

# UNIVERSIDAD DE SONORA

---

**División de Ingeniería**

**Departamento de Ingeniería Civil y Minas**

**Maestría en Ingeniería Urbana**



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**

## **Trabajo Escrito**

**"DETERMINACIÓN DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS PARA  
VIVIENDAS RESIDENCIALES EN HERMOSILLO, SONORA"**

**Que para obtener el Grado de Maestría en Ingeniería Urbana**

**Línea Terminal Construcción**

Presenta

**Carlos Eduardo Quijada González**

Directora de Tesis

**Dra. Ana Cecilia Borbón Almada**

Hermosillo, Sonora

Agosto de 2021.

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"

# UNIVERSIDAD DE SONORA

---

DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA URBANA  
Opciones Construcción y Valuación

Hermosillo, Sonora 29 de junio de 2021

**Dr. Jesús Quintana Pacheco**  
**Coordinador del Posgrado**  
**Presente.**

Por este medio, los abajo firmantes miembros del jurado para llevar a cabo la evaluación en la fase escrita y oral del **Ing. Carlos Eduardo Quijada González** con número de expediente **209204162**, que presenta el trabajo de tesis titulado "**DETERMINACIÓN DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS PARA VIVIENDAS RESIDENCIALES EN HERMOSILLO, SONORA.**" Consideramos que el documento se encuentra listo para ser presentado en la fase oral de esta evaluación.

En espera que se realicen los trámites correspondientes, quedamos a su disposición para cualquier aclaración al respecto.

**ATENTAMENTE**

**"El saber de mis hijos hará mi grandeza"**

**Dra. Ana Cecilia Borbón Almada**  
**Directora de Tesis**

**Dra. Gema Karina Ibarra Torúa**  
**Secretario**

**Dr. Jesús Quintana Pacheco**  
**Sinodal**

**Dr. Armando Ayala Corona**  
**Sinodal**

## RESUMEN

La Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, limita la ganancia de calor en edificios residenciales para la República Mexicana, con el objetivo de fomentar el ahorro de energía eléctrica consumida por aire acondicionado en clima cálido y reducir los impactos ambientales por el uso excesivo de energía; así como asistir en el proceso de diseño de las edificaciones de uso residencial y ayudar a tomar decisiones para revisar y proyectar edificios energéticamente más eficientes. Esta norma fue elaborada por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y publicada en el Diario Oficial de la Federación en el año 2011. En el presente estudio se aplicó esta norma, por medio de simulación, utilizando la herramienta oficial de la CONUEE, para evaluar su cumplimiento en un grupo de viviendas de tipo Residencial Plus, ubicadas en la ciudad de Hermosillo, Sonora, para dos tipologías (A y B). Una vez obtenido el grupo de prueba, se aplicó la herramienta con base al proyecto ejecutivo de cada vivienda. Se realizaron cuantificaciones en superficies de la envolvente de las viviendas, incluyendo muros, techos, ventanas y puertas, tomando en cuenta los sistemas constructivos, así como las propiedades de los materiales de construcción, ubicando los inmuebles en clima cálido seco, considerando casas de dos niveles y sus cuatro orientaciones.

Los resultados obtenidos con porcentajes de ahorro positivos demuestran el cumplimiento, mientras que los que resultan con valores negativos demuestran un decremento en el ahorro, quedando de la siguiente manera: En la tipología A cumplen con un 34% al Norte, 32.4% al Sur, 29% al Oriente, y 24.2% al Poniente; mientras que en la tipología B no cumplen con un -32% al Norte, -28.3% al Sur, -39.4% al Oriente, y -46.5% al Poniente. Se propone una recomendación de mejora de la vivienda B con aislamiento sobre los muros existentes, ocasionando su cumplimiento con un 8.3% al Norte, 11.8% al Sur, 3% al Oriente, y 0.4% al Poniente. Asimismo, se recomienda realizar un estudio de las propiedades térmicas de los materiales de construcción considerando las condiciones climáticas del lugar, así como la orientación del edificio, ya que con esto se permitirá que en las construcciones habitacionales futuras se fomente el ahorro energético y se promueva el cumplimiento de la norma.

**Palabras Clave:** Normatividad, eficiencia energética, sistemas constructivos, vivienda, simulador energético.

## ABSTRACT

The Official Mexican Standard NOM-020-ENER-2011, limits the heat gain in residential buildings for the Mexican Republic, in order to promote the saving of electrical energy consumed by air conditioning in hot weather and reduce the environmental impacts due to the use excessive energy; as well as assist in the design process of buildings for residential use and help make decisions to review and design more energy efficient buildings. This standard was prepared by the Commission for the Efficient Use of Energy (CONUEE) and published in the Official Gazette of the Federation in 2011. In the present study, this standard was applied, by means of simulation, using the official tool of CONUEE, to evaluate its compliance in a group of Residential Plus type homes, located in the city of Hermosillo, Sonora, for two typologies (A and B). Once the test group was obtained, the tool was applied based on the executive project of each home. Quantifications were carried out on surfaces of the housing envelope, including walls, ceilings, windows and doors, taking into account the construction systems, as well as the properties of the construction materials, locating the properties in a hot dry climate, considering houses of two levels and their four orientations.

The results obtained with positive savings percentages show compliance, while those that result with negative values show a decrease in savings, remaining as follows: In typology A they comply with 34% to the North, 32.4% to the South, 29% to the East, and 24.2% to the West; while in typology B they do not comply with -32% to the North, -28.3% to the South, -39.4% to the East, and -46.5% to the West. A recommendation is proposed to improve housing B with insulation on the existing walls, causing compliance with 8.3% to the North, 11.8% to the South, 3% to the East, and 0.4% to the West. Likewise, it is recommended to carry out a study of the thermal properties of construction materials considering the climatic conditions of the place, as well as the orientation of the building, since this will allow future housing constructions to promote energy saving and promote compliance with the standard.

**Key Words:** Normativity, energy efficiency, construction systems, housing, energetic simulator.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi compañera de vida, por su apoyo incondicional, por alentarme en cada decisión y por compartir cada resultado y logro juntos.

A mi familia, por ser mi inspiración y motivarme siempre a seguir adelante.

A mis amigos, por sus consejos y su disposición.

A la Universidad de Sonora y su plantilla docente, por el conocimiento recibido.

A mi directora de tesis, por su apoyo, su confianza y por compartir su tiempo y sus conocimientos para hacer tangible este trabajo.

A mi comité tutorial, por su valioso tiempo y su experiencia en el desarrollo del trabajo.

Al CONACyT, por hacer posible este trabajo.

## EPÍGRAFE

*[...] el principio nunca ha sido la punta nítida y precisa de un hilo, el principio es un proceso lentísimo, demorado, que exige tiempo y paciencia para percibir en qué dirección quiere ir [...]*

José Saramago.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<u>Descripción</u>	<u>Página</u>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Objetivo general.....	4
1.4. Objetivos particulares .....	4
1.5. Justificación .....	5
1.6. Antecedentes .....	6
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>9</b>
2.1. Trabajos relacionados .....	9
2.2. Marco teórico .....	12
2.2.1. Vivienda y su clasificación.....	12
2.2.2. Materiales, componentes y sistemas constructivos .....	15
2.2.3. Mecanismos de transferencia de calor.....	18
2.2.4. Propiedades térmicas de los materiales de construcción .....	19
2.2.4.1. Conductividad térmica.....	19
2.2.4.2. Resistencia térmica .....	20
2.2.5. Simulación térmica y ahorro de energía .....	22
<b>3. METODOLOGÍA .....</b>	<b>25</b>
3.1. Definición del problema. ....	25
3.2. Información general de la ciudad de Hermosillo, Sonora.....	25
3.3. Ubicación de los casos de estudio.....	26
3.4. Criterios de selección de la muestra. ....	29



3.5.	Selección de la muestra significativa .....	30
3.6.	Geometría de los edificios. ....	33
3.7.	Descripción general de las viviendas a evaluar. ....	35
3.8.	Descripción general de la herramienta de cálculo .....	37
3.9.	Base de datos informativa con las características de las viviendas a evaluar. ....	41
3.10.	Simulación. ....	48
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>59</b>
4.1.	Resultados.....	59
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
5.1.	Conclusiones .....	73
5.2.	Recomendaciones .....	74
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>77</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>81</b>
	Formato para informar del cálculo del presupuesto energético.	82
	Fichas técnicas	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

<u>Descripción</u>	<u>Página</u>
Figura 1.1. Ventas internas de energía eléctrica en el periodo 2015-2017 registrado en México.....	4
Figura 2.1. Ejemplo de análisis de conducción de calor. ....	20
Figura 2.2. Analogía entre los conceptos de resistencia térmica y eléctrica. ....	21
Figura 2.3. Conductividades térmicas de algunos materiales a temperatura ambiente. ....	22
Figura 3.1. Temperatura ambiente media anual en México. ....	26
Figura 3.2. La Coruña Residencial. ....	27
Figura 3.3. La Rioja Poniente Residencial. ....	27
Figura 3.4. La Rioja Norte Residencial. ....	28
Figura 3.5. Valle del Lago Residencial. ....	28
Figura 3.6. La Coruña Residencial. ....	31
Figura 3.7. La Rioja Residencial. ....	32
Figura 3.8. La Rioja Norte Residencial. ....	32
Figura 3.9. Valle del Lago Residencial. ....	33
Figura 3.10. Mancha urbana de la ciudad de Hermosillo, Sonora. ....	33
Figura 3.11. Fachada principal y posterior de la vivienda A.....	34
Figura 3.12. Fachada principal de la vivienda B. ....	35
Figura 3.13. Edificio residencial A de referencia, fachada frontal y posterior.....	35
Figura 3.14. Introducción de datos generales en la herramienta de cálculo. ....	38
Figura 3.15. Captura de información de muros exteriores de la edificación.....	38
Figura 3.16. Captura de la información de techo y superficies inferiores.....	39
Figura 3.17. Captura de la información de ventanas. ....	39
Figura 3.18. Captura de la información de puertas.....	40
Figura 3.19. Resumen previo al cálculo de demanda energética.....	40
Figura 3.20. Resultado del estudio de demanda energética.....	41
Figura 3.21. Datos básicos de la vivienda A. ....	48
Figura 3.22. Captura de los sistemas constructivos para muros de la vivienda A. ....	49
Figura 3.23. Captura del sistema constructivo no homogéneo para techo en vivienda A....	50

Figura 3.24. Continuación en captura del sistema constructivo no homogéneo para techo en vivienda A. ....	50
Figura 3.25. Captura del sistema constructivo homogéneo para ventanas en vivienda A. ..	51
Figura 3.26. Captura del sistema constructivo de puertas en vivienda A.....	52
Figura 3.27. Datos básicos de la vivienda B. ....	52
Figura 3.28. Captura de los sistemas constructivos para muros de la vivienda B.....	53
Figura 3.29. Captura del sistema constructivo no homogéneo para techo en vivienda B. ....	54
Figura 3.30. Continuación en captura del sistema constructivo no homogéneo para techo en vivienda B.....	54
Figura 3.31. Captura del sistema constructivo no homogéneo para superficie inferior en vivienda B.....	55
Figura 3.32. Continuación en captura del sistema constructivo no homogéneo para superficie inferior en vivienda B. ....	55
Figura 3.33. Captura del sistema constructivo homogéneo para ventanas en vivienda B....	56
Figura 3.34. Captura del sistema constructivo no homogéneo de puerta principal en vivienda B. ....	57
Figura 3.35. Captura del sistema constructivo homogéneo de puerta de servicio en vivienda B. ....	57
Figura 4.1. Resumen general de los componentes de la envolvente de la vivienda A. ....	59
Figura 4.2. Resultados de la simulación de la vivienda A con orientación al Norte.....	60
Figura 4.3. Resumen general de los componentes de la envolvente de la vivienda B. ....	61
Figura 4.4. Resultados de la simulación de la vivienda B con orientación al Sur.....	62
Figura 4.5. Resultados de la simulación de la vivienda A con orientación de su fachada principal al Sur. ....	63
Figura 4.6. Resultados de la simulación de la vivienda A con orientación de su fachada principal al Oriente. ....	63
Figura 4.7. Resultados de la simulación de la vivienda A con orientación de su fachada principal al Poniente. ....	64
Figura 4.8. Resultados de la simulación de la vivienda B con orientación de su fachada principal al Norte.....	65

Figura 4.9. Resultados de la simulación de la vivienda B con orientación de su fachada principal al Oriente. ....	65
Figura 4.10. Resultados de la simulación de la vivienda B con orientación de su fachada principal al Poniente. ....	66
Figura 4.11. Captura del sistema constructivo homogéneo de la vivienda B con recomendación de ½” aislante. ....	68
Figura 4.12. Captura del sistema constructivo homogéneo de la vivienda B con recomendación de 1” aislante. ....	68
Figura 4.13. Resultados de la simulación de la vivienda B con recomendación de ½” aislante en muros, orientada al Sur. ....	69
Figura 4.14. Resultados de la simulación de la vivienda B con recomendación de ½” aislante en muros, orientada al Norte.....	70
Figura 4.15. Resultados de la simulación de la vivienda B con recomendación de 1” aislante en muros de fachada frontal y ½” aislante en demás fachadas, orientada al Oriente. ....	70
Figura 4.16. Resultados de la simulación de la vivienda B con recomendación de 1” aislante en muros de fachada frontal y posterior, y ½” aislante en fachadas laterales, orientada al Poniente. ....	71

## INDÍCE DE TABLAS

<u>Descripción</u>	<u>Página</u>
Tabla 2.1. Clasificación de viviendas por precio promedio. ....	13
Tabla 2.2. Clasificación por forma de construcción. ....	14
Tabla 2.3. Clasificación por número de viviendas por lote. ....	14
Tabla 2.4. Ecuaciones para transferencia de calor. ....	19
Tabla 3.1. Viviendas con características similares a los casos de estudio. ....	29
Tabla 3.2. Tipología A y B de las viviendas. ....	30
Tabla 3.3. Orientación de las viviendas en el plano cartesiano. ....	31
Tabla 3.4. Descripción de la vivienda A. ....	36
Tabla 3.5. Descripción de la vivienda B. ....	36
Tabla 3.6. Características generales de la vivienda A. ....	42
Tabla 3.7. Descripción de los muros de la vivienda A. ....	42
Tabla 3.8. Descripción del techo y superficie exterior de la vivienda A. ....	43
Tabla 3.9. Descripción de las aperturas de la vivienda A. ....	44
Tabla 3.10. Características generales de la vivienda B. ....	45
Tabla 3.11. Descripción de los muros de la vivienda B. ....	46
Tabla 3.12. Descripción del techo y superficie exterior de la vivienda B. ....	46
Tabla 3.13. Descripción de las aperturas de la vivienda B. ....	47
Tabla 3.14. Conductividad térmica de los materiales utilizados en las viviendas A y B respectivamente. ....	58
Tabla 4.1. Resumen de resultados de las simulaciones. ....	66
Tabla 4.2. Aplicación de aislante en muros de vivienda B. ....	67
Tabla 4.3. Comparativa entre tipología B de proyecto contra tipología B con propuesta. ..	72

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Generalidades

Debido al constante agotamiento de recursos energéticos no renovables, en México y en el mundo, se han desarrollado esfuerzos por parte de organismos mexicanos de gobierno, que intentan ofrecer alternativas para generar la reducción en los consumos de energía eléctrica en diversos sectores, como lo son el industrial, el de transporte y el de vivienda. Para el caso de la vivienda en México, específicamente los organismos como FIDE (Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica) y CONUEE (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía), han tratado de implementar la (Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001. Eficiencia Energetica en Edificaciones, Envolverte de Edificios no Residenciales, 2001), y también la (Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011. Eficiencia energética en edificaciones. Envolverte de edificios para uso habitacional., 2011), que establece los límites de las demandas de energía de estos edificios. Lo anterior va encaminado a lograr la comodidad térmica de sus ocupantes con el mínimo consumo de energía eléctrica en edificaciones. Varias de estas estrategias han tratado de ser aplicadas en México, pero no han sido del todo eficaces como para obligar a que se utilicen diseños, orientaciones y los materiales adecuados en la construcción para dar cumplimiento a estas normas.

Con relación a la omisión del correcto uso de materiales aislantes, existe un alto consumo de energía eléctrica en zonas con climas extremos debido a la climatización artificial que se requiere para mantener la edificación dentro de una zona de confort térmico. En regiones extremadamente cálidas, especialmente en las zonas norte y costeras del país, se presentan temperaturas bastante altas en verano y en el invierno se presentan temperaturas demasiado bajas, lo cual hace que la edificación sufra grandes variaciones en la temperatura, en la cual la mayoría de ellas no están protegidas para adaptarse a las condiciones climáticas locales. Debido a que la región de estudio está en una zona de alta radiación solar, se presenta un aumento en la temperatura interior de las edificaciones, debido a la baja resistencia térmica de los materiales con que éstas se construyen y sin la correcta aplicación de las normas energéticas en México.

Actualmente, en el ámbito de la edificación, existen algunas variables para el estudio de la respuesta térmica entre el edificio y el medio ambiente exterior, como lo son principalmente, el clima y el tipo de material empleado para la construcción de muros y techos. Para el estudio de la evaluación térmica de materiales en muros constructivos en edificaciones se requiere tomar en cuenta el material empleado y el entorno climático en el cual se encuentra desplantado, además de su orientación con respecto al sol.

En las edificaciones, en general, la mayor parte de transferencia de calor se da por el techo, sin embargo, los muros también contribuyen de manera importante al calentamiento interior. Cabe mencionar que los techos que tradicionalmente eran a base de concreto armado en la mayoría de las construcciones, se han modificado a sistemas aligerados de vigueta y bovedilla de poliestireno expandido, principalmente. En cambio, los muros sin acondicionar no han tenido variaciones durante décadas. La mayoría de los muros construidos en viviendas son a base de materiales de arcilla recocida o bloque de concreto vibropresado cuyas propiedades aislantes no son suficientes cuando están en contacto con el exterior. Es por ello que los materiales con que se construye una vivienda tienen una gran importancia para su desempeño térmico.

Con el conocimiento de las propiedades térmicas se pueden establecer criterios adecuados para el uso de materiales de construcción en función del clima, por lo que los estudios de estas propiedades ofrecerían opciones de mejor aplicación.

El objetivo del presente trabajo es determinar el cumplimiento de la NOM-020-ENER-2011 en un grupo de prueba del sector de viviendas existentes, de tipo Residencial Plus, en la ciudad de Hermosillo, Sonora, con el fin de comprobar el cumplimiento de la norma en la construcción de este tipo de viviendas.

El proyecto se realizará utilizando la herramienta de cálculo de la NOM-020-ENER-2011, desarrollada por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), que a su vez depende de la Secretaría de Energía (SENER), con apoyo y asesoría técnica de la Agencia Danesa de Energía, con la cual se podrá conocer el presupuesto energético del edificio proyectado (edificio en estudio) y del edificio de referencia (edificio ficticio que

genera el simulador de manera automática como caso base para realizar la comparación), ingresando los datos de la envolvente térmica del edificio proyectado.

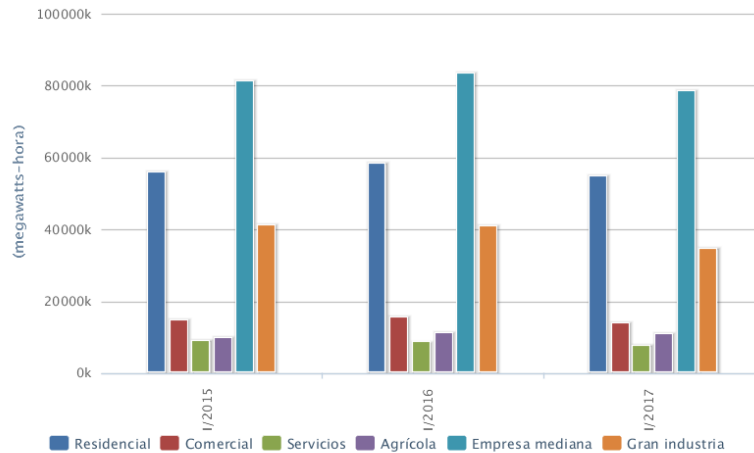
## **1.2. Planteamiento del problema**

Las emisiones producidas por la utilización de los combustibles fósiles para la satisfacción de la creciente demanda de energía a nivel global, está llevando al planeta a un cambio climático con repercusiones negativas. Es por lo anterior que, en la actualidad, existe una gran preocupación por el uso eficiente de energía en edificaciones de cualquier tipo, especialmente en las de uso habitacional, además de combatir el impacto negativo que se genera al medio ambiente, resultando muy importante la concientización de buenas prácticas y el uso correcto de los materiales de la envolvente.

Durante el periodo 2015-2017 registrado por el Sistema de Información Energética (SIE) perteneciente a la SENER, registra que, del total de ventas de energía eléctrica, el sector doméstico ocupa un promedio del 26% (Figura 1.1), solo siendo superado por el sector de la empresa mediana por un 11% más, lo cual genera un porcentaje significativo del total generado.

Si los desarrolladores en México siguen utilizando los mismos métodos para la construcción de viviendas, incluyendo materiales que favorezcan la transferencia de calor, omitiendo el cumplimiento de Normas Oficiales Mexicanas y reduciendo los espacios, los datos de consumo eléctrico antes descritos seguirán en aumento, provocando el abuso en el consumo excesivo de la energía eléctrica y, en consecuencia, generando altas tarifas en los recibos mensuales.





**Figura 1.1. Ventas internas de energía eléctrica en el periodo 2015-2017 registrado en México.**

**Fuente:** (Secretaría de Energía, 2020)

### 1.3. Objetivo general

Determinar el nivel de cumplimiento de la NOM-020-ENER-2011 para un grupo de prueba de vivienda residencial plus existente, en la ciudad de Hermosillo, Sonora, en función de los materiales utilizados en la envolvente mediante la aplicación de la herramienta de cálculo oficial de la CONUEE para demanda energética.

### 1.4. Objetivos particulares

- Determinar un grupo de prueba en vivienda tipo residencial plus en la ciudad de Hermosillo, Sonora.
- Obtener una base de datos de información técnica del grupo de prueba, para conocer ubicación, orientación, dimensiones y elementos constructivos, así como de los materiales, componentes y sistemas constructivos mediante proyecto ejecutivo y fichas técnicas de los materiales para alimentar la herramienta de cálculo.
- Realización de simulaciones de las viviendas seleccionadas, utilizando la herramienta de cálculo de la NOM-020-ENER-2011 oficial para conocer su cumplimiento en función de su eficiencia energética.

## **1.5. Justificación**

El presente trabajo se realiza para identificar el nivel de cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011 en un grupo de prueba de viviendas existentes de tipo residencial de la ciudad de Hermosillo, Sonora, con la cual se podrá verificar, mediante el uso de la herramienta de cálculo oficial de la CONUEE y la SENER, si se encuentran dentro de los parámetros aceptables de eficiencia energética con los materiales de construcción que se han utilizado.

Dicha NOM, fue realizada con el fin de mejorar el diseño térmico de las edificaciones que se encuentren en el ámbito residencial, limitando la ganancia de calor por medio de la envolvente. Su campo de acción aplica a todos los edificios nuevos para uso habitacional y las ampliaciones de los edificios para uso habitacional existentes. Si el uso de un edificio dentro del campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana, constituye el 90 por ciento o más del área construida, esta Norma Oficial Mexicana aplica a la totalidad del edificio.

Actualmente, el uso de sistemas de climatización artificial para vivienda residencial, en esta zona geográfica en particular, es indispensable, puesto a las altas temperaturas que se registran en el verano y las bajas temperaturas que se experimentan en el invierno, por lo que se registra un marcado incremento de consumo eléctrico en comparación a una ciudad con características climáticas diferentes.

Aunado a lo anterior, los sistemas constructivos de las edificadoras de viviendas, en México y particularmente en la ciudad de Hermosillo, Sonora, no han sufrido cambio alguno significativo desde hace algunas décadas, se continúa la edificación con los mismos materiales y procedimiento constructivo; por el contrario, el cambio climático ha estado presente, debido al uso excesivo de gases de efecto invernadero provocando cambios extremos de temperatura, afectando todo el planeta.

Lo anterior, debido al desarrollo de viviendas con diseños que conservan la principal característica que las hace atractivas antes que un mejor diseño, algo más eficiente, con mejor distribución, con mejores materiales de construcción, más amigable con el medio ambiente: la viabilidad económica.

Por estos motivos, el análisis energético mediante el simulador oficial de la CONUEE para vivienda llega a ofrecer como referencia para el usuario, una etiqueta con la cual se conoce su eficiencia energética, las ganancias o pérdidas de calor, con la cual determina las demandas de energía de la vivienda.

