando estrategias de la arquitectura vernácula de la región y trayéndolas a la contemporaneidad se buscará cuales pueden fomentar el confort térmico dentro de la vivienda y en paralelo lograr un ahorro económico derivado del consumo de energía eléctrica de los equipos de climatización. Se analizará tanto vivienda ya construida como vivienda nueva. La metodología que se utiliza es la revisión documental, la entrevista semiestructurada y la observación directa para recopilar información pertinente. Posteriormente mediante el uso de simulaciones energéticas de edificios se analizará cual es el comportamiento de estas estrategias. Se seleccionarán las estrategias que fomenten un mejor desempeño térmico de la vivienda. El consumo de energía eléctrica restante será suministrado por fuentes de energía limpia renovable. La propuesta generada buscará la sustentabilidad ambiental, económica y social de la vivienda regiomontana.

LGAC 3.1: La Innovación en Tecnología para Dispositivos, Equipos y Materiales

MODALIDAD DE TOG ELEGIDA: Proyecto Profesionalizante

CLASIFICACIÓN BARROS SIERRA Áreas de Aplicación a CONACYT

Tecnología de la Construcción (330500); Diseño Arquitectónico (330501); Casas (330514); Tecnología Limpia (330813).

Palabras Claves

Confort térmico; Consumo energético; Arquitectura Vernácula; Climatización; Monterrey, Nuevo León

Programas Nacionales Estratégicos (PRONACES)

Vivienda; Energía y Cambio Climático

Índice

1. PLANTEAMIENTO DEL TEMA	6
1.1 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INNOVACIÓN	6
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMA	6
1.3 IMPORTANCIA DEL PROYECTO	6
2. MARCO CONTEXTUAL Y/O MARCO CONCEPTUAL	7
2.1 ANTECEDENTES EMPÍRICOS DEL TEMA	7
2.2 REFERENCIAS CONCEPTUALES DEL TEMA.....	13
2.2.1 LA SUSTENTABILIDAD	13
2.2.2 VIVIENDA SUSTENTABLE	13
2.2.3 DISEÑO ARQUITECTÓNICO SUSTENTABLE	13
2.2.4 TECNOLOGÍAS PASIVAS.....	15
2.2.5 TECNOLOGÍAS ACTIVAS	15
2.2.6 ENERGÍAS RENOVABLES	15
3. DISEÑO METODOLÓGICO	17
3.1 HIPÓTESIS	17
3.2 PREGUNTAS GENERADORAS	17
3.3 OBJETIVOS.....	17
3.3.1 OBJETIVO GENERAL	18
3.3.2 OBJETIVOS PARTICULARES	18
3.4 POSTURA EPISTEMOLÓGICA	18
3.5 ELECCIÓN METODOLÓGICA	18
3.5.1 Entrevista semiestructurada	19
3.5.2 Observación Directa.....	19
3.5.3 Simulación Computacional	20
4. VIVIENDA DE MONTERREY EN LA ACTUALIDAD, SU COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y CONSUMO DE ENERGÍA DESTINADO A CLIMATIZACIÓN	21
4.1. LA VIVIENDA NUEVA Y LA YA CONSTRUIDA EN MONTERREY.....	21
4.2 ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DE LA VIVIENDA REGIOMONTANA EN LA ACTUALIDAD	22
5. ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS PARA MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO Y LOGRAR EL AHORRO ENERGÉTICO DESTINADO A LA CLIMATIZACIÓN EN MONTERREY.....	23
5.1 ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS APLICABLES A VIVIENDA NUEVA	23
5.1.1 DISEÑO PASIVO	23
5.3.2 MEDIDAS ACTIVAS	26
5.3.3 ENERGÍAS RENOVABLES	26
5.4 ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS APLICABLES A VIVIENDA YA CONSTRUIDA	26
5.4.1 DISEÑO PASIVO	27
5.4.2 TECNOLOGÍAS PASIVAS Y ACTIVAS	27
5.4.3 ENERGÍAS RENOVABLES	28

6. ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE ESTRATEGIAS SELECCIONADAS MEDIANTE SOFTWARE	29
6.1 SIMULACIÓN DE VIVIENDA YA EXISTENTE	32
6.1.1. PROPUESTA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA LIMPIA	38
6.1.2 COSTOS	41
6.2 SIMULACIÓN DE VIVIENDA NUEVA	42
6.1.2 Propuesta de Energía Limpia para Vivienda Nueva	49
7. CONCLUSIONES FINALES	51
Bibliografía	55
ANEXOS	56

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría y por darme las herramientas necesarias para ampliar mi conocimiento.

A mi tutor, el Mtro. Luis Carlos Shaar Velázquez, por sus conocimientos, por siempre alentarme a seguir adelante, por darme la confianza necesaria, por su guía certera, por no dejarme titubear y por su paciencia a lo largo de todo este proceso.

A mis profesores de este programa de maestría, el Mtro. Oscar Castro, el Dr. Rodrigo Flores, el Mtro. Francisco Álvarez, el Dr. Arturo Gleason, el Dr. Heliodoro Ochoa, el Dr. Israel Tovar, la Dra. Maru Ibararán y la Mtra. Nadia Ayala por compartirme su conocimiento, por su profesionalismo, su visión humana y su pasión por la sustentabilidad.

A la Dra. Mónica Solórzano y Lic. Yunen Alcaraz por siempre estar al tanto de nosotros y nuestra formación en este programa.

A mi padre y mi madre por acompañarme a lo largo de todo este tiempo, por su amor infinito y por su apoyo incondicional. Esta maestría no habría sido posible sin ustedes, los amo.

Al Dr. Gerardo Guízar, a la Dra. Sofía Flores y a la Mtra. Selene Velázquez por brindarme su apoyo, su conocimiento, su confianza y su entusiasmo en todo momento.

A Jorge Guillén por acompañarme durante todo este camino.

A mis compañeros Michelle, Rosa María, Christopher, Elena, Fernanda, Vanessa y Esteban por convertirse en mis grandes amigos, por su alegría, por su apoyo y por las risas que acompañaron este proceso.

1. PLANTEAMIENTO DEL TEMA

1.1 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INNOVACIÓN

Se buscará generar un modelo de vivienda dentro de la ciudad de Monterrey que pueda ser aplicable a la vivienda ya construida y a proyectos futuros de vivienda nueva. Dentro de estos modelos generados se buscarán cuales estrategias de la arquitectura vernácula pueden ser aplicadas en la contemporaneidad para fomentar el confort térmico de la vivienda y lograr un ahorro energético en el consumo de energía eléctrica. Se recurrirá a la energía fotovoltaica para la generación de energía limpia renovable de la vivienda. Esta energía limpia alimentará el consumo restante después de la aplicación de las técnicas pasivas y la selección de materiales a los modelos de vivienda simulados.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMA

Mediante la aplicación de estrategias de diseño arquitectónico, el uso de materiales de la región y la implementación de estrategias pasivas se pueden mejorar las condiciones de confort al interior de la vivienda regiomontana. El insuficiente confort térmico de los habitantes se deriva de dos condiciones extremas: temperaturas altas en verano y bajas en invierno. El consumo de energía constante de los equipos de climatización en el hogar será cada vez más frecuente debido a las condiciones que enfrentamos del calentamiento global. El costo del suministro de energía también han presentado aumento.

1.3 IMPORTANCIA DEL PROYECTO

"Se ha relacionado que el clima tiene efectos negativos sobre el hombre que afectan su productividad, salud mental, y energía física. En algunos casos puede generar problemas de tensión, dolor, enfermedad e inclusive la muerte"(Olgay, 1998).

El modelo de vivienda que se presentará busca ser aplicable a viviendas de la ciudad que cuenten con características similares al caso de estudio y ser una metodología de diseño para la vivienda nueva. De esta manera mejorar la calidad de vida de los habitantes y disminuir los consumos de energía eléctrica de la vivienda destinada a la climatización. Al reducir los consumos de energía eléctrica se combatirá el cambio climático mediante la reducción de gases de efecto invernadero. El cambio en la cultura de consumo de la población tendrá efectos positivos en el medio ambiente.

Como arquitectos, en la actualidad, no podemos dejar de lado la sustentabilidad aplicada a nuestros proyectos y tomar en cuenta las condiciones climáticas de la región del emplazamiento.

2. MARCO CONTEXTUAL Y/O MARCO CONCEPTUAL

2.1 ANTECEDENTES EMPÍRICOS DEL TEMA

"Lo tradicional se nos presenta como una forma de resistencia cultural, pero también como una forma de mantener la congruencia constructiva ante las condiciones medioambientales de las regiones" (García López, 2015)

La región noreste del país está comprendida por los estados de Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila. Los antiguos pobladores de la región supieron observar su entorno y adaptar su vivienda a las condiciones climáticas de la región mediante el diseño arquitectónico, el uso de materiales que se encuentran naturalmente en la zona e implementando estrategias pasivas para mantener la vivienda fresca en verano y cálida en invierno.

El uso de los patios interiores y los terrados generaba confort térmico al interior de la vivienda vernácula. Los materiales como el adobe, el caliche y la cal también pueden seguir implementándose en la vivienda contemporánea.

El estudio del pasado para esta investigación no significa que debamos retomarlo por completo en nuestro tiempo. Las condiciones socioeconómicas y territoriales son distintas. Pero la constante es el clima. La tarea aquí será la reinterpretación de los aciertos logrados para ser traídos a la contemporaneidad como estrategias de apoyo que fomenten el confort térmico dentro de la vivienda actual y se logre la disminución del uso de equipos de climatización activos para el ahorro energético.

"Al nosotros conocer, investigar, observar la arquitectura tradicional es saber que hicieron bien para traérselo ahora a la contemporaneidad" (Velázquez. 2021).

Sin hacer uso de tecnologías activas de climatización era posible construir viviendas que mantenían el confort mediante técnicas pasivas de ventilación, un diseño arquitectónico pertinente a las condiciones de la región y haciendo uso de los materiales que la misma tierra proveía. Estas técnicas se han diluido con el paso del tiempo a medida que Monterrey, al ser una ciudad industrial, favorece los materiales y técnicas más novedosas, pero que no siempre son sustentables para el entorno. El progreso será algo que no podemos detener, pero podemos aprender de la arquitectura vernácula, reutilizarla y reinterpretarla para lograr un futuro sustentable para la vivienda de la ciudad.

POSIBLES SOLUCIONES HISTÓRICAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Terrado

Esta técnica tiene un pasado europeo. Los antiguos conquistadores la implementaron en el noreste de México que tiene condiciones climáticas similares a España. El terrado es un techo de tierra, simplemente se utilizan vigas de madera que tienen una sección mucho mayor en comparación con las que se utiliza en otros tipos de cubiertas. Se colocan tablas, losetas de barro y a partir de ello tierra, tierra compactada inerte, gravilla, cal y posteriormente en la parte superior un entortado de cal y arena.

Patios Interiores

Los patios logran mejorar el confort térmico de la vivienda reduciendo los problemas derivados del calor seco de la región. Es común encontrar vegetación que provea de sombra y cuerpos de agua que generan un microclima. No se deben dejar de lado los efectos benéficos a la psique de los habitantes (Sotelo García, 2009). La iluminación, la ventilación y pozos de reabsorción hacia los mantos freáticos son algunos de los beneficios que promueven los patios interiores (Velázquez, 2021).

Alturas

La altura de los espacios habitables que podemos encontrar dentro de la arquitectura vernácula favorece que el aire caliente se mantenga en la parte alta, mientras el aire fresco se mantiene a la altura donde se desarrollan las actividades de los habitantes. (Velázquez, 2021)

Pretilos

Los pretilos altos también son una respuesta al clima. Provocan sombras en las azoteas para disminuir las temperaturas que se transfieren al interior.

Acabado aborregado

Su función principal es quebrar los rayos del sol y así lograr que las temperaturas al interior de los espacios habitables sean más frescas.

Ventanas pequeñas

Hacer uso de ventanas pequeñas evita la incidencia del calor al interior de la vivienda.

MATERIALES

El suelo es arcilloso debido al pasado marino de la región; también encontramos rocas sedimentarias como el caliche. Los antiguos pobladores podían hacer adobes y labrar sillares para elaborar sus viviendas.

Los techos y los muros verdes podrían parecer una opción sustentable en las viviendas construidas con materiales de tierra. Pero no es así, ya que las raíces de la vegetación parasitaria provocan la falla de los elementos constructivos (Velázquez, 2019).

Adobe

Como podemos observar en la Tabla 1 (López López, Beltrán Ramírez, Sosa Tinoco, Encinas Pablos, & López Chávez, s.f.) la vivienda construida con adobe genera un gasto energético derivado de la climatización menor en comparación con las viviendas construidas con ladrillo y bloque de cemento-arena.

TABLA 1

GASTO ENERGÉTICO VIVIENDA POR TIPO DE MATERIAL DESTINADO A LA CLIMATIZACIÓN (kWh)													
MATERIAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
LADRILLO 15 cms	98	123	183	259	384	542	616	575	542	481	263	157	4221
BLOCK 12 cms	120	140	190	270	410	560	630	590	560	510	270	170	4430
ADOBE 30 cms	108	122	168	204	257	353	408	390	372	329	216	161	3088

Comparativa de gasto energético destinado a climatización en la vivienda dependiendo su material de construcción

Fuente: (López López, Beltrán Ramírez, Sosa Tinoco, Encinas Pablos, & López Chávez, s.f.)

El adobe es comúnmente utilizado para la construcción de la vivienda vernácula norestense. Una de las mayores ventajas del adobe es que no necesita de grandes procesos industriales para su fabricación, lo que representa un ahorro energético al momento de su elaboración. Es un material que posee propiedades como aislante acústico y control térmico. Otra ventaja de la construcción con adobe es su capacidad de reintegrarse al medio ambiente cuando la construcción es demolida.

“El adobe es un material muy sensible a la humedad, su absorción varía entre 0 a 4%, pero no debería exceder el 4%. En cuanto a su comportamiento térmico, es posible decir que es un material higroscópico pues tiene la capacidad de mantener el calor o el frío, su coeficiente de conductividad varía entre 0,46 y 0,81 W/mK, por esta razón puede asimilarse a un material aislante.” (Achig & Moscoso, s.f.)

Se tiene el concepto erróneo que la arquitectura de tierra, como el adobe, responde a las necesidades de las personas de un nivel socioeconómico bajo. En la actualidad la construcción de la vivienda con blocks de adobe responde a las exigencias de personas con un nivel socioeconómico alto. Esto hace una paradoja económica en el péndulo del tiempo.

Una de las principales líneas de investigación del por qué el uso del adobe se ha perdido es el tiempo de fabricación; si lo comparamos contra el tiempo que toma la fabricación del block de concreto el adobe es más lento. En las sociedades del siglo XX, en especial en Monterrey que es una ciudad predominantemente industrial, se favorece el uso de materiales y tecnologías que lleven un tiempo de fabricación más corto.

Sillar de Caliche

IMAGEN 1



Patio interior del Museo Estatal de Culturas Populares de Nuevo León

Fuente: elaboración propia

Es una roca sedimentaria compuesta por gravas, arcillas, limo y carbonato de calcio. Es endémica de la región y podemos encontrar grandes construcciones como el Templo de Nuestra Señora de los Dolores en el centro de Monterrey, lo que nos habla de la resistencia del material para elaborar edificios de mayor altura que el adobe.

Block de Calceniza

Otro material de construcción con buenas propiedades térmicas que analiza Ruiloba es el block de calceniza.

Este material lo encontramos en la zona carbonífera de Coahuila y su uso se ha visto favorecido a partir de los años sesenta. Para su fabricación se extrae el carbón y posteriormente se quema. El residuo, que cuenta con mayores propiedades caloríficas, es convertido en cenizas que rescatadas se mezclan con agua y cal para ser posteriormente moldeados en un molde metálico que permite la fabricación de dos bloques cada uno (Ruiloba, 2020).

Cal

Es un material conocido por integrarse al ambiente de manera favorable y se ha utilizado por siglos en la construcción de elementos constructivos. Proviene de la caliza, que es una roca sedimentaria, que al calcinarse se transforma en óxido de calcio y responde al nombre de cal viva. Cuando se le agrega agua se hidrata y forma hidróxido de calcio también denominado cal hidratada. La cal puede ser utilizada como impermeabilizante en cubiertas y debido a su color blanco reflejará los rayos solares evitando la incidencia del calor al interior de la vivienda. La impermeabilización con cal también favorece la captación de CO_2 en pequeñas cantidades debido a su proceso de recarbonatación.

IMAGEN 2



Altura en crujía del Museo Estatal de Culturas Populares de Nuevo León

Fuente: elaboración propia

Algunas recomendaciones para la impermeabilización con cal son: ser utilizadas en superficies vírgenes que no hayan recibido un tratamiento de impermeabilización anterior, la mezcla no debe almacenarse y se debe evitar el lavado o tallado de la superficie. (Alcázar Tovar, s.f.).

Es un material altamente maleable y tiene un tiempo de fraguado mayor que el del concreto.

Sistema híbrido de marcos de concreto, techos verdes con cielo raso.

Vegetación de Hojas Caducifolias

En verano los árboles estarán tupidos lo que generará un microclima y sombra. En invierno sus hojas caerán y permitirán una mayor incidencia solar lo que calentará los elementos constructivos.

La primera estrategia de la arquitectura vernácula que se puede reinterpretar e implementar en vivienda nueva de Monterrey es el uso de los patios interiores (ver imagen 1) para generar un microclima que fomente la ventilación natural de los espacios interiores. Esta estrategia de diseño arquitectónico colateralmente promueve la iluminación natural de los locales habitables y será un espacio de captación de agua de lluvia para ser reabsorbida al manto freático.

IMAGEN 3



Pintura a la cal en el Museo Estatal de Culturas Populares de Nuevo León
Fuente: elaboración propia

Los patios interiores poseen vegetación o cuerpos de agua como pozos y fuentes. Todo esto en función de generar un microclima fresco al interior de la vivienda. Si bien en la actualidad la ciudad de Monterrey no dispone de la amplitud del territorio para generar las grandes casonas y el número de habitantes ha ido en aumento, el uso de los patios interiores a una menor escala dentro de los nuevos proyectos será una estrategia de diseño que abone al diseño contemporáneo para lograr el confort térmico sin el uso de equipos de climatización.

La siguiente estrategia que puede ser retomada para la construcción de vivienda nueva en la actualidad es el uso de las grandes alturas (ver imagen 2).

El uso de ventanas pequeñas en el diseño de la vivienda nueva de Monterrey también ayudará a evitar la incidencia de los rayos del sol al interior de la vivienda que la hagan aumentar la carga térmica.

También podemos hacer uso de la cal como

impermeabilizante y como recubrimiento en muros tanto en vivienda nueva como en vivienda ya existente (ver imagen 3). Esta técnica es sencilla de implementar, pero debemos de contar con mano de obra calificada que conozca el procedimiento de aplicación de la cal, tanto en muros como en la losa de azotea. Es un material ecológico y no contaminante lo cual abona a las técnicas sustentables de la edificación.

Otra técnica para reflejar la radiación solar que pudimos observar en el Museo Estatal de Culturas Populares de Nuevo León fue el uso de colores claros en la pintura de su fachada

IMAGEN 4

Materiales que se encuentran naturalmente en la región pueden ser implementados tanto para vivienda nueva como para vivienda ya existente (ver imagen 4). De esta manera se construirá una casa térmica que se mantenga fresca en verano y cálida en invierno. Cuando estas viviendas cumplan con su ciclo de vida, los materiales de construcción con los que fueron hechas como el sillar de caliche y el adobe se reintegrarán de manera natural y sustentable a la tierra.