Por todo lo anterior, el desarrollo del presente trabajo tendrá como resultado, la determinación del cumplimiento de la norma en función del proyecto y los materiales utilizados en la envolvente. Se pretende que este estudio servirá para el mejoramiento de los futuros desarrollos de vivienda, particularmente en la ciudad de Hermosillo, Sonora.

### **1.6. Antecedentes**

La Normatividad Mexicana fue establecida en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, 2009). En esta acción se establecen una serie de normas las cuales conforman características, especificaciones, estándares y reglas en la producción que deben cumplir los bienes, servicios y procesos en una determinada área o sector (salud, agua, energético, trabajo y previsión social, entre muchos otros) en lo extenso del territorio mexicano.

Dichas normas se dividen en dos tipos: las Normas Oficiales Mexicanas, mismas que son comúnmente llamadas NOM, y las Normas Mexicanas, llamadas NMX; existe una diferencia entre estos dos tipos de normas y consiste en que las NOM son de uso obligatorio, mientras que las NMX son recomendaciones de procedimientos y puede o no aplicarse su uso.

Todas estas normas fueron creadas con el objetivo de que las dependencias, a lo largo del territorio mexicano, regularizaran los estándares con los que productos y servicios que deben cumplir determinados sectores; lo anterior, con la finalidad de asegurar la protección de la vida, su seguridad y la conservación del medio ambiente.

A través del Diario Oficial de la Federación pueden ser consultadas las NOM que son publicadas recientemente y, para las publicadas con anterioridad, se pueden consultar vía web en su página oficial. La norma que nos interesa consultar es la siguiente:

- *NOM-020-ENER-2011*: la cual limita la ganancia de calor de los edificios para uso habitacional, con el único objetivo del ahorro de energía mediante el uso de los materiales adecuados al clima y otros factores de la zona geográfica.

Otro factor importante es el cambio climático que se ha producido a través de los años de manera global por las actividades que realizan los humanos cotidianamente. Tal es el caso del uso de combustibles fósiles (como el petróleo y el gas) y la destrucción de la vegetación del planeta que están produciendo esta alteración.

El efecto invernadero es un fenómeno natural que posibilitó que la Tierra adquiriera una temperatura ideal para la proliferación de la vida, mientras que, en otros planetas, que también existe el efecto invernadero (Venus y Marte), no permite que haya condiciones para la existencia de la vida.

La Tierra se ha calentado alrededor de 0.74 grados centígrados en los pasados 100 años. De continuar esta tendencia igual, para el año 2100 el planeta se calentaría alrededor de 1.8 a 4.0 grados centígrados, causando con ello el incremento del nivel del mar, los patrones de lluvia y afectando los eventos climáticos como las ondas de calor, las lluvias torrenciales y las sequías (Conde, 2011).

El ambiente promedio anual de temperaturas en el país es de entre 5°C a 35°C. Los estados con altas temperaturas anuales desde 23°C a 26°C o superior a 26°C se encuentran en las costas del noreste, este y sureste. Los estados con temperaturas medias anuales entre 14°C a 20°C se encuentran en el centro del país y los estados con temperaturas más bajas que los 14°C se encuentran también en el centro del país (Ciudad de México, Estado de México, Puebla, Hidalgo).

Por lo anterior, la Secretaría de Energía (SENER) y la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), del Gobierno de México, con el apoyo y con la asesoría técnica de la Agencia Danesa de Energía, desarrollaron una herramienta de cálculo capaz de revisar rápidamente el cumplimiento de la *NOM-020-ENER-2011*, con la cual, el usuario calcula el presupuesto energético del edificio proyectado (edificio a estudiar) y del edificio de referencia (edificio ficticio que genera el simulador de manera automática como caso base

para realizar la comparación), ingresando solo datos de la envolvente térmica del edificio proyectado.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Trabajos relacionados

Existen importantes investigaciones y herramientas cuyo objetivo en particular es mejorar el diseño y la construcción de edificaciones sustentables. A continuación, se describe una serie de trabajos con características similares, que sirven de referencia para el desarrollo del presente trabajo.

Actualmente, la eficiencia energética en edificaciones de cualquier uso, se relaciona principalmente con dos componentes: estrategias pasivas, como es el caso del aislamiento térmico, el uso de la radiación solar, el uso de la ventilación natural y las técnicas de sombreado; y estrategias activas como son los dispositivos de generación, almacenamiento y conversión de la energía (Ionescu, et al., 2015).

En un estudio teórico para ladrillos de terracota huecos verticales, representa un problema el intentar describir la influencia del nivel de humedad en las transferencias de calor que ocurren a través de los mismos. Se realizó un modelado teórico de intercambios para determinar los coeficientes de los intercambios de radiación y convección. Posteriormente, se dedujo un coeficiente de intercambio de masa. Los resultados que se obtuvieron muestran una alta sensibilidad del flujo de calor al nivel de humedad del entorno (Vasile, et al., 1998).

En un estudio experimental para un muro de bloques de concreto con cavidades se estimó la resistencia térmica del material a una temperatura ambiente de 48°C en verano, donde el muro presenta valores de resistencia térmica que tienden a disminuir con el aumento de los diferenciales de temperatura, lo cual es poco favorable al uso en climas cálidos, identificando que la radiación es el mecanismo que más favorece la transferencia de calor (Borbón, et al., 2010).

Otro estudio realizado en México, en el cual, mediante el uso del software TRNSYS 15, realizan simulaciones en viviendas de interés social del noroeste de México en una zona climática cálido seco, analizando dos casos típicos durante un año: una vivienda vernácula y otra de interés social. Se comprueba que la última es térmicamente menos eficiente la mayor

parte del año que la vernácula. Se realizan más simulaciones modificando algunos elementos, como los materiales de construcción, altura de losa, orientación óptima, entre otros, con el objetivo de identificar bases para la mejora térmica de la vivienda de interés social (Carrasco & Morillón, 2004).

En el caso de *The MIT Design Advisor* (Urban, 2007) es una herramienta de cálculo gratuita en línea, diseñada específicamente para arquitectos y constructores, la cual permite conocer la eficiencia energética de una edificación mediante la ubicación y los materiales utilizados en la construcción del antes mencionado, además de contar con la posibilidad de ofrecer simulaciones del edificio y hacer comparaciones con otros casos, con el hecho de identificar el componente de construcción que tiene el mayor impacto en el consumo de energía, los niveles interiores de luz y su confort térmico.

En Brasil, existe la explicación de un método que se enfoca en (Lopes, et al., 2011) el cálculo de la eficiencia energética de sus edificios, en el cual el gobierno los clasifica por una regulación en su nivel de eficiencia energética. La regulación permite clasificarlos por un método prescriptivo, o alternativamente, por simulación. Asimismo, presentan un caso en particular utilizando un software de simulación para conocer los beneficios de utilizar este método.

(Lopes, et al., 2011) presentan en su trabajo el software S3E (*Simulator of Energy Efficiency in Edificies*) el cual aporta simulaciones de construcciones de edificios comerciales; este software cuenta como datos de entrada la forma del edificio, los materiales de construcción, la sombra que proporcionan las ventanas en sus marcos, el uso del edificio, entre otros; a partir de los datos mencionados se realiza un análisis y determina si el edificio es bioclimático o no. Puede que algunos de los datos de entrada no sean fáciles de recabar pero en un trabajo de campo en sitio se puede conseguir fácilmente. Toda la información obtenida por dicha herramienta queda plasmada en archivos digitales y etiqueta oficial; lo anterior es con el fin de poder comparar la información recabada con algún otro proyecto o para tratar de mejorar la simulación realizada.

El (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2013) del Gobierno de España cuenta con una herramienta computacional llamada Programa

Informático Calener-GT V, con el cual se permite determinar el nivel de eficiencia energética de un edificio. Se utiliza para el cálculo de eficiencia energética de grandes edificios en España; por lo cual, su utilización requiere de una certificación o entrenamiento previo ya que se encuentra diseñada para ser utilizada por arquitectos o constructores, es decir, para personas que cuenten con los conocimientos necesarios de un edificio. A pesar de contar con un grado de complejidad para su uso, la herramienta se encuentra muy completa y además permite realizar una certificación oficial por parte del Ministerio de España.

El principal objetivo en *Evaluation of the new policy for thermal insulation standars in the residential sector in Mexico* de Albert Heinrich Beele (Beele, 2011) fue el de evaluar la aplicabilidad de la NOM-020-ENER-2011 con relación a las zonas climáticas en México; realizar un análisis de la metodología utilizada y también analizar los beneficios de la norma hacia las políticas de vivienda sustentable. El autor llega a la conclusión de que el estándar cumple únicamente sus objetivos en zonas con clima árido y húmedo y alguna combinación entre ellos. Por otra parte, el estándar no cumple sus objetivos en las zonas de clima templado, fríos y alguna combinación entre éstos. Por lo tanto, se propone que se deben de realizar ajustes a la metodología de cálculo en estas zonas climáticas del país, por ejemplo, el cambiar la forma de cálculo del valor U en edificaciones de zona frías/húmedas y realizar una verificación de los efectos de absortividad en sus cálculos de las cargas internas.

(García Rodríguez, et al., 2018), mediante el uso del simulador oficial de la NOM-020-ENER-2011, realizaron el estudio de eficiencia energética del aula académica de un centro educativo bajo la norma antes mencionada, donde se analizaron las condiciones térmicas en el espacio interior del aula académica, introduciendo los valores correspondientes a los materiales constructivos que conformaban el espacio arquitectónico; resultando que con base a los materiales que actualmente conforma a la envolvente del aula, no cumple con los estándares que la norma establece, por lo cual se debe de establecer un nuevo diseño de la envolvente que conlleve a la disminución de las ganancias de calor hacia el interior del espacio y reducir el consumo de energía eléctrica mediante el uso de sistemas de climatización artificial.

Análisis térmico de una vivienda económica en clima cálido-seco bajo diferentes orientaciones y medidas de sombreado (Solís, 2010), es un trabajo que lleva a cabo un estudio



térmico de seis viviendas de clase económica, 30 m<sup>2</sup>, con una alta carga térmica, ubicadas en ciudades fronterizas al norte de México. Su principal objetivo fue cuantificar el efecto de la orientación y el sombreado de la vivienda. Se concluye que, después de analizar las viviendas con el software *DesingBuilder*, las viviendas no están adaptadas al clima cálido-seco, lo cual provoca una constante necesidad de acondicionar el recinto con instrumentos de climatización artificial. Además, se reporta que, si se toma una mala decisión respecto a la orientación de la vivienda, puede afectar al aumento de la necesidad energética para climatizar y alcanzar condiciones de confort térmico, alcanzando un 14% más de consumo que si se eligiera la adecuada. Las orientaciones recomendadas en este estudio fueron las de Norte y Sur, y las menos adecuadas de Este y Oeste.

La mayoría de los trabajos antes mencionados hablan acerca de simuladores para el cálculo de la eficiencia energética en edificaciones, de sus propiedades térmicas y de las mejoras que se pueden realizar a los sistemas constructivos para mejorar su comportamiento energético.

Sin embargo, no se ha encontrado un trabajo en específico que haya sido realizado en la ciudad de Hermosillo, para el comportamiento energético establecido en la NOM antes mencionada y conocer si se está construyendo con los materiales adecuados a la zona climática.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Vivienda y su clasificación**

La construcción de la vivienda depende, en gran medida, de las fuerzas que existan en el mercado y de las políticas que hay en los gobiernos federales y locales, así como de las fuentes de financiamiento. Las características principales que marcan diferencias en las viviendas son: el precio final en el mercado, la forma de producción, y la superficie construida o número de cuartos, ubicación, y servicios, entre otros.

De acuerdo al Código de Edificación de Vivienda (Comisión Nacional de Vivienda, 2017), existen diferentes parámetros para la clasificación de la vivienda en México, los cuales se agrupan en: por precio promedio, forma de construcción, número de viviendas por lote y sistema de condominios.

- *Clasificación por precio:* para este tipo de clasificación, primero se toma como fundamento el pago por las licencias y permisos, además, el costo de producción (que incluye la mano de obra, los materiales y los suministros), también, la forma de edificación de la vivienda y por último, la fuente de financiamiento (se aprecia en la Tabla 2.1). Por lo anterior, la vivienda se clasifica en económica, popular y tradicional, las cuales son llamadas tradicionalmente como viviendas de interés social, como también las viviendas media, residencial y residencial plus, las cuales, se construyen preferentemente en conjuntos habitacionales y/o fraccionamientos de alta plusvalía.

**Tabla 2.1. Clasificación de viviendas por precio promedio.**

PROMEDIOS	ECONÓMICA	POPULAR	TRADICIONAL	MEDIA	RESIDENCIAL	RESIDENCIAL PLUS
Superficie construida promedio (en m <sup>2</sup> ):	40	50	71	102	156	más de 188
Costo promedio:						
Unidad de medida de actualización (UMA)	hasta 118	de 118.1 a 200	de 200.1 a 350	de 350.1 a 750	de 750.1 a 1,500	mayor de 1,500
Número de cuartos y cajones de estacionamiento	1 Baño Cocina Área de usos múltiples	1 Baño Cocina Estancia-comedor De 1 a 2 recámaras 1 cajón de estacionamiento	1 y ½ Baños Cocina Estancia-comedor De 2 a 3 recámaras 1 cajón de estacionamiento	2 Baños Cocina Sala Comedor De 2 a 3 recámaras Cuarto de servicio 1 a 2 cajones de estacionamiento	De 3 a 4 baños Cocina Sala Comedor De 3 a 4 recámaras Cuarto de Servicio Sala familiar 2 o 3 cajones de estacionamiento	De 3 a 5 baños Cocina Sala Comedor De 3 a más recámaras De 1 a 2 cuartos de servicio Sala familiar Más de 3 cajones de estacionamiento Gimnasio Salón de juegos Jardín

**Fuente: Código de Edificación de Vivienda (Comisión Nacional de Vivienda, 2017)**

- *Clasificación por forma de construcción:* en este caso de clasificación, la construcción de vivienda puede ser por encargo a desarrolladores privados o por producción propia (se aprecia en Tabla 2.2). La producción propia consiste en el diseño y la construcción de la vivienda por medio del control directo del propietario, usuario o beneficiario de algún programa, de forma individual, colectiva o familiar,

la cual se puede desarrollar mediante la contratación de algún tercero o por medio de la construcción propia.

**Tabla 2.2. Clasificación por forma de construcción.**

A)	Por un desarrollador o encargo a un profesionalista
B)	Realizado por el propietario
C)	Mediante asociaciones o formación de grupos

**Fuente:** Código de Edificación de Vivienda (*Comisión Nacional de Vivienda, 2017*)

- *Clasificación por número de viviendas por lote:* para este caso en particular, los tipos de vivienda son definidos en Unifamiliar o Plurifamiliar, donde la vivienda unifamiliar cuenta con uno o dos niveles; mientras que la plurifamiliar puede ser dúplex, de un nivel, de dos niveles, de cinco niveles o más, mismo que se puede apreciar en la Tabla 2.3

**Tabla 2.3. Clasificación por número de viviendas por lote.**

<b>Vivienda Unifamiliar</b>	
A)	Un nivel
B)	Dos niveles
<b>Vivienda Plurifamiliar</b>	
C)	Duplex
D)	Un nivel
E)	Dos niveles
F)	Cinco niveles
G)	+ de 5 niveles

**Fuente:** Código de Edificación de Vivienda (*Comisión Nacional de Vivienda, 2017*)

- *Clasificación por condominios:* La clasificación por condóminos la forma un grupo de departamentos, viviendas, casas, locales o naves en un inmueble, que son

construidos en forma vertical, horizontal o mixto, que tiene uso habitacional, comercial o de servicios, y que son susceptibles de aprovechamiento independiente por tener salida propia a un elemento del inmueble o hacia la vía pública, y que pertenecen a distintos propietarios, mismos que tienen un derecho singular y exclusivo sobre su propiedad y, además, tienen un derecho de co-propiedad sobre los elementos y partes comunes o de uso social del mismo inmueble, los cuales son necesarios para su uso adecuado y disfrute del mismo. Los tipos de condominios pueden ser unifamiliar, dúplex o doble, plurifamiliar o multifamiliar, condominio vertical, condominio horizontal y condominio mixto.

Todas las clasificaciones de vivienda antes descritas por el Código de Edificación de Vivienda, son posibles de realizar su análisis desde el punto de vista energético con la herramienta de cálculo de la CONUEE. No importa su tipología, ni el número de niveles, ni la extensión de metros cuadrados, incluso pueden ser edificios con gran cantidad de niveles, la única restricción es que sean de uso habitacional.

### **2.2.2. Materiales, componentes y sistemas constructivos**

Históricamente, la construcción de viviendas ha pasado por muchas etapas y se han utilizado materiales muy distintos. A las antiguas y más humildes casas de adobe y de madera, o las casas de piedra, se ha ido añadiendo otros tipos de materiales de construcción mucho más modernos y eficientes. Esto no quiere decir que todos esos materiales utilizados en el pasado se hayan dejado de aplicar, pero sí que se hace en menor medida y, también en combinación con otros materiales.

Actualmente, se puede decir que la construcción de viviendas se clasifica según los materiales de construcción en los que ésta se realiza. A continuación, se hace mención de ellos:

- *Los materiales pétreos:* este tipo de material de construcción son los que se encuentran conformados, directamente o tratados, por piedra. Existen diferentes materiales distintos, entre las piedras que se utilizan directamente se puede destacar el granito, el mármol, la pizarra, la arenisca y la caliza. Si se realiza la pulverización

de la piedra y se trata a posterior, se puede obtener los conglomerados como el yeso, el cemento y el mortero.

- *El hormigón:* a partir del cemento, según con el material que se mezcle, se puede obtener hormigón u hormigón armado, incluso en bloques para funcionar como ladrillos grandes, y si el yeso se combina con cartón, se consigue el cartón yeso, más conocido como tablaroca.
- *Arena:* la arena también se utiliza para conformar morteros y hormigones, pero su principal componente, que es el silicio, es la base del vidrio y de la fibra de vidrio, que es un aislante térmico y también un componente estructural muy utilizado actualmente.
- *El adobe, la arcilla y la cal hidráulica:* los materiales de construcción obtenidos a partir de la arcilla y la cal hidráulica también son muy habituales y necesarios. De manera más básica, y mezclada con barro y paja se puede obtener adobe. Pero, sobre todo, lo que más se obtiene a partir de esta mezcla son ladrillos, tejas y azulejos, que se consiguen al calentar la arcilla a temperaturas muy elevadas.
- *Los materiales metálicos:* este tipo de material también resulta imprescindible hoy en día en distintas partes de las construcciones, como de vivienda o no, tanto para estructuras como para carpintería, cubierta, revestimiento y otras instalaciones internas. El hierro y el aluminio son los principales protagonistas de esta categoría. El primero, sobre todo aleado con carbono para formar acero. Además, también se suelen utilizar zinc, titanio y cobre.
- *Materiales orgánicos:* este tipo de material de construcción abarca la madera y derivados de ésta, aunque también se pueden utilizar materiales de origen vegetal como el bambú, el corcho y la paja.
- *Materiales sintéticos:* por su parte, los materiales sintéticos son principalmente derivados del petróleo, que son muy resistentes, pero, a la vez, también resultan poco ecológicos, por lo que su utilización puede resultar más delicada. Entre éstos, los más conocidos son el PVC, el poliuretano, la silicona y el asfalto.

La resistencia, la calidad y las características de los materiales empleados en la construcción de viviendas deben de ser las que se señalen en las especificaciones de diseño

y en los mismos planos constructivos registrados. Se deben realizar pruebas de verificación de la calidad que señalen las normas NOM y NMX.

La elaboración de los cementantes, como es el caso del cemento hidráulico, cemento de albañilería y cal hidratada, se deben de emplear cualquier tipo de cemento que cumpla con la Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2014, la Norma Mexicana NMX-C-021-ONNCCE-2015 y la Norma Mexicana NMX-C-003-ONNCCE-2015, respectivamente, esto para asegurar que cumplan con los estándares de calidad establecidos por las autoridades del país.

Los agregados pétreos deben de cumplir con las especificaciones previamente establecidas en la Norma Mexicana PROY-NMX-C-111-ONNCCE-2017, con el fin de obtener resultados de calidad en las viviendas construidas.

El agua para realizar el mezclado del concreto o del mortero debe de cumplir con las especificaciones de la Norma Mexicana PROY-NMX-C-122-ONNCCE-2018, la cual, se debe de almacenar en contenedores limpios y cubiertos, manteniéndolos libres de impurezas que afecten en el rendimiento del mismo.

Para la elaboración de morteros, concreto y concretos de relleno, se puede utilizar aditivos para mejorar el manejo y desempeño de los materiales, cumpliendo específicamente con la Norma Mexicana NMX-C-255-ONNCCE-2013.

En el caso del acero, existen diferentes aplicaciones del mismo, como es el caso del acero de refuerzo ordinario, el acero de preesfuerzo, para elementos de losa y apoyos, entre otros, los cuales deben de cumplir con su norma específica para asegurar la calidad de los trabajos realizados en la vivienda.

Las piezas más usadas en elementos estructurales de mampostería deben de cumplir con la Norma Mexicana NMX-C-404-ONNCCE-2012, entre las cuales se encuentran las piezas macizas y las piezas huecas. Las piezas macizas se consideran a aquellas que tienen en su sección transversal más desfavorable un área neta superior al 75% del área bruta, también, cuyas paredes exteriores no cuenten con espesores menores de 20 mm; en cambio,

las piezas huecas son las que cuentan con su sección transversal más desfavorable, un área mayor al 50% del área bruta, además de un espesor de paredes exteriores mayor de 15 mm.

Por último, se encuentran las piedras que se emplean en los elementos estructurales, deben de satisfacer ciertas características indicados en el Capítulo CXVII de las Especificaciones Generales de Construcción, Parte Novena, Muestreo y Pruebas de Materiales, editado por la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (1971).

Cabe destacar en esta sección el hecho de que independientemente de las propiedades físicas de los materiales como los que se han mencionado, como resistencia mecánica y aspectos de calidad y durabilidad entre otras, en este trabajo se toma en cuenta las propiedades térmicas de los materiales, que, dependiendo de su naturaleza física, pueden variar y ofrecen diferentes condiciones en el balance energético de la vivienda, que es el caso que se aborda en este proyecto. Es de vital importancia entonces distinguir a la hora del diseño y evaluación energética, las características de estos materiales. En el siguiente apartado se aborda este tema con más puntualidad.

### **2.2.3. Mecanismos de transferencia de calor**

De acuerdo con la ciencia de la termodinámica, la energía es una propiedad que no se puede determinar directamente; solo a través de sus efectos, como lo es el valor de la temperatura de un sistema bajo consideración.

El calor es energía en tránsito debido a una diferencia de temperatura. La transferencia de calor es la energía liberada de un sistema a otro con menor temperatura, debido únicamente a la diferencia de temperaturas (Cengel & Ghajar, 2011). Es por ello que, principalmente en los muros y techo, existe una gran transferencia de calor debido a los cambios extremos de temperatura que se presentan en la región estudiada.

Los principales mecanismos físicos de transferencia de energía son complejos, usualmente se acepta clasificarlos en conducción, convección y radiación.

A continuación, se resumen en la Tabla 2.4 los principales modos de transferencia de calor:

**Tabla 2.4. Ecuaciones para transferencia de calor.**

<b>Mecanismo de transferencia de calor</b>	<b>Descripción</b>	<b>Modelo</b>
<i>Conducción</i>	Transporte de calor por movimiento molecular.	$Q = -kAr \frac{\Delta T}{x}$
<i>Convección</i>	Por movimiento molecular más transferencia de energía por movimiento global.	$Q = hAr\Delta T$
<i>Radiación</i>	Transferencia de calor por ondas electromagnéticas.	$Q = \epsilon\sigma T^4$

**Fuente:** (Cengel & Ghajar, 2011)

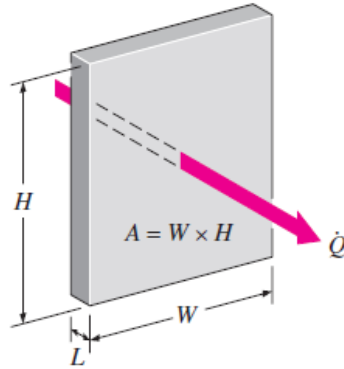
Estos mecanismos se verán inmersos en el procedimiento de cálculo por medio de simulación de las viviendas analizadas en el presente proyecto.

#### **2.2.4. Propiedades térmicas de los materiales de construcción**

##### **2.2.4.1. Conductividad térmica**

La conductividad térmica es una propiedad física de los materiales que mide la velocidad con la que se transfiere el calor a través de un medio. En otras palabras, la conductividad térmica se puede definir como la razón de transferencia de calor a través de un espesor unitario del material por unidad de área por unidad de diferencia de temperatura (Cengel & Ghajar, 2011). En el Sistema Internacional de Unidades, la conductividad térmica se mide en W/(K·m). Un valor elevado para la conductividad térmica indica que el material es un buen conductor de calor; en cambio, cuando el valor es bajo quiere decir que es un mal conductor de calor, en otras palabras, es un buen aislante (Cengel & Ghajar, 2011).