Muro de adobe en el Museo Estatal de Culturas Populares de Nuevo León

Fuente: elaboración propia

Los principales hallazgos de los antecedentes empíricos del tema son:

1. Uso de las formas arquitectónicas rectangulares de la arquitectura tradicional aplicada a la contemporaneidad.
2. Agrupamiento de crujías de la arquitectura vernácula para reducir la exposición del edificio al interior de la vivienda. Reinterpretar para la construcción de viviendas nuevas.
3. Uso de grandes alturas para mantener los espacios frescos debido a la densidad del aire.
4. Uso de ventanas pequeñas para la vivienda nueva con base en la arquitectura vernácula norestense.
5. Replanteamiento de la implementación de los patios interiores para la vivienda nueva y la posible reutilización de las azoteas vegetadas en viviendas ya construidas para la generación de microclimas que promuevan el confort térmico de los habitantes al interior de la vivienda sin necesidad del uso de equipos de climatización.

6. Utilización de elementos de sombreado como los pretiles altos y los árboles de hoja caducifolia para evitar las ganancias térmicas provenientes de los rayos solares.
7. Uso de la cal como recubrimiento en muros y como impermeabilizante en azoteas tanto de vivienda nueva como de vivienda ya construida.
8. Utilización de la arquitectura de tierra como el adobe y el sillar de caliche para lograr el confort térmico.
9. Elementos mecánicos para que el techo verde se pueda mover y/o quitar.

2.2 REFERENCIAS CONCEPTUALES DEL TEMA

2.2.1 LA SUSTENTABILIDAD

"El término "sustentabilidad" sufrió diferentes transformaciones a lo largo del tiempo hasta llegar al concepto moderno basado en el desarrollo de los sistemas socioecológicos para lograr una nueva configuración en las tres dimensiones centrales del desarrollo sustentable: la económica, la social y la ambiental. " (Calvente, 2007)

El objeto de innovación de este trabajo de obtención de grado busca cumplir con las tres dimensiones de la sustentabilidad, que sea un proyecto que sea económicamente viable, responda a las condiciones sociales de la región y ayude a reducir los impactos ambientales.

2.2.2 VIVIENDA SUSTENTABLE

La Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) define la vivienda sustentable de la siguiente manera:

"Se considera a la vivienda construida tomando en cuenta aspectos de sustentabilidad como diseño bioclimático y eficiencia energética, esto último, mediante la incorporación de tecnologías sustentables definidas en un paquete básico referidas a: Gas, Electricidad y Agua, para obtener ahorros en: consumo de energía, pagos de servicios (gas, electricidad y agua) y emisiones de CO₂e." (Comisión Nacional de Vivienda, s.f.)

La arquitectura vernácula hacía uso de tecnologías pasivas para lograr el confort térmico de los usuarios en un tiempo en el que los equipos de climatización no estaban disponibles. Eran tecnologías sencillas que se aprendían e implementaban empíricamente al momento que los usuarios adaptaban las necesidades de la vivienda ante las condiciones de la región. En la actualidad disponemos de nuevas tecnologías y materiales que pueden apoyarnos a lograr la sustentabilidad de la vivienda.

2.2.3 DISEÑO ARQUITECTÓNICO SUSTENTABLE

El diseño sustentable de un edificio se puede lograr mediante la lógica de cuatro niveles. El primer nivel es el diseño arquitectónico; depende de todas las decisiones que son tomadas en cuenta al momento del diseño de cualquier edificio. Cuando el diseñador implementa estrategias de diseño el edificio puede lograr el 60% de sus requerimientos de calefacción, climatización e iluminación. (Lechner, 2015)

Este eje de diseño hace uso de estrategias como la forma arquitectónica adaptada al contexto climático de la región, la correcta orientación solar, elementos de sombreado, la selección de los materiales mas adecuados, el aislante térmico necesario y, finalmente, la selección de los colores de la fachada que permitan su correcta captación o reflexión.

Muros: Cuando los exteriores de las viviendas están pintados con colores oscuros absorben entre 70% y 90% de la energía solar por radiación, la cual se transmite al interior por conducción y esto genera una ganancia de calor. Por esta razón se recomiendan los colores claros, pues estos reflejan el calor y lo dejan fuera de la vivienda. El color en muros no es tan importante como en techos, sin embargo, es mejor utilizar colores claros en las orientaciones este, oeste y sur. En el caso de los lugares ubicados entre los trópicos es necesario también pintar de claro la fachada norte. Algo importante es mantener la calidad de la pintura para que esta estrategia funcione.

Techos: Aproximadamente, una tercera parte del calor por radiación se obtiene a través del techo, y esto es muy difícil de controlar cuando se trata de materiales tradicionales; por ello, es importante incluir el sistema de aislamiento, así como considerar también el uso de colores claros (el color aluminio o plata es altamente recomendable).

Ventanas: El vidrio claro o sencillo representa una gran oportunidad que el calor entre en la vivienda por radiación solar directa o bien por conducción. Aproximadamente, 40% de la ganancia de calor en la vivienda proviene de las ventanas; por ello, se recomienda una buena orientación y la selección de elementos de sombreado, así como el uso de ventanas con capas o películas protectoras del sol, de vegetación que permita el sombreado por temporadas o acudir al financiamiento que se explica mas adelante para poner un doble vidrio. Si se pretende tomar ventaja de la ganancia de calor en invierno, en climas fríos o extremosos, no se recomienda utilizar ventanas con capas o películas reflejantes en aquellas que están orientadas al sur.

Bloquear el Calor. Hay dos formas de bloquear el calor: por medio del aislamiento térmico y mediante el uso de elementos de sombreado. El aislamiento ayuda a mantener la vivienda confortable y ahorra dinero, pues reduce el consumo de aire acondicionado o de ventiladores. El uso de aislantes y el sellar los puntos de filtraciones de aire protegen la vivienda contra el calor de verano y el frío del invierno. Los elementos de sombreado permiten bloquear los rayos solares. El sombreado por medio de arboles, arbustos o vegetación crean un microclima que reduce la temperatura hasta 5 °C en los alrededores de la vivienda. Durante la fotosíntesis, grandes cantidades de vapor de agua se escapan a través de las hojas y enfrían el aire y las hojas, por lo general, absorben la radiación solar. También se recomienda plantar pasto, pequeñas plantas y arbustos, pues en verano permiten obtener una temperatura fresca, a diferencia de un suelo sin vegetación.

Los **elementos de sombreado**, tanto interiores como exteriores, controlan la ganancia de calor. Los exteriores son más efectivos que los interiores porque bloquean el sol antes de que entre por la ventana. Es recomendable que antes de seleccionar estos elementos de sombreado, examinar cómo funcionan, cómo

se abren y se cierran, saber si sólo se colocan en temporada de calor y asegurar de que no interfieran con la ventilación. Los elementos de sombreado en exteriores incluyen persianas verticales u horizontales, aleros, cortinas enrollables, partesoles, pantallas, celosías y remetimientos, entre otros. (CONAFOVI, 2006)

2.2.4 TECNOLOGÍAS PASIVAS

El segundo nivel involucra el uso de energías naturales como métodos de climatización, calefacción e iluminación pasiva. El uso apropiado de estas tecnologías tienen la capacidad de reducir el consumo energético del edificio en un 20%. (Lechner, 2015) Un ejemplo de este tipo de tecnologías para analizar en el contexto regiomontano son las torres de enfriamiento y la ventilación cruzada.

2.2.5 TECNOLOGÍAS ACTIVAS

"Para saber por dónde se debe iniciar con el ahorro de energía eléctrica hay que conocer cómo se consume la energía y algunos aspectos básicos relacionados con dicho consumo." (Álvarez Partida, Shaar Velázquez, & Flores Elizondo, 2017)

El tercer nivel consiste en la selección de equipos eléctricos y mecánicos para que funcionen de la manera más eficiente posible. La correcta implementación de las tecnologías pasivas puede recortar el consumo de energía hasta en un 5% más. (Lechner, 2015)

"Un equipo de aire acondicionado que opera en base a sus especificaciones técnicas, tiene su mayor consumo de energía eléctrica cuando requiere inyectar aire frío para compensar la temperatura del cuarto establecida por el usuario en el termostato. Para lograr esto, el compresor de estos equipos solo debería operar entre el 40% y 50% del tiempo que se utiliza climatización artificial. Si la temperatura de operación se establece a la mínima temperatura de la escala disponible en el equipo, el compresor no para y se consume más del doble de la energía requerida, además de la posibilidad de ocasionar daños al equipo a mediano plazo.

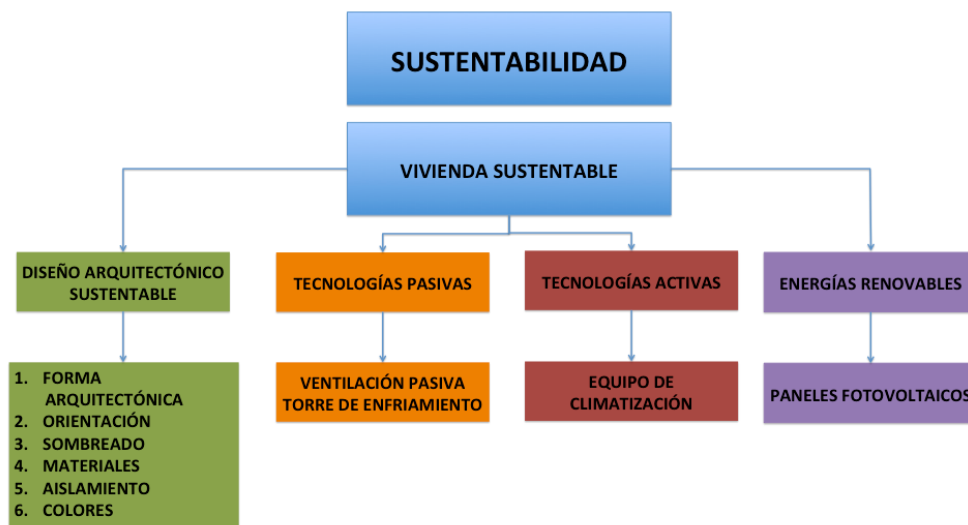
La experiencia permite afirmar que, estableciendo la temperatura de operación de un equipo de aire acondicionado entre 24°C y 25°C, se genera confort a las personas y se obtiene además que el equipo opere en condiciones óptimas de consumo eléctrico." (Álvarez Partida, Shaar Velázquez, & Flores Elizondo, 2017)

2.2.6 ENERGÍAS RENOVABLES

"En la actualidad se ha hecho más común el empleo de métodos alternos para la generación de energía, éstos se han popularizado como energías limpias o renovables, las cuales han tenido una gran aceptación en los últimos años." (Gómez Dávalos, 2018)

El 15% de la energía restante requerida por un edificio puede ser suministrada por fuentes renovables. (Lechner, 2015). En el caso de la vivienda ya existente y la nueva planteada en este Trabajo de Obtención de Grado esta energía será generada por paneles solares fotovoltaicos los cuales generarán energía limpia de fuente renovable, en este caso el sol.

GRÁFICO 1



Esquema de Referencias Conceptuales
Elaboración Propia

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 HIPÓTESIS

1.- En climas cálidos extremos es posible alcanzar la temperatura de confort de una vivienda combinando la selección adecuada de los materiales de la envolvente, el diseño del flujo de ventilación y de un sistema de climatización mecánica que sólo apoye los puntos anteriores.

2.- Es posible lograr un ahorro significativo de la energía destinada al enfriamiento y calefacción de la vivienda mediante un correcto diseño arquitectónico y técnicas pasivas reinterpretadas de la arquitectura vernácula del noreste mexicano.

3.2 PREGUNTAS GENERADORAS

3.2.1 PREGUNTA CENTRAL

¿Cómo lograr el confort térmico y el ahorro de energía eléctrica en la vivienda de Monterrey, N.L.?

3.2.2 PREGUNTAS SECUNDARIAS

1. ¿Cómo afectará el diseño arquitectónico con base en un diseño solar el confort térmico dentro de la vivienda?
2. ¿Cuáles son los materiales adecuados y los aislantes térmicos más indicados para utilizar en la envolvente con base en las condiciones climáticas de la región?
3. ¿Cuáles son las tecnologías pasivas de climatización que mejor pueden apoyar al diseño arquitectónico para reducir la carga térmica de la vivienda al mínimo?
4. ¿Cuáles son las tecnologías activas más eficientes disponibles que puedan hacer frente a la carga térmica después de ser disminuida por el diseño arquitectónico y las tecnologías pasivas?
5. ¿Qué energías renovables y sus tecnologías se adaptan mejor a la región climática de Monterrey?

3.3 OBJETIVOS

3.3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta combinada entre diseño arquitectónico, tecnologías pasivas, tecnologías activas y el uso de energías renovables de la vivienda de Monterrey N.L. para lograr el confort térmico y el ahorro de energía.

3.3.2 OBJETIVOS PARTICULARES

1. Definir el área de estudio y las posibles aplicaciones de diseño arquitectónico, tecnologías pasivas, tecnologías activas y fuentes de energías renovables tanto para vivienda ya construida como para vivienda nueva.
2. Definir propuestas de mejora a vivienda ya construida y lineamientos para vivienda nueva en Monterrey.
3. Analizar mediante un software especializado las mejoras que la sustentabilidad puede aportar a la vivienda de Monterrey en cuanto a diseño arquitectónico, tecnologías pasivas, tecnologías activas y energías renovables.

3.4 POSTURA EPISTEMOLÓGICA

"Toda investigación se hace desde una postura epistemológica, es decir, desde una manera de entender qué es la realidad, el conocimiento, y como se construye éste." (Vargas Beal, X., 2011).

El proyecto adquiere una postura predominantemente POSITIVISTA, ya que el paradigma del conocimiento es la posesión de una verdad objetiva e irrefutable, donde la realidad es observable y medible (Vargas Beal, X., 2011). El confort térmico y el ahorro de energía de la vivienda requieren obtención de datos concretos con base en mediciones y cálculos; por lo tanto se pretende demostrar una verdad ya existente. Al involucrar la percepción térmica de los usuarios también se aborda el paradigma HERMENÉUTICO en el que la realidad es subjetiva e interpretable. La postura epistemológica de esta investigación será MIXTA, predominantemente positivista.

3.5 ELECCIÓN METODOLÓGICA

La metodología puede identificarse como mixta y predominantemente cuantitativa. De acuerdo a Vázquez Ramírez la metodología establece las fases, momentos y los niveles que el investigador utiliza para comprender su objetivo de estudio y cumplir los objetivos que se ha establecido en su tarea de indagación.

“Para poder llevar a cabo las evaluaciones, existen herramientas de simulación computacional con las que se puede evaluar el consumo de energía y el confort térmico de edificios. Éstas herramientas son relativamente rápidas, de bajo costo y precisas. En la simulación computacional se utilizan modelos matemáticos que representan los procesos dinámicos de transferencia de energía y masa que en determinado momento afectan a los edificios.”(Mendoza Cárdenas, 2016)

Se llevarán a cabo simulaciones que nos permitirán obtener datos del comportamiento térmico de la vivienda y el consumo de energía eléctrica derivados de la climatización, la calefacción, la iluminación y las cargas por equipos. Estas herramientas computacionales nos permitirán analizar los consumos energéticos, las actividades de los usuarios en los distintos espacios, el tiempo de uso, los materiales de la construcción y las condiciones climáticas del entorno.

Para poder alimentar los datos de entrada requeridos por el programa Design Builder es necesario identificar los bloques que componen la vivienda y los materiales que se utilizan en la construcción de viviendas en Monterrey.

Lo siguiente será hacer modificaciones en los datos de entrada para evaluar distintas orientaciones, materiales, superficies acristaladas, etc. Todas estas estrategias de diseño afectarán el nivel de consumo de energía de la vivienda y el confort térmico de la misma.

3.5.1 Entrevista semiestructurada

La entrevista semiestructurada consiste en realizar una serie de preguntas al usuario de la vivienda como a expertos en el tema.

Dicha entrevista nos ayudará a conocer de primera mano las nociones de sustentabilidad que tiene el usuario, su concepto de confort térmico y las medidas en que él considera se pueden llegar a ahorros económicos en el consumo de energía eléctrica. También mediante esta entrevista podemos acceder a datos de importancia como el consumo mensual de energía eléctrica si el usuario nos permite el acceso a los recibos de luz.

La entrevista semiestructurada también será dirigida a expertos en los temas tratados en la metodología. Con base en sus conocimientos se podrán ampliar las áreas de conocimiento para llegar a un diseño sustentable integral.

3.5.2 Observación Directa

Son registros que realiza el investigador directamente en el sitio de interés. Se levantará un registro detallado de los objetos, conductas individuales o sociales, procedimientos o relaciones. Con ella se busca una descripción de la realidad. (Vargas Beal, 2011)

Se hará una observación directa del Museo Estatal de Culturas Populares de Nuevo León para identificar las estrategias que la arquitectura vernácula utilizaba para mantener el confort térmico.

3.5.3 Simulación Computacional

“Con frecuencia la manera más confiable de obtener información en relación a un proceso físico es mediante mediciones reales. Sin embargo, la mayoría de las veces una investigación experimental requiere de equipos de medición costosos y, como en el caso de la simulación energética de edificaciones, de largos periodos de medición para evaluar de manera apropiada el desempeño térmico del edificio.”
(Mendoza Cárdenas, 2016)

Mediante el uso del software Design Builder, que se basa en el estándar ASHRAE 90.1 2010, para la simulación energética se generarán escenarios para evaluar el desempeño de las estrategias retomadas de la Guía CONAFOVI y la arquitectura vernácula del noreste. Esto nos permitirá predecir teóricamente el comportamiento térmico de la vivienda y el consumo de energía eléctrica destinada a la climatización.

4. VIVIENDA DE MONTERREY EN LA ACTUALIDAD, SU COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y CONSUMO DE ENERGÍA DESTINADO A CLIMATIZACIÓN

4.1. LA VIVIENDA NUEVA Y LA YA CONSTRUIDA EN MONTERREY

El Área Metropolitana de Monterrey esta conformada por doce municipios:

- Apodaca
- Cadereyta de Jiménez
- García
- San Pedro Garza García
- General Escobedo
- Guadalupe
- Juárez
- Monterrey
- Salinas Victoria
- San Nicolás de los Garza
- Santa Catarina
- Santiago

De acuerdo al Censo llevado a cabo por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2020 los municipios con mayor número de viviendas habitadas son Monterrey, Guadalupe, Apodaca, Juárez, General Escobedo, San Nicolás de los Garza, García, Santa Catarina y San Pedro Garza García. La suma total de viviendas habitadas en estos municipios que conforman la zona metropolitana es de 1,315,983 unidades (INEGI, 2020).

Con base en datos obtenidos de la Encuesta Nacional de Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI) se estima que el 48.1% de los hogares en la región cálida seca a la cual pertenece el Área Metropolitana de Monterrey cuentan con equipos de climatización. (SENER, 2018) Sacando este porcentaje de viviendas de lo obtenido del CENSO 2020 se calcula que 632,988 viviendas cuentan con equipo de climatización para lograr el confort térmico al interior.

Las dimensiones mínimas establecidas para la vivienda regiomontana se encuentran establecidas en La Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León. De acuerdo al Art. 204 de la Ley el frente mínimo de la vivienda unifamiliar será de 7 metros lineales y 14 metros de profundidad. El área mínima para la vivienda unifamiliar será de 98 metros cuadrados. Los lotes con medidas mínimas deberán destinar mínimo 37 metros cuadrados de área libre y quince metros cuadrados de estacionamiento.

La vivienda media a la cual está destinada este trabajo de obtención de grado tiene una superficie construida promedio de 102 m². Los cuartos con los que cuenta serán 2 baños, cocina, sala, comedor, 2 a 3 recámaras, cuarto de servicio y 1 ó 2 cajones de estacionamiento. (SEDATU & CONAVI, 2017)

4.2 ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DE LA VIVIENDA REGIONAL MONTAÑA EN LA ACTUALIDAD

Algunas sugerencias de climatización para la viviendas ubicada en el bioclima cálido seco que recomienda la CONAFOVI son los siguientes (CONAFOVI, 2006):

Meses fríos (diciembre a marzo):

- Calentamiento directo por la mañana e indirecto por las tardes.
- Inercia térmica de la envolvente.
- Mínimo contacto del edificio con el medio ambiente.
- Evitar infiltraciones.
- Evitar vientos fríos de invierno.

Durante los meses de meses en transición (abril, mayo y noviembre):

- Ventilación adecuada para el control higrométrico.
- Humidificación por las tardes.

Meses de calor (julio a octubre):

- Evitar ganancias solares, directas e indirectas.
- Espacios enterrados, semienterrados, taludes.
- Formas compactas y contiguas.
- Áreas exteriores protegidas (microclimas con patios).
- Ventilación natural con tratamiento previo (enfriamiento y humidificación).

5. ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS PARA MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO Y LOGRAR EL AHORRO ENERGÉTICO DESTINADO A LA CLIMATIZACIÓN EN MONTERREY

5.1 ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS APLICABLES A VIVIENDA NUEVA

Con base en las estrategias retomadas de la arquitectura vernácula del noreste y las planteadas por la CONAFOVI las aplicadas a la propuesta de vivienda nueva en Monterrey serán las siguientes:

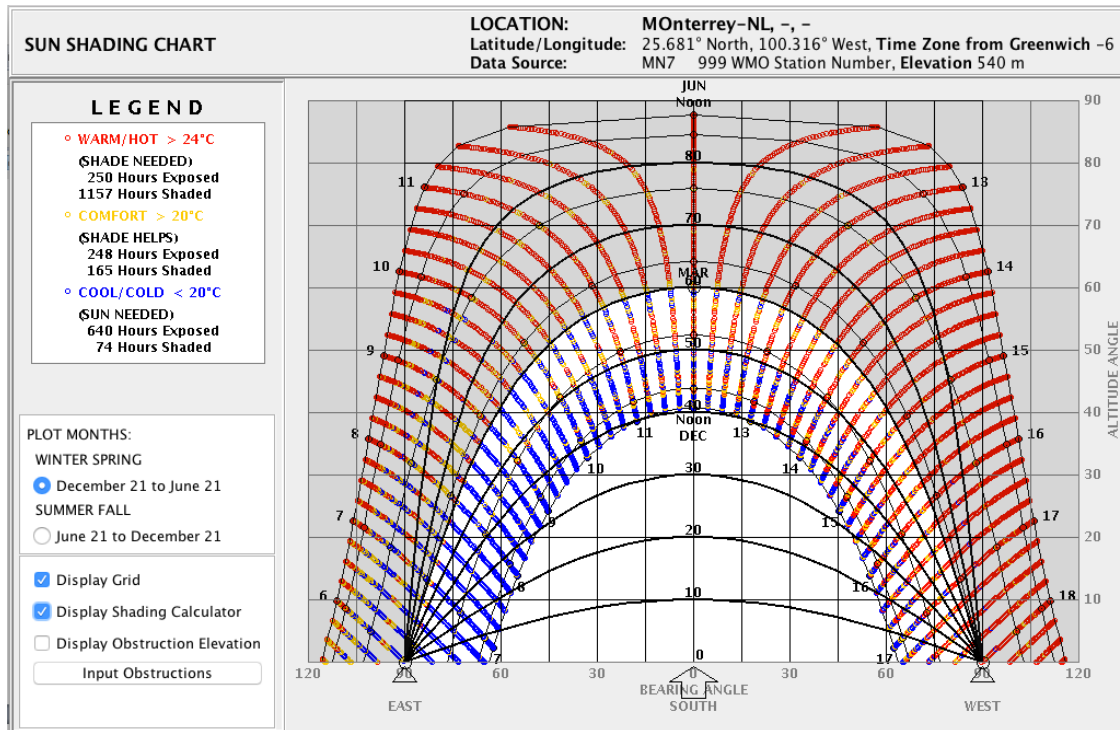
1. Se evitarán ganancias solares directas e indirectas mediante elementos de sombreado que protejan el interior durante el verano pero que lo permitan en los meses de invierno.
2. Se protegerán las azoteas para evitar ganancias solares mediante la revitalización de estos espacios. Estos espacios podrán ser adaptados para generar una dinámica que permita a los ocupantes tener un espacio de esparcimiento mientras la radiación solar es bloqueada antes de llegar a las habitaciones.
3. Los patios interiores serán reinterpretados y ajustados a las dimensiones de la vivienda actual regiomontana para la generación de un microclima que ayude a mantener frescos los espacios habitables durante los periodos cálidos.
4. La forma de la vivienda será pensada para fomentar el uso de la ventilación pasiva y así reducir los requerimientos de energía eléctrica destinada a climatización.
5. La altura de los espacios habitables será una reinterpretación de los que hacía uso la arquitectura vernácula para mantener el aire fresco en el plano útil de los locales.

Las estrategias antes mencionadas buscarán el confort térmico y el ahorro energético de la vivienda nueva.

5.1.1 DISEÑO PASIVO

El diseño de la vivienda nueva regiomontana debe aprovechar las sinergias entre la propuesta de diseño arquitectónico, retomando conceptos de la arquitectura vernácula del noreste, y las características del sitio para minimizar el consumo de energía y mejorar el confort térmico.

GRÁFICO 2



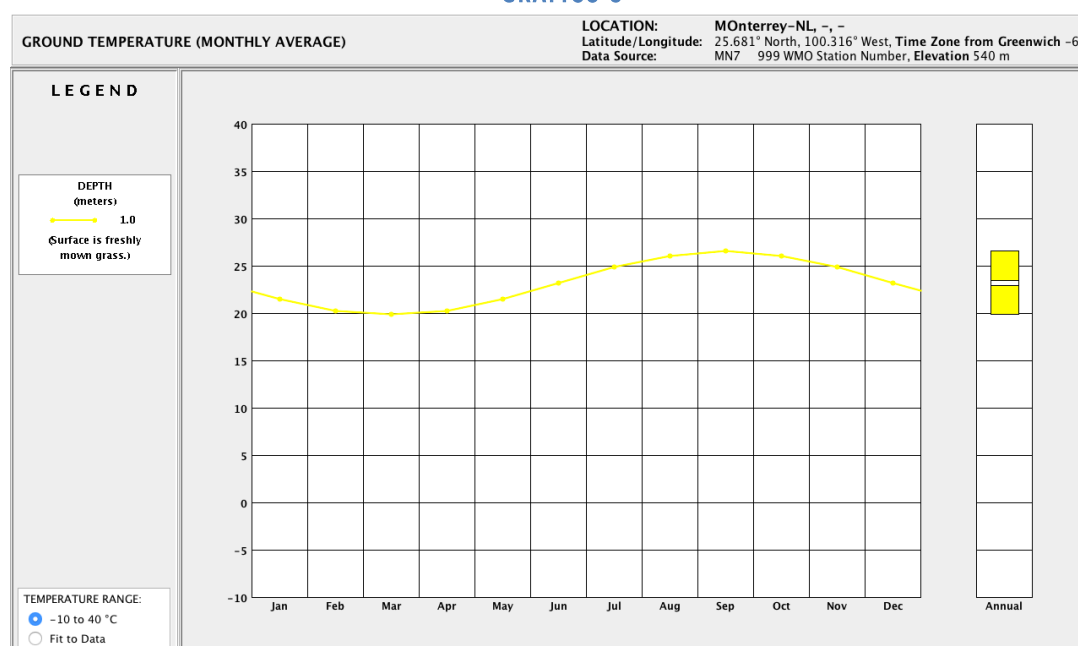
Gráfica de Sombreado de la ciudad de Monterrey, Nuevo León
 Fuente: Climate Consultant

El diseño pasivo tomará en cuenta la:

1. La orientación: esta será la primera estrategia a utilizar para el proyecto de vivienda nueva, en el caso de vivienda ya construida no se puede modificar la orientación del proyecto. Al seleccionar la mejor orientación podemos favorecer la ventilación pasiva y el asoleamiento para reducir las cargas térmicas de la vivienda. El control solar estará dado por elementos arquitectónicos horizontales como volados, pórticos, repisas, persianas y celosías ubicadas en la fachada sur, ya que es la que recibe más radiación solar en este hemisferio. Las fachadas oriente y poniente serán protegidas mediante elementos verticales más sencillos. Mediante el análisis de las sombras proyectadas en la gráfica solar obtenida del programa Climate Consultant (ver gráfico 2) obtenemos que la proyección de los elementos horizontales a una distancia con respecto a 60° de la altura solar permitirá proteger solarmente el interior durante los meses más cálidos, pero permitirá el paso de los rayos del sol para calentar los ambientes interiores durante los meses más fríos.
2. La forma o la geometría de la vivienda: es el análisis de la forma y la distribución espacial con el consumo energético, aquí se empezarán a implementar los patios interiores retomados de la arquitectura vernácula del noreste.
3. La envolvente térmica: es todo lo que divide el espacio interior del exterior.

4. La ventilación natural: hay dos formas básicas en las que podemos utilizar la ventilación natural. Una es mediante el uso de la ventilación cruzada. Aquí debemos de tomar en cuenta que el cuerpo humano generalmente se encuentra a una temperatura de 36°C. Para lograr refrescar los espacios la temperatura del aire exterior al cual le permitimos la inyección a la vivienda debe de estar máximo dos grados debajo de esto para que el confort se logre. En caso de que el aire exterior esté por encima de los 34°C aproximadamente será mejor impedir su paso al interior. La segunda estrategia es el uso de chimeneas de viento. Mediante ductos subterráneos o que pasen cercanamente a la cisterna que enfríen el aire para luego ser inyectados a la vivienda mediante chimeneas se logrará bajar la temperatura de los espacios al interior. Las temperaturas a un metro de profundidad del suelo se encuentran por debajo de la temperatura del aire en verano y por encima en invierno (ver gráfico 3) al hacer pasar el aire exterior a esta profundidad podemos refrescar o calentarlo para lograr el confort al interior. Este sistema de chimeneas no puede ser analizados mediante el software, por los que no se tomará en cuenta para este TOG.

GRÁFICO 3



Gráfica de Temperatura subterránea a 1 metro de profundidad de la ciudad de Monterrey, Nuevo León
Fuente: Climate Consultant

5. La iluminación natural. Se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos: las condiciones del cielo, la radiación solar difusa y los niveles de iluminación en Monterrey. Algunas de las estrategias para mejorar la iluminación natural de la vivienda es planear los espacios interiores para tener acceso a la iluminación natural, minimizar la luz solar directa en área del trabajo visual y diseñar los espacios para minimizar el deslumbramiento.

5.3.2 MEDIDAS ACTIVAS

Las medidas activas de diseño son:

1. La Iluminación: algunas estrategias para disminuir el consumo de energía eléctrica destinada a la iluminación son la reducción de la demanda (DPA), el uso de sensores de presencia, la programación por horarios y la implementación de sensores de luz natural con controles dimeables.
2. Equipos eléctricos: las estrategias que se pueden implementar en este apartado son igualmente la reducción de la demanda, el control de uso de energía de cargas de enchufe, los sensores de ocupación y la programación por horarios.
3. Sistemas de HVAC: este sistema es el que tendrá un mayor peso en el TOG debido a su relación con el confort térmico que se busca al interior de la vivienda de Monterrey. Algunas de las estrategias que disponemos para minimizar el consumo en este sistema son la reducción de la demanda, la zonificación por áreas perimetrales, la alta eficiencia de los equipos, la ventilación controlada por demanda, el uso de recuperadores de energía, el uso de variadores de frecuencia (VFD), la implementación de controles para confort y la programación.
4. Agua caliente: aunque este TOG se enfoca en el ahorro de energía eléctrica no debemos dejar de lado en la vivienda el consumo de gas que transformaremos en energía calorífica para calentar el agua. Para esto se recomienda la reducción de la demanda en primer lugar, el uso de equipos eficientes, el aislamiento de tuberías y la ubicación de los equipos.

5.3.3 ENERGÍAS RENOVABLES

"La energía solar fotovoltaica es aquella que se transforma de la energía lumínica aprovechada de la radiación del sol en energía eléctrica a través de un proceso fotovoltaico el cual se lleva a cabo en los materiales semiconductores que forman las células fotovoltaicas, este desarrollo tecnológico es sin duda uno de los mejores del último siglo. " (Gómez Dávalos, 2018)

De la energía proveniente del sol podemos subdividirla en dos tipos de energía, la fotovoltaica y la fototérmica. La energía solar fototérmica no será estudiada, aún así podría contemplarse dentro del proyecto de vivienda para el calentamiento de agua por medio de un colector solar. Para este caso en concreto la que nos interesa es la energía solar fotovoltaica para ser captada por paneles que permitan producir energía y así mitigar en cierta medida el consumo eléctrico de los equipos de climatización activa.

5.4 ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS APLICABLES A VIVIENDA YA CONSTRUIDA

IMAGEN 5



Ubicación del caso de estudio a analizar para vivienda ya construida
Fuente: Google Maps

Para el caso de estudio de vivienda ya construida se tomará como base la vivienda ubicada en la calle de Tuxtla 707, Col. Mitras Nortes en Monterrey, Nuevo León (ver imagen 5)

5.4.1 DISEÑO PASIVO

Algunos de los beneficios al optar por un diseño pasivo coherente con las condiciones del entorno son:

- Se logra la conservación de la energía.
- Se reducen las cantidades de CO₂ emitidas al ambiente derivado de la generación de energía.
- Se reducen los costos de operación de la vivienda.
- Se reducen las cargas de energía eléctrica requeridas por la vivienda.
- Se fomenta la iluminación natural dentro del proyecto.
- Se aprovecha la ventilación natural del proyecto.
- Dependiendo de la localidad se reducen o incrementan las ganancias solares, en el caso de Monterrey se buscará la reducción.
- Se eliminan o se reducen los requerimientos de sistemas mecánicos.

5.4.2 TECNOLOGÍAS PASIVAS Y ACTIVAS

Para el caso de las medidas pasivas de la casa de estudio se buscará bloquear la radiación solar lo antes posible antes de que el calor se transmita a los espacios habitables. Abstrayendo los terrados de la arquitectura vernácula se colocará una capa de tezontle en la losa de azotea con el fin de detener el paso del calor hacia los locales de la habitación y la cocina, esto también ayudará a mantener el rango de confort térmico y evitar el uso de los equipos de aire acondicionado. La siguiente tecnología pasiva para detener el paso del calor es el sombreado, esto a través de una techumbre que también permitirá revitalizar el espacio de la azotea que normalmente esta en desuso.

5.4.3 ENERGÍAS RENOVABLES

La energía renovable de ambos proyectos será suministrada por medio de paneles solares. Los paneles solares permitirán generar la electricidad que utilizan los equipos de aire acondicionado, la iluminación y el uso de equipos de los proyectos. Haciendo uso de ellos podemos reducir las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la generación de energía eléctrica.

6. ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE ESTRATEGIAS SELECCIONADAS MEDIANTE SOFTWARE

El modelado energético dentro del diseño es una herramienta que permitirá generar simulaciones termodinámicas anuales del desempeño energético teórico de un edificio. Es posible comparar los resultados de una simulación virtual del edificio contra parámetros establecidos por una norma o un estándar. El desempeño energético del edificio que arrojará la simulación nos permitirá su análisis mediante la localización y el clima, la orientación del emplazamiento, la forma o geometría del edificio, los materiales que se pretenden usar en el diseño, los usos u ocupaciones que tendrá el edificio, la ventilación natural, la iluminación natural, los sistemas de HVAC, el sistema de agua caliente, la iluminación artificial, la automatización de los sistemas y los equipos eléctricos seleccionados.

Para poder generar un modelo energético del sistema debemos introducir el programa los datos de entrada y las condiciones del entorno donde se desarrollará el proyecto. Ya creado el sistema, el programa analizará el modelo, las variables y las relaciones que hay entre ellos para poder generar datos de salida. Una vez que se obtienen los datos de salida se podrán analizar y retroalimentar a los datos de entrada nuevamente para hacer las modificaciones necesarias y poder generar una simulación que cumpla con los parámetros establecidos de confort térmico y ahorro energético de la edificación.

GRÁFICO 4

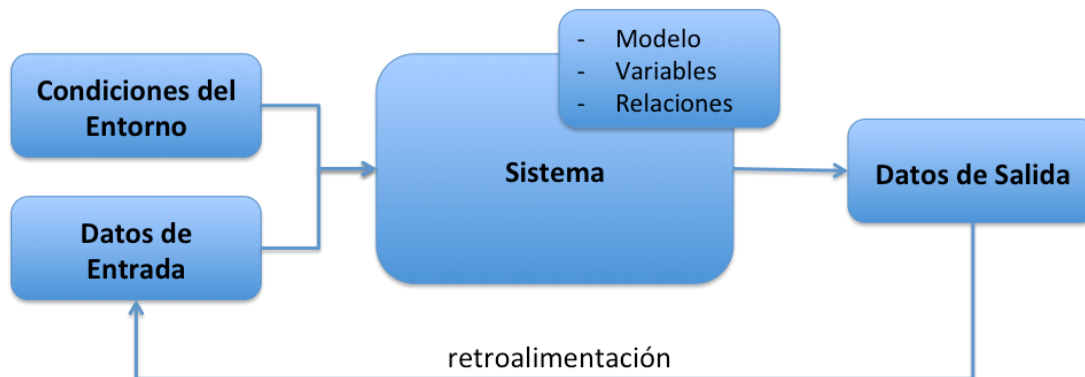


Diagrama de flujo del funcionamiento del software Design Builder
Fuente: elaboración propia

Los Datos de Entrada son todos los necesarios para que se lleve a cabo la simulación. Esto incluye la geometría del edificio, las propiedades de los materiales de construcción, la relación de acristalamiento,

la iluminación, el sistema de HVAC, el calentamiento de agua de servicio, la eficiencia de los componentes y las estrategias de control.