**Figura 2.1. Ejemplo de análisis de conducción de calor.**

**Fuente:** (Cengel & Ghajar, 2011)

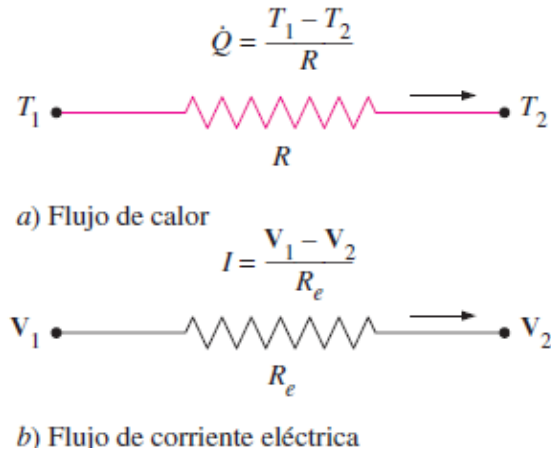
#### 2.2.4.2. Resistencia térmica

La resistencia térmica es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de oponerse al paso del calor, sin embargo, la resistencia térmica de un material se puede decir que es la capacidad del mismo a oponerse al flujo de calor expresado por unidad de área y un espesor específico (Cengel & Ghajar, 2011); conocida la conductividad térmica y el espesor del material, la resistencia térmica es:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (3.5)$$

Que un material sea más resistente al flujo de calor, significa que se opone a cambios de temperatura; mientras que el significado de la resistencia térmica es una oposición a la transferencia de calor, en ese caso estaríamos hablando de materiales aislantes.

La expresión 3.5, denota el algoritmo para calcular resistencia térmica unidireccional y en estado estacionario, similar a los esquemas de resistencia eléctrica que se muestran a continuación. Las normas mexicanas de resistencia térmica Norma Mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009, se basan en estos modelos para establecer sus parámetros de evaluación.



**Figura 2.2. Analogía entre los conceptos de resistencia térmica y eléctrica.**

**Fuente:** (Cengel & Ghajar, 2011)

Los valores de conductividad térmica varían mucho dependiendo de la fuente consultada; para este caso nos basaremos en algunos valores promedio establecidos en tablas publicadas en diferentes fuentes bibliográficas o en fichas técnicas de los materiales.

A continuación, se presentan a manera de ejemplo las conductividades térmicas de algunos materiales a temperatura ambiente, sin embargo, para el desarrollo de este trabajo se debe conseguir este valor lo más apegado posible a la realidad de material. Comúnmente estos valores varían dependiendo de la fuente que se consulte, al menos que se considere medir las propiedades en laboratorio.

Material	$k, \text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}^*$
Diamante	2 300
Plata	429
Cobre	401
Oro	317
Aluminio	237
Hierro	80.2
Mercurio (l)	8.54
Vidrio	0.78
Ladrillo	0.72
Agua (l)	0.607
Piel humana	0.37
Madera (roble)	0.17
Helio (g)	0.152
Caucho suave	0.13
Fibra de vidrio	0.043
Aire (g)	0.026
Uretano, espuma rígida	0.026

\*Multiplíquese por 0.5778 para convertir a Btu/h · ft · °F.

**Figura 2.3. Conductividades térmicas de algunos materiales a temperatura ambiente.**

**Fuente:** (Cengel & Ghajar, 2011)

### 2.2.5. Simulación térmica y ahorro de energía

Con frecuencia, la manera más confiable de obtener información con relación a un proceso físico es mediante mediciones reales. Sin embargo, la mayoría de las veces, una investigación experimental requiere de equipos de medición con alto costo de adquisición y, como en el caso de la simulación energética de edificaciones, también de largos periodos de medición para evaluar de manera apropiada el desempeño térmico de la edificación.

Entre las principales ventajas que ofrece una solución teórica, mediante el uso de una herramienta de cálculo asistida para computadora en una investigación experimental son:

- **Bajo costo:** la principal ventaja de una predicción computacional es el bajo costo de la misma. El costo de una simulación asistida por computadora es mucho menor que la investigación experimental en campo.

- **Velocidad:** un investigador puede utilizar esta herramienta de cálculo para el estudio de las implicaciones que tendrían diferentes configuraciones de diseño y así elegir el óptimo, cuyo proceso puede ser llevado a cabo en horas o días.
- **Información completa:** la solución computacional brinda una información detallada y completa, la cual se puede obtener un buen dominio de interés mediante los valores de las variables relevantes.
- **Habilidad para simular condiciones realistas:** para un cálculo teórico, un problema con ciertas condiciones realistas puede ser simulado fácilmente, sin la necesidad de utilizar los modelos a escala.
- **Habilidad para simular condiciones ideales:** en ciertos estudios, cuando se requiere enfocar la atención a parámetros esenciales, se pueden eliminar algunas variables irrelevantes.

Existen varios simuladores computacionales de eficiencia energética de manera comercial, tal es el caso del software ANSYS, el cual ofrece los recursos necesarios para hacer el análisis térmico, eléctrico, estructural, de fluidos, sistemas de ingeniería y softwares embebidos para desarrollar componentes y sistemas para todas las aplicaciones energéticas. Las herramientas de ANSYS pueden reducir significativamente el tiempo de desarrollo del proyecto y ayudar a lanzar los productos en menos tiempo en el mercado.

TRNSYS es otra herramienta de cálculo con un entorno gráfico extremadamente flexible, el cual es utilizado para simular el comportamiento de sistemas transitorios. La mayoría de las simulaciones se centran en la evaluación del rendimiento de sistemas de energía térmica y eléctrica. Dicha herramienta de cálculo se usa activamente para distintas aplicaciones, tal como: simulación energética de edificios, sistemas solares térmicos, transferencia geotérmica, aplicaciones solares de alta temperatura, investigación de sistemas energéticos, entre otros.

El CALENER VYP es la aplicación informática para la determinación de la certificación de eficiencia energética de viviendas y pequeño terciario, y sirve para generar el listado justificativo correspondiente. Cuenta con certificación por parte del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico del Gobierno de España.

Debido a las ventajas mencionadas con anterioridad, el presente trabajo utilizó la simulación computacional de la herramienta de cálculo oficial de la CONUEE para evaluar el desempeño térmico y el ahorro de energía de la envolvente de la vivienda existente.

### **3. METODOLOGÍA**

En el presente capítulo, se define el problema y se describe el proceso para la ubicación y selección de los casos de estudio. Se incluye una presentación con descripciones de las características de la envolvente, mismos que a su vez serán utilizados para alimentar la herramienta de cálculo en el proceso de simulación del siguiente capítulo.

#### **3.1. Definición del problema.**

La presente investigación tiene como finalidad identificar la eficiencia energética en edificaciones, de acuerdo a la NOM-020-ENER-2011, en este caso en particular para la envolvente de un grupo de prueba de edificios de uso habitacional, con la cual se obtiene la demanda de energía del edificio y con esto diagnosticar el nivel de cumplimiento de la norma. Para la realización de dicho estudio, se utilizó la herramienta de cálculo oficial de la NOM-020-ENER-2011, emitida por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), que a su vez depende de la Secretaría de Energía (SENER). Se consideraron distintos factores que afectan directamente y de manera importante su desempeño térmico, como son: la orientación, la ubicación geográfica y su clima, y de manera muy influyente, los componentes y sistemas constructivos que conforman el edificio habitacional en estudio.

#### **3.2. Información general de la ciudad de Hermosillo, Sonora.**

Hermosillo es la capital y la ciudad más grande del estado de Sonora, con una localización central y una población de 984,342 habitantes, es también la ciudad más poblada de la entidad. Se localiza a 287 kilómetros de la frontera con los Estados Unidos y a 107 kilómetros de la costa en el golfo de California. Se encuentra en 29.1° Norte y 110.9° Oeste y una elevación de 210 m.s.n.m. Hermosillo tiene un clima desértico. Durante casi todo el año las temperaturas son calurosas. En verano, el clima promedio ronda entre los 32.5°C, se tiene registro de temperaturas extremas de 49°C en varias ocasiones. Por otra parte, en invierno el promedio es 17.5°C, se cuenta con registro extremo de -7°C en 1978 y cuando se presentan frentes fríos, la temperatura suele llegar a los 0°C. Las precipitaciones son escasas, pero cuando se presentan suelen venir acompañadas de algunas tormentas eléctricas y rachas

de viento, generalmente entre julio y septiembre. En la Figura 3.1 se presenta la gama de temperatura ambiente en México.



**Figura 3.1. Temperatura ambiente media anual en México.**

**Fuente:** *(Alvarez, et al., 2014)*

### **3.3. Ubicación de los casos de estudio.**

Los casos de estudio se describen como viviendas tipo Residencial (Comisión Nacional de Vivienda, 2017) ubicada en la ciudad de Hermosillo, Sonora donde se eligieron siguiendo 2 criterios principales: que fueran viviendas tipo Residencial Plus y que éstas mismas fueran desarrolladas por edificadoras de vivienda en serie. Por lo que, los materiales empleados en su construcción son de alta calidad, y difieren en cuanto a los materiales utilizados en las viviendas de interés social. Esta característica se utiliza como un criterio establecido a la hora de determinar el caso de estudio.

Para la determinación del caso de estudio, se lleva a cabo un trabajo de mapeo de los residenciales plus actualmente desarrollados en la ciudad, mediante la herramienta de Google (Google Earth, 2020), con la cual se realiza la selección no probabilística de 4 residenciales, respetando la clasificación según el Código de Edificación de Vivienda (Comisión Nacional de Vivienda, 2017).

El primer fraccionamiento que cumple con los estándares antes mencionados es el residencial La Coruña, mismo que se encuentra al poniente de la ciudad, en el cuál se encontraron 150 viviendas construidas, mismas que se aprecian en la Figura 3.2.



**Figura 3.2. La Coruña Residencial.**

**Fuente: Google Earth, 2020.**

El siguiente fraccionamiento, que cuenta con las mismas características en sus viviendas es el residencial La Rioja Poniente, que se encuentra al Centro-Poniente de la ciudad, en la cual, se contabilizaron un total de 342 viviendas construidas con características similares, mismas que se aprecian en la Figura 3.3.



**Figura 3.3. La Rioja Poniente Residencial.**

**Fuente: Google Earth, 2020.**

Se cuenta también con el fraccionamiento residencial La Rioja Norte, mismo que se encuentra al Norte de la ciudad, en el cual se cuenta con las mismas características de los dos



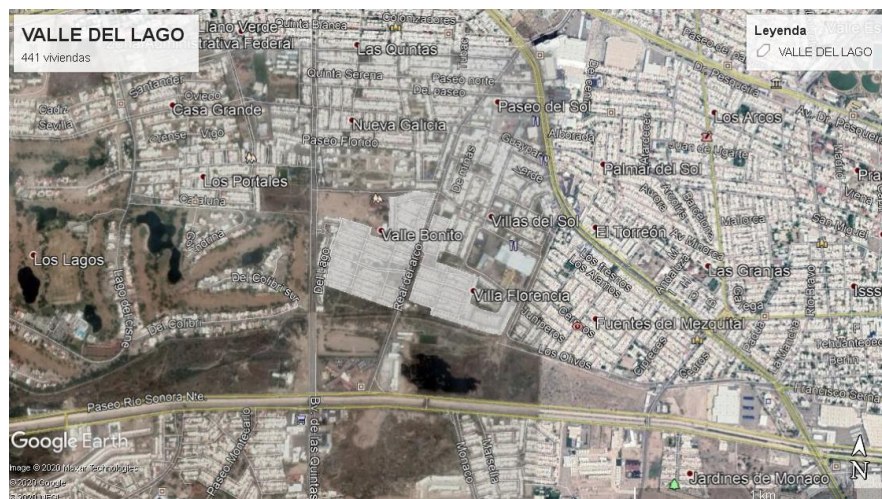
fraccionamientos antes mencionados, ya que fueron desarrollados por la misma inmobiliaria, en la que se contabilizaron un total de 121 viviendas construidas, las cuales se pueden apreciar en la Figura 3.4.



**Figura 3.4. La Rioja Norte Residencial.**

**Fuente: Google Earth, 2020.**

Por último, se presenta otro fraccionamiento que también cumple con la particularidad antes descrita, el cual se ubica en la zona centro-poniente de la ciudad, de nombre Valle del Lago. Este residencial comprende 441 viviendas, las cuales se pueden apreciar en la Figura 3.5.



**Figura 3.5. Valle del Lago Residencial.**

**Fuente: Google Earth, 2020.**

Recapitulando lo anterior, y como se aprecia en la Tabla 3.1, se obtiene el total de viviendas que cumplen con características similares y desarrollados por inmobiliarias de viviendas en serie, las cuales son: 150 viviendas en La Coruña Residencial, 342 viviendas en La Rioja Poniente Residencial, 121 viviendas en La Rioja Norte Residencial y 441 viviendas en Valle del Lago Residencial, resultando un conjunto de 1,054 viviendas.

**Tabla 3.1. Viviendas con características similares a los casos de estudio.**

Ubicación	Viviendas
La Coruña	150
La Rioja Poniente	342
La Rioja Norte	121
Valle del Lago	441
<b>Total</b>	<b>1,054</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

#### **3.4. Criterios de selección del grupo de prueba.**

Los criterios para la selección de los casos de estudio fueron que las viviendas hayan sido desarrolladas por edificadores de vivienda en serie, que cumplan con el tipo de clasificación de viviendas Residencial Plus, que los materiales con los que se construyeron sean de alta calidad y principalmente con buenas propiedades térmicas. En una selección de la mancha urbana de 1,054 viviendas se considera un grupo de prueba no estadístico, de la cual se seleccionarán los casos de estudio para su análisis.

Adicionalmente, se consideró como punto importante, la facilidad y buena disposición por parte de las inmobiliarias para compartir los datos necesarios para el estudio de estas viviendas, en este caso en particular, la obtención de los proyectos ejecutivos de las viviendas.

### 3.5. Selección del grupo de prueba.

Una vez localizado el grupo de prueba de este tipo de viviendas, se acudió al grupo inmobiliario Vertex Desarrollos, que proporcionó el proyecto ejecutivo de uno de sus modelos de vivienda dentro del Residencial La Coruña, denominándolo como tipología A.

Por otra parte, un residente del residencial Valle del Lago, desarrollado por la inmobiliaria Milenium Construcasa, proporcionó el proyecto ejecutivo de su vivienda, la cual, cuenta con características similares, denominándola como tipología B.

Como se mencionó en el subcapítulo anterior, se cuenta con un tamaño de población de 1,054 viviendas en total en 4 residenciales distintos en la ciudad de Hermosillo, Sonora, de las cuales, 115 viviendas son tipología A y se encuentran en los residenciales de La Coruña, La Rioja y La Rioja Norte; y 64 viviendas son tipología B y se encuentran en el residencial Valle del Lago, mismas que dan soporte a la muestra significativa y credibilidad al estudio del presente trabajo.

**Tabla 3.2. Tipología A y B de las viviendas.**

Ubicación	Viviendas	Tipología
La Coruña, La Rioja Poniente y La Rioja Norte	115	A
Valle del Lago	64	B
Total	179	

**Fuente: Elaboración propia.**

Se procede a la determinación de las ubicaciones de las viviendas, dentro de las cuales figuran las siguientes: 40 viviendas en La Coruña Residencial al Poniente de la ciudad (18 al Norte, 16 al Sur, 0 al Oriente y 6 al Poniente); 32 viviendas en La Rioja Residencial al Centro-Poniente de la ciudad (10 al Norte, 19 al Sur, 3 al Oriente y 0 al Poniente); 43 viviendas en La Rioja Norte Residencial al Norte de la ciudad (0 al Norte, 0 al Sur, 19 al Oriente y 24 al Poniente); 64 viviendas en Valle del Lago Residencial al Centro-Poniente de la ciudad (16 al Norte, 21 al Sur, 14 al Oriente y 13 al Poniente), mismas que se aprecian en la Tabla 3.3.

**Tabla 3.3. Orientación de las viviendas en el plano cartesiano.**

Ubicación	Norte	Sur	Oriente	Poniente	Viviendas	Tipología
La Coruña	18	16	0	6	40	A
La Rioja Poniente	10	19	3	0	32	A
La Rioja Norte	0	0	19	24	43	A
Valle del Lago	16	21	14	13	64	B
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>56</b>	<b>36</b>	<b>43</b>	<b>179</b>	

**Fuente: Elaboración propia.**

En las siguientes imágenes se aprecian sus ubicaciones dentro de la mancha urbana de la ciudad de Hermosillo:



**Figura 3.6. La Coruña Residencial.**

**Fuente: Google Earth, 2020.**



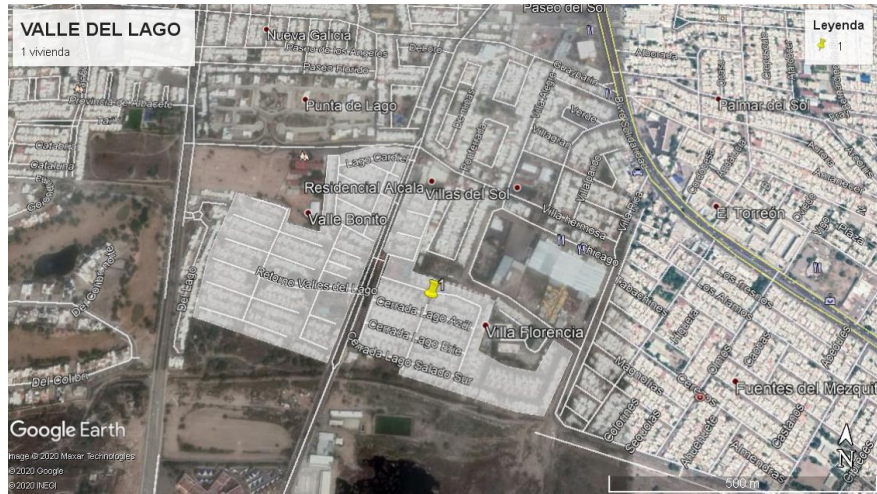
**Figura 3.7. La Rioja Residencial.**

**Fuente: Google Earth, 2020.**



**Figura 3.8. La Rioja Norte Residencial.**

**Fuente: Google Earth, 2020.**



**Figura 3.9. Valle del Lago Residencial.**

**Fuente: Google Earth, 2020.**



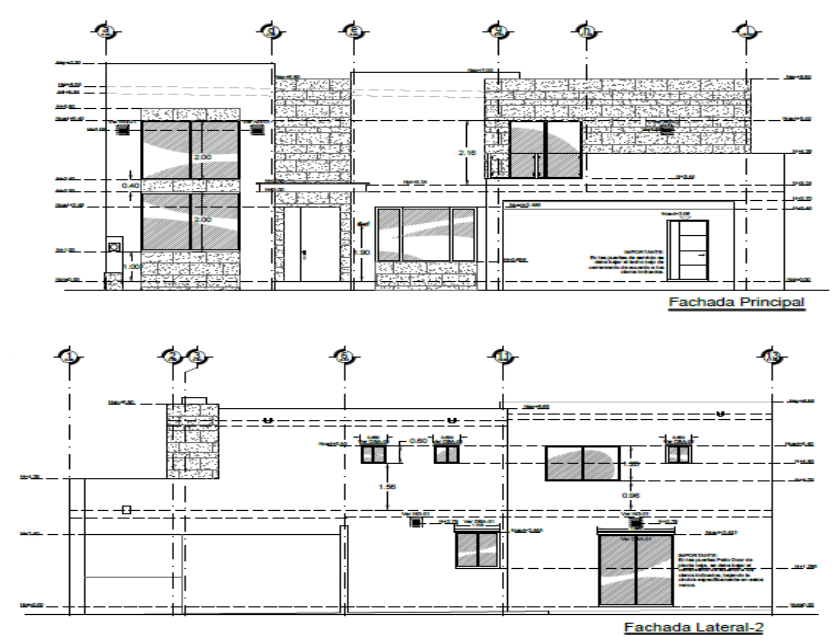
**Figura 3.10. Mancha urbana de la ciudad de Hermosillo, Sonora.**

**Fuente: Google Earth, 2020.**

### **3.6. Geometría de los edificios.**

El edificio de uso residencial de referencia que utiliza el simulador, es idéntico al proyectado que es el que se captura. Este edificio de referencia, conserva la misma orientación, volumetría y tipología; sin embargo, se considera el techo con características de

100% opaco / 0% translucido, y fachadas de 90% opaca / 10% translucida; las propiedades térmicas de la envolvente son las definidas por la NOM-020-ENER-2011. El primer edificio proyectado (Tipología A), el cual está ubicado en La Coruña Residencial tiene sus propias características como se muestra a continuación:



**Figura 3.11. Fachada principal y posterior de la vivienda A.**

**Fuente: (Vertex, Desarrollos, 2020)**

El segundo edificio proyectado (Tipología B) se encuentra ubicado en Valle del Lago Residencial, donde a continuación se aprecia la fachada principal de la misma, además con sus principales acotaciones frontales:

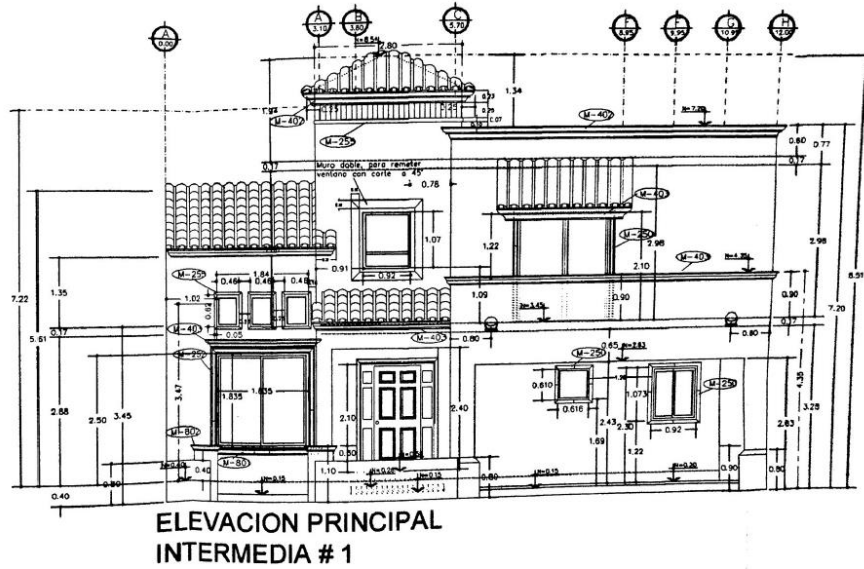


Figura 3.12. Fachada principal de la vivienda B.

Fuente: (Milenium, Construcasa, 2020)

### 3.7. Descripción general de las viviendas a evaluar.

Los edificios utilizados para el análisis de la NOM-020-ENER-2011 son viviendas residenciales plus de dos niveles. La Figura 3.13 muestra la fachada frontal y la fachada posterior de la vivienda A. La fachada principal se encuentra orientada hacia el norte.

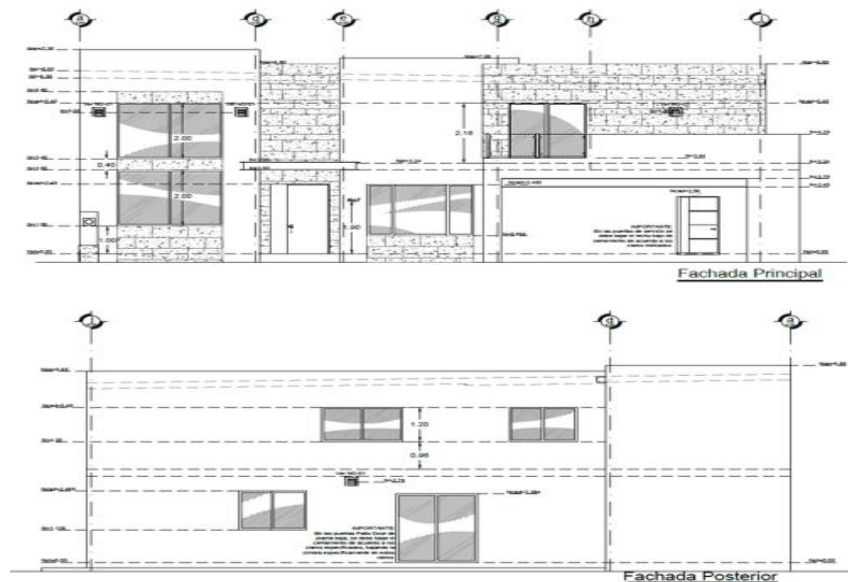


Figura 3.13. Edificio residencial A de referencia, fachada frontal y posterior.

Fuente: (Vertex, Desarrollos, 2020)



El área superficial total es de 295 m<sup>2</sup>. En la Tabla 3.4 se muestra un resumen general de las características de la vivienda A.

**Tabla 3.4. Descripción de la vivienda A.**

Descripción	Valor
Número de plantas	2
Ciudad	Hermosillo
Área total	295 m <sup>2</sup>
Altura entre plantas	3.24 m
Acristalamiento	Doble vidrio

**Fuente: Elaboración propia.**

Como se aprecia en la Figura 3.12, se encuentra la fachada frontal de la vivienda B, misma que cuenta con un área superficial de 210 m<sup>2</sup>. En la Tabla 3.5 se muestra un resumen general de la vivienda B.

**Tabla 3.5. Descripción de la vivienda B.**

Descripción	Valor
Número de plantas	2
Ciudad	Hermosillo
Área total	210 m <sup>2</sup>
Altura entre plantas	3.05 m
Acristalamiento	Doble vidrio

**Fuente: Elaboración propia.**

Según el Código de Edificación de Vivienda (Comisión Nacional de Vivienda, 2017), descrito con anterioridad, una vivienda se puede clasificar por: precio promedio, por forma de construcción, por número de viviendas por lote, por condóminos. Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se tomará en cuenta la tipología de viviendas por precio

promedio y superficie construida promedio (m<sup>2</sup>). La vivienda residencial a evaluar se clasifica en Residencial Plus, puesto que su superficie de construcción promedio supera los 188 m<sup>2</sup> que se establece.

### **3.8. Descripción general de la herramienta de cálculo**

La Secretaría de Energía (SENER) y la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), con el apoyo y la asesoría técnica de la Agencia Danesa de Energía, han desarrollado una herramienta de cálculo para revisar el nivel de cumplimiento de la NOM-020-ENER-2011 en México, la cual, puede ser utilizada por cualquier persona que cuente con acceso a una computadora, pero en especial, por desarrolladores, arquitectos, ingenieros y consultores dedicados a este ámbito.

Dicha herramienta de cálculo, permite al usuario calcular el presupuesto energético del edificio proyectado y del edificio de referencia, solamente con ingresar los datos de la envolvente térmica del edificio proyectado, los cuales son: muros exteriores, techos, superficies inferiores, ventanas y puertas.

A continuación, se hace una breve descripción de los pasos a seguir para la realización del cálculo de eficiencia energética:

- 1) Se realiza la captura de la información general de la vivienda a simular: nombre del propietario, nombre del proyecto, dirección, estado y ciudad. Se especifica si el edificio cuenta con de uno a tres niveles o si cuenta con más de tres niveles. Además, se indica la orientación de la fachada principal.



**Figura 3.14. Introducción de datos generales en la herramienta de cálculo.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

- 2) Se procede a la captura de los muros exteriores, donde se introducen los datos como: orientación, nombre del muro para identificarlo, el área que comprende el muro y por último el tipo de sistema constructivo. Se realiza la carga a la herramienta de cada uno de los muros exteriores de la edificación.



**Figura 3.15. Captura de información de muros exteriores de la edificación.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

- 3) El siguiente paso es la captura de la información del techo y superficies inferiores: se selecciona si lo que se va a ingresar es una porción de techo o superficie inferior, se le da un nombre para identificarlo, se ingresa el área de la porción y, por último, se selecciona el sistema constructivo con el cual está constituido. Se repite la operación hasta la totalidad de la superficie.

## Techos y superficies inferiores

Techo o superficie inferior

La porción es un techo  La porción es superficie inferior

Nombre de la porción: Techo (1)

Área de la porción: 113.85 m<sup>2</sup>

Sistema constructivo: Concreto armado 10cm K= 0.27

Agregar un sistema constructivo nuevo

Guardar y nuevo

Ir a muros Ir a ventanas y sombreados

Figura 3.16. Captura de la información de techo y superficies inferiores.

Fuente: (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

- 4) Ahora, procedemos a la captura de la información de ventanas, sombreado exterior y domos, la cual, está representada de la siguiente manera: primeramente, se ubica en que fachada se encuentra la ventana y se le da un nombre para identificarla, se calcula su área y se selecciona el tipo de vidrio de la misma; por último, se describe si ésta cuenta con algún tipo de sombra, como pudiera ser algún volado superior. Se repite el procedimiento para la carga de cada ventana a la herramienta.

## Ventanas, sombreado exterior y domos

Ventana

Esta ventana está en: F principal (1)

Nombre de la ventana: V1F principal (1)

Área de la ventana: 10.9 m<sup>2</sup>

Tipo de vidrio: Vidrio 2mm K= 4.92 C5= 1.00

Agregar nuevo tipo de vidrio

Tipo de sombra: Sin Sombra

Guardar y nuevo

Ir a techos y superficies inferiores Ir a puertas

Figura 3.17. Captura de la información de ventanas.

Fuente: (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

- 5) Por último, se procede al ingreso de la información relacionada a las puertas: se selecciona su ubicación y se le da un nombre para identificarla, se calcula e ingresa

el área correspondiente y, se selecciona el tipo de material de la puerta. Se repite la operación hasta terminar con la captura de todas las puertas.



Figura 3.18. Captura de la información de puertas.

Fuente: (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)

- 6) Una vez capturada toda la información que comprende la envolvente de la edificación, la herramienta presenta un resumen de todos los campos descritos anteriormente, en el cual, se puede apreciar dimensiones, área, ubicaciones, en otras palabras, el listado completo de cada componente.

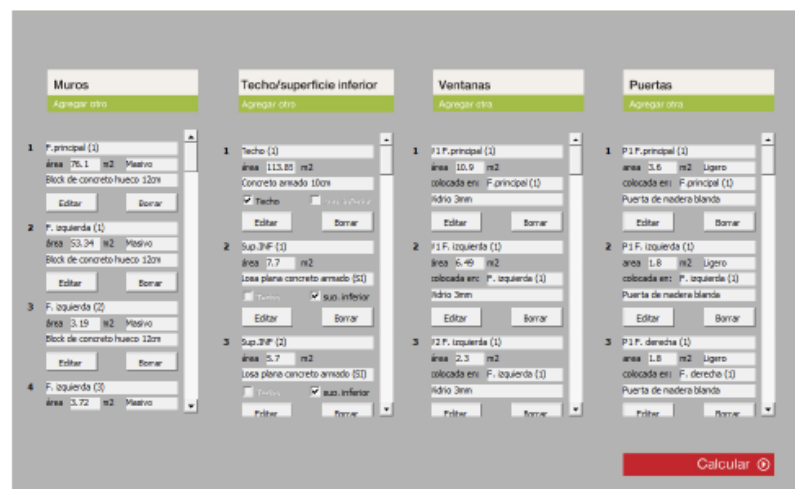
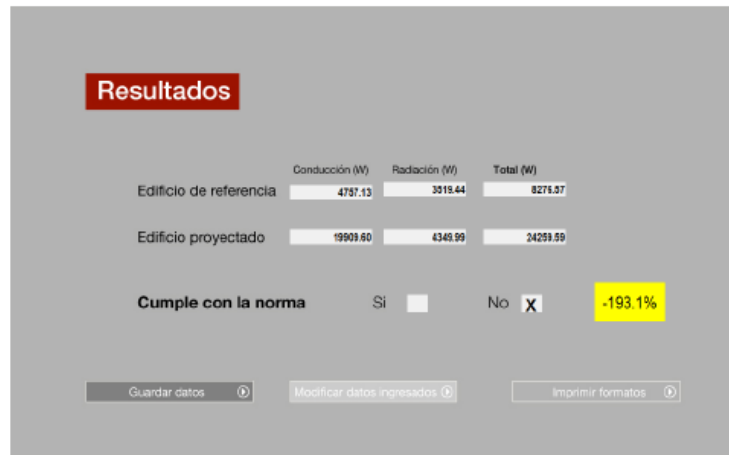


Figura 3.19. Resumen previo al cálculo de demanda energética.

Fuente: (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)

- 7) Se lleva a cabo la verificación del resumen de la información capturada, si existe algún error, se puede realizar la edición de la misma, si todo está en orden o se ha corregido, se procede al cálculo de demandas de energía por conducción y radiación del edificio de referencia y el proyectado. Adicionalmente, se muestra si el estudio realizado cumple o no con la norma, además de incluir el porcentaje.



**Figura 3.20. Resultado del estudio de demanda energética.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

En las siguientes secciones se presenta el desarrollo del trabajo de simulación de las viviendas residenciales analizadas para conocer el nivel de cumplimiento respecto a la NOM-020-ENER-2011. Después de realizada la simulación, se interpretan los datos obtenidos por la herramienta de cálculo y se obtiene el porcentaje de ahorro entre el edificio proyectado y el edificio de referencia para los casos A y B.

### **3.9. Base de datos informativa con las características de las viviendas a evaluar.**

El tipo de vivienda que se va a evaluar, como se definió previamente, corresponde a vivienda de tipo Residencial Plus, por lo que los materiales con los que está construida son de alta calidad, además de ser de tipo sustentable.

En la Tabla 3.6, se describen las principales características de los materiales de construcción de la vivienda A.

**Tabla 3.6. Características generales de la vivienda A.**

Tipo	Material
Muros	Ladrillo térmico
Ventanas	Vidrio doble
Losa	Vigueta y bovedilla
Puerta Principal	Hojas fibra de vidrio
Puerta de Servicio	Metálica rellena Honey Comb

**Fuente: Elaboración propia.**

Se inicia con plasmar las dimensiones de los muros de construcción exterior de la vivienda A, misma que se aprecia en la Tabla 3.7. Cabe mencionar que la altura de los muros se toma hasta la losa de azotea, sin incluir el pretil, ya que éste no forma parte de la envolvente térmica del edificio.

**Tabla 3.7. Descripción de los muros de la vivienda A.**

Fachada	Material	Altura (m)	Dimensiones (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Frontal	Ladrillo térmico	6.60 / 6.29	$((6.60 + 6.29) \times 15.6) / 2$	100.54
	Ladrillo térmico con cantera	Variable	$(1.80 \times 2.40) + ((6.52 + 6.48) \times 2.00) / 2 + (0.60 \times 2.438) + ((6.43 + 6.29) \times 6.40) / 2$	59.49
Posterior	Ladrillo térmico	6.55 / 6.24	$((6.55 + 6.24) \times 15.6) / 2$	99.76
Lateral 1 (D)	Ladrillo térmico	6.47 / 6.29	$((6.47 + 6.29) \times 8) / 2$	50.96
	Ladrillo térmico	6.60 / 6.45	$(6.45 + 6.60) \times 6.5) / 2$	42.41
	Ladrillo térmico con cantera	6.29 / 6.32	$((6.29 + 6.32) \times 1.20) / 2$	6.32

Lateral 2 (I)	Ladrillo térmico	6.55	(6.55 x 14.18)	92.88
	Ladrillo térmico con cantera		3.11 x 0.40	1.24

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se describe la información respecto al área del techo y superficies inferiores exteriores de la vivienda A, donde se divide en cuadrantes para que el cálculo sea más fácil al momento de ingresarlo a la herramienta, misma información se aprecia en la Tabla 3.8.

**Tabla 3.8. Descripción del techo y superficie exterior de la vivienda A.**

Descripción	Material	Cuadrante	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Techo	Vigueta y bovedilla (25 cm espesor) aislado lecho inferior fibra de vidrio 3.5"	1	7.41	4.00	29.64
Techo	Vigueta y bovedilla (25 cm espesor) aislado lecho inferior fibra de vidrio 3.5"	2	6.50	2.00	13.00
Techo	Vigueta y bovedilla (25 cm espesor) aislado lecho inferior fibra de vidrio 3.5"	3	3.84	1.14	4.38
Techo	Vigueta y bovedilla (20 cm espesor) aislado lecho inferior fibra de vidrio 3.5"	4	5.63	3.85	21.68
Techo	Vigueta y bovedilla (20 cm espesor) aislado lecho inferior fibra de vidrio 3.5"	5	8.00	3.87	30.96



Techo	Vigueta y bovedilla (20 cm espesor) aislado lecho inferior fibra de vidrio 3.5"	6	4.49	3.83	17.20
Techo	Vigueta y bovedilla (20 cm espesor) aislado lecho inferior fibra de vidrio 3.5"	7	6.50	4.00	26.00
Techo	Vigueta y bovedilla	8	2.13	0.32	0.68
Superficie inferior	Vigueta y bovedilla (25 cm espesor)	9	6.00	3.85	23.10

**Fuente: Elaboración propia.**

Cada fachada tiene un diseño diferente de ventana. La Tabla 3.9 describe la distribución de las puertas y ventanas, junto con sus dimensiones. La fachada frontal tiene cuatro ventanas y dos puertas; la fachada posterior tiene cuatro ventanas. Una fachada lateral cuenta con seis ventanas, mientras que la otra fachada lateral no cuenta con puertas ni ventanas. La puerta principal en hojas de fibra de vidrio rellena de poliuretano y la puerta de servicio es metálica rellena tipo honey comb.

**Tabla 3.9. Descripción de las aperturas de la vivienda A.**

Fachada	Descripción	Material	Dimensiones (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Frontal	Puerta principal	Fibra de vidrio rellena de poliuretano	1.35 x 2.485	3.36
	Puerta servicio	Metálica rellena tipo honey comb	0.97 x 2.06	2.00
	Ventana 1	Vidrio 5/12/5 mm	2.40 x 2.00	4.80
	Ventana 2	Vidrio 5/12/5 mm	2.40 x 2.00	4.80
	Ventana 3	Vidrio 6/12/6 mm	2.438 x 1.829	4.46
Posterior	Ventana 4	Vidrio 6/12/6 mm	1.80 x 2.011	3.62
	Ventana 5	Vidrio 6/12/6 mm	1.80 x 2.384	4.29

	Ventana 6	Vidrio 3/6/3 mm	1.499 x 1.349	2.02
	Ventana 7	Vidrio 3/6/3 mm	1.499 x 1.20	1.80
	Ventana 8	Vidrio 3/6/3 mm	1.80 x 1.20	2.16
Lateral	Ventana 9	Vidrio 6/12/6 mm	1.822 x 2.432	4.43
	Ventana 10	Vidrio 3/6/3 mm	1.051 x 1.20	1.26
	Ventana 11	Vidrio 3/6/3 mm	0.60 x 0.60	0.36
	Ventana 12	Vidrio 3/6/3 mm	1.80 x 1.20	2.16
	Ventana 13	Vidrio 3/6/3 mm	0.60 x 0.60	0.36
	Ventana 14	Vidrio 3/6/3 mm	0.60 x 0.60	0.36

**Fuente: Elaboración propia.**

Por otra parte, en la Tabla 3.10, se describen las principales características de los materiales de construcción de la vivienda B.

**Tabla 3.10. Características generales de la vivienda B.**

Tipo	Material
Muros	Ladrillo regional
Ventanas	Doble vidrio
Losa	Vigueta y bovedilla
Puerta Principal	Fibra de vidrio
Puerta de Servicio	Multipanel

**Fuente: Elaboración propia.**

Para la vivienda B, se inicia con el mismo procedimiento realizado en la vivienda A antes descrita, plasmando las dimensiones de los muros de construcción exterior, misma que se aprecia en la Tabla 3.11. Cabe mencionar que la altura de los muros se toma hasta la losa de azotea, sin incluir el pretil, ya que éste no forma parte de la envolvente térmica del edificio.

**Tabla 3.11. Descripción de los muros de la vivienda B.**

Fachada	Material	Altura (m)	Dimensiones (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Frontal	Ladrillo regional	6.00 / 3.10	(4.40 x 3.10) + (8.90 x 6.00)	67.04
Posterior	Ladrillo regional	6.00 / 3.10	(8.90 x 6.00) – (1.05 x 2.88) + (4.40 x 3.10)	64.02
Lateral 1 (D)	Ladrillo regional	6.00 / 2.88	(12.10 x 6.00) – (4.60 x 2.88)	59.35
Lateral 2 (I)	Ladrillo regional	6.00 / 3.15	(7.50 x 6.00) + (4.60 x 3.15)	59.49

**Fuente: Elaboración propia.**

En el siguiente paso, se describe la información respecto al área del techo y superficies inferiores exteriores de la vivienda B, donde se divide en cuadrantes para que el cálculo sea más fácil al momento de ingresarlo a la herramienta, misma información se aprecia en la Tabla 3.12.

**Tabla 3.12. Descripción del techo y superficie exterior de la vivienda B.**

Descripción	Material	Cuadrante	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Techo	Vigueta y bovedilla (16 cm espesor)	1	5.20	3.10	16.12
Techo	Vigueta y bovedilla (16 cm espesor)	2	7.85	3.80	29.83
Techo	Vigueta y bovedilla (16 cm espesor)	3	5.85	3.70	21.65
Techo	Vigueta y bovedilla (16 cm espesor)	4	2.30	2.00	4.60
Techo	Vigueta y bovedilla (16 cm espesor)	5	3.05	1.40	4.27

Techo	Vigueta y bovedilla (16 cm espesor)	6	6.30	4.60	28.98
Superficie inferior	Vigueta y bovedilla (16 cm espesor)	7	6.30	4.60	28.98

Fuente: Elaboración propia.

Cada fachada tiene un diseño diferente de ventana. La Tabla 3.13 describe la distribución de las puertas y ventanas, junto con sus dimensiones. La fachada frontal tiene ocho ventanas y una puerta principal; la fachada posterior tiene seis ventanas. Una fachada lateral cuenta con una ventana y una puerta de servicio, mientras que la otra fachada lateral no cuenta con puertas ni ventanas, ya que colinda a paño con la vivienda de enseguida. La puerta principal es de hojas de fibra de vidrio y la puerta de servicio es de multipanel con 9 luces de vidrio.

**Tabla 3.13. Descripción de las aperturas de la vivienda B.**

Fachada	Descripción	Material	Dimensiones (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Frontal	Puerta principal	Madera/vidrio	2.03 x 1.42	2.88
	Ventana 1	Vidrio 6 mm	1.835 x 1.835	3.37
	Ventana 2	Vidrio 6 mm	0.62 x 0.46	0.29
	Ventana 3	Vidrio 6 mm	0.62 x 0.46	0.29
	Ventana 4	Vidrio 6 mm	0.62 x 0.46	0.29
	Ventana 5	Vidrio 6 mm	1.07 x 0.92	0.98
	Ventana 6	Vidrio 6 mm	0.62 x 0.62	0.38
	Ventana 7	Vidrio 6 mm	1.07 x 0.92	0.98
Posterior	Ventana 8	Vidrio 6 mm	2.04 x 1.80	3.67
	Ventana 9	Vidrio 6 mm	0.62 x 0.62	0.38
	Ventana 10	Vidrio 6 mm	1.53 x 1.23	1.88
	Ventana 11	Vidrio 6 mm	1.53 x 1.23	1.88
	Ventana 12	Vidrio 6 mm	1.53 x 0.92	1.41

	Ventana 13	Vidrio 6 mm	2.04 x 1.80	3.67
	Ventana 14	Vidrio 6 mm	2.04 x 1.80	3.67
Lateral	Ventana 15	Vidrio 6 mm	0.92 x 0.62	0.57
	Puerta servicio	Multipanel	2.06 x 0.80	1.65

Fuente: Elaboración propia.

### 3.10. Simulación.

En esta sección, se inicia con el proceso de captura de la información recabada en las bases de datos de la sección anterior (muros, techos, puertas y ventanas). A continuación, se ingresan los datos en la herramienta de cálculo para obtener el análisis de simulación correspondiente a la vivienda A.

Primero, se registran los datos básicos de la vivienda a evaluar, donde se incluye el propietario, nombre del edificio, nombre de la calle, el estado y la ciudad donde se encuentra ubicada, si el edificio es menor o mayor a tres niveles y la orientación de su fachada principal respecto a los ejes cardinales. En esta vivienda en particular, la orientación de su fachada principal se encuentra hacia el norte.

The screenshot shows the 'NOM-020 Calculation tool' interface. The title is 'Cálculo de la NOM-020-ENER-2011'. The form contains the following fields:

- Propietario: VERTEX
- Nombre del edificio: TREVIANA
- Nombre de la calle: ORZÁN
- Estado: SONORA
- Ciudad: Hermosillo
- Niveles: De 1 a 3 (selected), Más de 3
- Orientación de la fachada principal: Norte

At the bottom of the form are buttons for 'Nuevo', 'Abrir', 'Guardar', and 'Siguiente'. To the right of the form is a 3D architectural rendering of a modern, white, multi-story house. Logos for SENER and CONUEE are visible at the bottom of the interface.

Figura 3.21. Datos básicos de la vivienda A.

Fuente: (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)

Se procede a seleccionar “siguiente” en ésta pantalla para iniciar con la captura de los muros de la vivienda, donde se identifica por el tipo de localización en la fachada de la vivienda, el sistema otorga un nombre automático al muro y se ingresan los  $m^2$  correspondientes, por último, se selecciona el sistema constructivo de una lista precargada, de no contar con el tipo de sistema constructivo en dicha lista, se puede capturar la información del sistema constructivo con el espesor (m) y conductividad térmica (W/mK) de cada material que lo compone. En el caso de la vivienda A, el sistema constructivo es de ladrillo térmico de 14 cm en todos los muros exteriores, 1.3 cm de yeso al interior y 1.9 cm de acabado grueso al exterior. Existen muros donde se cuenta con 2.0 cm de cantera al exterior. Es por esto, se procede a capturar dos sistemas constructivos homogéneos para la envolvente de los dos tipos de muro.

**Nuevo sistema constructivo homogéneo**

Descripción / nombre de la porción: Ladrillo térmico con cantera

Componente de la envolvente: Techo  Pared   
Ligero  Masivo

Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Aislamiento térmico (m <sup>2</sup> K/W)
Convección exterior	1.000	13.000	0.077
Ladrillo térmico	0.143	0.1580	0.9051
Acabado yeso interior	0.013	0.2360	0.0551
Acabado grueso exterior	0.019	0.7300	0.0260
Cantera	0.020	1.5000	0.0133
			0.000
Convección interior	1.000	8.100	0.1235
			<b>M = 1.1999</b>
			<b>K = 0.8334</b>

Guardar datos

**Figura 3.22.** Captura de los sistemas constructivos para muros de la vivienda A.

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)

Posteriormente, se capturan las áreas de los techos y superficies inferiores, donde se selecciona primeramente si es techo o superficie inferior, el sistema autonombra la fracción capturada, se ingresa el área de esta porción y se selecciona el tipo de sistema constructivo dentro de una lista precargada con los sistemas comúnmente utilizados en nuestro entorno. De igual manera, de no encontrar el indicado, se puede cargar al sistema con el espesor (m) y conductividad térmica (W/mK) de cada material que lo compone. Para la vivienda A, el

El sistema constructivo es de vigueta y bovedilla de EPS, con 2 mm de impermeabilizante en la parte exterior, mientras que en la parte inferior cuenta con 3.5” de fibra de vidrio R-11, cubierta con ½” de tablaroca y 0.5 cm de yeso al interior. En el caso de la superficie inferior, se omite la cubierta de fibra de vidrio y tablaroca.

**NOM-020 Calculation tool**

**Nuevo sistema constructivo no homogéneo**

Descripción / nombre de la porción:

Componente de la envolvente:  Techo  Pared

Área de la componente (m²):  Ligero  Masivo

Área que ocupa la componente no homogénea 1 (m²):  Fracción (F1):

Área que ocupa la componente no homogénea 2 (m²):  Fracción (F2):

**Aislamiento térmico parcial**

Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Aislamiento térmico (m²K/W)
Convección exterior	1.000	13.000	0.077
Impermeabilizante	0.002	0.1700	0.0118
Capa de concreto	0.050	1.7400	0.0287
Capa de fibra de vidrio R-11	0.089	0.0459	1.9390
Tablaroca	0.013	0.1450	0.0897
Yeso interior	0.005	0.3720	0.0134
Convección interior	1.000	6.690	0.1515
<b>Mparcial =</b>			<b>2.3110</b>

SENER | CONUEE

Figura 3.23. Captura del sistema constructivo no homogéneo para techo en vivienda A.