Design Builder utiliza un motor de cálculo llamado Energy Plus, que a su vez utiliza el método de Balance de Calor el cual modela los siguientes aspectos: la conducción a través de los materiales de la vivienda que proyectemos, la convección del aire, la absorción y reflexión de la radiación de onda corta y el intercambio radiante de onda larga. Este conjunto de ecuaciones (ver [fig.](#)) es resuelto y una vez conocidas estas temperaturas, se utiliza para calcular el flujo de calor por convección desde o hacia la masa de aire.

$$Q \text{ radiación } \lambda \text{ corta} + Q \text{ radiación } \lambda \text{ larga} + Q \text{ convección} + Q \text{ conducción} = 0$$

Para poder establecer la zona climática de Monterrey de acuerdo con la ASHRAE utilizaremos los Grados Días de Enfriamiento (GDE) o Cooling Degree Day (CDD por sus siglas en inglés) para los cálculos relacionados con el consumo de energía necesario para enfriar el edificio. Estos son una medida de cuántos grados y durante cuánto tiempo (en días), la temperatura del aire exterior fue más alta que una temperatura base específica. A dicha zona climática se le agrega el subíndice A para húmedo, B para seco y C para marino. La ecuación para definir el subíndice es la siguiente:

$$P < 2.0 \times (T + 7)$$

Siendo P la precipitación anual en cms y T la temperatura anual media en °C. Al cumplirse esta relación se le asignará el subíndice B a la zona climática. Si la relación entre precipitación y temperatura es mayor se le asignará el subíndice A referente a Húmedo. Con base en los datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional la ecuación para la ciudad de Monterrey queda de la siguiente manera:

$$52.55 < 2.0 \times (22.6 + 7)$$

$$52.55 < 59.2$$

TABLA 2

Table Annex1-4 ASHRAE Standard 169-2013, Table A-3: Thermal Climate Zone Definitions

Thermal Zone	Name	I-P Units	SI Units
0	Extremely hot	10,800 < CDD50°F	6000 < CDD10°C
1	Very hot	9000 < CDD50°F ≤ 10,800	5000 < CDD10°C ≤ 6000
2	Hot	6300 < CDD50°F ≤ 9000	3500 < CDD10°C ≤ 5000
3	Warm	CDD50°F ≤ 6300 and HDD65°F ≤ 3600	CDD10°C < 3500 and HDD18°C ≤ 2000
4	Mixed	CDD50°F ≤ 6300 and 3600 < HDD65°F ≤ 5400	CDD10°C < 3500 and 2000 < HDD18°C ≤ 3000
5	Cool	CDD50°F ≤ 6300 and 5400 < HDD65°F ≤ 7200	CDD10°C ≤ 3500 and 3000 < HDD18°C ≤ 4000
6	Cold	7200 < HDD65°F ≤ 9000	4000 < HDD18°C ≤ 5000
7	Very cold	9000 < HDD65°F ≤ 12600	5000 < HDD18°C ≤ 7000
8	Subarctic/arctic	12600 < HDD65°F	7000 < HDD18°C

Zonas Climáticas de la ASHRAE definidas por los Días Grados de Enfriamiento y Días Grados de Calefacción
Fuente: ASHRAE Standard 169-2013

TABLA 3

- Monthly Heating/Cooling Degree Days/Hours												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
HDD base 10C	21	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
HDD base 18C	128	83	25	3	0	0	0	0	0	7	44	99
CDD base 10C	156	188	322	410	496	511	563	560	471	383	238	177
CDD base 18C	15	40	99	173	248	271	315	312	231	141	42	20
CDH base 20C	470	834	1888	3307	4671	5087	6091	6013	4226	2406	823	509
CDH base 23C	163	327	878	1972	2926	3200	4029	3956	2424	1179	321	197
CDH base 27C	22	57	196	735	1210	1308	1820	1761	838	277	47	32
- 4474 annual cooling degree-days (10°C baseline)												
- 35 annual heating degree-days (10°C baseline)												
- 1907 annual cooling degree-days (18°C baseline)												
- 388 annual heating degree-days (18°C baseline)												

Días Grados de Enfriamiento y Días Grados de Calefacción para la ciudad de Monterrey
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al archivo climático generado para Monterrey y la ecuación para el cálculo del subíndice la ciudad se encuentra en la zona climática **2B** de ASHRAE.

De acuerdo al estándar 55-2017 de la ASHRAE la temperatura de confort al interior de las viviendas se encuentra en un rango de los 19.44°C a los 27.77°C. Se podría alcanzar un rango más específico de confort tomando en cuenta la humedad relativa, la estación del año, la ropa utilizada por los ocupantes del hogar, los niveles de actividad de estos, entre otros factores. Para la simulación el *setpoint* que se programará en el software será de los rangos marcados por este estándar.

Para poder obtener el cálculo de la temperatura de confort para cada mes de la ciudad de Monterrey se utilizó la siguiente ecuación de Auliciems & Szokolay (1997) para calcular la temperatura neutra:

$$T_n = T_{am} 0.31 + 17.6 \pm 2.5$$

Siendo T_n la temperatura neutra y T_{am} la temperatura media mensual.

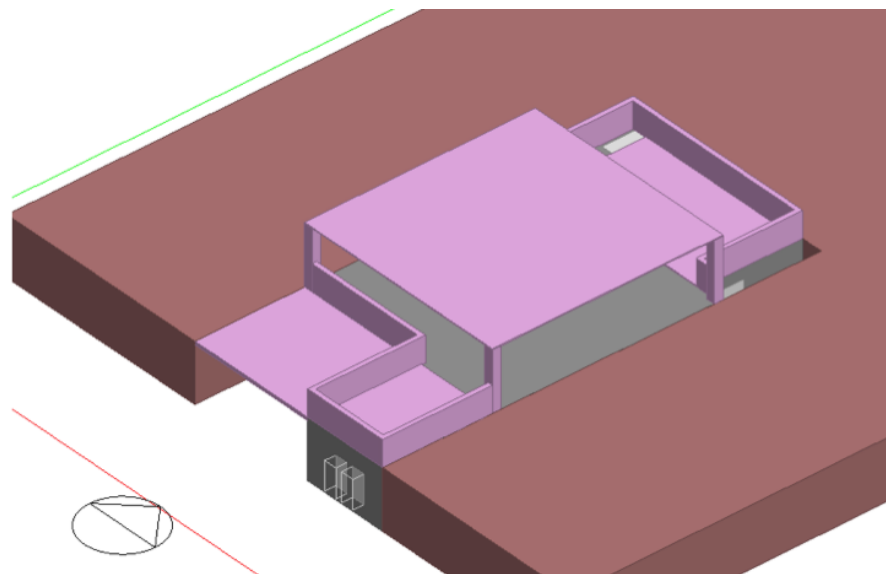
TABLA 4

	T_{am} °C	T_n MIN °C	T_n MAX °C
Ene	16.2	20.1	25.1
Feb	16.5	20.2	25.2
Mar	22.9	22.2	27.2
Abr	24.6	22.7	27.7
May	26.0	23.2	28.2
Jun	26.7	23.4	28.4
Jul	28.3	23.9	28.9
Ago	27.8	23.7	28.7
Sep	24.7	22.8	27.8
Oct	22.5	22.1	27.1
Nov	20.2	21.4	26.4
Dic	14.3	19.5	24.5

Temperatura de confort térmico mensual para la ciudad de Monterrey utilizando la fórmula de Auliciems & Szokolay
Fuente: elaboración propia

6.1 SIMULACIÓN DE VIVIENDA YA EXISTENTE

IMAGEN 6



Modelo de vivienda ya construida aplicando las mejoras propuestas
Fuente: elaboración propia mediante Design Builder

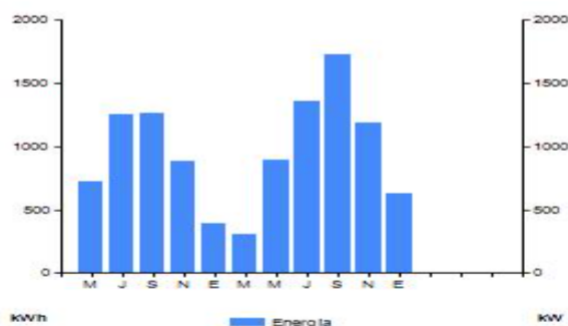
Mediante el uso del software se modeló las condiciones actuales de la vivienda ya existente. Para ello fue necesario hacer un levantamiento y plasmar los datos obtenidos en el programa. Como podemos ver en la imagen (ver imagen 6) la radiación solar tratará de ser detenida antes de poder llegar a la losa de azotea y a su vez el calor ser transmitido al interior lo que ocasionaría que el equipo de climatización estuviera encendido para lograr el confort térmico de los habitantes. A la vez de lograr el confort térmico y un ahorro energético, también es posible revitalizar este espacio que generalmente pasa desapercibido. Lo primero que se plantea es la protección de la losa de azotea del espacio donde los habitantes pasan más tiempo. En este caso será la habitación principal y la cocina. Retomando la reinterpretación del uso de los terrados de la arquitectura vernácula se procede a la propuesta del uso de material terroso como el tepetate para ubicarlo sobre estas zonas en la losa de azotea. Las áreas que tienen menos requerimiento de climatización dentro de la vivienda actual son la sala, el comedor, el estudio, la recámara secundaria y el baño. Aquí podemos darnos cuenta de que estas áreas crean una extensión de mayor tamaño en la losa de azotea, se propondrá el uso de una techumbre de acrílico que bloquee los rayos del sol antes de llegar a la vivienda y hacer de esta manera un espacio de transición que retrase el paso del calor al interior de la vivienda.

Como podemos observar en el recibo de Comisión Federal de Electricidad CFE de la vivienda que se tomará como caso de estudio para la simulación el consumo eléctrico anual es de 6108 kWh al año.

IMAGEN 7

CONSUMO HISTÓRICO

Período	kWh	Importe	Pagos	Pendientes de Pago
del 04 NOV 20 al 04 ENE 21	630	\$1,368.00	\$1,368.00	
del 04 SEP 20 al 04 NOV 20	1191	\$2,719.00	\$2,719.00	
del 06 JUL 20 al 04 SEP 20	1729	\$3,830.00	\$3,830.00	
del 06 MAY 20 al 06 JUL 20	1361	\$2,542.00	\$2,542.00	
del 05 MAR 20 al 06 MAY 20	893	\$1,459.00	\$1,459.00	
del 07 ENE 20 al 05 MAR 20	304	\$325.00	\$325.00	
del 06 NOV 19 al 07 ENE 20	388	\$507.00	\$507.00	
del 06 SEP 19 al 06 NOV 19	882	\$1,631.00	\$1,631.00	
del 08 JUL 19 al 06 SEP 19	1265	\$2,145.00	\$2,145.00	
del 08 MAY 19 al 08 JUL 19	1257	\$2,103.00	\$2,103.00	
del 05 MAR 19 al 08 MAY 19	727	\$761.00	\$761.00	



Consumo histórico de energía eléctrica de la vivienda tipo seleccionada

Fuente: recibo de CFE

Unos de los principales retos encontrados al momento de utilizar la simulación energética de una vivienda ya existente mediante un software fue enfrentarnos a hacer un análisis con mayor detalle de los usos y costumbres de los habitantes de la vivienda, ya que esto afecta el consumo de energía eléctrica destinada a los equipos de aire acondicionado para lograr el confort. Este consumo queda plasmado en el

recibo de CFE. Podemos conocer a fondo los detalles y los materiales de la construcción de la vivienda, modelarlos y obtener resultados. Pero al momento de comparar los resultados obtenidos contra el recibo de CFE nos podemos dar cuenta que el usuario es responsable también de los gastos de energía que derivan de la climatización. Los horarios en que el habitante está en la casa, los espacios que tienen mayor o menor uso, y sumamente importante los horarios en que los equipos de climatización están en uso. Todo esto debe de ser tomado en cuenta al momento de crear el modelo para obtener resultados apegados a la realidad. De acuerdo con Ignacio Furnies de LivetConsulting, podemos encontrar una ligera variación hasta de 5% entre la simulación y los datos obtenidos de el recibo de CFE debido a que tenemos que conocer a fondo la envolvente, densidad de iluminación, densidad de personas, densidad de equipos eléctricos y sobre todo los horarios de ocupación de los habitantes. Como podemos observar en los datos obtenidos de Design Builder (ver tabla5) nuestro rango de variación se encuentra en el 1.37%. El consumo promedio anual que se obtiene del recibo de CFE es de 6108 kWh contra los 6192 kWh que obtuvimos de la simulación (ver imagen7).

TABLA 5

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	6192.09	37.41	140.73
Net Site Energy	6192.09	37.41	140.73
Total Source Energy	13619.99	82.29	309.55
Net Source Energy	13619.99	82.29	309.55

Energía total de Sitio simulada

Fuente: elaboración propia mediante Design Builder

TABLA 6

Resumen de Desempeño Energético				
Uso final	Escenario 1 - Proyecto inicial [KWh]	Escenario 2 [KWh]	Escenario 3 [KWh]	Escenario 4 [KWh]
Calefacción	32.33	42.51	46.29	47.72
Enfriamiento	3126.22	2031.6	1653.76	1280.72
Iluminación interior	1049.26	1049.26	1049.26	1049.26
Consumo total	4207.81	3123.37	2749.31	2377.7
% Mejora -Proyecto inicial	-	26%	35%	43.49%

Anotaciones:	
Escenario 2	Se colocó techumbre sobre la losa de azotea con recubrimiento de acrílico para la generación de una terraza a zonas de la vivienda con menor uso. Altura de la losa de azotea a techumbre de terraza: 2.70 m.
Escenario 3	Además de la estrategia implementada en el escenario 2, se colocó una capa de tepetate (5 cms) sobre la losa de azotea de la recámara principal. Esto debido a que es el espacio con mayor uso de aire acondicionado y exposición solar debido a su orientación.
Escenario 4	Además de la estrategia empleada en el escenario 3, se colocó una capa de tepetate (5 cms) sobre la losa de azotea de la cocina. Debido a que es el espacio que después de la recámara principal tiene un mayor uso de aire acondicionado.

Resumen de Desempeño Energético de los distintos escenarios simulados
Fuente: elaboración propia mediante Design Builder

El escenario inicial proyectado en la simulación son las condiciones actuales de la vivienda ya construida, sin ninguna intervención desechando el consumo derivado del uso de equipos ya que este TOG se enfoca en el consumo de los equipos de climatización, calefacción y la iluminación derivada de las posibles mejoras que la intervención conlleva. El mayor consumo eléctrico está destinado al enfriamiento de los espacios para mantener el confort. Estamos hablando de 3126.22 KWh anuales destinados únicamente a enfriamiento por parte de los equipos de climatización. Como se mencionó anteriormente este TOG se enfocará en el consumo derivado de enfriamiento para lograr el confort debido a que es mayor el requerimiento de enfriamiento que de calefacción a lo largo de todo el año. Esto lo podemos apreciar a través de las gráficas de temperatura anuales de Monterrey.

En el escenario 2 de planteo el uso de una techumbre en la losa de azotea. Esto para que los habitantes pudieran disfrutar de ese espacio que normalmente no tiene ningún uso. Pero térmicamente tiene beneficios para lograr el confort térmico dentro de la vivienda ya que esta techumbre detiene la radiación solar antes de que esta llegue a la losa de azotea, la calienta y transfiere el calor al interior de la vivienda lo que generaría que el usuario sienta discomfort y recurra al aire acondicionado. La propuesta está basada en la sugerencia de la Guía CONAFOVI que plantea evitar ganancias solares directas. En este

escenario se logra el confort térmico de los espacios interiores y un ahorro del 26% de la energía destinada a la climatización de la vivienda con respecto al escenario inicial.

El siguiente escenario, el escenario 3, conserva la propuesta de la techumbre del anterior. Pero ahora regresamos a la arquitectura vernácula. Un elemento que ayudó a los antiguos pobladores del noreste fue el uso de los terrados.

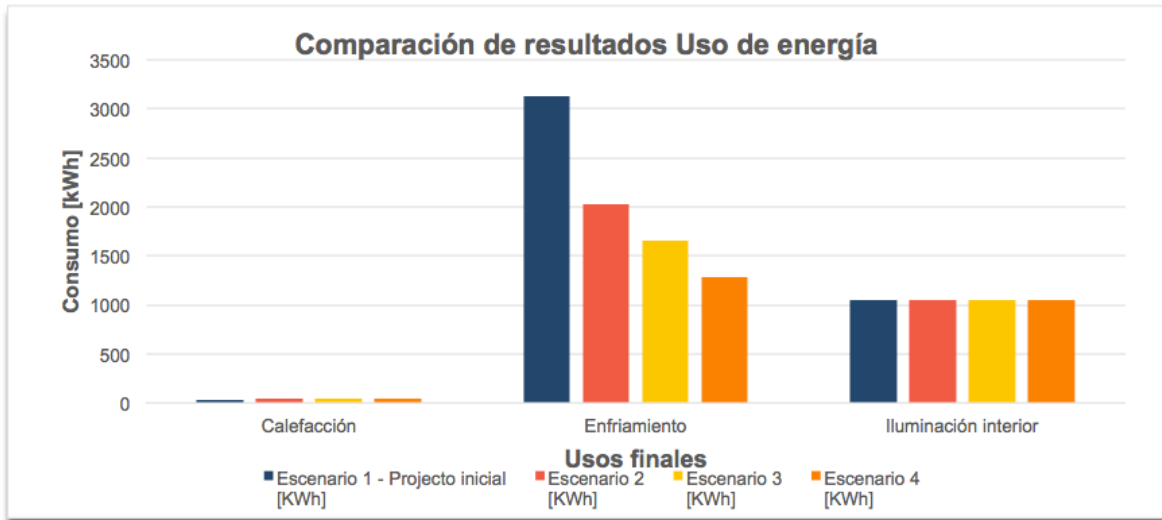
"El terrado es una capa de tierra inorgánica de espesor variable. Sobre ésta se colocaba un mortero de cal y arena, en un proceso llamado bruñido, que servía para evitar la filtración de agua y dar los declives para el escurrimiento de agua." (King, sf)

Para este escenario se analizó cuál era el espacio en el que el usuario pasaba la mayor parte de su tiempo, y se concluyó que era la recámara principal en donde el aire acondicionado está en uso la mayor parte del tiempo, aún cuando el usuario no se encuentra dentro de él. Pero espera encontrar un lugar fresco cuando regrese a este. Mediante el uso de una capa de 5 cms. de material terroso sobre la losa de azotea que cubre la recámara principal logramos evocar el uso de los terrados y esto ayuda a mantener el confort térmico de la habitación al detener la radiación solar directa sobre esta. Esto se traduce en que el usuario tendrá que hacer un menor uso de los equipos de climatización para mantener el espacio fresco. El ahorro energético en conjunto con el escenario pasado es del 35%.

Para el siguiente escenario se analizó el segundo espacio con más uso por parte de los usuarios de la vivienda. En este caso la cocina, la cual también cuenta con equipo de climatización y se enciende cada vez que el usuario prepara la comida y en los fines de semana durante los cuales recibe visitas. Sobre la losa de azotea de la cocina se procedió a modelar una capa de material terroso de 5 cms. Esto como en el escenario anterior evocando los terrados para evitar las ganancias solares. Sumado con los dos escenarios anteriores se logra la reducción del uso de los equipos de aire acondicionado en la vivienda en un 43.49% para mantener las condiciones de confort al interior.

El uso de material terroso sobre la losa de azotea para proteger el interior no es un nuevo descubrimiento, pero en este caso se intenta rescatar el espacio que es la azotea para revitalizarlo y crear un espacio agradable para que el usuario pueda disfrutar. Si se cubriera en su totalidad la losa con tepetate no permitiría que se generaran nuevos usos en la azotea. Este espacio seguiría siendo desperdiciado. Aquí con el uso de la techumbre se propone que el usuario pueda generar una convivencia con sus amigos y familiares, que sea un ambiente agradable y que aparte con ello se logre el confort térmico al interior de la vivienda y un ahorro energético significativo de lo destinado a la climatización del hogar.