Fuente: (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)

**NOM-020 Calculation tool**

**Nuevo sistema constructivo no homogéneo**

Aislamiento térmico parcial (Mparcial):

Fracción (F)	Material	Grueso (m)	Conductividad térmica (W/mK)	g / λ
F1: 0.1800	Vigueta	20	1.7400	0.1149
				F1: 0.0742
				M <sub>parcial</sub> + (g / λ):
F2: 0.8200	EPS 20 cm	20	0.0426	4.6948
				F2: 0.1170
				M <sub>parcial</sub> + (g / λ):

$\sum_{i=1}^{n+m} \frac{F_i}{M_{parcial} + (g / \lambda_i)}$

$M = \frac{1}{\frac{F_1}{M_{parcial} + (g / \lambda_1)} + \frac{F_2}{M_{parcial} + (g / \lambda_2)} + \frac{F_n}{M_{parcial} + (g / \lambda_n)}}$

**K= 0.1912**

SENER | CONUEE

Figura 3.24. Continuación en captura del sistema constructivo no homogéneo para techo en vivienda A.

Fuente: (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)

A continuación, se realizan los mismos pasos, pero con la información relacionada a las aperturas de la vivienda (ventanas y puertas). Para el caso de la vivienda A, se indica en que fachada se encuentra ubicada, el sistema le da un nombre en automático a la ventana, se captura el área de la ventana y se selecciona el tipo de vidrio que ésta compuesto. Además, se selecciona si cuenta con algún sombreado en especial, esto con el fin de calcular el Coeficiente de Sombreado (CS). Como se menciona en la base de datos de la sección anterior, las ventanas de la vivienda A cuenta con diferentes espesores de vidrio, las ventanas de tipo fijo cuentan con doble cristal de 5 mm y argón comprendido de 12 mm; las de dimensiones superiores a 1.50 m x 1.50 m cuentan con doble cristal de 6 mm y argón comprendido de 12 mm; por otra parte, las ventanas con dimensiones inferiores a 1.50 m x 1.50 m cuentan con doble cristal de 3 mm y argón comprendido de 6 mm.

**Nuevo sistema constructivo homogéneo**

Descripción / nombre de la porción: Vidrio 5/12/5 mm claro, argón, lowE

Componente de la envolvente: Techo  Pared   
Ligero  Masivo

Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Aislamiento térmico (m <sup>2</sup> K/W)
Convección exterior	1.000	13.000	0.077
Cristal claro 5mm	0.005	1.1000	0.0045
Capa de argón 12mm	0.012	0.0350	0.3429
Cristal lowE 5mm	0.005	1.1000	0.0045
			0.000
			0.000
Convección interior	1.000	8.100	0.1235

M = 0.5523  
K = 1.8105  
CS = 0.6400

Guardar datos

SENER  
CONUEE  
Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

**Figura 3.25. Captura del sistema constructivo homogéneo para ventanas en vivienda A.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)

Por otra parte, se captura la puerta principal y la puerta de servicio, donde se ingresa el área de dichas aperturas y el tipo de material. En el caso de la puerta principal de la vivienda A, es de hojas de fibra de vidrio rellena de poliuretano y se encuentra localizada en la fachada frontal; la puerta de servicio también se localiza en la fachada frontal solo que es de material de lámina de acero rellena tipo honey comb (cartón).





**Figura 3.26. Captura del sistema constructivo de puertas en vivienda A.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)

A continuación, se procede con la captura de la base de datos de la vivienda B a evaluar, donde se incluye el propietario, nombre del edificio, nombre de la calle, el estado y la ciudad donde se encuentra ubicada, si el edificio es menor o mayor a tres niveles y la orientación de su fachada principal respecto a los ejes cardinales. En esta vivienda en particular, la orientación de su fachada principal se encuentra hacia el Sur.



**Figura 3.27. Datos básicos de la vivienda B.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)

Se procede a seleccionar “siguiente” en ésta pantalla para iniciar con la captura de los muros de la vivienda, donde se identifica por el tipo de localización en la fachada de la vivienda, el sistema otorga un nombre automático al muro y se ingresan los  $m^2$  correspondientes, por último, se selecciona el sistema constructivo de una lista precargada, de no contar con el tipo de sistema constructivo en dicha lista, se puede capturar la información del nuevo sistema constructivo con el espesor (m) y conductividad térmica (W/mK) de cada material que lo compone. En el caso de la vivienda B, el sistema constructivo es de ladrillo regional de 14 cm en todos los muros exteriores, 1.3 cm de yeso al interior y 1.9 cm de acabado grueso al exterior. Por consecuencia, se procede a capturar un nuevo sistema constructivo homogéneo para la envolvente de la vivienda.

**Nuevo sistema constructivo homogéneo**

Descripción / nombre de la porción: Ladrillo regional 14 cm

Componente de la envolvente: Techo  Pared   
Ligero  Masivo

Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Aislamiento térmico ( $m^2K/W$ )
Convección exterior	1.000	13.000	0.077
Acabado grueso exterior	0.019	0.8720	0.0218
Ladrillo regional	0.140	0.7200	0.1944
Acabado yeso interior	0.013	0.3720	0.0349
			0.000
			0.000
Convección interior	1.000	8.100	0.1235
			<b>M = 0.4516</b>
			<b>K = 2.2145</b>

Guardar datos

SENER | CONUEE

**Figura 3.28.** Captura de los sistemas constructivos para muros de la vivienda B.

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

Posteriormente, se capturan las áreas de los techos y superficies inferiores, donde se selecciona primeramente si es techo o superficie inferior, el sistema autonombra la fracción capturada, se ingresa el área de esta porción y se selecciona el tipo de sistema constructivo dentro de una lista precargada con los sistemas comúnmente utilizados en nuestro entorno. De igual manera, de no encontrar el indicado, se puede cargar al sistema con el espesor (m) y conductividad térmica (W/mK) de cada material que lo compone. Para la vivienda B, el sistema constructivo es de vigueta y bovedilla de EPS de 16 cm, con 2 mm de

impermeabilizante en la parte exterior, mientras que en la parte inferior cuenta con 0.5 cm de yeso al interior.

Figura 3.29. Captura del sistema constructivo no homogéneo para techo en vivienda B.

Fuente: (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)

Figura 3.30. Continuación en captura del sistema constructivo no homogéneo para techo en vivienda B.

Fuente: (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)

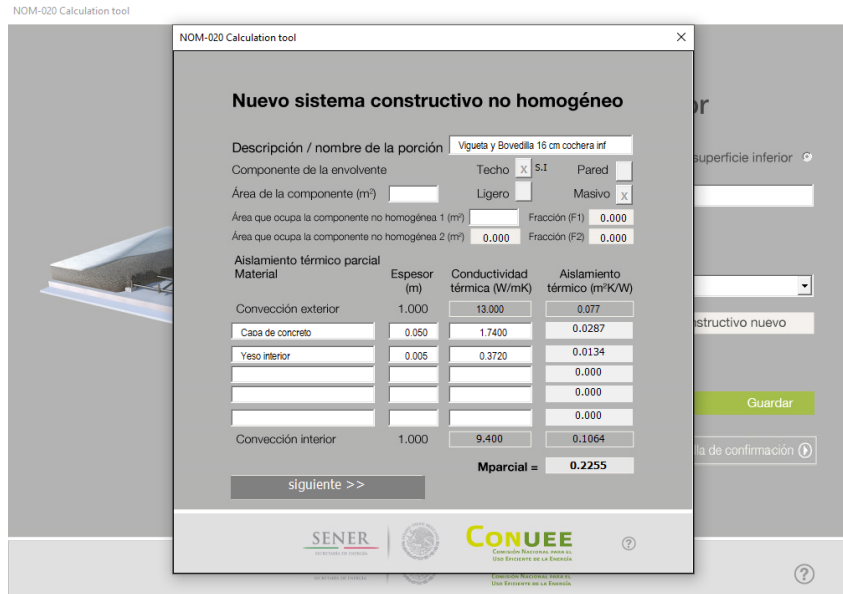


Figura 3.31. Captura del sistema constructivo no homogéneo para superficie inferior en vivienda B.

Fuente: (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)

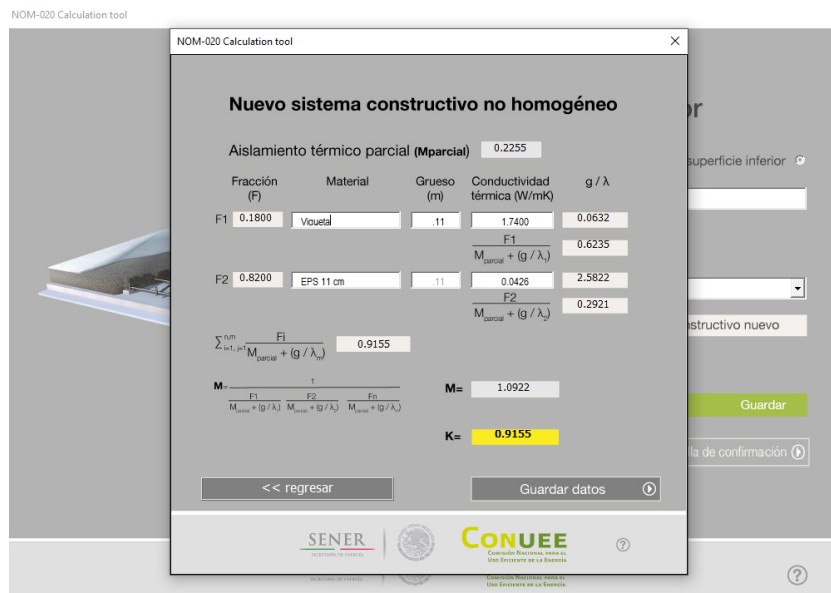


Figura 3.32. Continuación en captura del sistema constructivo no homogéneo para superficie inferior en vivienda B.

Fuente: (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)

A continuación, se realizan los mismos pasos, pero con la información relacionada a las aperturas de la vivienda (ventanas y puertas). Para el primer caso, se indica en que fachada

se encuentra ubicada, el sistema le da un nombre en automático a la ventana, se captura el área de la ventana y se selecciona el tipo de vidrio que ésta compuesto. Además, se selecciona si cuenta con algún sombreado en especial, esto con el fin de calcular el Coeficiente de Sombreado (CS). Como se menciona en la base de datos de la sección anterior, las ventanas de la segunda vivienda cuentan con doble cristal de 6 mm y aire comprendido de 12 mm.

**Nuevo sistema constructivo homogéneo**

Descripción / nombre de la porción: Vidrio 6/12/6 mm ClaroAireClaro VDLCs

Componente de la envolvente: Techo  Pared   
Ligero  Masivo

Material	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Aislamiento térmico (m <sup>2</sup> K/W)
Convección exterior	1.000	13.000	0.077
Cristal claro 6mm	0.006	1.100	0.0055
Caca aire 12mm	0.012	0.0260	0.4615
Cristal claro 6mm	0.006	1.100	0.0055
			0.000
			0.000
Convección interior	1.000	8.100	0.1235

M = 0.6728  
K = 1.4863  
CS = 0.6400

Guardar datos

SENER CONUEE

**Figura 3.33. Captura del sistema constructivo homogéneo para ventanas en vivienda B.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

Por otra parte, se captura la puerta principal y la puerta de servicio, donde se ingresa el área de dichas aperturas y el tipo de material. En el caso de la puerta principal de la vivienda B, es de madera con dos fijes de cristal y se encuentra localizada en la fachada frontal; la puerta de servicio se localiza en la fachada lateral, cuyo material es multipanel.

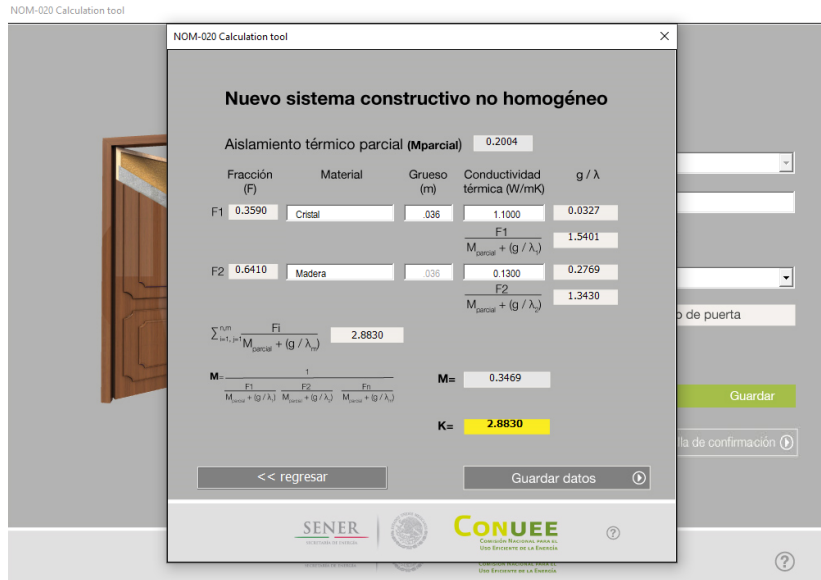


Figura 3.34. Captura del sistema constructivo no homogéneo de puerta principal en vivienda B.

Fuente: (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)

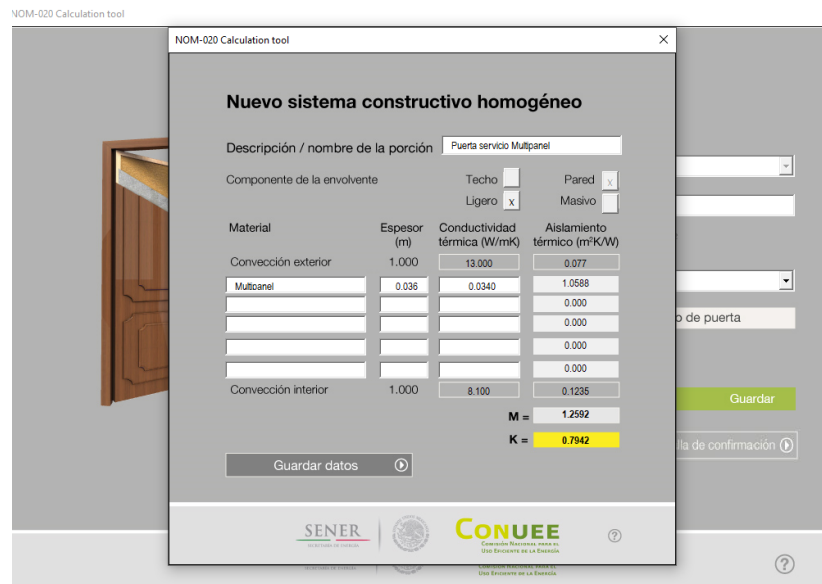


Figura 3.35. Captura del sistema constructivo homogéneo de puerta de servicio en vivienda B.

Fuente: (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)

**Tabla 3.14. Conductividad térmica de los materiales utilizados en las viviendas A y B respectivamente.**

Material	Conductividad térmica (W/m K)	Referencia
Ladrillo térmico	0.1580	Ficha técnica
Acabado yeso interior	0.3720	Base de datos NOM
Acabado grueso exterior	0.8720	Base de datos NOM
Cantera	1.5000	Base de datos NOM
Impermeabilizante	0.1700	Base de datos NOM
Concreto	1.7400	Base de datos NOM
Fibra de vidrio R-11	0.0459	Ficha técnica
Tablaroca	0.1445	Ficha técnica
Vigueta	1.7400	Base de datos NOM
Bovedilla	0.0426	Ficha técnica
Cristal claro	1.1000	Base de datos NOM
Argón	0.0350	Base de datos NOM
Cristal LowE	1.1000	Base de datos NOM
Hoja Fibra de Vidrio	0.0400	Base de datos NOM
Poliuretano	0.0200	Base de datos NOM
Ladrillo regional	0.7200	Base de datos NOM
Aire	0.0260	Base de datos NOM
Madera	0.1300	Base de datos NOM
Multipanel	0.0340	Ficha técnica
Aislante	0.0259	Ficha técnica
Lámina de acero	52.3000	Base de datos NOM
Relleno tipo cartón	0.2500	Base de datos NOM

**Fuente: Elaboración propia.**

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados.

Después de la captura de toda la base de datos de la vivienda A, se obtiene un resumen general de los componentes del edificio (muros, techo/superficie inferior, ventanas y puertas). Por seguridad, se verifica que la información ingresada concuerde con la base de datos.

The screenshot displays the 'NOM-020 Calculation tool' interface, which is organized into four main columns: Muros, Techo/superficie inferior, Ventanas, and Puertas. Each column contains a list of components with their respective areas and materials. The 'Muros' column lists four wall components (F. principal, F. derecha, F. izquierda, F. posterior) with areas ranging from 41.05 to 99.76 m². The 'Techo/superficie inferior' column lists three roof components (Techo 1, 2, 3) with areas of 29.64, 13, and 4.38 m². The 'Ventanas' column lists three window components (V1 F, V2 F, V3 F) with areas of 4.8, 4.8, and 4.46 m². The 'Puertas' column lists two door components (P1 F, P2 F) with areas of 3.36 and 2 m². Each component entry includes a name, area, material, and 'Editar'/'Borrar' buttons. A 'Calcular' button is located at the bottom right of the interface. The footer of the tool includes logos for SENER and CONUEE.

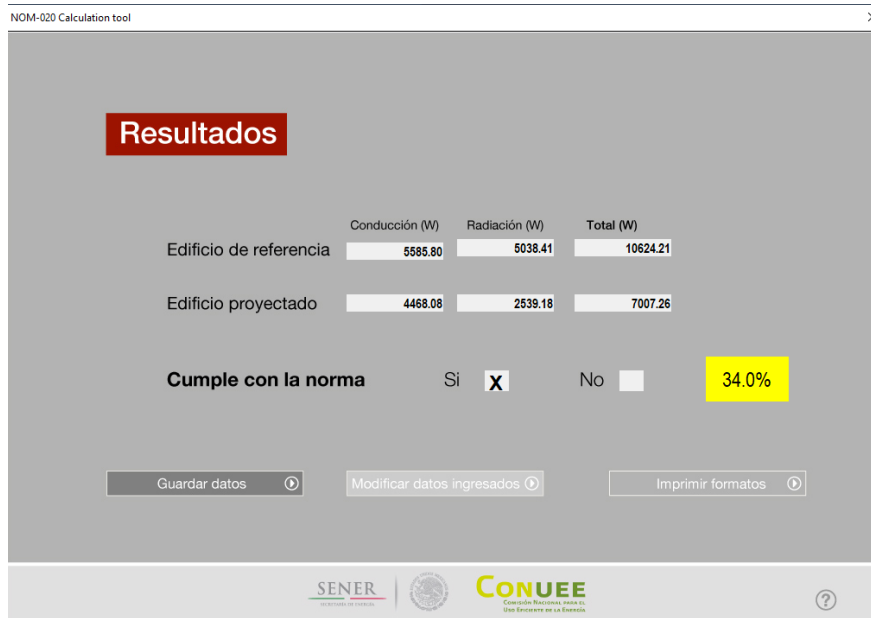
Componente	Área (m²)	Material
Muros		
F. principal (1)	41.05	Masivo
F. derecha (1)	87.05	Masivo
F. izquierda (1)	92.88	Masivo
F. posterior (1)	99.76	Masivo
Techo/superficie inferior		
Techo (1)	29.64	Vigüeta y Bovedilla 25 cm + FV
Techo (2)	13	Vigüeta y Bovedilla 25 cm + FV
Techo (3)	4.38	Vigüeta y Bovedilla 25 cm + FV
Ventanas		
V1 F. principal (1)	4.8	Vidrio 5/12/5 mm claro, argón
V2 F. principal (1)	4.8	Vidrio 5/12/5 mm claro, argón
V3 F. principal (1)	4.46	Vidrio 6/12/6 mm claro, argón
Puertas		
P1 F. principal (1)	3.36	Ligero
P2 F. principal (1)	2	Masivo

Figura 4.1. Resumen general de los componentes de la envolvente de la vivienda A.

Fuente: (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)

Una vez verificado, el sistema realiza los cálculos automáticamente y arroja los resultados correspondientes del edificio de referencia y el proyectado. Cabe aclarar, se puede obtener los formatos de evaluación de la simulación con toda la información y sus cálculos, detallando cada sección antes descrita. Se anexa, como manera de ejemplo, reporte de cálculo de presupuesto energético de la tipología A con orientación de su fachada principal hacia el Norte.



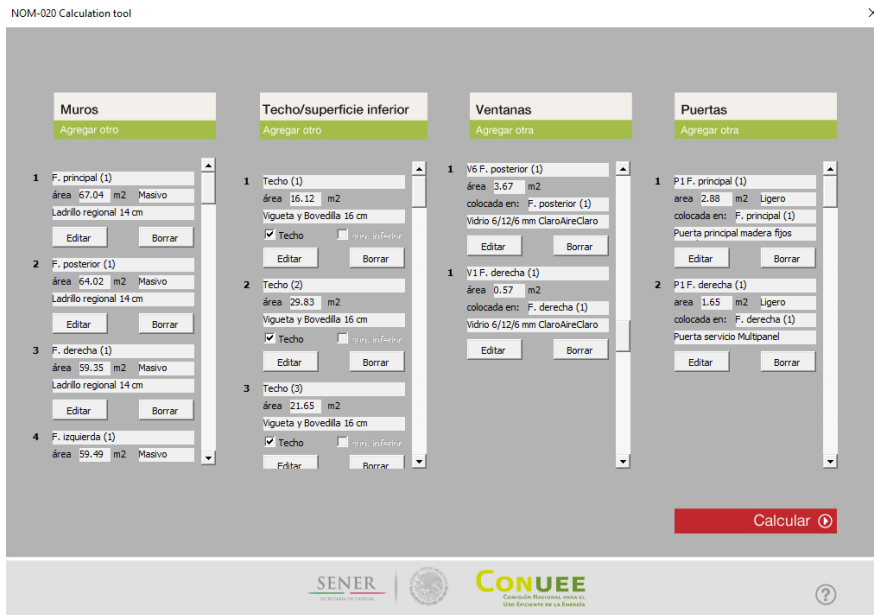


**Figura 4.2. Resultados de la simulación de la vivienda A con orientación al Norte.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

Como se puede apreciar en la Figura 4.2, la herramienta realiza un análisis de la demanda de energía que se genera a través de los muros por conducción (W) y por radiación a través de las ventanas (W) del edificio de referencia y del edificio proyectado, comparándolos y arrojando un resultado favorable para el caso de la vivienda ubicada en La Coruña Residencial con una orientación de la fachada principal hacia el Norte, con un 34.0 % de cumplimiento de la NOM-020-ENER-2011.

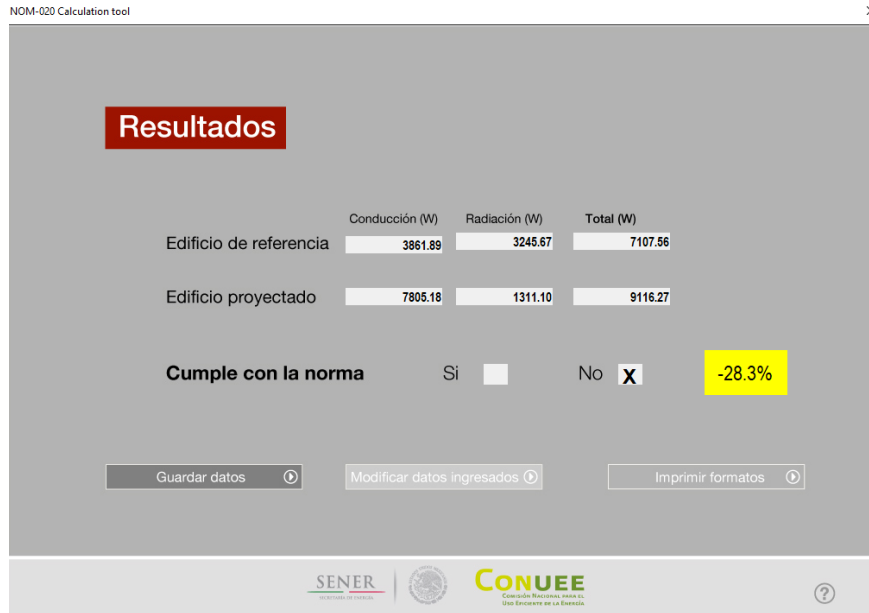
Después de la captura de toda la base de datos de la vivienda B, se obtiene un resumen general de los componentes del edificio (muros, techo/superficie inferior, ventanas y puertas). Por seguridad, se verifica que la información ingresada concuerde con la base de datos.



**Figura 4.3. Resumen general de los componentes de la envolvente de la vivienda B.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

Una vez verificado, el sistema realiza los cálculos automáticamente y arroja los resultados correspondientes del edificio de referencia y el proyectado. Cabe aclarar, se puede obtener los formatos de evaluación de la simulación con toda la información y sus cálculos, detallando cada sección antes descrita.



**Figura 4.4. Resultados de la simulación de la vivienda B con orientación al Sur.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

Como se puede apreciar en la Figura 4.4, la herramienta realiza un análisis de la demanda de energía que se genera a través de los muros por conducción (W) y por radiación a través de las ventanas (W) del edificio de referencia y del edificio proyectado, comparándolos y arrojando un resultado desfavorable para el caso de la vivienda ubicada en Valle del Lago Residencial con una orientación de la fachada principal hacia el Sur, con un -28.3 % de incumplimiento de la NOM-020-ENER-2011.

Por otra parte, ya que existen viviendas en el mismo Residencial La Coruña, pero con distintas orientaciones, se realiza la simulación para verificar el cumplimiento de estas mismas.

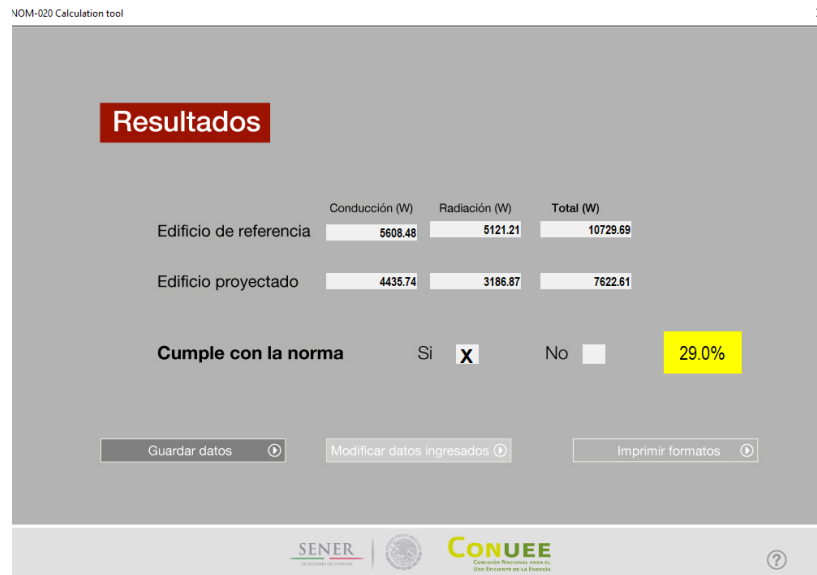
- Mismo modelo analizado, pero con orientación de su fachada principal al Sur, cuenta con un nivel de cumplimiento del 32.4%.



**Figura 4.5. Resultados de la simulación de la vivienda A con orientación de su fachada principal al Sur.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

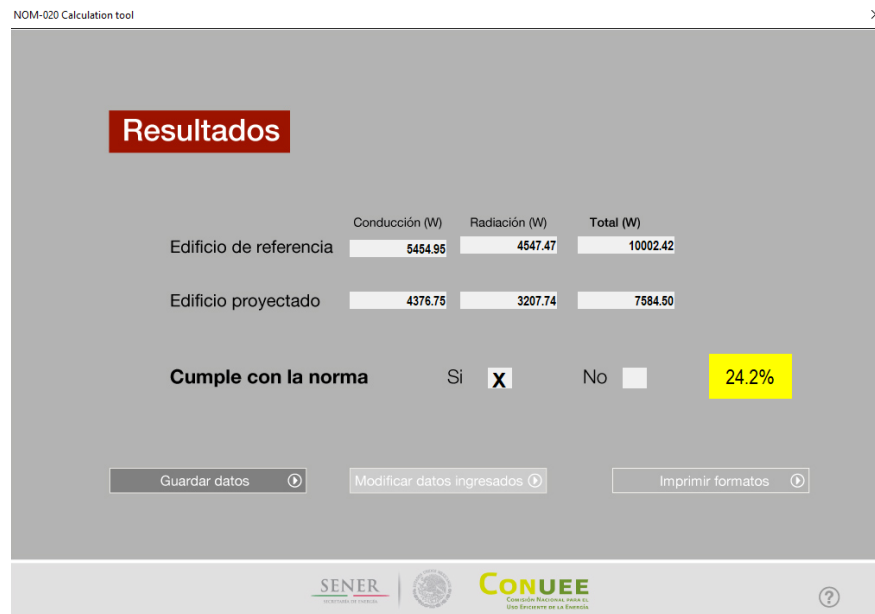
- Mismo modelo analizado, pero con orientación de su fachada principal al Oriente, cuenta con un nivel de cumplimiento del 29.0%.



**Figura 4.6. Resultados de la simulación de la vivienda A con orientación de su fachada principal al Oriente.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

- Mismo modelo analizado, pero con orientación de su fachada principal al Poniente, cuenta con un nivel de cumplimiento del 24.2%.

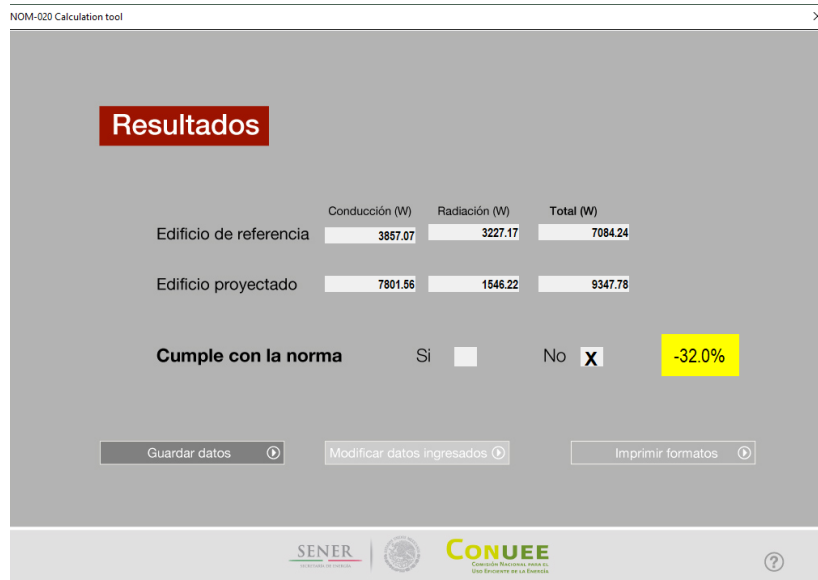


**Figura 4.7. Resultados de la simulación de la vivienda A con orientación de su fachada principal al Poniente.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

Para el caso del Residencial Valle del Lago, existen viviendas con el mismo proyecto ejecutivo, pero con distintas orientaciones, por lo que se realiza la simulación para verificar el cumplimiento de estas mismas.

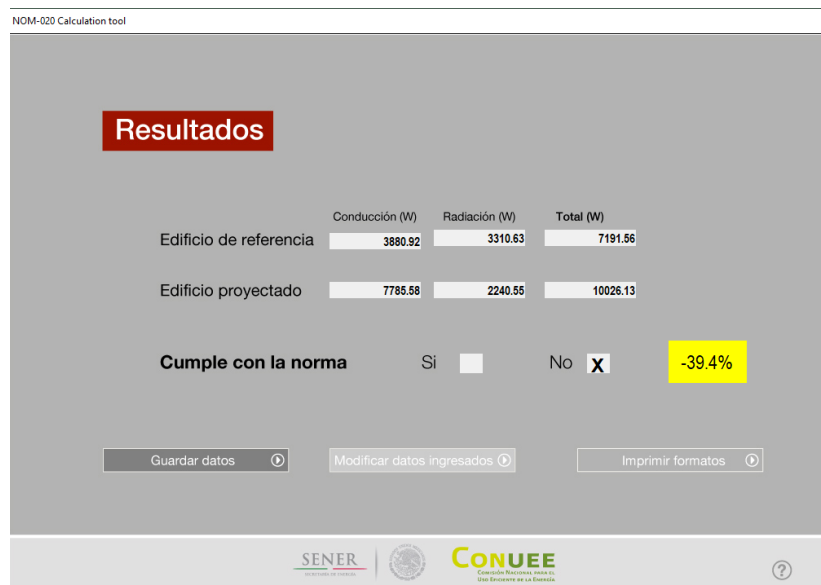
- Mismo modelo analizado, pero con orientación de su fachada principal al Norte, cuenta con un nivel de incumplimiento del -32.0%.



**Figura 4.8. Resultados de la simulación de la vivienda B con orientación de su fachada principal al Norte.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

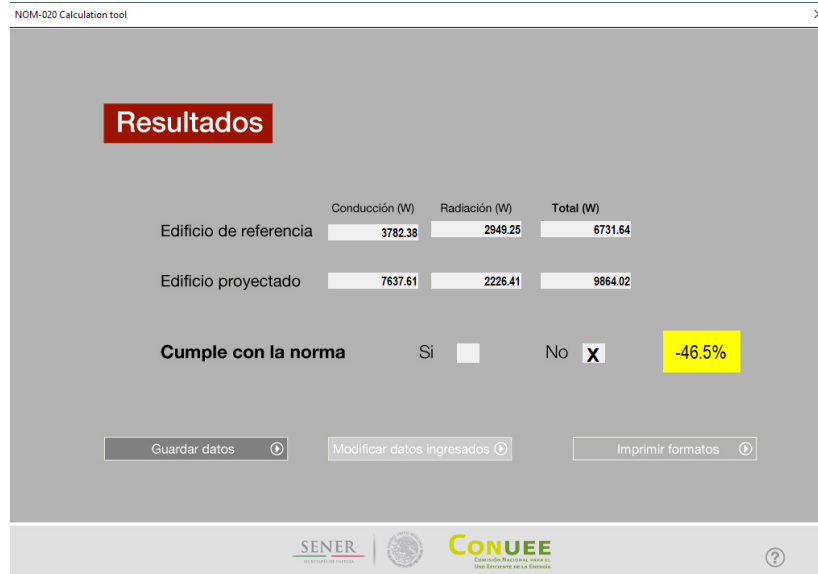
- Mismo modelo analizado, pero con orientación de su fachada principal al Oriente, cuenta con un nivel de incumplimiento del -39.4%.



**Figura 4.9. Resultados de la simulación de la vivienda B con orientación de su fachada principal al Oriente.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

- Mismo modelo analizado, pero con orientación de su fachada principal al Poniente, cuenta con un nivel de incumplimiento del -46.5%.



**Figura 4.10. Resultados de la simulación de la vivienda B con orientación de su fachada principal al Poniente.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

Después de realizadas las simulaciones de la vivienda A y B con sus cuatro orientaciones sobre los puntos cardinales, se observa que en el caso de la vivienda A, ésta cumple satisfactoriamente la norma, pues presenta valores positivos, mientras que en el caso de la vivienda B no cumple con los requerimientos establecidos en la norma, dado que presenta valores negativos, por lo cual se realizan cambios en la envolvente para que esta vivienda cumpla con lo estipulado en dicha norma.

**Tabla 4.1. Resumen de resultados de las simulaciones.**

Orientación	Tipología A	Tipología B
Norte	34.0 %	-32.0 %
Sur	32.4 %	-28.3 %
Oriente	29.0 %	-39.4 %
Poniente	24.2 %	-46.5 %

**Fuente:** Elaboración propia.

Es importante tomar en cuenta los sistemas constructivos de las viviendas analizadas, por lo que en el caso de la vivienda B se propone cambiar el tipo de sistema de construcción o mejorarlo con materiales aislantes.

Para el caso de la vivienda ubicada en Valle de Lago (Vivienda B), se modifica la envolvente de la siguiente manera:

- Aplicación de 1/2" de aislante a los muros exteriores de la residencia, ya que es un material altamente aislante al paso del calor, cuenta con una conductividad térmica de 0.02587 W/m K. Aplica para las orientaciones de fachada principal al Norte y al Sur.
- Aplicación de 1" de aislante a los muros exteriores de la fachada frontal y 1/2" de aislante a los muros exteriores de las demás fachadas. Aplica para la orientación de fachada principal al Oriente.
- Aplicación de 1" de aislante a los muros exteriores de la fachada frontal y fachada posterior, y 1/2" de aislante a los muros exteriores de ambas fachadas laterales. Aplica para la orientación de fachada principal al Poniente.

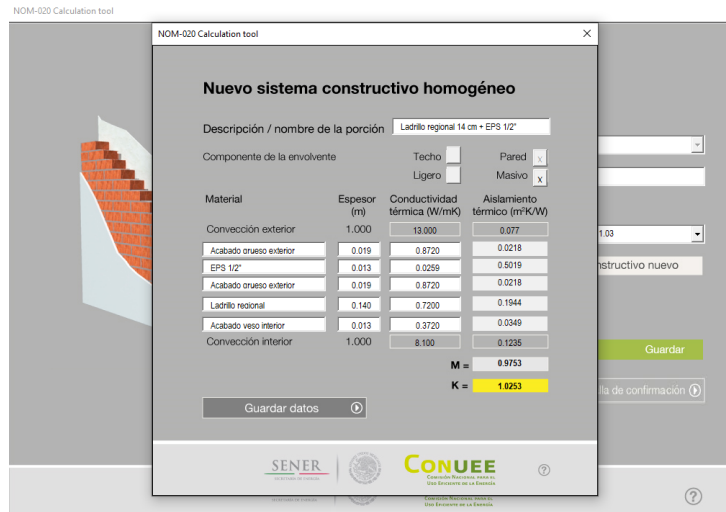
De nueva cuenta, se procede a agregar un sistema constructivo homogéneo con las mismas características de la vivienda edificada, solo se le agrega una capa de acabado exterior grueso y 1/2" o 1" de aislante sobre los muros existentes, como se aprecia en la Tabla 4.2.

**Tabla 4.2. Aplicación de aislante en muros de vivienda B.**

Orientación	Recomendación
Norte	1/2" aislante en todos los muros
Sur	1/2" aislante en todos los muros
Oriente	1/2" aislante en muros laterales y trasero y 1" aislante en muro frontal
Poniente	1/2" aislante en muros laterales y 1" aislante en muro frontal y trasero

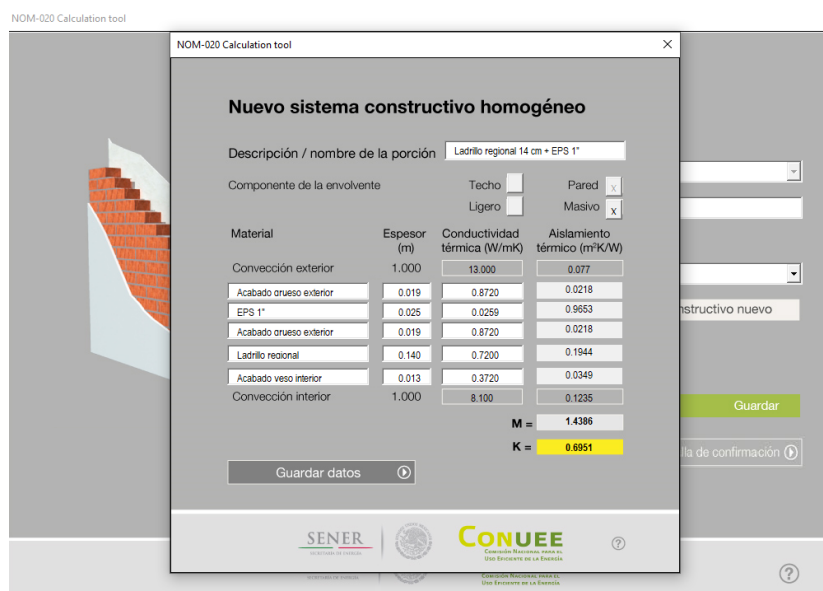
**Fuente: Elaboración propia.**





**Figura 4.11. Captura del sistema constructivo homogéneo de la vivienda B con recomendación de 1/2" aislante.**

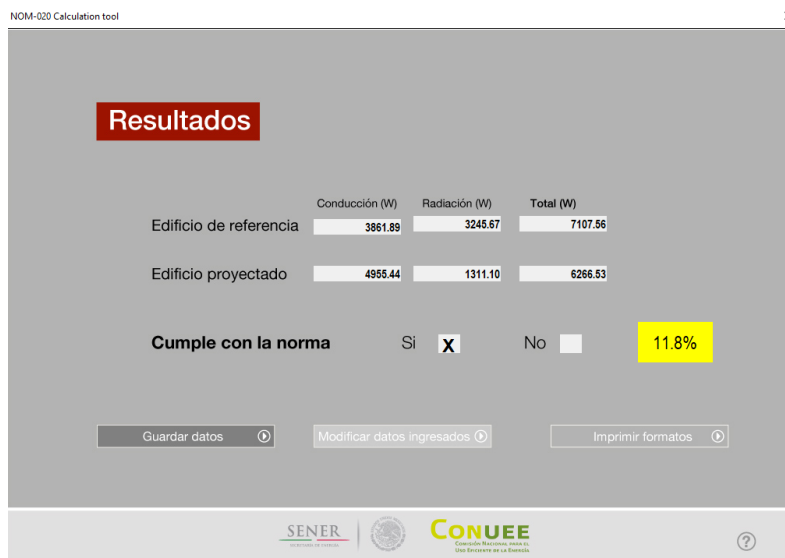
*Fuente: (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)*



**Figura 4.12. Captura del sistema constructivo homogéneo de la vivienda B con recomendación de 1" aislante.**

*Fuente: (Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017)*

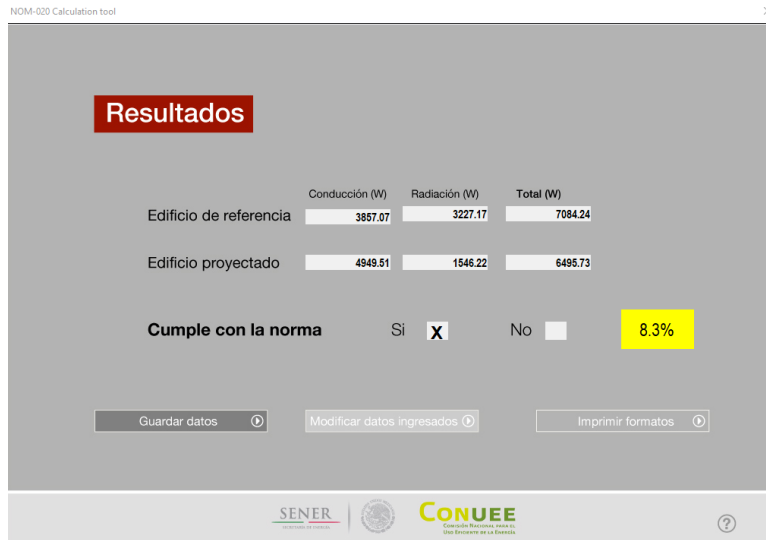
Se selecciona el sistema constructivo agregado para todos los muros existentes de la residencia dependiendo el caso antes particularizado; se procede a realizar la simulación con esta nueva recomendación. En este caso, se selecciona el sistema constructivo de ½” de aislante sobre sus cuatro fachadas. Se deduce un resultado favorable conforme a lo establecido en la norma, ya que gracias al aislante cumple con un 11.8% en la misma orientación hacia el Sur.



**Figura 4.13. Resultados de la simulación de la vivienda B con recomendación de ½” aislante en muros, orientada al Sur.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

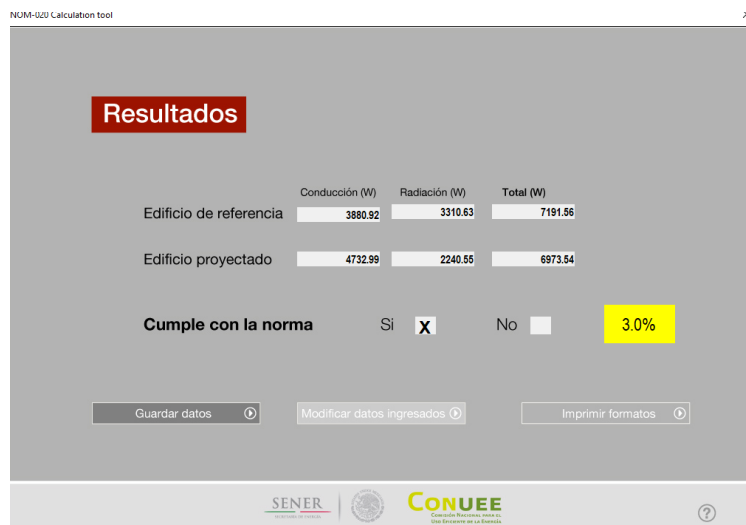
Se realiza la simulación de la vivienda con recomendación de ½” de aislante en los muros de sus cuatro fachadas, con orientación de su fachada principal al Norte, misma que da un nivel de cumplimiento del 8.3%.



**Figura 4.14. Resultados de la simulación de la vivienda B con recomendación de ½” aislante en muros, orientada al Norte.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

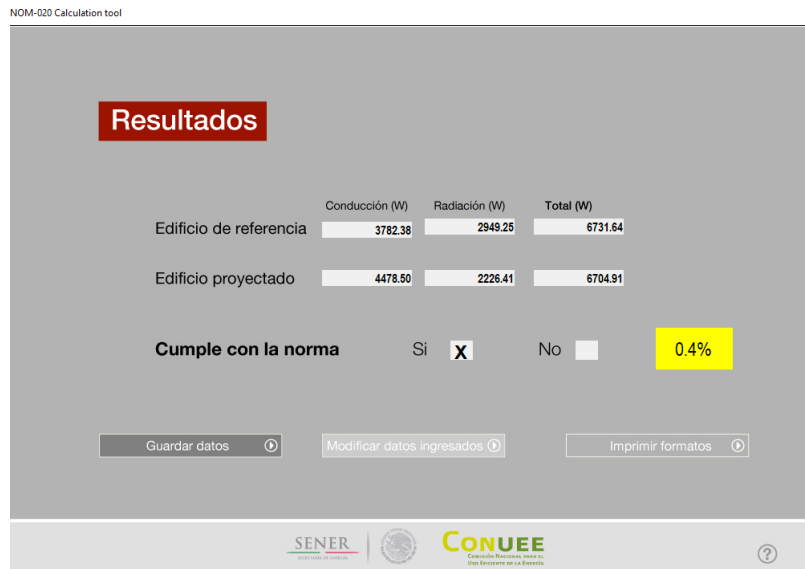
Se realiza la simulación de la vivienda con recomendación de 1” de aislante en los muros de su fachada frontal y ½” de aislante en los muros de sus demás fachadas, con orientación de su fachada principal al Oriente, misma que da un nivel de cumplimiento del 3.0%.



**Figura 4.15. Resultados de la simulación de la vivienda B con recomendación de 1” aislante en muros de fachada frontal y ½” aislante en demás fachadas, orientada al Oriente.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

Se realiza la simulación de la vivienda con recomendación de 1” de aislante en muros de su fachada frontal y posterior, y ½” de aislante en muros de sus fachadas laterales, con orientación de su fachada principal al Poniente, misma que da un nivel de cumplimiento del 0.4%.



**Figura 4.16. Resultados de la simulación de la vivienda B con recomendación de 1” aislante en muros de fachada frontal y posterior, y ½” aislante en fachadas laterales, orientada al Poniente.**

**Fuente:** (Agencia Danesa de Energía, *Low Carbon Architecture*, 2017)

Después de realizadas las simulaciones con los cambios en la envolvente de la vivienda B, en sus cuatro orientaciones, se observa que cumple satisfactoriamente con los requerimientos establecidos por la norma.

**Tabla 4.3. Comparativa entre tipología B de proyecto contra tipología B con propuesta.**

Orientación	Propuesta de mejora	Tipología B (Proyecto)	Tipología B (Propuesta)
Norte	½" aislante	-32.0 %	8.3 %
Sur	½" aislante	-28.3 %	11.8 %
Oriente	½" y 1" aislante	-39.4 %	3.0 %
Poniente	½" y 1" aislante	-46.5 %	0.4 %

**Fuente: Elaboración propia.**

Los resultados de las simulaciones muestran cumplimiento con la norma para todas las orientaciones de la vivienda tipo A, la cual consiste en una vivienda tipo residencial plus de acuerdo a la clasificación de vivienda de la CONAVI. Una de las características principales de estas viviendas es que son de más de 180 m<sup>2</sup> de construcción, sin embargo, lo que las define como viviendas ahorradoras no es tanto los metros cuadrados de construcción, sino los materiales con las que fueron construidas. Para el caso de las viviendas tipo B, los resultados de la simulación muestran un no cumplimiento con la norma, para lo cual se demuestra que, sin hacer cambios drásticos en la construcción, realizando solo el aislamiento, se puede lograr este cumplimiento.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

La publicación de la NOM-020-ENER-2011 en el Diario Oficial de la Federación, presenta un cierto interés de que se comience a aplicar con relación a la eficiencia energética de edificaciones en nuestro país, no obstante, la aplicación de la normativa es poco común, dado que la norma no se encuentra incorporada en los reglamentos de construcción de los municipios del país en el ámbito residencial y esto conlleva a un diseño y construcción con un criterio no asertivo en cuestión de ahorro de energía.

En el presente trabajo de investigación se abordó el tema del nivel de cumplimiento de la NOM-020 en vivienda residencial existente en la Ciudad de Hermosillo, Sonora, desarrollada por edificadores de vivienda en serie, con base a los requerimientos establecidos en dicha norma, permitiendo primero, conocer el resultado de la evaluación de este tipo de viviendas y después proponer mejoras constructivas enfocadas a la eficiencia energética y al confort humano.