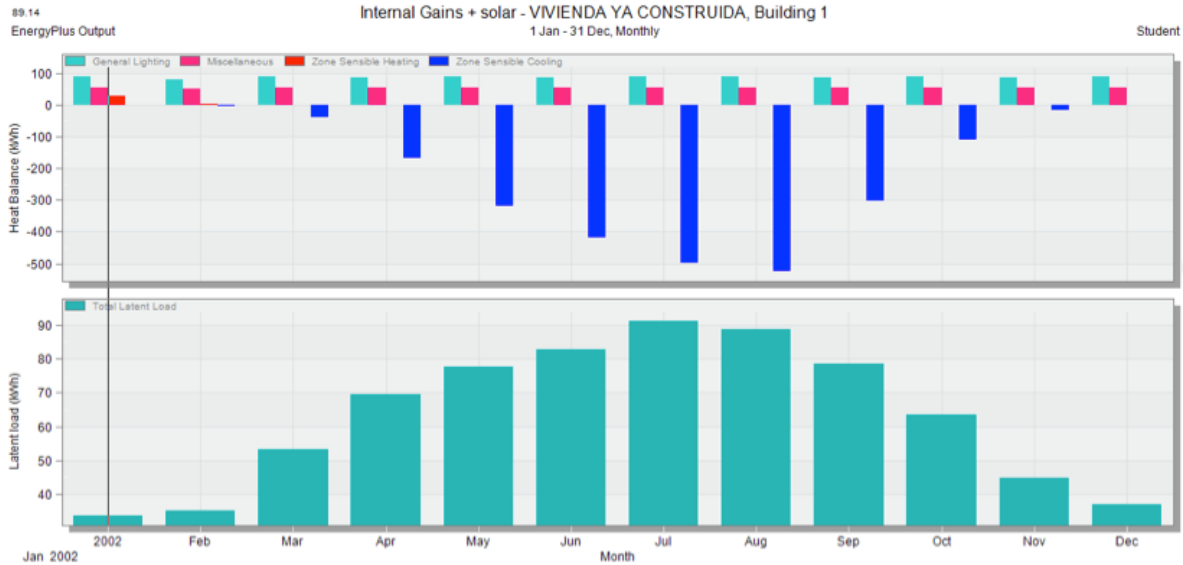
GRÁFICO 5



Comparación de resultados del uso de energía en los distintos escenarios para Calefacción, Enfriamiento e Iluminación Interior
Fuente

Como podemos apreciar en la gráfica (ver gráfico 5) de usos de la energía que se alimentó con los datos obtenidos de la simulación a medida que los distintos escenarios se fueron proponiendo y juntando el consumo de energía destinada al enfriamiento fue reduciéndose con cada uno. Aunque el consumo de energía destinada a la calefacción de la vivienda tuvo un aumento de 15.39 KWh anuales esto es poco comparado contra los 1845.5 KWh anuales que se ahorran en enfriamiento. Con base en la comparación de los distintos escenarios podemos observar que la energía destinada a calefacción va en aumento mientras que la destinada a enfriamiento disminuye. Se le dará un mayor peso a la carga por enfriamiento ya que son un mayor número de meses los que se requiere este servicio en comparación a la calefacción. Esto lo podemos corroborar mediante las gráficas de ganancias solares e internas de la vivienda arrojadas por Design Builder. La energía destinada a la iluminación se mantiene constante ya que no se abrieron ventanas o fuentes de iluminación natural.

GRÁFICO 6



Ganancias internas y solares de la simulación de vivienda tipo
Fuente: elaboración propia mediante Design Builder

6.1.1. PROPUESTA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA LIMPIA

TABLA 7

Radiación solar en Monterrey, Nuevo León, Mex (kWh - m²/ día)

ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
3.83	4.61	5.73	5.94	6.27	6.19	6.06	5.74	5.05	4.66	4.20	3.64

Promedio anual: **5.16**

Radiación solar en Monterrey para obtener el promedio anual
Fuente: elaboración propia con base en datos de <https://power.larc.nasa.gov>

Con base en los promedios mensuales de radiación solar de Monterrey obtenidos de la NASA es posible calcular el promedio anual para proceder al cálculo de los paneles fotovoltaicos necesarios para la generación de energía eléctrica limpia de la vivienda ya construida.

De la marca Trinasolar se seleccionó un módulo monocristalino modelo Vertex TSM-DE18M(II). Dicho panel tiene una potencia de 480 watts. Sus dimensiones son 1.098 m de ancho y 2.176 m de largo lo que genera un área de 2.39 m².

TABLA 8

Concepto	Cantidad	Unidad	Observaciones
Radiación solar:	5.16	Kwh - m ² /día	Usando el promedio anual o calculando mes a mes
Eficiencia de panel:	20.10%	%	Cuanta energía se aprovecha de la disponible
Potencia del panel:	480	watts	Con base en el modelo del panel y eficiencia seleccionada.
Área del panel:	2.39	M ²	De preferencia el área de generación
Energía generada al día:	2.48	KWh/día	Potencial de generación nominal (bruto)
Perdidas de generación:	15%	%	Perdidas en circuitos eléctricos y en equipos.
Energía generada al día:	2.11	KWh/día	Energía realmente entregada a la red en el punto de interconexión.

Energía entregada por en panel

Fuente: elaboración propia con base en la hoja de cálculo de Shaar (2022)

La energía generada al día por el panel se calcula mediante la multiplicación de la radiación solar promedio por la eficiencia del panel, por el área del panel. De esta ecuación obtenemos 2.48 KWh/día de energía generada. A este resultado se le restará el 15% de pérdidas en circuitos eléctricos y en equipos. Este resultado nos dará la energía generada al día por el panel. El resultado obtenido de energía generada al día por el panel es de 2.11 KWh/día.

TABLA 8

Concepto	Cantidad	Unidad	Observaciones
Consumo de energía al mes:	509.00	kWh/mes	Del recibo de CFE - promedio anual
Energía generada por el panel:	64.07	kWh/mes	Con base en el cálculo anterior
Nº de paneles:	8	pzas	Para generar el 100% del consumo
Nº de paneles:	7	pzas	Para generar el 88% del consumo
Potencia instalada:	3.36	kW	Capacidad instalada
Reducción en emisiones GEI:	2.66	tCO ₂ - eq	Al año

Cálculo del número de paneles con base en el consumo obtenido del recibo de CFE

Fuente: elaboración propia con base en la hoja de cálculo de Shaar (2022)

Para calcular el número de paneles necesarios que actualmente requeriría la vivienda ya construida se divide el consumo anual del recibo de CFE (6108 KWh) entre 12 para obtener el consumo de energía mensual promedio, lo que nos da 509 KWh/mes. La energía generada mensualmente por cada panel se obtiene del resultado obtenido de energía generada al día, multiplicado por los 365 días del año y se divide entre 12. El cálculo de número de paneles para generar el 100% de la energía requerida por la vivienda es la división del consumo de energía promedio mensual del recibo de CFE entre la energía generada por el panel. Para generar el 100% de la energía requerida por la vivienda necesitan 8 paneles. Para cubrir el 88% del consumo de energía eléctrica se requieren únicamente 7 paneles. Estos 7 paneles tendrían una potencia instalada de 3.36 KW.

La instalación de estos 7 paneles solares también tendría un efecto en la reducción de CO₂ emitido al ambiente por la vivienda derivado del consumo de energía eléctrica exclusivamente. Haciendo nuevamente uso del factor de emisiones del sistema eléctrico nacional de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales para 2020 publicada en abril de 2021 se multiplica por la energía generada por los 7 paneles y obtenemos una reducción de 2.66 tCO₂-eq al año.

Este cálculo está basado en las condiciones actuales de la vivienda sin las mejoras propuestas. Se hace otro cálculo para obtener en número de paneles necesarios contemplando el consumo que generaría el mejor escenario con las propuestas planteadas.

TABLA 9

Concepto	Cantidad	Unidad	Observaciones
Consumo de energía al mes:	363.50	kWh/mes	Del recibo de CFE - promedio anual
Energía generada por el panel:	64.07	kWh/mes	Con base en el cálculo anterior
Nº de paneles:	6	pzas	Para generar el 105% del consumo
Nº de paneles:	5	pzas	Para generar el 88% del consumo
Potencia instalada:	2.40	kW	Capacidad instalada
Reducción en emisiones GEI:	1.90	tCO ₂ - eq	Al año

Cálculo del número de paneles con base en el consumo obtenido de l mejor escenario simulado en Design Builder
Fuente: elaboración propia con base en la hoja de cálculo de Shaar (2022)

El consumo de energía al mes en el mejor escenario sería de 363.5 kWh como podemos ver en la tabla (ver tab.). Esto reduce el número de paneles necesarios para la generación del 88% de la energía eléctrica de la vivienda ya construida. Únicamente se requerirían 5 paneles para satisfacer esta necesidad. Estos cinco paneles reducirían 1.90 tCO₂ - eq al año.

Analizando el número de paneles requerido para la vivienda actual, la instalación actual de 7 paneles para una capacidad instalada de 3.36 kW tendría un costo de 4368 USD. Con un tipo de cambio de 1 USD equivalente a 20.03 pesos mexicanos la instalación tendría un costo de \$87,491.04 pesos mexicanos.

Tomando en cuenta las mejoras al proyecto de casa existente sólo se requerirían 5 paneles para generar el 88% del consumo requerido. El costo de instalación de los 5 paneles solares tendría un costo de 3360 USD, que en pesos mexicanos a un tipo de cambio de 1 USD = 20.03 pesos el sistema tendría un costo de \$67,300.80 pesos.

TABLA 10

Vivienda Actual	Vivienda Contemplando Mejoras
7 paneles solares requeridos generación del 88% del consumo potencia instalada 3.36 kW Costo de instalación: 4368 USD equivalente: \$87,491.04 mxn	5 paneles solares requeridos generación del 88% del consumo potencia instalada 2.40 kW costo de instalación: 3360 USD equivalente: \$67,300.80 mxn
Diferencia = \$20,190.24 mxn	

Comparativa de costos de instalación de paneles solares entre vivienda actual y vivienda con mejoras.

Fuente: elaboración propia

Esto significa que las mejoras significarían un ahorro de \$20,190.24 pesos en la inversión para el sistema de los paneles solares.

6.1.2 COSTOS

TABLA 11

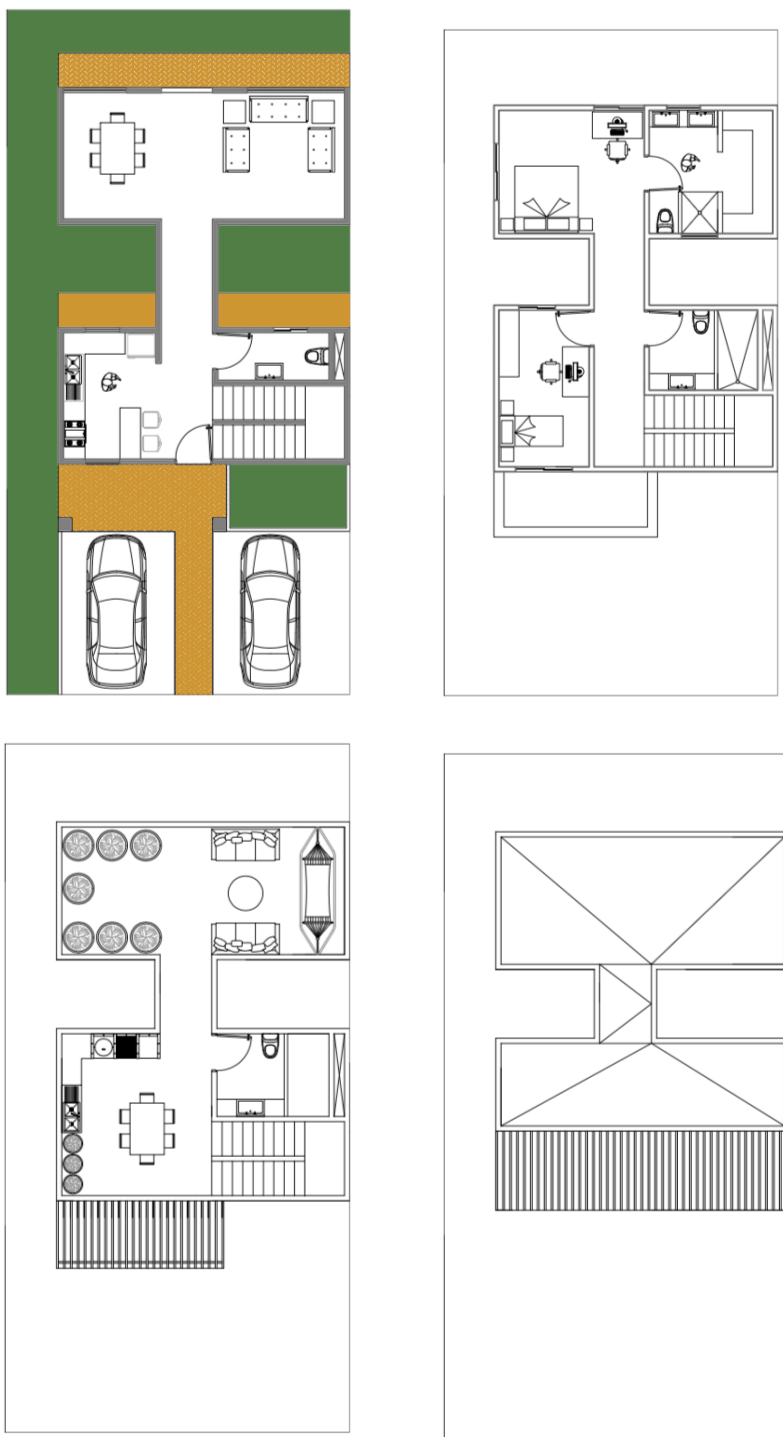
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Relleno de 5 cms de espesor promedio de tezontle en azotea, incluye: suministro de materiales, acarreo, mano de obra, equipo y herramienta.	m2	53.05	\$135.00	\$7,160.00
Estructura metálica de acero en azotea (PTR), incluye: suministro de material, mano de obra, equipo y herramienta	pza	1	\$100,000.00	\$100,000.00
Anclaje a losa a base de espárragos y placa metálica de 15 cm x 15 cms, incluye: suministro de materiales, mano de obra, equipo y herramienta	pza	16	\$500.00	\$8,000.00
Acrílico transparente, incluye: suministro de material, mano de obra equipo y herramienta	m2	105	\$1,619.05	\$170,000.00
				\$285,160.00

Catálogo de conceptos de obra de mejoras en vivienda ya existente de Monterrey.

Fuente: elaboración propia

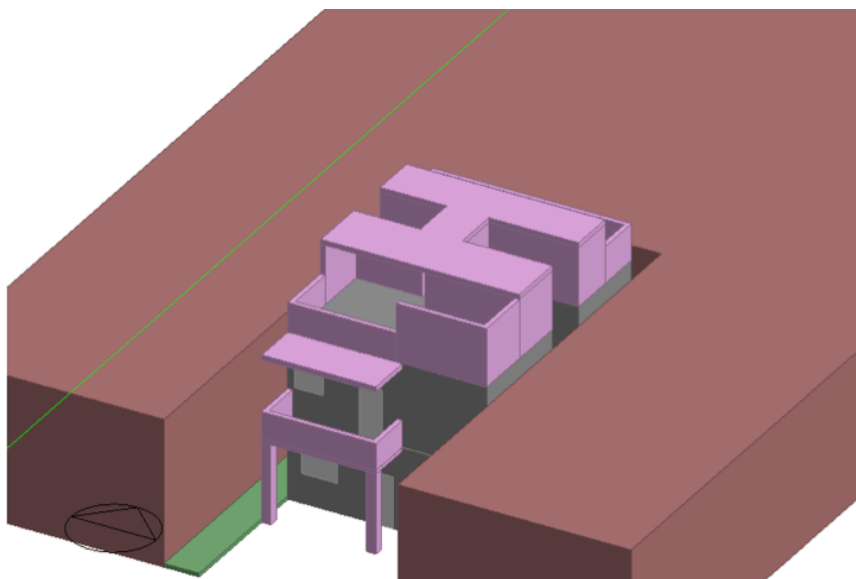
6.2 SIMULACIÓN DE VIVIENDA NUEVA

IMAGEN 8



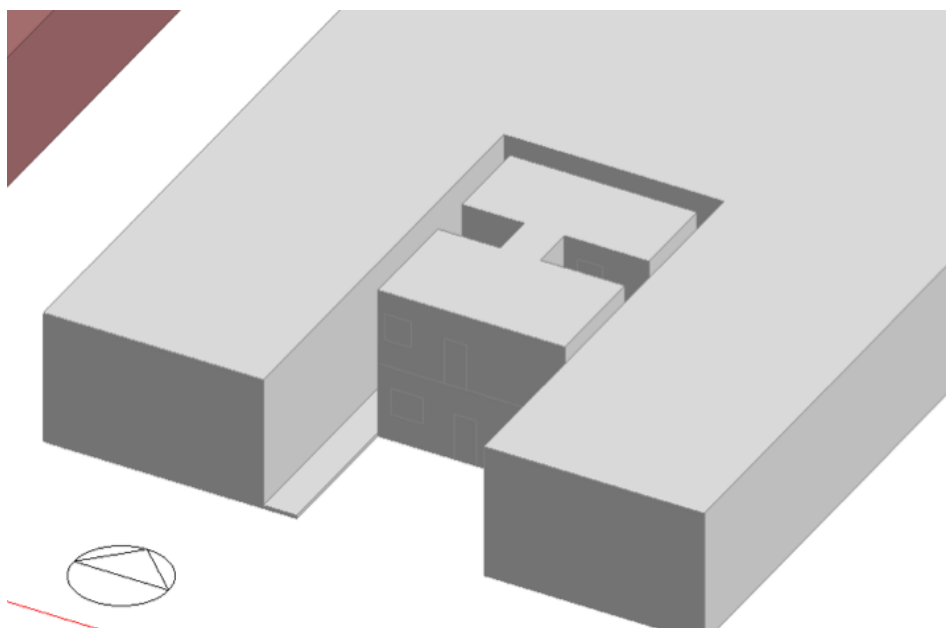
Plantas arquitectónicas para propuesta de vivienda nueva
Fuente: elaboración propia

IMAGEN 9



Modelo de vivienda propuesto para vivienda nueva
Fuente: elaboración propia mediante Design Builder

IMAGEN 10



Modelo BASE de vivienda propuesto para vivienda nueva
Fuente: elaboración propia mediante Design Builder

TABLA 12

Resumen de Desempeño Energético					
Uso final	Edificio Base - Conforme a ASHRAE [KWh]	Escenario 1 - Proyecto inicial [KWh]	Escenario 2 [KWh]	Escenario 3 [KWh]	Escenario 4 [KWh]
Calefacción	598.03	1294.28	1308.26	1253.87	1165.98
Enfriamiento	7575.84	7650.55	7877.52	7984.04	8125.26
Iluminación interior	2746.12	1730.61	1716.38	1727.96	1734.02
Consumo total	12690.23	12445.68	12672.4	12736.11	12795.5
% Mejora -Proyecto inicial		-	-2%	-2%	-2.81%
% Mejora con referencia a modelo ASHRAE		2%	0%	0%	-0.83%
Anotaciones:					
Escenario 2	orientación este				
Escenario 3	orientación norte				
Escenario 4	orientación oeste				

Resumen de Desempeño Energético de los distintos escenarios simulados
Fuente: elaboración propia mediante Design Builder

Para la simulación de vivienda nueva se tomará en cuenta la orientación sur con base en la mejor orientación del caso de estudio de la vivienda ya construida. Al igual que en la vivienda ya construida se implementará el uso de la azotea para proteger los locales habitables de las ganancias térmicas. Debido a que se encuentra en etapas tempranas de diseño se pueden implementar los patios interiores para lograr ventilación cruzada.