Los resultados de la vivienda A analizada, ubicada en el Residencial La Coruña poniente, con una ubicación de su fachada principal hacia el Norte, arroja un 34% de satisfacción respecto al cumplimiento de la NOM-020-ENER-2011. Con orientación de su fachada principal al Sur, cuenta con un nivel de cumplimiento del 32.4%. Con orientación de su fachada principal al Oriente, cuenta con un nivel de cumplimiento del 29.0%. Con orientación de su fachada principal al Poniente, cuenta con un nivel de cumplimiento del 24.2%.

Se puede concluir que, al analizar la vivienda localizada en el Residencial La Coruña, al igual que se encuentra edificada en los Residenciales La Rioja Poniente y La Rioja Norte, éstas se encuentran satisfactoriamente respecto a lo indicado por la NOM-020-ENER-2011, por lo que se puede inferir que los demás modelos de vivienda en el desarrollo inmobiliario, se encuentran cumpliendo la Norma Oficial Mexicana, ya que se utiliza el mismo tipo de material y acabado de construcción con los cuales está analizado el comportamiento de la vivienda, solo que con mayores m<sup>2</sup> de construcción.

En el caso de los resultados de la vivienda B analizada, ubicada en el Residencial Valle de Lago, con una ubicación de su fachada principal hacia el Sur, muestra un valor del -28.4% de insatisfacción respecto al cumplimiento de la norma. Con orientación de su fachada principal al Norte, cuenta con un nivel de incumplimiento del -32.0%. Con orientación de su fachada principal al Oriente, cuenta con un nivel de incumplimiento del -39.4%. Con orientación de su fachada principal al Poniente, cuenta con un nivel de incumplimiento del -46.5%. Aunque este tipo de vivienda cumpla con la clasificación del Código de Edificación de Vivienda, como tipo Residencial Plus, se concluye que los materiales constructivos no son los adecuados para la zona climática en la que se encuentra construido.

Por lo tanto, y por apreciación en los resultados, se deduce que mientras la vivienda se encuentre con su fachada principal orientada hacia el poniente, debido a la gran cantidad de transferencia de calor por radiación y conducción del sol sobre la vivienda, es la que resulta con menos porcentaje de cumplimiento o más porcentaje de incumplimiento respectivamente. La vivienda A con orientación hacia el Norte es la que mejor cumple, mientras que en el caso de la vivienda B la mejor orientación se encuentra hacia el Sur.

La parte técnica de las conclusiones dadas en los párrafos anteriores, es corta y muy concisa, sin embargo, falta comentar aspectos que tienen que ver con la falta de aplicación de la norma, ya que es obligatoria pero su aplicación se ve detenida por la falta de gestión en los municipios de integrarla a los reglamentos municipales. Tal vez no baste con culpar a algún sector ya sea gobierno o el desarrollador, incluso al usuario, sino que se trata más bien de aportar mucho más conocimiento a través de estos trabajos para dar las herramientas de decisión a estos actores y puedan tomar decisiones en conjunto, para mejorar las formas de construir de una mera más sustentable.

## **5.2. Recomendaciones**

De las propuestas analizadas, se puede concluir que, al colocar un material aislante en los muros, cumple con las características establecidas en la NOM, por lo que, se propone a los desarrolladores de vivienda en serie que no estén cumpliendo con esta norma, una mejora en la proyección y construcción de las viviendas para su edificación y cumplimiento,

o en su defecto, el usuario realizar la adecuación pertinente para contar con una vivienda con menor demanda de energía.

Derivado del incumplimiento de la norma, se propone realizar un estudio de las propiedades térmicas de los materiales de construcción considerando las condiciones climáticas del lugar, así como la orientación del edificio, ya que con esto se permitirá que en las construcciones habitacionales futuras se fomente el ahorro energético y se promueva el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana para el Uso de Eficiencia Energética para Edificaciones.

Otro aspecto importante dentro de las recomendaciones es ampliar el estudio hacia otro tipo de vivienda o inmuebles diferentes no habitacionales, para orientar de una manera más amplia a los sectores involucrados en la edificación en México.





## 6. REFERENCIAS

Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, 2017. *Guía Rápida de Cálculo de la NOM-020-ENER-2011*, Ciudad de México: SENER, CONUEE.

Alvarez, G. d. S. y otros, 2014. Assessing energy savings from Cool Roofs on residential and non-residential buildings in Mexico. *no. 01*, pp. 1-71.

Beele, A. H., 2011. *Evaluation of the new policy for thermal insulation standards in the residential sector in Mexico. Applicability of the standard NOM-020-ENER-2011*. San Luis Potosí: PhD thesis.

Borbón, A. C., Cabanillas, R. E. & Pérez, J. B., 2010. Modelación y Simulación de la Transferencia de Calor en Muros de Bloque de Concreto Hueco. *Información Tecnológica*, 21(3), pp. 27-38.

Carrasco, C. & Morillón, D., 2004. Adecuación bioclimática de la vivienda de interés social del noroeste de México con base al análisis térmico de la arquitectura vernácula.. *Avances en Energía Renovables y Medio Ambiente*, pp. 05.97-05.102.

Cengel, Y. A. & Ghajar, A. J., 2011. *Transferencia de calor y masa*. Cuarta ed. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V..

Comisión Nacional de Vivienda, 2017. *Código de Edificación de Vivienda*. Tercera ed. Ciudad de México: Gobierno de México.

Conde, C., 2011. *México y el cambio climático global*, Ciudad de México: Gobierno Federal.

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, 2009. [En línea] Available at: <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/130.pdf> [Último acceso: 19 Febrero 2020].

García Rodríguez, F. J., Serrano Arellano, J., Rodríguez Uribe, J. C. & Trejo Torres, Z. B., 2018. Estudio de eficiencia energética del aula académica de un centro educativo bajo la norma NOM-020-ENER-2011. *Revista de Tecnología e Innovación*, 5(17), pp. 40-46.

Google Earth, 2020. [En línea]  
Available at: [https://earth.google.com/web/@29.09202089,-110.98001524,203.83628482a,24978.14801388d,35y,356.04749952h,0t,0r?utm\\_source=earth7&utm\\_campaign=vine&hl=es-419](https://earth.google.com/web/@29.09202089,-110.98001524,203.83628482a,24978.14801388d,35y,356.04749952h,0t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es-419)

Hernández, P. J., 2014. *Arquitectura Eficiente*. [En línea]  
Available at: <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/la-transmision-del-calor/>  
[Último acceso: 27 Febrero 2020].

Ionescu, C. y otros, 2015. The historical evolution of the energy efficient buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volumen 49, pp. 243-253.

Lopes, M. N. y otros, 2011. Development of computational tool to evaluate the building energy efficiency level according to the brazilian labeling. *Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association*, pp. 2040-2047.

Lopes, M. N. y otros, 2011. The building simulation as an alternative method in brazilian energy efficiency labeling of commercial buildings. *Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association*, pp. 2055-2063.

Milenium, Construcasa, 2020. *Fachada arquitectónica*, Hermosillo: s.n.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2013. *Programa informático Calener-GT*. V. [En línea]  
Available at: <https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Paginas/documentos-reconocidos-no-vigentes.aspx>  
[Último acceso: 18 Febrero 2020].

Norma Mexicana NMX-C-003-ONNCCE-2015, 2015. *Industria de la Construcción – Cal Hidratada – Especificaciones y Métodos de Ensayo*. s.l.:s.n.

Norma Mexicana NMX-C-021-ONNCCE-2015, 2015. *Industria de la Construcción - Cemento para Albañilería (Mortero) - Especificaciones y Métodos de Ensayo.* s.l.:s.n.

Norma Mexicana NMX-C-255-ONNCCE-2013, 2013. *Industria de la Construcción - Aditivos Químicos Para Concreto - Especificaciones y Métodos de Ensayo.* s.l.:s.n.

Norma Mexicana NMX-C-404-ONNCCE-2012, 2012. *Industria de la Construcción - Mampostería - Bloques, Tabiques O ladrillos y Tabicones para uso Estructural - Especificaciones y Métodos de Ensayo.* s.l.:s.n.

Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2014., 2014. *Tomado de la Norma Mexicana Industria de la Construcción – Cementantes.* s.l.:s.n.

Norma Mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009, 2009. *Industria de la Construcción - Aislamiento Térmico - Valor “R” para las Envolventes de Vivienda por Zona Térmica para la República Mexicana - Especificaciones y Verificación.* s.l.:s.n.

Norma Mexicana PROY-NMX-C-111-ONNCCE-2017., 2017. *Industria de la construcción-agregados para concreto hidráulico-especificaciones y metodos de ensayo.* s.l.:s.n.

Norma Mexicana PROY-NMX-C-122-ONNCCE-2018, 2018. *Industria de la construcción-agua para concreto-especificaciones.* s.l.:s.n.

Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001. Eficiencia Energetica en Edificaciones, Envolverte de Edificios no Residenciales, 2001. s.l.:s.n.

Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011. Eficiencia energética en edificaciones. Envolverte de edificios para uso habitacional., 2011. s.l.:s.n.

Secretaría de Energía, 2020. *Sistema de Información Energética.* [En línea] Available at:

<http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>

Solís, D., 2010. Análisis térmico de una vivienda económica en clima cálido-seco bajo diferentes orientaciones y medidas de sombreado. *Estudios sobre Arquitectura y Urbanismo del Desierto*, 3(3), pp. 31-57.

Tamayo, G., 2001. *Diseños muestrales en la investigación*. [En línea] Available at: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5262273> [Último acceso: 09 10 2020].

Torres, M. & Paz, K., 2012. *Tamaño de una muestra para una investigación de mercado*, Ciudad de Guatemala: Universidad Rafael Landívar .

Urban, B. J., 2007. *The MIT Design Advisor: Simple and Rapid Energy Simulation of Early-Stage Building Designs*. Cambridge(Massachusetts): Massachusetts Institute of Technology.

Vasile, C., Lorente, S. & Perrin, B., 1998. Study of Convective Phenomena Inside Cavities Coupled with Heat and Mass Transfers Through Porous Media- Application to Vertical Hollow Bricks- A first Approach. *Energy and Buildings*, Volumen 28, pp. 229-235.

Vertex, Desarrollos, 2020. *Fachada arquitectónica*, Hermosillo: s.n.

## **ANEXOS**

**FORMATO PARA INFORMAR DEL CALCULO DEL  
PRESUPUESTO ENERGÉTICO**

**1. Datos Generales**

1.1. Propietario

Nombre	VERTEX
Dirección	
Colonia	
Ciudad	
Estado	
Codigo Postal	
Teléfono	

1.2. Ubicación de la Obra

Nombre	TREVIANA
Dirección	ORZÁN
Colonia	
Ciudad	Hermosillo
Estado	SONORA
Codigo Postal	
Teléfono	

1.3. Unidad de Verificación

Nombre			
Dirección			
Colonia			
Ciudad			
Estado			
Codigo Postal		N° de Registro	
Teléfono		Fax	
E-mail			

## 2. Valores para el Cálculo de la ganancia de Calor a través de la Envoltente (\*)

2.1. Ciudad

Latitud

2.2. Temperatura equivalente promedio "te" (°C)

a). Techo  b). Superficie inferior

c). Muros d). Partes transparentes

	Masivo	Ligero	Tragaluz y domo
Norte	<input type="text" value="34"/>	<input type="text" value="39"/>	<input type="text" value="28"/>
Este	<input type="text" value="38"/>	<input type="text" value="43"/>	<input type="text" value="29"/>
Sur	<input type="text" value="35"/>	<input type="text" value="41"/>	<input type="text" value="30"/>
Oeste	<input type="text" value="36"/>	<input type="text" value="43"/>	<input type="text" value="31"/>

2.3. Coeficiente de transferencia de calor "K" del edificio de referencia (W/m<sup>2</sup>K)

Techo  Muro

Tragaluz y domo  Ventana

2.4. Factor de ganancia de calor solar "FG" (W/m<sup>2</sup>)

Tragaluz y domo

Norte

Este

Sur

Oeste

2.5. Barrera para vapor

SI  NO

2.6. Factor de corrección de sombreado exterior (SE)

Número (**)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>
L/H o P/E (***)	3 <input type="text" value="0.198906017"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
W/H o W/E (***)	<input type="text" value="0.895077076"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Norte	<input type="text" value="0.6842"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Este/Oeste	<input type="text" value="0"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sur	<input type="text" value="0"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

\* Los valores se obtienen de la Tabla 1 para los incisos 2.2 a 2.5 y del Apéndice A, tablas 2,3, 4 y 5 según corresponda para el inciso 2.6

\*\* Si las ventanas tienen algún tipo de sombreado se deberá usar una columna para cada tipo

\*\*\* Indicar el tipo de sombreado: 1 volado simple, 2 volado extendido, 3 ventana remetida y 4 partesol



### 3. Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones de la Envolvente(\*)

3.1. Descripción de la porción  Número(\*\*)

Componente de la envolvente  Techo  Pared  Masivo

Material (***)	Espesor (m)	Conductividad térmica (w/mK) h o λ (****)	M Aislamiento térmico (m <sup>2</sup> K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (*****)	1.000	13.000	0.077
Acabado grueso exterior	0.019	0.872	0.022
Ladrillo térmico	0.143	0.158	0.905
Acabado yeso interior	0.013	0.372	0.035
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Convección interior	1.000	8.100	0.123

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior

M  m<sup>2</sup>K/W

[ Formula M= Σ M]

Coeficiente Global de transferencia de calor de la porción (k) K  W/m<sup>2</sup>K

[ Formula K= 1/M]

- \* Estos valores se obtienen del Apéndice D
- \*\* Dar un número consecutivo (1,2.. N ) el cual será indicado en el inciso 4.3
- \*\*\* Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con rellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales
- \*\*\*\* Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
- \*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ, calculados de acuerdo al péndice "B"

### 3. Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones de la Envolvente(\*)

3.1. Descripción de la porción  Número(\*\*)

Componente de la envolvente  Techo  Pared  Masivo

Material (***)	Espesor (m)	Conductividad térmica (w/mK) h o λ (****)	M Aislamiento térmico (m <sup>2</sup> K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (*****)	1.000	13.000	0.077
Cantera	0.025	1.500	0.017
Acabado grueso exterior	0.019	0.872	0.022
Ladrillo térmico	0.143	0.158	0.905
Acabado yeso interior	0.0130	0.3720	0.035
Convección interior	1.000	8.100	0.123

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior

**M**  m<sup>2</sup>K/W

[ Formula  $M = \sum M$  ]

Coeficiente Global de transferencia de calor de la porción (k)

**K**  W/m<sup>2</sup>K

[ Formula  $K = 1/M$  ]

- \* Estos valores se obtienen del Apéndice D
- \*\* Dar un número consecutivo (1,2.. N) el cual será indicado en el inciso 4.3
- \*\*\* Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con rellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales
- \*\*\*\* Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
- \*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ, calculados de acuerdo al péndice "B"

### 3. Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (\*)

(Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.	Descripción de la Porción No Homogénea <sup>(a)</sup>	Vigueta y Bovedilla 25 cm + FV 3.5"	Número (**)	<input type="text" value="3"/>
	Componente de la envolvente	<input checked="" type="checkbox"/> X	Techo	<input type="checkbox"/>
			Pared	<input type="checkbox"/>
	Área de la componente en m <sup>2</sup> (A)	<input type="text" value="1"/>	=	<input type="text" value="1.00"/>
			x	<input type="text" value="1.00"/>
	Área que ocupa la componente no homogénea 1	<input type="text" value="0.1800"/>		
	Fracción de la combinación (F1) <sup>(b)</sup>	<input type="text" value="0.180"/>		
	Área que ocupa la componente no homogénea 2	<input type="text" value="0.820"/>		
	Fracción de la combinación (F2)	<input type="text" value="0.820"/>		

### 3.2. Aislamiento térmico parcial

Material (***)	Espesor (m)	Conductividad térmica (w/mK)	M Aislamiento térmico (m2K/W)
Convección exterior (****)	1.000	<input type="text" value="13.000"/>	<input type="text" value="0.077"/>
<input type="text" value="Impermeabilizante"/>	<input type="text" value="0.002"/>	<input type="text" value="0.17000"/>	<input type="text" value="0.012"/>
<input type="text" value="Capa de concreto"/>	<input type="text" value="0.050"/>	<input type="text" value="1.740"/>	<input type="text" value="0.029"/>
<input type="text" value="Capa de fibra de vidrio R-11"/>	<input type="text" value="0.089"/>	<input type="text" value="0.046"/>	<input type="text" value="1.939"/>
<input type="text" value="Tablaroca"/>	<input type="text" value="0.013"/>	<input type="text" value="0.145"/>	<input type="text" value="0.090"/>
<input type="text" value="Yeso interior"/>	<input type="text" value="0.005"/>	<input type="text" value="0.372"/>	<input type="text" value=""/>
Convección interior	1.000	<input type="text" value="6.600"/>	<input type="text" value="0.152"/>

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior

**M parcial**  m2K/W

[ **Formula Mparcial = Σ M** ]

\* Estos valores se obtienen en el Apéndice D

\*\* Dar un número consecutivo (1,2...N) el cual será indicado en el inciso 4.3

\*\*\* Anotar los materiales que forman la porción homogénea. Por ejemplo, en un muro estructurado formado por: madera con triplay y mortero en la superficie exterior, tablero de yeso en la superficie interior y entre ambos una estructura de madera con polines verticales y aislantes térmicos. Solo se deben poner los que forman la superficie exterior e interior, que es la porción homogénea. Véase apéndice B, inciso B.2 de la Norma

\*\*\*\* Para los materiales se utilizan valores del apéndice D de la NOM-020-ENER, o los proporcionados por los fabricantes

\*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de L1, calculados de acuerdo al apéndice "B"

(a) Véase apéndice B inciso B.2 de la Norma

(b) El número de fracciones depende del número de materiales que se quieren colocar en la superficie exterior e interior

### 3. Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (\*)

(Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.3 Aislamiento Térmico parcial (Mparcial)

2.298

Fracción (F)	Material (***)	Grueso (m) g (****)	Conductividad térmica (w/mK)	g/
F1	Vigüeta	0.200	1.7400	0.115
				0.115

$$\sum \frac{F_i}{M_{parcial} + (g / \lambda_m)} =$$

0.075

F2	EPS 20 cm	0.200	0.0426	4.695
				4.695

$$\sum \frac{F_i}{M_{parcial} + (g / \lambda_m)} =$$

0.117

$$\sum_{i=1, j=1}^{n, m} \frac{F_i}{M_{parcial} + (g / \lambda_m)} = 0.192$$

$$M = \frac{1}{\frac{F_1}{M_{parcial} + (g / \lambda_1)} + \frac{F_2}{M_{parcial} + (g / \lambda_2)} + \dots + \frac{F_n}{M_{parcial} + (g / \lambda_m)}}$$

M= 5.2116

**Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k)**

[ Formula K = 1/M ]

0.1919

\*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de L1, calculados de acuerdo al apéndice "B"

- (a) Véase apéndice B inciso B.2 de la norma
- (b) El número de fracciones depende del número de materiales que se quieren colocar en la superficie exterior e interior

### 3. Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (\*)

(Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.	Descripción de la Porción No Homogénea <sup>(a)</sup>	Vigueta y Bovedilla 20 cm + FV 3.5"	Número (**)	<input type="text" value="4"/>
	Componente de la envolvente	<input checked="" type="checkbox"/> X	Techo	<input type="checkbox"/>
			Pared	<input type="checkbox"/>
	Área de la componente en m <sup>2</sup> (A)	<input type="text" value="1"/>	=	<input type="text" value="1.00"/>
			x	<input type="text" value="1.00"/>
	Área que ocupa la componente no homogénea 1	<input type="text" value="0.1800"/>		
	Fracción de la combinación (F1) <sup>(b)</sup>	<input type="text" value="0.180"/>		
	Área que ocupa la componente no homogénea 2	<input type="text" value="0.820"/>		
	Fracción de la combinación (F2)	<input type="text" value="0.820"/>		

#### 3.2. Aislamiento térmico parcial

Material (***)	Espesor (m)	Conductividad térmica (w/mK)	M Aislamiento térmico (m2K/W)
Convección exterior (****)	1.000	<input type="text" value="13.000"/>	<input type="text" value="0.077"/>
<input type="text" value="Impermeabilizante"/>	<input type="text" value="0.002"/>	<input type="text" value="0.17000"/>	<input type="text" value="0.012"/>
<input type="text" value="Capa de concreto"/>	<input type="text" value="0.050"/>	<input type="text" value="1.740"/>	<input type="text" value="0.029"/>
<input type="text" value="Capa de fibra de vidrio R-11"/>	<input type="text" value="0.089"/>	<input type="text" value="0.046"/>	<input type="text" value="1.939"/>
<input type="text" value="Tablaroca"/>	<input type="text" value="0.013"/>	<input type="text" value="0.145"/>	<input type="text" value="0.090"/>
<input type="text" value="Yeso interior"/>	<input type="text" value="0.005"/>	<input type="text" value="0.372"/>	<input type="text" value=""/>
Convección interior	1.000	<input type="text" value="6.600"/>	<input type="text" value="0.152"/>

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior

**M parcial**  m2K/W

[ **Formula Mparcial = Σ M** ]

\* Estos valores se obtienen en el Apéndice D

\*\* Dar un número consecutivo (1,2...N) el cual será indicado en el inciso 4.3

\*\*\* Anotar los materiales que forman la porción homogénea. Por ejemplo, en un muro estructurado formado por: madera con triplay y mortero en la superficie exterior, tablero de yeso en la superficie interior y entre ambos una estructura de madera con polines verticales y aislantes térmicos. Solo se deben poner los que forman la superficie exterior e interior, que es la porción homogénea. Véase apéndice B, inciso B.2 de la Norma

\*\*\*\* Para los materiales se utilizan valores del apéndice D de la NOM-020-ENER, o los proporcionados por los fabricantes

\*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de L1, calculados de acuerdo al apéndice "B"

(a) Véase apéndice B inciso B.2 de la Norma

(b) El número de fracciones depende del número de materiales que se quieren colocar en la superficie exterior e interior

### 3. Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (\*)

(Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.3 Aislamiento Térmico parcial (Mparcial)

2.298

	Fracción (F)	Material (***)	Grueso (m) g (****)	Conductividad térmica (w/mK)	g/
F1	0.180	Vigüeta	0.150	1.7400	0.086
					0.086

$$\sum \frac{F_i}{M_{parcial} + (g / \lambda_m)} =$$

0.076

F2	0.820	EPS 15 cm	0.150	0.0426	3.521
					3.521

$$\sum \frac{F_i}{M_{parcial} + (g / \lambda_m)} =$$

0.141

$$\sum_{i=1, j=1}^{n, m} \frac{F_i}{M_{parcial} + (g / \lambda_m)} = 0.216$$

$$M = \frac{1}{\frac{F_1}{M_{parcial} + (g / \lambda_1)} + \frac{F_2}{M_{parcial} + (g / \lambda_2)} + \dots + \frac{F_n}{M_{parcial} + (g / \lambda_m)}}$$

M= 4.6203

**Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k)**

[ Formula K = 1/M ]

0.2164

\*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de L1, calculados de acuerdo al apéndice "B"

- (a) Véase apéndice B inciso B.2 de la norma
- (b) El número de fracciones depende del numero de materiales que se quieren colocar en la superficie exterior e interior

**3. Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (\*)**  
(Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.	Descripción de la Porción No Homogénea <sup>(a)</sup>	Vigueta y Bovedilla 25 cm	Número (**)	<input type="text" value="5"/>
	Componente de la envolvente	<input checked="" type="checkbox"/> X	Techo	<input type="checkbox"/>
			Pared	<input type="checkbox"/>
	Área de la componente en m <sup>2</sup> (A)	<input type="text" value="1"/>	=	<input type="text" value="1.00"/>
			x	<input type="text" value="1.00"/>
	Área que ocupa la componente no homogénea 1	<input type="text" value="0.1800"/>		
	Fracción de la combinación (F1) <sup>(b)</sup>	<input type="text" value="0.180"/>		
	Área que ocupa la componente no homogénea 2	<input type="text" value="0.820"/>		
	Fracción de la combinación (F2)	<input type="text" value="0.820"/>		

3.2. Aislamiento térmico parcial

Material (***)	Espesor (m)	Conductividad térmica (w/mK)	M Aislamiento térmico (m2K/W)
Convección exterior (****)	1.000	<input type="text" value="13.000"/>	<input type="text" value="0.077"/>
Acabado grueso exterior	<input type="text" value="0.019"/>	<input type="text" value="0.87200"/>	<input type="text" value="0.022"/>
Capa de concreto	<input type="text" value="0.050"/>	<input type="text" value="1.740"/>	<input type="text" value="0.029"/>
Vitropiso	<input type="text" value="0.010"/>	<input type="text" value="1.047"/>	<input type="text" value="0.010"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Convección interior	1.000	<input type="text" value="9.400"/>	<input type="text" value="0.106"/>