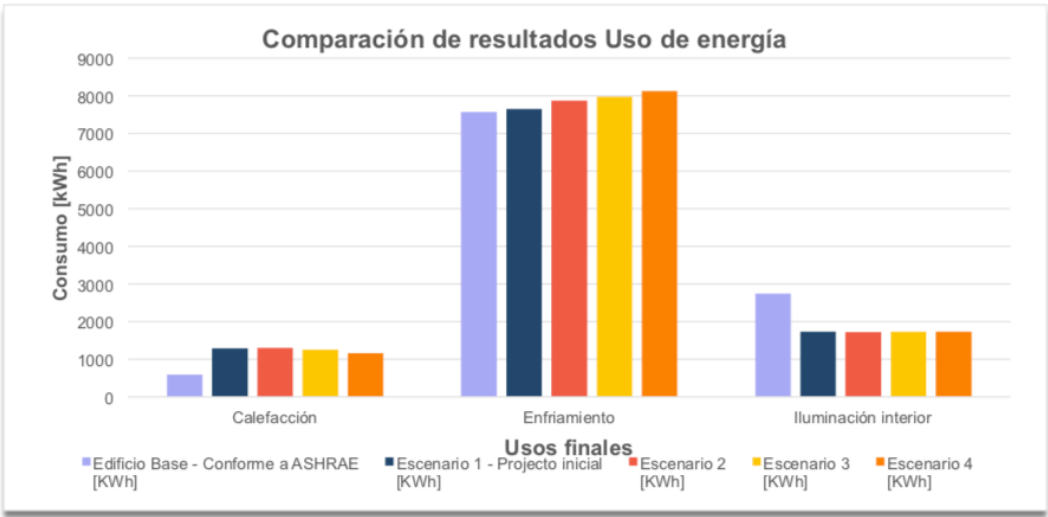
En este caso se proyectará un edificio base mediante el software de Design Builder para comprobar las mejoras en el proyecto con base en la ASHRAE.

Mediante las simulaciones se evaluarán las distintas orientaciones para identificar cuál de ellas permite a la vivienda nueva tener un menor consumo de energía. Debido a que el caso de estudio de vivienda ya construida se encuentra orientado al sur, este se tomará como base para el escenario 1 y el edificio de referencia que cuenta con las características establecidas por la ASHRAE. La orientación está dada por la fachada principal colocada perpendicularmente a los distintos puntos cardinales.

De acuerdo a los datos obtenidos de la simulación la orientación sur del proyecto propuesto es la única que genera un porcentaje de mejora (2%) con respecto al edificio de referencia. Esto principalmente al ahorro energético derivado de la iluminación interior. La orientación este y norte no generan un

porcentaje de mejora con respecto al edificio base y la orientación oeste contrariamente genera una deficiencia en el porcentaje de mejora con respecto a la referencia colocándola como la opción menos viable.

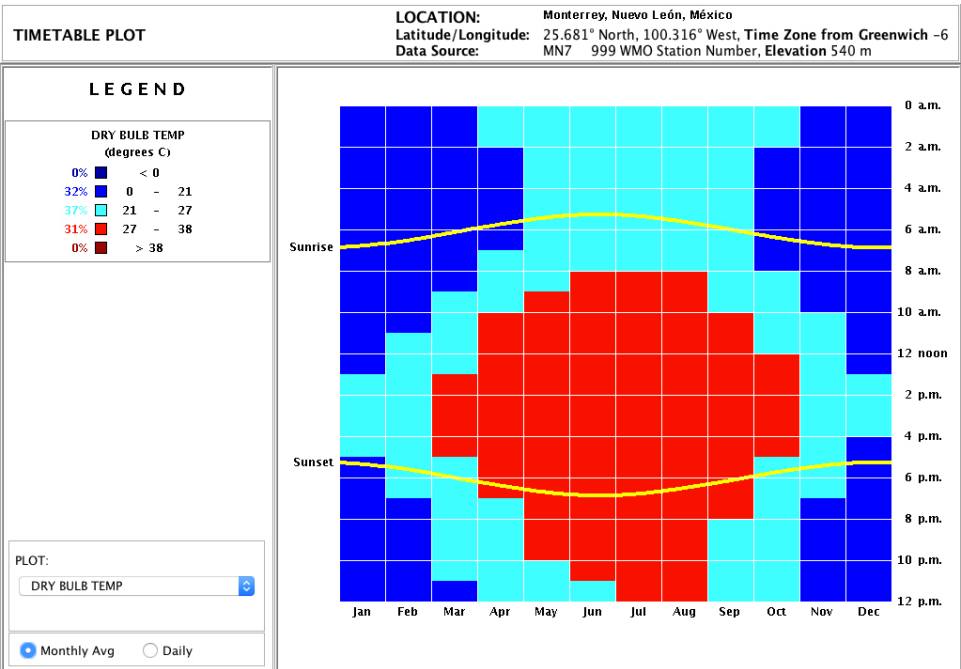
GRÁFICO 7



Comparación de resultados del uso de energía en los distintos escenarios para Calentación, Enfriamiento e Iluminación Interior con base en la orientación
Fuente: elaboración propia.

Con base en la gráfica de temperatura de bulbo seco para la Ciudad de Monterrey se procede a establecer los horarios en que la simulación contará con climatización de los espacios. Sólo en las horas que

GRÁFICO 8



Temperatura de bulbo seco a lo largo del día y zona de confort para Monterrey, Nuevo León, México
Fuente: Climate Consultant

podemos observar que la temperatura de confort es sobrepasada se utilizará el aire acondicionado. Esto con el fin de ahorrar energía y que el equipo únicamente trabaje en los horarios que se requiere para alcanzar el confort de los usuarios en la simulación energética.

Con base en la gráfica se elabora un horario de uso para el equipo de aire acondicionado en la simulación.

TABLA 13

General							
Name	HVAC MONTERREY						
Description							
Source	b.i.g. Bechtold						
Category	ASHRAE 90.1-2007						
Region	General						
Schedule type	1-7/12 Schedule						
Design Days							
Design day definition method	2-Profiles						
Heating design day profile	On						
Cooling design day profile	On						
Profiles							
Month	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Feb	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Mar	13:00 - 17:00	13:00 - 17:00	13:00 - 17:00	13:00 - 17:00	13:00 - 17:00	13:00 - 17:00	13:00 - 17:00
Apr	10:00 - 19:00	10:00 - 19:00	10:00 - 19:00	10:00 - 19:00	10:00 - 19:00	10:00 - 19:00	10:00 - 19:00
May	9:00 - 22:00	9:00 - 22:00	9:00 - 22:00	9:00 - 22:00	9:00 - 22:00	9:00 - 22:00	9:00 - 22:00
Jun	8:00 - 23:00	8:00 - 23:00	8:00 - 23:00	8:00 - 23:00	8:00 - 23:00	8:00 - 23:00	8:00 - 23:00
Jul	8:00 - 24:00	8:00 - 24:00	8:00 - 24:00	8:00 - 24:00	8:00 - 24:00	8:00 - 24:00	8:00 - 24:00
Aug	8:00 - 24:00	8:00 - 24:00	8:00 - 24:00	8:00 - 24:00	8:00 - 24:00	8:00 - 24:00	8:00 - 24:00
Sep	10:00 - 20:00	10:00 - 20:00	10:00 - 20:00	10:00 - 20:00	10:00 - 20:00	10:00 - 20:00	10:00 - 20:00
Oct	12:00 - 17:00	12:00 - 17:00	12:00 - 17:00	12:00 - 17:00	12:00 - 17:00	12:00 - 17:00	12:00 - 17:00
Nov	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Dec	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off

Propuesta de horario de uso del aire acondicionado para vivienda nueva
Fuente: elaboración propia en Design Builder

TABLA 14

Resumen de Desempeño Energético					
Uso final	Edificio Base - Conforme a ASHRAE [KWh]	Escenario 1 - Proyecto inicial [KWh]	Escenario 2 [KWh]	Escenario 3 [KWh]	Escenario 4 [KWh]
Calefacción	598.03	730.47	531.3	671.96	570.92
Enfriamiento	7575.84	4080.26	3725.41	3776.68	3741.94
Iluminación interior	2746.12	1730.61	1731.26	1731.26	1731.26
Consumo total	12690.23	8311.58	7758.21	7950.14	7814.36
% Mejora - Proyecto inicial		-	7%	4%	5.98%
% Mejora con referencia a modelo ASHRAE		35%	39%	37%	38.42%
Anotaciones:					
Escenario 2	MUROS A BASE DE ECOMURO 14 RELLENO CON CAPA DE MORTERO DE YESO Y PINTURA TOP WALL DE COMEX POR AMBOS LADOS DE COLOR BLANCO.				
Escenario 3	MUROS A BASE DE BLOCK HEBEL AAC-4 CON CAPA DE MORTERO DE YESO DE 1 CM Y PINTURA TOP WALL DE COMEX COLOR BLANCA EN AMBOS LADOS.				
Escenario 4	MURO A BASE DE BLOCK HEBEL AAC-4 CON CAPA EXTERIOR DE POLIESTIRENO DE 1 PULGADA CON CAPA DE MORTERO DE YESO DE 1 CM Y PINTURA TOP WALL DE COMEX BLANCA EN AMBOS LADOS.				

Resumen de Desempeño Energético de los distintos escenarios simulados con base en los materiales
Fuente: elaboración propia

Una vez establecidos los horarios en que el sistema de aire acondicionado estará en funcionamiento con base en la tabla de temperatura para logra el confort termico durante los horarios en que las temperaturas son elevadas se procede a generar los distintos escenarios mediante el software.

El programa nos permite generar un edificio base que no contempla las mejoras como las protecciones solares y el uso de la azotea para bloquear la radiación solar antes de que caliente los locales habitables. Haciendo uso del edificio base podremos tener un punto de referencia como lo hicimos en el caso de la vivienda ya construida. Esto nos permitirá observar el comportamiento de las estrategias que se plantean utilizar para el mejoramiento del confort térmico y tener un ahorro en el consumo de energía eléctrica. Todos los escenarios ya contemplarán el uso de la orientación sur debido que como observamos en las simulaciones pasadas es la que permite obtener ahorros en el consumo de energía destinada a climatización.

Como se mencionó anteriormente el escenario base no contempla las mejoras como protecciones solares y protección de la azotea. En el escenario 1 ya se contemplan las mejoras como el uso de pórticos y volados que fueron calculados para impedir el paso de la radiación solar durante los periodos cálidos pero que permitirán el paso del calor en los meses de invierno. En ambos escenarios se contempla el uso de block de concreto para su construcción debido a que es un material comunmente usado en la ciudad de Monterrey.

Las mejoras lograron una mejora del 35% contra el edificio base, recordando que en ambos casos se utilizó el mismo material para la construcción del edificio.

A diferencia de la vivienda ya construida, en el caso de la vivienda nueva podemos seleccionar los materiales para la construcción de la vivienda, por lo que se procede en los siguientes escenarios a proponer distintos materiales para lograr un mayor ahorro de energía destinada a los equipos de aire acondicionado para lograr el confort térmico.

En el escenario 2 se utilizará el block de Ecomuro 14 de la marca Ladrillera Mecanizada pero seguirá manteniendo las mejoras como las protecciones solares y la utilización de la terraza. Dicho block es posible encontrarlo en la ciudad de Monterrey por lo que no requerirá transporte de largas distancias. Este hecho a base de barro natural y está cocido. Tiene un valor R de $2.25 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$. Sobre esta base se aplicará un mortero de yeso y sobre el mortero una capa de pintura blanca TopWall de Comex. Utilizando este material de construcción se logra una mejora en el consumo de energía del 39% contra el edificio base y una mejora del 7% contra el edificio del escenario 1. El uso de este producto de Ladrillera Mecanizada puede ayudar a que las edificaciones puedan acercarse a la certificación LEED en los puntos de Energía y Atmósfera en el criterio de Uso Mínimo de Desempeño Energético y Optimización del Desempeño Energético. Dentro del criterio de Materiales y Recursos puede abonar puntos en los criterios de Reutilización del Edificio, Manejo de los desechos de construcción, Reutilización de materiales, Uso de

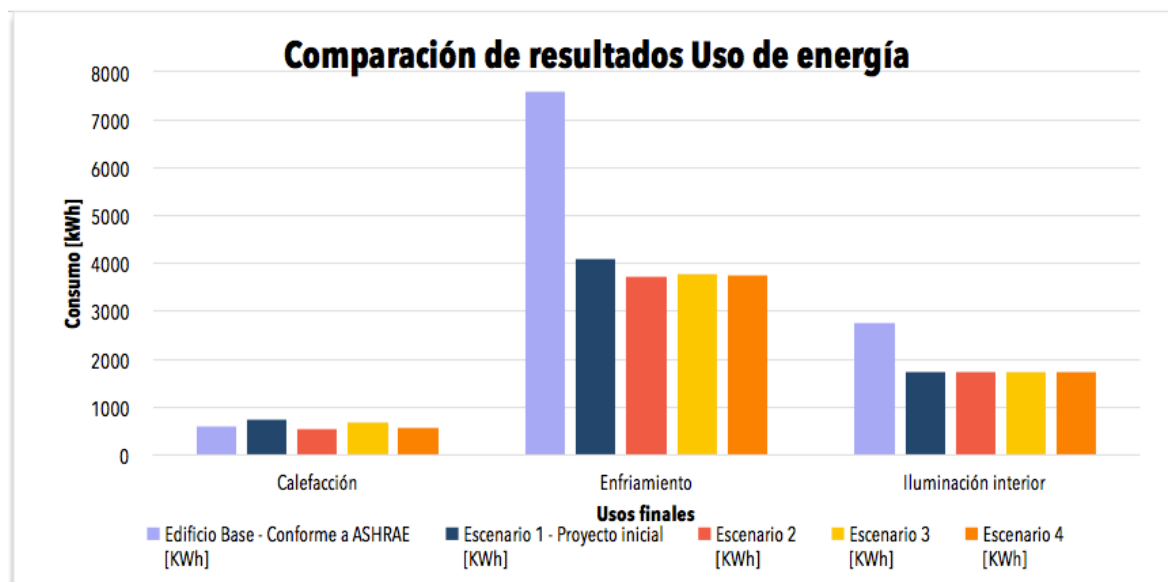
materiales regionales: hechos regionalmente y extraídos regionalmente. Para el criterio de Calidad del Aire Interior abona puntos a materiales de baja emisividad.

Para el escenario 3 se mantienen las protecciones del escenario 1 pero el material que se utilizara será el block HEBEL AAC-4. A dicho material se le colocará una capa de yeso en ambos lados y una capa de pintura TopWall blanca de Comex igual en ambos lados. Utilizando estos materiales el escenario logra una mejora de 37% contra el edificio base y un 4% contra el escenario 1. La utilización de este material puede obtener puntos para la certificación LEED en los criterios de Energía y Atmósfera debido a que mejora y optimiza el desempeño energético del edificio. Para el criterio de Materiales y Recursos puede abonar puntos debido a que su Declaración Medioambiental abona a la Transparencia y optimización. Dentro de este criterio también puede abonar para la Gestión de Derechos de Construcción y Demolición. En cuanto a Innovación abona debido a su desempeño innovador.

Para el escenario 4 se contemplan las mejoras dentro del escenario 3, pero se agregará una capa de poliestireno en la cara exterior. En ambas caras se colocara una capa de yeso y pintura TopWall Blanca de Comex. Esta capa extra de poliestrieno logra una mejora del 5.98% contra el Escenario 1 y un 38.42% contra el edificio Base.

Para el análisis de los distintos materiales aplicados a la construcción se obtuvieron los siguientes resultados:

GRÁFICO 9



Comparación de resultados del uso de energía en los distintos escenarios para Calefacción, Enfriamiento e Iluminación Interior con base en la selección de materiales

Fuente: elaboración propia.

6.1.2 Propuesta de Energía Limpia para Vivienda Nueva

Tomando el Modelo Base para hacer un cálculo inicial del número de paneles solares como se hizo en el caso de la vivienda ya existente. El Modelo Base consumiría 12690.23 kWh/año

TABLA 15

Concepto	Cantidad	Unidad	Observaciones
Consumo de energía al mes:	1057.51	kWh/mes	Del recibo de CFE - promedio anual
Energía generada por el panel:	64.07	kWh/mes	Con base en el cálculo anterior
Nº de paneles:	17	pzas	Para generar el 102% del consumo
Nº de paneles:	15	pzas	Para generar el 91% del consumo
Potencia instalada:	7.20	kW	Capacidad instalada
Reducción en emisiones GEI:	5.70	tCO ₂ - eq	Al año

Número de paneles solares requeridos para proyecto de vivienda nueva en Modelo Base.

Fuente: elaboración propia.

Para satisfacer el 102% del consumo eléctrico requerido por el modelo base se requerirían 17 paneles solares (ver tabla 15). La generación del 91% de la energía eléctrica requerida por el modelo base para no generar excedentes se lograría a través de 15 paneles solares.

Con base en la capacidad instalada del sistema se calcula el costo de instalación de estos 15 paneles solares. El precio al público por instalación será de 9,360 USD o su equivalente en pesos de \$187,480.80 mxn.

TABLA 16

Concepto	Cantidad	Unidad	Observaciones
Consumo de energía al mes:	646.51	kWh/mes	Del recibo de CFE - promedio anual
Energía generada por el panel:	64.07	kWh/mes	Con base en el cálculo anterior
Nº de paneles:	11	pzas	Para generar el 109% del consumo
Nº de paneles:	9	pzas	Para generar el 89% del consumo
Potencia instalada:	4.32	kW	Capacidad instalada
Reducción en emisiones GEI:	3.42	tCO ₂ - eq	Al año

Número de paneles solares requeridos para proyecto de vivienda nueva contemplando el mejor escenario simulado (escenario 2).

Fuente: elaboración propia.

Con base en los distintos escenarios de analiza el que tuvo un mejor desempeño energético el cual fue el escenario 2 a base de Ecomuro14 se procede al cálculo del número de paneles solares necesarios para la

generación de energía limpia del proyecto. El consumo de energía por mes del Escenario 2 será de 646.51 kWh/mes. Utilizando el mismo modelo de panel solar propuesto para la vivienda ya existente se calcula un total de 9 paneles solares para generar el 89% del consumo total de la vivienda. Estos 9 paneles solares tendrán una potencia instalada de 4.32 kW y evitarán la emisión de 3.42 tCO₂ – eq al ambiente derivado del consumo de energía eléctrica.

Con base en la capacidad instalada del sistema se calcula el costo de instalación de estos 9 paneles solares. El precio al público por instalación será de 5616 USD o su equivalente en pesos de \$112,488.48 mxn.

Debemos recordar que el consumo observado en la vivienda ya construida es distinto al de la vivienda nueva debido a que la ocupación de ambos casos es distinta. En el caso de la vivienda ya construida sólo la habita una persona, en el caso de la vivienda nueva se plantea que pueda ser utilizada por 4 habitantes.

TABLA 17

Modelo BASE	Vivienda Contemplando Mejoras
15 paneles solares requeridos generación del 91% del consumo potencia instalada 7.20 kW costo de instalación: 9360 USD equivalente: \$187,480.80 mxn	9 paneles solares requeridos generación del 89% del consumo potencia instalada 4.32 kW costo de instalación: 5616 USD equivalente: \$112,488.48 mxn
Diferencia = \$74,992.32	

Como podemos observar en la tabla 17, al aplicar las estrategias retomadas de la arquitectura vernácula y la selección de materiales se disminuye el consumo eléctrico requerido por la vivienda. Esto hace que sea necesario un número menor de paneles solares. Se redujeron de 15 paneles en el modelo Base a 9 en el mejor de los escenarios simulados. La diferencia de costos entre ambos es de \$74,992.32 pesos mexicanos .

7. CONCLUSIONES FINALES

El 34% del tiempo la Ciudad de Monterrey se encuentra dentro de los niveles de confort térmico. El 32% del tiempo se encuentra por debajo de la temperatura de confort, en este caso los usuarios de la vivienda aumenta su nivel de arropamiento antes de recurrir al uso de calefacción para hacer frente a las condiciones climáticas. El rango de uso de equipo de calefacción es menor que el de enfriamiento como podemos observar en la gráfica. El 34% del tiempo la temperatura de la ciudad sobrepasa el rango de confort y los usuarios recurren al uso de climatización para lograr el nivel de confort térmico deseado. El uso del equipo de aire acondicionado genera un gasto energético y económico.

Antes de recurrir a estrategias de climatización activa es posible identificar estrategias de la arquitectura vernácula y reinterpretarlas en la contemporaneidad. Es necesario hacer esta reinterpretación debido a que la arquitectura vernácula respondía a un contexto social, económico, político y climático distinto al que vivimos en la actualidad. Los materiales y la tecnología han ido evolucionando de la construcción con caliche y adobe al uso de nuevos materiales con mejores características térmicas para hacer frente al clima. Las condiciones climáticas también se han ido modificando a lo largo del tiempo debido al cambio climático.

Las estrategias retomadas y reinterpretadas de la arquitectura vernácula de este TOG fueron:

- **Elementos de sombreado:** En el caso de vivienda ya contruida mostraron una reducción el el uso de aire acondicionado para lograr el confort térmico en un 26% mediante el uso de una techumbre para generar una terraza de 105 m². Después de observar esto se implemento en el diseño de la vivienda nueva y se logró un ahorro del consumo eléctrico del 35%.
- **Terrado:** haciendo una reinterpretación del terrado, se colocó una capa de tezontle de 5 cms sobre los locales que hacen mas uso de los equipos de climatización en la vivienda ya construida. Con esta estrategia se logró un ahorro del 17.49% del consumo eléctrico de la vivienda cubriendo un área de 53.04 m² de la azotea.
- **Grandes alturas interiores:** se propuso una altura interior de 3.40 en el caso de la vivienda nueva para poder mantener el aire fresco dentro del plano de uso debido a su densidad.
- **Patios interiores:** Se propuso el uso de patios interiores en el caso de vivienda nueva para generar un microclima y el uso de árboles de hoja caducifolia. El uso de estos patios también fomentará la infiltración de agua al subsuelo y la reducción del efecto de isla de calor.
- **Pintura a la cal:** el uso de pintura a la cal puede aplicarse tanto en proyectos de vivienda ya construida como para proyectos de vivienda nueva. La cal, por su proceso de carbonatación, capturará carbono del ambiente. Al terminar su ciclo de vida es un material que se reintegrará de manera natural al ambiente.

Se ha comprobado que todas estas estrategias retomadas de la arquitectura vernácula del noreste han mostrado una mejora en el confort térmico de la vivienda mediante el uso de las simulaciones energéticas. Son estrategias que podrían adaptarse a la vivienda de la actualidad y ayudarían a mantener un clima interior fresco que reduciría la necesidad de uso de los sistemas de aire acondicionado. Las tecnologías pasivas y los materiales utilizados por la arquitectura tradicional pueden seguir vigentes en nuestros días y significar para nosotros un ahorro económico en el consumo de energía eléctrica destinado a la climatización. Los materiales estudiados en este TOG han demostrado una mejora hasta del 8% en los consumos de energía eléctrica de la vivienda. Esto debido a que los materiales utilizados en la envolvente impiden el paso del calor y mantienen la casa fresca. Lo que ha demostrado ser eficiente es bloquear la radiación solar lo antes posible antes que penetre el calor a los locales habitables.

Las simulaciones energéticas de la vivienda han mostrado ser una herramienta acertada y eficaz para alcanzar los mejores niveles de consumo de energía de la vivienda y observar el comportamiento térmico del proyecto. Pero para ello es necesario conocer a profundidad los hábitos de uso de los usuarios. Se pudo comprobar a través de la simulación de vivienda ya existente que es necesario conocer los horarios de ocupación, los índices de consumo, el número de usuarios y los materiales de la vivienda para obtener resultados lo más cercanos posibles a la realidad. En el caso de la vivienda nueva se debe generar un modelo que contemple los escenarios más apegados a la realidad de los posibles ocupantes de la vivienda.

En el caso de la vivienda ya construida es complicado la implementación de nuevos materiales para la construcción de elementos estructurales. En el caso de la vivienda nueva es posible hacer simulaciones energéticas para analizar cual de las propuestas de materiales logra un mejor desempeño térmico y un ahorro de energía eléctrica destinada a los equipos de climatización. Haciendo uso del Ecomuro 14, en el mejor de los escenarios se logró una mejora del 7% del consumo de energía eléctrica total del proyecto. Tan solo el uso de este material logró un ahorro en la energía destinada al enfriamiento del 8.7%.

A continuación se muestra una tabla tanto de vivienda ya construida como de vivienda nueva en la que podemos observar las reducciones del consumo eléctrico total y el consumo eléctrico de enfriamiento aplicando las estrategias antes mencionadas.

TABLA 18

VIVIENDA YA EXISTENTE		VIVIENDA NUEVA	
CONSUMO ACTUAL	CONSUMO CON ESTRATEGIAS	CONSUMO EDIFICIO BASE	CONSUMO CON ESTRATEGIAS
6108 kWh/anuales	4362 kWh/anuales	12690.23 kWh/anuales	7758.21 kWh/anuales
Reducción del 28.59% de consumo eléctrico total		Reducción del 38.87% de consumo eléctrico total	
Reducción del 59.04% de consumo eléctrico de enfriamiento		Reducción del 50.83% de consumo destinado a enfriamiento	
Reducción de consumo de 1746 kWh/año		Reducción de consumo de 4932.02 kWh/año	

Reducción del consumo eléctrico en vivienda ya construida y vivienda nueva aplicando estrategias de mejora.

Fuente: elaboración propia

Como podemos observar en el caso de la vivienda ya construida, mediante el uso de la terraza y ambas capas de tezontle fue posible reducir el consumo de energía eléctrica total en un 28.59%. El consumo de energía eléctrica requerida por los equipos de enfriamiento se redujo en un 59.04%. Esta reducción en el consumo de energía se logra mediante el uso de tecnologías pasivas. Ya que el caso de estudio para vivienda ya construida es un hogar unipersonal se hace un cálculo de los hogares unipersonales del estado de Nuevo León. De acuerdo al CENSO 2020 elaborado por el INEGI, el 11.7% de las viviendas del estado corresponden al estrato unipersonal. A nivel estatal esto significa un total de 193,664.95 viviendas, suponiendo un consumo de 4362 kWh/anuales por vivienda como en el caso de estudio esto significa un consumo de 1,182,905. 514 MWh/anuales. Si se aplicaran estas medidas a las casas con ocupación unipersonal se reduciría a 844,766.511 MWh/anuales lo que es un ahorro de 338,139.002 MWh/anuales. Aplicando el factor de emisiones del Sistema Eléctrico Nacional este ahorro significaría un total de 167,040.667 tCO₂ – eq que no se emitirían al ambiente. Basándonos en el precio internacional del carbono propuesto por Repsol (2022), el cual es de 70 USD / tCO₂, el ahorro económico sería de 11,692,846.7 USD ó \$234,207,719 mxn anualmente. Si bien la fijación del precio del carbono establecida por Repsol es una propuesta únicamente, esto en un futuro de llevarse a una normativa podría tener un impacto a nivel global debido a que si se convirtiera en un impuesto real incentivaría a las empresas y a la población a hacer una transición energética ordenada y fomentaría la innovación en nuevas tecnologías para reducir las emisiones de carbono en el mundo.

En el caso de la vivienda nueva podemos observar un ahorro del 38.87% del consumo eléctrico total al aplicar las estrategias planteadas. El consumo de energía eléctrica destinada a los equipos de climatización se redujo en un 50.83% y se ahorraron 4,932.02 kWh/anuales. Esta reducción se logra mediante el uso de las estrategias retomadas de la arquitectura vernácula y la selección del material que proporciona el mejor rendimiento térmico. La vivienda nueva fue planteada para una familia nuclear de 3.5 habitantes por vivienda como marca el CENSO 2020. En el estado de Nuevo León, el 63.6% de las viviendas son nucleares con una ocupación promedio de 3.5 habitantes por vivienda. Esto significa que del 1,655,256 viviendas del estado, 1,052,742.82 son nucleares. Suponiendo un consumo similar al obtenido de la simulación de la vivienda nueva se obtendría un consumo de 13,359,548.465 MWh/anuales por estado. Al aplicar las estrategias implementadas en la vivienda nueva a las viviendas nucleares del estado se obtendría un consumo de 8,167,399.873 MWh/anuales. Esto significaría un ahorro de 5,192,148.53 MWh/anuales. Haciendo la misma conversión a tCO₂ – eq se obtienen 2,564,921.37 tCO₂ – eq emitidas al ambiente derivadas del consumo de energía eléctrica. Mediante el precio internacional del carbono se ahorrarían 179,544,496 USD ó 3,596,276,258.23 mxn anualmente.

TABLA 19

VIVIENDA YA EXISTENTE		VIVIENDA NUEVA	
SIN ENERGÍA RENOVABLE	CON ENERGÍA RENOVABLE	SIN ENERGÍA RENOVABLE	CON ENERGÍA RENOVABLE
3.073 tCO₂-eq/año	1.173 tCO₂-eq/año	6.268 tCO₂-eq/año	2.848 tCO₂-eq/año
Reducción del 61.82% de emisiones de GEI derivados del consumo de energía eléctrica. Generación del 88% del consumo.		Reducción del 54.57% de emisiones de GEI derivados del consumo de energía eléctrica. Generación del 89% del consumo.	

Reducción de las emisiones de GEI derivadas del consumo de energía eléctrica en vivienda ya construida y vivienda nueva aplicando estrategias de mejora.

Fuente: elaboración propia

Como podemos observar, la propuesta de generación de energía por medio de fuentes renovables para ambos casos de vivienda logra la reducción de la cantidad de GEI emitidos al ambiente derivados del consumo de energía eléctrica. Al aplicar las estrategias retomadas de la arquitectura vernácula y en el caso de la vivienda nueva también al seleccionar el material que da un mejor rendimiento térmico es posible reducir el número de paneles solares requeridos para la generación de energía limpia. Al necesitar menos paneles solares la inversión también se reduce, lo que significa un ahorro económico.

En el caso de la vivienda ya construida, suponiendo una generación similar para las viviendas unipersonales del estado se reducirían a 227,168.986 tCO₂-eq anualmente emitidas. En el caso de la vivienda nueva, para las viviendas nucleares supondría un aproximado de 2,998,211.55 tCO₂-eq emitidas.

Actualmente nos encontramos ante una emergencia climática a nivel mundial. El estado de Nuevo León no es la excepción. Hoy en día estamos viviendo una de las mayores sequías. Como seres humanos debemos de tomar conciencia del daño que le estamos haciendo a nuestro planeta debido a nuestros hábitos de consumo. Analizando el caso del confort térmico y el ahorro de energía en la vivienda regiomontana se ha identificado que mediante el uso de estrategias retomadas y reinterpretadas de la arquitectura vernácula del noreste es posible reducir las cargas térmicas que afectan la vivienda. Estas estrategias ayudan a mantener el confort térmico de la vivienda y así requerir en menor medida de los equipos de aire acondicionado. La generación de energía limpia en la vivienda regiomontana además de significar un ahorro económico derivado del consumo de energía eléctrica reduciría las emisiones de gases de efecto invernadero derivados de la generación de electricidad. Aquí la comprobación de que mirando hacia la arquitectura del pasado, observando lo que se hizo bien, y trayéndolo a nuestro tiempo la arquitectura puede reducir el consumo eléctrico destinado a la climatización de una ciudad como Monterrey y llevar a su vivienda a rangos de confort de manera pasiva en mayor manera que utilizando tecnologías activas.

Bibliografía

- Fitch, J., & Morillón, D. (2001). *EL CONFORT TÉRMICO COMO VARIABLE ADICIONAL AL MÉTODO TRADICIONAL DE VALUACIÓN DE INMUEBLES: CASO VIVIENDA DEL RESUMEN ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY, NUEVO LEÓN, MÉXICO*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Morillón, D. (2011). *Edificación Sustentable en México: Retos y oportunidades*. ai México.
- King, J. (sf). *LA ARQUITECTURA VERNÁCULA DEL NORESTE DE MÉXICO*. Universidad de Monterrey.
- Prieto González, J. (2016). *LO HUMILDE EN UN CONTEXTO DE "GRANDEZA": desafíos que enfrenta la regeneración de Barrio Antiguo en Monterrey (Nuevo León)*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Gómez Dávalos, E. (2018). *EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE PANELES MONO CRISTALINO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY NL*. Monterrey, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Vargas Beal, X. (2011). *¿Cómo hacer investigación cualitativa?* Zapopan, Jalisco, México: ETXETA.
- López López, D., Beltrán Ramírez, J. D., Sosa Tinoco, I. M., Encinas Pablos, F. J., & López Chávez, O. (s.f.). *Análisis bioclimático comparativo de viviendas construidas con adobe, ladrillo, block de cemento-arena y block de poliestireno*. Sonora: Departamento de Ingeniería Civil, Instituto Tecnológico de Sonora.
- Álvarez Partida, F., Shaar Velázquez, L. C., & Flores Elizondo, R. (2017). *Análisis de viabilidad para la instalación de un sistema fotovoltaico en viviendas*. Tlaquepaque: INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO REVISTA DIGITAL.
- Chaos Yeras, M. (2015). *La arquitectura VerNÁcuLa como importaNte maNiFestación de La cuLtura*. Arquitecturas Del Sur.
- Lechner, N. (2015). *Heating, Cooling, Lighting Sustainable Design Methods for Architects* (cuarta edición ed.). Wiley.
- Comisión Nacional de Vivienda. (s.f.). *Vivienda Sustentable en México*.
- CONAFOVI. (2006). *Guía CONAFOVI Uso Eficiente de la Energía en la Vivienda*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2021). *Factor de Emisiones Del Sistema Eléctrico Nacional 2020*. Ciudad de México.
- SENER. (2018). *ENCEVI 2018*.
- Solís Plesent, E. (2013). *BIBLIOTECA BIOCLIMÁTICA*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Sotelo García, A. F. (2009). *CENTRO CULTURAL PARA LA CONSERVACIÓN CUMBRE DE MONTERREY*. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Alcázar Tovar, R. (s.f.). *La Cal en la Arquitectura Bioclimática*. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Achig, C., & Moscoso, S. (s.f.). *Adobe: Properties, Damages and Treatment*. Ecuador: Universidad de Cuenca.
- García López, E. (2015). *Paisaje y Arquitectura Tradicional del Noreste de México Un Enfoque Ambiental*. Ciudad de México.
- INEGI. (2020). *CENSO 2020 Presentación de Resultados, Nuevo León*.

Mendoza Cárdenas, M. C. (2016). *Evaluación del impacto del uso de estrategias de climatización pasiva en el consumo de energía eléctrica de dispositivos de acondicionamiento de aire en viviendas en Monterrey*. Monterrey, Nuevo León, México: Universidad Nacional autónoma de Nuevo León.

Ruiloba Landa, P. (2020). *Arquitectura Popular del Noreste*. Monterrey, Nuevo León, México: CONARTE.

ANEXOS

ANEXO - 1

Entrevista realizada a la M. Arq. Selene Velázquez

Arq. Roberto Camarillo: Pues te quería preguntar, tú, con base en tu experiencia ¿cómo hace frente la arquitectura vernácula a las condiciones climáticas de una ciudad que es tan cambiante? Tenemos veranos muy cálidos e inviernos muy fríos.

M. Arq. Selene Velázquez: Es difícil pero yo lo que le digo siempre a todo el mundo, Roberto, la arquitectura vernácula echa mano de los materiales de sus contexto entonces las personas que estaban aquí antes que nosotros, que lograron ésta arquitectura sin los llamados arquitectos supieron observar muy bien y gracias a eso obviamente fueron moviendo la casa, la ubicación de la casa para que tuvieran mejor ventilación, mejor iluminación pero sobre todo utilizaban los materiales regionales. Entonces si el suelo es arcilloso ellos sabían que podían hacer abobes, o si no entonces en lugar de adobes porque al final del día el adobe si de por si es una tarea laboriosa hacerlo, pero bueno se quedan sacando al sol, entonces el impacto es muchísimo menor y la energía que gasta, la energía hombre y la energía que se me fue la palabra, pero la energía que tú tienes que utilizar por ejemplo el fuego, el calor se reduce y cuando ya tienes que hacer ladrillos es cuándo dices tu pues ahora con las arcillas quiero hacer ladrillos bueno, entonces ahora tienes que hacer un proceso similar, no igual, al del adobe y después poner entonces a cocer esas arcillas. Entonces es muy interesante porque la gente supo utilizar muy bien los materiales o si había rocas sedimentarias, como por ejemplo el caliche, que acá ya sabes que a todo le dicen sillares, yo siempre perdón yo se que me voy a escuchar muy maestra y no debería, los regaño y les digo: “es que no le digan sillares, porque un sillar es una roca labrada por todas sus caras y puede ser de diferentes materiales” entonces aquí lo interesante es saber de cuál de cual material se hizo ese sillar y acá lo que tenemos son sillares en su mayoría de caliche, que es una roca sedimentaria compuesta por gravas, arcillas, limo y carbonato de calcio porque toda esta región, obviamente en tiempos pretéritos estuvo cubierta por el mar entonces todos estos materiales que tenemos se utilizan para la arquitectura vernácula, para la arquitectura tradicional. Obviamente se hacen muros anchos, los espacios por lo general son amplios pero si no son tan amplios son altos y tú sabes que el calor sube entonces también el material con el que están hechas las cubiertas en muchas ocasiones son materiales, o bueno, son cubiertas vegetales. Con cubiertas vegetales me refiero a que por ejemplo son de carrizo y luego tienen

palmas arriba o si no utilizan el terrado, que el terrado se compone, y bueno el terrado hay en todo el país no sólo por acá obviamente también es una construcción europea entonces también lo vas a encontrar por todo España y en diferentes lugares de Europa. Pero el terrado es este techo de vigas que están, bueno, están las vigas que son los cargadores, o los largueros y después hay otros materiales que puedes utilizar como maderas, ósea tablones de madera, o si no losetas de barro o tejamanil o incluso el carrizo y a partir de eso una cama de tierra, entonces por eso se llama terrado, por la tierra. Después de la cama de tierra, gravas y hacen un entortado de cal y arena y arriba ya hay diferentes maneras como de impermeabilizar, ¿no?, se puede poner petatillo que es este ladrillo plano que lo encuentras mucho por allá aquí no lo encontramos ya tanto. Pero en el centro u occidente del país es como todavía muy fácil de encontrar. Entonces todos esos materiales en conjunto ayudan a que la casa sea térmica o sea lo interesante es ¿en qué momento y por qué se dejaron de utilizar esos materiales?

Arq. Roberto Camarillo: Exacto. justamente una de las preguntas, ya me respondiste una de las que te quería plantear era un poco cómo usa la azotea la edificación, porque el 70% o hasta el 80% de la ganancia térmica de la edificación viene de la losa de azotea entonces pues con el tejamanil y con los terrados creo que ya me queda un poquito más claro como hacia frente a esa carga la vivienda vernácula a esa carga térmica y éste, y pues otra pregunta que te quería hacer también con base en esto es ¿porqué se ha dejado de usar el block de adobe y hemos optado y he visto que aquí en Monterrey usan mucho el block de concreto? Bueno, más bien la fabricación de ese block de concreto es muy contaminante al contrario de un block de adobe que como dices es tierra de la región o sea ¿porqueé se ha dejado de utilizar ese sistema constructivo que es mucho más ecológico y es mucho más viable térmicamente para la vivienda?

M. Arq. Selene Velázquez: Muchas líneas de investigación, Roberto, y cada una te da para una tesis pero aquí lo interesante es enumerarlas y que tú seas cómo consciente de ellos y bueno que ya sepas si quieres como investigar más sobre cada una o al menos que las tengas. Yo te puedo mencionar alguna que seguro que te vas a encontrar más. El tiempo de elaboración del adobe es más lento que por ejemplo el del block de concreto, OK, necesitas por ejemplo obviamente saber muy bien dónde vas a extraer la tierra, cuál es la tierra buena, cuales son las arcillas, cuál es la mezcla buena para poder hacer el adobe y que no se te parta, saber que agregados les vas a poner, si le vas a poner paja, si le vas a poner excremento, qué vas a hacer que tenga esa estructura. Entonces tienes que amasar luego lo tienes que poner en la adobera, ósea en el molde tienes que dejarla secar al sol varios días y después ya lo utilizas y tienes que pedirle a las deidades en las que creas que no te llueva, porque si llueve, pues ahí te encargo ¿no? Entonces está el lodazal y de repente llega por ejemplo este otro, este otro material como el block. Conste que me estoy el ladrillo porque antes de llegar a este block fue el primero el ladrillo pero el block es como muchísimo más rápido. Entonces en unas sociedades como las del siglo XX porque realmente el block de concreto comienza aproximadamente a mediados de la década de los treinta-cuarentas es cuando ya se empieza a usar de manera masiva no con las mismas características que vemos ahora pero nos vamos a encontrar en, ¿estás en Monterrey ahorita verdad? Te voy a decir dónde los vas a ver, Ruperto

Martínez, OK, en la calle Ruperto Martínez por el centro de Monterrey pasando Valentín Gómez Farías vas a ver una torre enorme que están haciendo departamentos y una casita que está al lado que está ahí como medio abandonada pero si esta habitada y un muro que continúa ese muro que era parte de la casa tiene sillares de caliche pero un acceso está tapiado por block de los treintas-cuarentas y el block de los treintas cuarentas son las formas son muy similares Roberto pero está elaborado por piedrita de río, ok, porque es el material que tenían, no había esos triturados y entonces empiezan a ver cómo están esos materiales muchísimo más rápido y como la ciudad empieza a ser la ciudad industrial pues dices "bueno mejor nos quitamos del caos que es el adobe, o el labrar los grandes por ejemplo sillares de caliche y mejor utilizamos este material. Acuérdate que Cementos Monterrey, o bueno, las cementeras empiezan en 1900. Entonces para 1900 acá el cemento empieza a entrar con todo y por otro lado, Roberto, existe también el mito de que la arquitectura de tierra y lo voy a decir así de crudo porque así es, es para pobres ok, ósea sea tú no debes de tener una casa de tierra porque eso es para pobres. Buen, conste que esa mentalidad fue en algún momento porque ahorita se esta dando el boom, es al revés, si tienes adobe en tu casa es porque eres rico, entonces empiezas a ver como este cambio. Bueno el tiempo y el péndulo que hay en la historia. Pero lo que voy es en su tiempo, sobre todo en las primeras décadas del siglo XX baja el uso, entonces más o menos como en la década de los cincuentas es cuando prácticamente se termina. Entonces es como este caos o ya lo utilizaban para situaciones menores como para tapiar áreas, ,no, tapar algunos accesos tapar ventanas pero ya dejaban de construir con estos materiales y otra así rapidísimo Roberto se ha perdido la técnica, ósea en algún momento también se perdió la técnica y cada vez menos personas saben como hacer adobes ¿no?

Arq. Roberto Camarillo: Justo eso y este por ejemplo algo que tenemos ahorita en la materia acabo de pasar el segundo semestre tenemos una materia que se llama este materiales y sistemas de edificación sustentable y tuvimos una práctica de arquitectura con tierra que nos da la doctora Ana Olivera y ella no se nos enseñó a hacer adobes y nos enseñó a bruñir un tabique, el tadelak. Fue una de las clases más interesantes, fueron tres clases en total de las tres clases más interesantes de toda la maestría y justo ahorita lo que dices que pues es que es conocimiento que se está perdiendo y se debe de recuperar porque pues tiene bueno para mi tesis creo que tiene un impacto mucho más positivo que un block de concreto a lo mejor como dices no es el tiempo si es más es más tardado pero pues va a volver a venir entonces

M. Arq. Selene Velázquez: Claro

Arq. Roberto Camarillo: Esa como no sé recuperarlo

M. Arq. Selene Velázquez: Si, no es sólo bueno para tu tesis sino para todo el mundo o sea obviamente el impacto ambiental, ósea, a nivel macro es muy distinto de ponerte hacer adobes a estar utilizando cemento para todo, ¿no? Porque en algún momento lejano que esa casita no se ya se demuela lo que quieras vuelve a la tierra y los materiales son completamente compatibles no estás contaminando

por eso también cuando utilizas pintura a la cal pues no contamina, ósea es muy diferente a utilizar pinturas vinílicas. Entonces todo está vinculado a la arquitectura tradicional, toda la arquitectura vernácula está ligada de tal manera que ayuda a que sea una construcción por ejemplo más fresca. Porque todo está vinculado no son nada más los muro de tierra o los muros de piedra todo el sistema constructivo abona a que tengas una casa fresca en verano o calientita en invierno.

Arq. Roberto Camarillo: Claro. Y este algo que me llama mucho la atención, yo te conocía por medio de tu entrevista con el MUNE

M. Arq. Selene Velázquez: OK

Arq. Roberto Camarillo: Y dije “no, de verdad, muero por entrevistarla”. Quiero conocer más de esto, fue como te contacté y este otra parte que me llamo mucha atención estabas hablando de una casa que tiene un patio interior y veo que eso, este, bueno haciendo un poquito de investigación documental dice que fomenta, bueno aparte de que lo usaba un poco más de arquitectura vernácula, fomenta que se haga circulaciones de aire lo que también hace más fresca la casa pero eso siento que se ha perdido también un poquito entonces no sé qué opinión tengas de los patios interiores si me pudieras decir

M. Arq. Selene Velázquez: No bueno, los patios interiores son una chulada. Osea lo que te digo por ejemplo, o lo que yo también siempre platico como de manera recurrente, Roberto, es que al nosotros conocer, investigar, observar la arquitectura tradicional es saber que hicieron bien para traérselo ahora a la contemporaneidad ¿no? Osea, no se trata hay muchas personas que piensan que van a seguir haciendo grandes casonas como en Morelia, no bueno, pues ya no hay el territorio para hacerlo. Pero en pequeño cómo podemos replicar todo eso. podemos dejar espacios por ejemplo como lo del patio interior que como bien dices da iluminación, da ventilación e incluso puede ayudar para la reabsorción de los mantos freáticos. Esa es otra de las cosas y de los impactos ambientales que casi no se habla pero que es indispensable o sea que realmente necesitamos como arquitectos y como ciudadanos, como arquitecto proponerlo y como ciudadanos exigirlo. Que pasa con la ciudades y qué pasó con los espacios de reabsorción. Entonces un patio siempre, bueno, por lo general puede ser un espacio reabsorción.

Arq. Roberto Camarillo: Si, justo como dices también llevamos una materia de Gestión de los Recursos de Agua y Suelo. Y parte de esta material nos decía que sólo el 5% del agua que cae a la ciudad es reabsorbida a los pozos freáticos.

M. Arq. Selene Velázquez: ¡Imagínate!

Arq. Roberto Camarillo: Es mínimo y éste...

M. Arq. Selene Velázquez: Si tienes oportunidad, recuérdame te vas el fin de semana ¿verdad?

Arq. Roberto Camarillo: Si, el 28.

M. Arq. Selene Velázquez: Vayan a visitar la Casa del Campesino, la Casa del Campesino que está en el centro. Está en Abasolo y Mina. Ve y conoce el patio norte por ejemplo, que hacen donde está el Museo Estatal de Culturas Populares, te digo, pídeles que te dejen entrar a crujía. Espero que estén abiertas, según yo si, pero si no ve a conocer el patio. Ósea ese patio en algún momento le habían puesto una gran lona negra de plástico y cada vez que llovía se les inundaba. Y se les olvidó que habían puesto esa lona. Entonces cuando yo empiezo a trabajar ahí, me dicen "es que el patio se nos va a inundar", y yo "¿porqué se les va a inundar?". Entonces cuando empiezan las excavaciones y encuentro eso, les digo "vean, ósea, pusieron una lona. ¿porqué pusieron una lona en el patio?". Y su respuesta fue "no queremos que salga hierbita". Si. Te lo juro entonces fue de que "¿what?" ósea, ¿neta? Entonces lo quitamos hicimos como un cajón, apisonamos la tierra, hay gravilla ahorita de mármol. Cada vez que llueve de hecho subí un video hace días con la lluvia por ejemplo del lunes entonces cada vez que llueve ahí todo ósea es un espacio de reabsorción buenísimo ¿no? Y por ejemplo los muros que están trabajados con cal, pintura a la cal, están en muy buen estado de conservación y la capilla que está ahí mismo en ese patio se te llena de ampollas con todas las humedades entonces es muy interesante ver cómo se comporta la arquitectura vernácula trabajada con materiales tradicionales a las que no.

Pero yo hablo mucho Roberto, dime si tienes...

Arq. Roberto Camarillo: No, de verdad, creo que me aventé el video de una hora 40 y dije "esto está muy interesante y creo que quiero empezar por ahí porque es la base de toda nuestra arquitectura y como ósea me parece espectacular como antes no hacían uso de estos sistemas de aire acondicionado qué ahora tenemos y eran técnicas mucho más sencillas. Entonces eso a final de cuentas si lo volvemos a retomar creo sería un ahorro tanto para nuestro planeta que no generaríamos tanto CO₂ para la generación de energía eléctrica y económico también para, pues para no destinar tanta electricidad a los sistemas de acondicionamiento que tenemos ahorita. Y eso a final de cuentas creo que a nosotros y al gobierno nos interesa porque, por todos los subsidios que hay a la energía eléctrica.

M. Arq. Selene Velázquez: Claro y la verdad creo que tu tesis es muy valiosa porque le puedes mostrar a otros compañeros, no sólo a nivel maestría, sino incluso también de licenciatura que se pueden hacer las cosas diferente. También todo eso se perdió porque en la escuela no nos enseñaron otras cosas, Roberto, siempre nos enseñaban a construir con concreto. Entonces la arquitectura tradicional se veía como muy lejana, ¿no?

Arq. Roberto Camarillo: Exactamente

M. Arq. Selene Velázquez: Entonces estamos en el momento ideal para retomarla de nuevo y tampoco hacerla elitista, sino que le llegue a todo mundo.

Arq. Roberto Camarillo: Y pues bueno ya para no robarte tanto tiempo, este, me gustaría preguntarte aparte de las alturas, de los pretils, de los patios interiores. ¿Qué otra cosa crees que pudiera abonar a la arquitectura de la vivienda que podríamos tomar de la arquitectura vernácula que se pudiera aplicar ahorita para mejorar el confort térmico?

M. Arq. Selene Velázquez: Es que te digo que es un conjunto o sea es un todo. Si tú aplanas o revocas los muros con cal va a ser muchísimo más fresca, pero por ejemplo imagínate que tu haces una casa de adobe o de tapial o de lo que quieras y luego lo recubre con un zarpeo o con un aplanado de cemento. Pues no. Entonces ni va a trabajar de manera correcta y te va a generar también otros microclimas y deterioros muy grandes obviamente en los muros. Entonces aquí lo interesante seguir trabajando con cal, ¿no? Trabajar todo con cal es como los jarritos de Tlaquepaque ¿no? Ósea de barro que están así frescos y te conservan el agua fresca, bueno es igual con las casas. Entonces más bien creo que utilizar la cal lo mayormente posible creo que es como una de las, una de las bases ¿no? Y es algo que te digo va vinculado con la arquitectura tradicional.

Arq. Roberto Camarillo: OK pues ya quedó todo un poquito más claro y éste... Pues creo que ya tengo suficiente material para trabajar.

M. Arq. Selene Velázquez: Que bueno Roberto. Un bonus, árboles de temporada o sea ¿a qué me refiero? Árboles de hoja caducifolia, ¿ok? Que en verano estén tupidos y que te hagan como un microclima y que te den sombra en la casa y cuando sea invierno que se le caigan las hojas y que te dejen pasar los rayitos de sol. También muchas veces no pensamos en ese tipo de árboles y son fundamentales. Entonces árboles con hojas caducifolias ¿no? Mientras se tenga oportunidad de poner plantas también va a ser algo buenísimo.

Arq. Roberto Camarillo: Muchísimas gracias Selene.

M. Arq. Selene Velázquez: Nombre, al contrario espero que te haya ayudado y cualquier cosa me escribes. Disfruta tu estancia en la ciudad y ponte a conocerla ¿sale? Un abrazo. Ciao.

ANEXO - 2

TABLA DE USOS FINALES DE ENERGÍA EN MODELO BASE - VIVIENDA NUEVA

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	598.03	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	7575.84	0.00	0.00
Interior Lighting	2746.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2275.99	35.64
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	4516.36	0.00	0.00	7575.84	2874.02	35.64

ANEXO - 3

TABLA DE USOS FINALES DE ENERGÍA EN ESCENARIO 1 - VIVIENDA NUEVA

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	730.47	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	4080.26	0.00	0.00
Interior Lighting	1730.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	614.84	9.63
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	3500.84	0.00	0.00	4080.26	1345.31	9.63

ANEXO - 4

TABLA DE USOS FINALES DE ENERGÍA EN ESCENARIO 2 - VIVIENDA NUEVA

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	531.30	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	3725.41	0.00	0.00
Interior Lighting	1731.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	614.84	9.63
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	3501.49	0.00	0.00	3725.41	1146.14	9.63

ANEXO - 5

TABLA DE USOS FINALES DE ENERGÍA EN ESCENARIO 3 - VIVIENDA NUEVA

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	671.96	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	3776.68	0.00	0.00
Interior Lighting	1731.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	614.84	9.63
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	3501.49	0.00	0.00	3776.68	1286.79	9.63

ANEXO - 6

TABLA DE USOS FINALES DE ENERGÍA EN ESCENARIO 4 - VIVIENDA NUEVA

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	570.92	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	3741.94	0.00	0.00
Interior Lighting	1731.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	1770.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	614.84	9.63
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	3501.49	0.00	0.00	3741.94	1185.76	9.63

ANEXO - 7

FICHA TÉCNICA ECOMURO DE LADRILLERA MECANIZADA

	Alto (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Peso (kg)	Piezas x m ²	Peso x m ² (kg)	Valor R (m ² K/W)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
Ecomuro 12	19.4	12	39	5.5	12.5	68.75	0.58	150
Relleno	19.4	12	39	5.5	12.5	68.75	1.77	150
Ecomuro 14	19.4	13.9	39	5.5	12.5	68.75	0.63	120
Semi-relleno	19.4	13.9	39	5.5	12.5	68.75	1.20	120
Relleno	19.4	13.9	39	5.5	12.5	68.75	2.25	120
Ecomuro 19	19.4	19	39	8.3	12.5	103.75	0.77	90
Relleno	19.4	19	39	8.3	12.5	103.75	2.68	90
Ecomuro Plus	29	13.9	59	14.3	5.6	80.08	0.68	NA

ANEXO - 8

FICHA TÉCNICA BLOCK HEBEL AAC-4

Características	Unidad	Clase AAC-4	Clase AAC-6
Resistencia a la compresión (f´aac)	kg/cm ²	40.8	61.2
Densidad nominal	kg/m ³	500	600
Densidad aparente	kg/m ³	502.30	605.23
Peso de diseño	kg/m ³	600	720
Contracción por secado	mm/m	0.20	0.20
Coefficiente de expansión térmica	1/K	8x10 ⁻⁵	8x10 ⁻⁵
Conductividad térmica	W/m·K	0.1059	0.1339
Permeabilidad al vapor de agua	ng/Pa·s·m	0.269	0.244
Adsorción de humedad	%masa / %vol.	5.55 / 2.777	5.46 / 3.282
Módulo de elasticidad	kg/cm ²	20,800	26,500
Módulo de ruptura	kg/cm ²	8.10	10.0
Esfuerzo de aplastamiento permisible	kg/cm ²	24.50	36.8

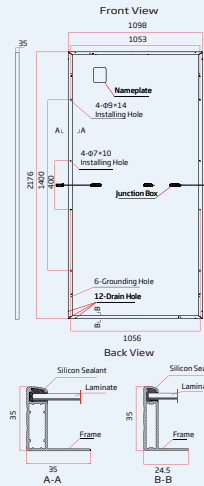
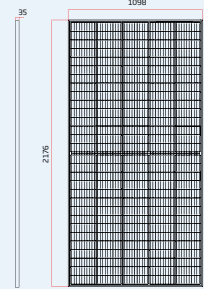
ANEXO - 9

FICHA TÉCNICA DE PANEL SOLAR VERTEX MONOCRISTALINO TSM-DE18M(II) DE TRINA SOLAR

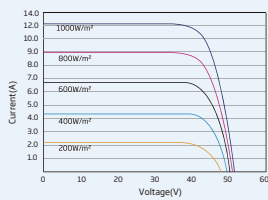


BACKSHEET | TSM-DE18M(II)

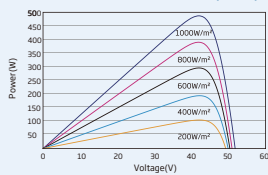
DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



I-V CURVES OF PV MODULE(490 W)



P-V CURVES OF PV MODULE(490W)



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	480	485	490	495	500	505
Power Output Tolerance- P_{MAX} (W)	0/+5					
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	42.0	42.2	42.4	42.6	42.8	43.0
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	11.42	11.49	11.56	11.63	11.69	11.75
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	50.8	51.1	51.3	51.5	51.7	51.9
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	11.99	12.07	12.14	12.21	12.28	12.35
Module Efficiency η (%)	20.1	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.

*Measuring tolerance: $\pm 3\%$.

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	363	367	371	375	379	382
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	39.6	39.8	40.0	40.2	40.4	40.6
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	9.15	9.20	9.26	9.32	9.37	9.43
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	48.0	48.2	48.4	48.6	48.8	49.0
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	9.65	9.72	9.77	9.83	9.89	9.94

NMOT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	150 cells
Module Dimensions	2176 × 1098 × 35 mm
Weight	26.3 kg
Glass	3.2 mm High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA
Backsheet	White
Frame	35 mm Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² Portrait: N 280mm/P 280mm Landscape: N 1400 mm /P 1400 mm
Connector	TS4

TEMPERATURE RATINGS

NMOT (Nominal Module Operating Temperature)	41°C (± 3 K)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	-0.36%/K
Temperature Coefficient of V_{OC}	-0.26%/K
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.04%/K

(Do not connect Fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 to +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	20A

WARRANTY

10 year Product Workmanship Warranty
25 year Power Warranty
2% first year degradation
0.55% annual degradation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box:	30 pieces
Modules per 40' container:	600 pieces



CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.

© 2020 Trina Solar Limited. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Version number: TSM_EN_2020_A

www.trinasolar.com

ANEXO - 10
CARTA DE VINCULACIÓN SOCIAL - CONACYT



30 agosto de 2021
Monterrey, N.L.

A quien corresponda. -
Programa de becas nacionales CONACYT

Por medio de la presente me permito hacer de su conocimiento que el alumno José Roberto Camarillo Cortes de la "Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables" del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (I.T.E.S.O.) participó de manera activa con nosotras durante el desarrollo de su trabajo de obtención de grado titulado "*Confort Térmico y Ahorro Energético en Vivienda de Monterrey, Nuevo León*".

Como profesional de la restauración de bienes muebles e inmuebles considero de suma importancia el apoyo a trabajos de investigación como el de Roberto Camarillo, que buscan abonar en la construcción de viviendas en la actualidad que favorezca el confort térmico de los ocupantes, al mismo tiempo de lograr un ahorro en los consumos de energía mediante la reinterpretación de elementos de la arquitectura vernácula del noreste de México.

Selene Velázquez
Maestra en Restauración
de sitios y Monumentos
Arquitecta