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior

**M parcial**  m2K/W

[ **Formula Mparcial = Σ M** ]

\* Estos valores se obtienen en el Apéndice D

\*\* Dar un número consecutivo (1,2...N) el cual será indicado en el inciso 4.3

\*\*\* Anotar los materiales que forman la porción homogénea. Por ejemplo, en un muro estructurado formado por: madera con triplay y mortero en la superficie exterior, tablero de yeso en la superficie interior y entre ambos una estructura de madera con polines verticales y aislantes térmicos. Solo se deben poner los que forman la superficie exterior e interior, que es la porción homogénea. Véase apéndice B, inciso B.2 de la Norma

\*\*\*\* Para los materiales se utilizan valores del apéndice D de la NOM-020-ENER, o los proporcionados por los fabricantes

\*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de L1, calculados de acuerdo al apéndice "B"

(a) Véase apéndice B inciso B.2 de la Norma

(b) El número de fracciones depende del número de materiales que se quieren colocar en la superficie exterior e interior

### 3. Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (\*)

(Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.3 Aislamiento Térmico parcial (Mparcial)

0.243

	Fracción (F)	Material (***)	Grueso (m) g (***)	Conductividad térmica (w/mK)	g/
F1	0.180	Vigüeta	0.200	1.7400	0.115

0.115

$$\sum \frac{F_i}{M_{parcial} + (g / \lambda_m)} =$$

0.502

F2	0.820	EPS	0.200	0.0426	4.695
----	-------	-----	-------	--------	-------

4.695

$$\sum \frac{F_i}{M_{parcial} + (g / \lambda_m)} =$$

0.166

$$\sum_{i=1, j=1}^{n, m} \frac{F_i}{M_{parcial} + (g / \lambda_m)} = 0.668$$

$$M = \frac{1}{\frac{F_1}{M_{parcial} + (g / \lambda_1)} + \frac{F_2}{M_{parcial} + (g / \lambda_2)} + \dots + \frac{F_n}{M_{parcial} + (g / \lambda_m)}}$$

M= 1.4961

**Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k)**

[ Formula K = 1/M ]

0.6684

\*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de L1, calculados de acuerdo al apéndice "B"

- (a) Véase apéndice B inciso B.2 de la norma
- (b) El número de fracciones depende del número de materiales que se quieren colocar en la superficie exterior e interior



### 3. Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones de la Envolvente(\*)

3.1. Descripción de la porción Vidrio 5/12/5 mm claro, argón, lowE Número(\*\*) 6

Componente de la envolvente  Techo  Pared

Material (***)	Espesor (m)	Conductividad térmica (w/mK) h o λ (****)	M Aislamiento térmico (m <sup>2</sup> K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (*****)	1.000	13.000	0.077
Cristal claro 5mm	0.005	1.100	0.005
Capa de argón 12mm	0.012	0.035	0.343
Cristal lowE 5mm	0.005	1.100	0.005
Convección interior	1.000	8.100	0.123

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior M 0.5523 m<sup>2</sup>K/W

[ Formula M= Σ M ]

Coeficiente Global de transferencia de calor de la porción (k) K 1.8105 W/m<sup>2</sup>K

[ Formula K= 1/M ]

CS 0.6400

- \* Estos valores se obtienen del Apéndice D
- \*\* Dar un número consecutivo (1,2.. N) el cual será indicado en el inciso 4.3
- \*\*\* Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con rellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales
- \*\*\*\* Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
- \*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ, calculados de acuerdo al péndice "B"

### 3. Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones de la Envolvente(\*)

3.1. Descripción de la porción Vidrio 6/12/6 mm claro, argón, lowE Número(\*\*) 7

Componente de la envolvente  Techo  Pared

Material (***)	Espesor (m)	Conductividad térmica (w/mK) h o λ (****)	M Aislamiento térmico (m <sup>2</sup> K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (*****)	1.000	13.000	0.077
Cristal claro 6mm	0.006	1.100	0.005
Capa de argón 12mm	0.012	0.035	0.343
Cristal lowE 6mm	0.006	1.100	0.005
Convección interior	1.000	8.100	0.123

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior **M** 0.5541 m<sup>2</sup>K/W

[ Formula  $M = \Sigma M$  ]

Coeficiente Global de transferencia de calor de la porción (k) **K** 1.8046 W/m<sup>2</sup>K

[ Formula  $K = 1/M$  ]

**CS** 0.6400

- \* Estos valores se obtienen del Apéndice D
- \*\* Dar un número consecutivo (1,2.. N) el cual será indicado en el inciso 4.3
- \*\*\* Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con rellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales
- \*\*\*\* Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
- \*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ, calculados de acuerdo al péndice "B"

### 3. Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones de la Envolvente(\*)

3.1. Descripción de la porción Vidrio 3/6/3 mm claro, argón, lowE Número(\*\*) 8

Componente de la envolvente  Techo  Pared

Material (***)	Espesor (m)	Conductividad térmica (w/mK) h o λ (****)	M Aislamiento térmico (m <sup>2</sup> K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (*****)	1.000	13.000	0.077
Cristal claro 3mm	0.003	1.100	0.003
Capa de argón 6mm	0.006	0.035	0.171
Cristal lowE 3mm	0.003	1.100	0.003
Convección interior	1.000	8.100	0.123

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior M 0.3773 m<sup>2</sup>K/W

[ Formula M= Σ M ]

Coeficiente Global de transferencia de calor de la porción (k) K 2.6507 W/m<sup>2</sup>K

[ Formula K= 1/M ]

CS 0.6400

- \* Estos valores se obtienen del Apéndice D
- \*\* Dar un número consecutivo (1,2.. N) el cual será indicado en el inciso 4.3
- \*\*\* Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con rellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales
- \*\*\*\* Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
- \*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ, calculados de acuerdo al péndice "B"

### 3. Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones de la Envolvente(\*)

3.1. Descripción de la porción  Número(\*\*)

Componente de la envolvente  Techo  Pared  Ligero

Material (***)	Espesor (m)	Conductividad térmica (w/mK) h o λ (****)	M Aislamiento térmico (m <sup>2</sup> K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (*****)	1.000	13.000	0.077
Hoja de fibra de vidrio	0.002	0.040	0.050
Poliuretano	0.040	0.020	2.000
Hoja de fibra de vidrio	0.002	0.040	0.050
Convección interior	1.000	8.100	0.123

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior **M**  m<sup>2</sup>K/W

[ Formula M= Σ M ]

Coeficiente Global de transferencia de calor de la porción (k) **K**  W/m<sup>2</sup>K

[ Formula K= 1/M ]

\* Estos valores se obtienen del Apéndice D  
 \*\* Dar un número consecutivo (1,2.. N) el cual será indicado en el inciso 4.3  
 \*\*\* Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con rellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales  
 \*\*\*\* Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes  
 \*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ, calculados de acuerdo al péndice "B"

### 3. Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones de la Envolvente(\*)

3.1. Descripción de la porción Puerta de acero rellena de Honey Comb Número(\*\*) 10

Componente de la envolvente  Techo  Pared  Masivo

Material (***)	Espesor (m)	Conductividad térmica (w/mK) h o λ (****)	M Aislamiento térmico (m <sup>2</sup> K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (*****)	1.000	13.000	0.077
Lámina de acero	0.001	52.300	0.000
Relleno tipo cartón	0.068	0.250	0.272
Lámina de acero	0.001	52.300	0.000
Convección interior	1.000	8.100	0.123

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior M 0.4724 m<sup>2</sup>K/W

[ Formula  $M = \Sigma M$  ]

Coeficiente Global de transferencia de calor de la porción (k) K 2.1168 W/m<sup>2</sup>K

[ Formula  $K = 1/M$  ]

- \* Estos valores se obtienen del Apéndice D
- \*\* Dar un número consecutivo (1,2.. N) el cual será indicado en el inciso 4.3
- \*\*\* Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con rellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales
- \*\*\*\* Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
- \*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ, calculados de acuerdo al péndice "B"

#### 4. Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor

##### 4.1.- Edificio de referencia

$$\phi_{rci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (te - t)]$$

##### 4.1.1.- Ganancias por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente Global de Transferencia de Calor (W/m²K) [K]	Area del edificio proyectado (m²) [A]	Fracción de la componente [F]	Temperatura equivalente (°c) (te)	Temperatura interior °c (t)	Ganancia por Conducción $\Phi_{rci}$ (*) [K*A*F*(te-t)]
Techo	0.6250	142.9	1.00	48	25	2053.613
Tragaluz y domo	5.9520		0.00	28	25	-
Muro Norte	0.6250	100.5	0.90	34	25	508.984
Ventana Norte	5.3190		0.10	29	25	213.909
Muro este	0.6250	94.1	0.90	38	25	688.253
Ventana este	5.3190		0.10	30	25	250.312
Muro sur	0.6250	99.8	0.90	35	25	561.150
Ventana Sur	5.3190		0.10	31	25	318.374
Muro oeste	0.6250	93.4	0.90	36	25	577.727
Ventana oeste	5.3190		0.10	31	25	297.981
Superficie inferior	0.6250	23.10	1.00	33	25	115.500
<b>SUBTOTAL</b>						<b>5585.802</b>

\* Nota: Si los valores son negativos significa una bonificación , por lo que deben sumarse algebraicamente

##### 4.1.2. Ganancias por radiación (partes transparentes)

$$\phi_{rsi} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} \times CS_j \times FG_i \times SE_{ij}]$$

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente de Sombreado (CS)	Area del edificio proyectado (m2) [A]	Fracción de la componente [F]	Ganancia de Calor (W/m2) [FG]	Ganancia por Radiación $\phi_{rs}$ (*) [CS*A*F*FG]
Tragaluz y domo	1.0000	142.9	0	322	-
Ventana norte	1.0000	100.5	0.1	70	703.780
Ventana este	1.0000	94.1	0.1	159	1496.508
Ventana sur	1.0000	99.8	0.1	131	1306.856
Ventana oeste	1.0000	93.4	0.1	164	1531.268
<b>SUBTOTAL</b>					<b>5038.412</b>

#### 4. Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor (continuación)

##### 4.2 Edificio proyectado

##### 4.2.1. Ganancias por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Coeficiente Global de Transferencia de Calor (k)		Area (m2) [A]	Temperatura equivalente (°C) [te]	Temperatura interior (°C) [t]	Ganancia por Conducción $\phi_{pc}$ (****) [K*A*(te-t)]
	Número de la porción (**)	Valor calculado (W/m <sup>2</sup> K) (***)				
					Subtotal 1	-
					Subtotal 2	-
						-
Techo (1)	1	0.1912	29.64	48	25	130.345
Techo (2)	2	0.1912	13	48	25	57.169
Techo (3)	3	0.1912	4.38	48	25	19.261
Techo (4)	4	0.2157	21.68	48	25	107.557
Techo (5)	5	0.2157	30.96	48	25	153.596
Techo (6)	6	0.2157	17.20	48	25	85.331
Techo (7)	7	0.2157	26.00	48	25	128.989
Sup. inf (1)	8	0.6684	23.10	33	25	123.520
F. principal (1) N	9	0.8605	18.01	34	25	139.478
F. derecha (1) O	10	0.8605	78.12	36	25	739.445
F. izquierda (1) E	11	0.8605	92.88	38	25	1039.002
F. posterior (1) S	12	0.8605	89.49	35	25	770.061
F. derecha (2) O	13	0.8483	6.32	36	25	58.974
F. principal (2) N	14	0.8483	59.49	34	25	454.188
F. izquierda (2) E	15	0.8483	1.24	38	25	13.675
P1 F. principal (1) N	16	0.4347	3.36	39	25	20.448
P2 F. principal (1) N	17	2.1168	2.00	34	25	38.102
V1 F. principal (1) N	18	1.8105	4.8	29	25	34.762
V2 F. principal (1) N	19	1.8105	4.8	29	25	34.762
V3 F. principal (1) N	20	1.804578	4.46	29	25	32.194
V4 F. principal (1) N	21	1.804578	3.62	29	25	26.130
V1 F. posterior (1) S	22	1.804578	4.29	31	25	46.450
					Subtotal	4253.439
					Total ( Sumar todas las $\phi_{pc}$ )	4253.439





#### 4. Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor (continuación)

##### 4.2.2 Ganancias por radiación (partes transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Material (**)	Coeficiente de Sombreado (CS) (***)	Area (m2) [A]	Ganancia de Calor (W/m2) [FG]	Factor de Sombreado ext. [SE] (****)		Ganancia por Radiación $\phi$ pr [CS*A*FG*SE]
					Numero	Valor	
V1 F. principal (1) N	rio 5/12/5 mm claro, argón, l	0.64	4.8	70	0	1	215.040
V2 F. principal (1) N	rio 5/12/5 mm claro, argón, l	0.64	4.8	70	0	1	215.040
V3 F. principal (1) N	rio 6/12/6 mm claro, argón, l	0.64	4.46	70	0	1	199.808
V4 F. principal (1) N	rio 6/12/6 mm claro, argón, l	0.64	3.62	70	3	0.821	133.082
V1 F. posterior (1) S	rio 6/12/6 mm claro, argón, l	0.64	4.29	131	0	1	359.674
V2 F. posterior (1) S	rio 3/6/3 mm claro, argón, l	0.64	2.02	131	0	1	169.357
V3 F. posterior (1) S	rio 3/6/3 mm claro, argón, l	0.64	1.8	131	0	1	150.912
V4 F. posterior (1) S	rio 3/6/3 mm claro, argón, l	0.64	2.16	131	0	1	181.094
V1 F. derecha (1) O	rio 6/12/6 mm claro, argón, l	0.64	4.43	164	0	1	464.973
V2 F. derecha (1) O	rio 3/6/3 mm claro, argón, l	0.64	1.26	164	0	1	132.250
V3 F. derecha (1) O	rio 3/6/3 mm claro, argón, l	0.64	0.36	164	0	1	37.786
V4 F. derecha (1) O	rio 3/6/3 mm claro, argón, l	0.64	2.16	164	0	1	226.714
V5 F. derecha (1) O	rio 3/6/3 mm claro, argón, l	0.64	0.36	164	0	1	37.786
V6 F. derecha (1) O	rio 3/6/3 mm claro, argón, l	0.64	0.36	164	0	1	37.786
							-
							-
Total ( Sumar todas las $\phi$ pr)							<b>2561.299</b>

## 5. Resumen del Cálculo

### 5.1. Presupuesto Energético

	<b>Ganancia por Conducción (W)</b>	<b>Ganancia por Radiación (W)</b>	<b>Ganancia Total</b> $\phi r = \phi rc + \phi rs$ $\phi p = \phi pc + \phi ps$ (W)
<b>Referencia</b>	( $\phi rc$ ) <b>5585.80</b>	( $\phi rs$ ) <b>5038.41</b>	( $\phi r$ ) <b>10624.21</b>
<b>Proyectado</b>	( $\phi pc$ ) <b>4468.08</b>	( $\phi ps$ ) <b>2539.18</b>	( $\phi p$ ) <b>7007.26</b>

### 5.2. Cumplimiento

**Si** ( $\phi r > \phi p$ ) **X**

**No** ( $\phi r < \phi p$ )

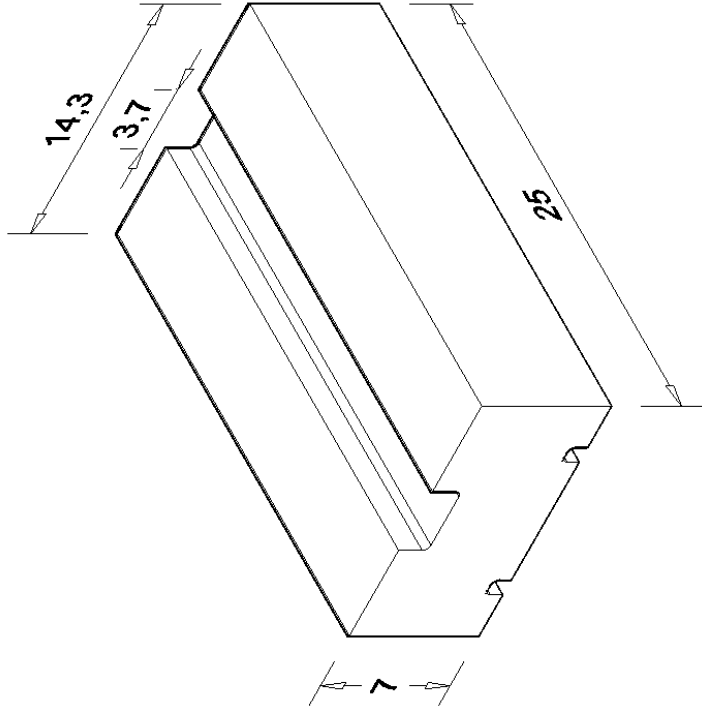
**Ahorro de Energía**

**34%**

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

**14X07X25 LADRILLO TERMICO**

Dimensiones Nominales	14 x 07 x 25	cm
Dimensiones Reales	14.48x 07 x 25	cm
Peso por pieza	3.500	kg
Piezas por metro lineal	4.00	un
Piezas por m <sup>2</sup>	57.14	un
Área Neta	350.00	cm <sup>2</sup>
Área Efectiva	350.00	cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Compresión	70	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Compresión según Norma NMX-C-404-ONNCCE-2012 donde 70 kg/cm <sup>2</sup> es la resistencia mínima individual		
Peso Volumétrico	1200	kg/m <sup>3</sup>
Absorción de Humedad	9.54	%
Absorción de Humedad según Norma NMX-C037-ONNCCE-2005		
Conductividad Térmica "λ"	0.158	W/mk
Resistencia Térmica "R"	0.916	m <sup>2</sup> K/W
<b>Propiedades Físicas en el Sistema Ingles</b>		
Conductividad Térmica "λ"	1095	hft <sup>2</sup> /F/Btu
Resistencia Térmica "R"	5.21	hft <sup>2</sup> /F/Btu



Dimensiones en cm.

\*Tolerancias con respecto a las dimensiones reales ±3 mm están aceptadas por las normas: NMX-C-404-ONNCCE-2012, NMX-C-038-ONNCCE-2004, NMX-C-460-ONNCCE-2009. Producto en Certificación.

\*Los resultados presentados fueron realizados por el laboratorio IDESA Petroquímica de la Cd. de México certificados por el ONNCCE

Bldv. Lázaro Cárdenas no. 750 col. Progresista Hermosillo,  
Sonora. Cp 83120 Tel. (662)2608880 Fax (662) 2608890

[www.precsoblock.com.mx](http://www.precsoblock.com.mx) [ventas@precsoblock.com.mx](mailto:ventas@precsoblock.com.mx)



## Techos de Naves Comerciales e Industriales



### Descripción

MBI Rollo flexible de aislamiento térmico, fabricado con fibras de vidrio aglutinadas con resinas termofijas recubierta con una barrera de vapor (vinil satinado o polipropileno reforzado) en una de sus caras.

### Aplicaciones

Ideal para techos y muros de naves industriales y comerciales de gran ligereza y baja conductividad térmica.

### Ventajas

#### Fácil de instalar

- Ligero y flexible. Es el producto ideal para instalaciones de charola simple.
- Barreras de vapor a base de películas plásticas y protección al colchón de fibra, dando mayor tiempo de vida útil al aislamiento.
- Disponible en una amplia gama de factores "R".
- Inorgánico.
- Gran resiliencia. Recupera su espesor al cesar la causa o presión, por lo que se evita tener huecos sin aislamiento, asegurando así el factor "R"

- Mínimo desperdicio pues los rollos se producen en la longitud requerida con variaciones de pie en pie (30.48cm).
- Disponibles en anchos de 1.22 y 1.27 m (4 pies) y 1.83 m (6 pies).
- Barreras de vapor disponibles: Polipropileno reforzado con kraft y vinil satinado, las dos en color blanco.

#### Baja conductividad térmica

- Menor consumo de energía al operar sistemas de calefacción o aire acondicionado.
- Mayor espaciamiento en períodos de mantenimiento, debido a que los equipos de generación de calor o frío trabajan menos tiempo.
- Máximo bienestar y confort dentro de los centros comerciales o naves industriales.
- Absorción de humedad  
Menos de 0.2% en peso ASTM C 1104.
- Estabilidad dimensional  
Menos de 0.1% de contracción lineal.
- Resistencia a la corrosión  
No acelerará la corrosión de acero o cobre ASTM C 665.

### Propiedades

MATERIAL	ESPESOR		FACTOR "R" NOMINAL	VALOR NOMINAL k BTU in/ft <sup>2</sup> hr °F
	cm	in		
MBI	5.1	2	7	0.286
	7.6	3	10	0.300
	8.9	3½	11	0.318
	10.2	4	13	0.308
	11.4	4½	15	0.300
	12.7	5	16	0.313
	15.0	6	19	0.316



INNOVACIONES PARA VIVIR<sup>®</sup>

Metal Building Insulation  
Techos de Naves Comerciales e Industriales



Techos de naves comerciales e industriales



# PANEL DE YESO MARCA TABLAROCA® NÚCLEO REGULAR

- Material no combustible.
- Rápida instalación.
- Superficie apta para recibir cualquier tipo de acabado.
- Resistencia contra agrietamientos y deformaciones.
- Diferentes espesores adaptables a diferentes usos y aplicaciones.
- Construcción en seco.

## DESCRIPCIÓN

Paneles fabricados en México con núcleo compuesto de yeso y aditivos que agregan propiedades específicas y laminado con cartoncillo especialmente reforzado en ambas caras.

Todos los paneles cumplen con la norma ASTM C1396, que regula y define las características y propiedades físicas que debe cumplir un panel de yeso de calidad, así como la norma ASTM E84 que los define como productos clase A.

## PRESENTACIÓN

Disponible en medidas estándar de 1.22m x 2.44m (4' x 8') y 1.22m x 3.05m (4' x 10') presenta bordes rebajados en los lados largos, y cuadrados a escuadra en los lados cortos. Los bordes rebajados están especialmente diseñados para alojar el sistema de tratamiento de juntas TABLAROCA®.

Los paneles se presentan en atados de dos piezas con las caras manila encontradas, de manera que no sufran maltratos o se esponga a suciedad. Se sujetan con una cinta de papel que se retira fácilmente al momento en que se van a instalar, de manera que los cantos cuadrados quedan protegidos también contra posibles maltratos en su manipulación.

## USOS

Espesores de los paneles de yeso

Espesor	Uso recomendado	Peso aprox. (kg/m <sup>2</sup> )
12.7mm (1/2")	Para instalación de sistemas de muro y cielos rasos en construcciones comerciales. Recomendable para uso en capa sencilla.	7.8
9.6mm (3/8")	Para instalación en doble capa o en sistemas de recubrimiento. También recomendable para resolver superficies curvas de radio corto.	6.9

## CERTIFICACIÓN NOM-018-ENER-2011

Especificaciones:  
Panel de yeso de 12.7mm de espesor

Planta	Resistencia Térmica	Conductividad Térmica	Densidad Aparente	Permeabilidad de vapor de agua	Adsorción de Humedad	Adsorción de agua		
Monterrey	0,0879 m <sup>2</sup> · K/W	0,1445 W/ m · K	615,75 kg/m <sup>3</sup>	0,3145 ng/Pa . s . m	% masa (1,28)	% volumen (0,79)	% masa (51,26)	% volumen (30,83)
Puebla	0,0938 m <sup>2</sup> · K/W	0,1354 W/ m · K	579,16 kg/m <sup>3</sup>	0,322 ng/Pa . s . m	% masa (1,67)	% volumen (0,97)	% masa (58,70)	% volumen (33,66)
Tecomán	0,0909 m <sup>2</sup> · K/W	0,1397 W/ m · K	582,10 kg/m <sup>3</sup>	0,324 ng/Pa . s . m	% masa (1,97)	% volumen (0,65)	% masa (49,44)	% volumen (28,82)

Nota: La prueba de Adsorción de humedad y Absorción de agua han sido evaluadas bajo el método de prueba NMX-C-228-ONNCCE-2013

## CARTA TÉCNICA | BOVEDILLA DE POLIESTIRENO

Pieza prismática sólida de apariencia semi lisa. Comúnmente empleada en sistemas constructivos de vigueta y bovedilla como cimbra falsa y elemento aligerante. Elaborado a base de poliestireno expandido. Utilizado por su excelente aislante acústico, térmico y aligerante.

Certificado otorgado por el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (ONNCCE) bajo la NOM-018-ENER-2011



Familia: Poliestireno

Clave: Bp

Densidad nominal: 12 kg/m<sup>3</sup>

Conductividad térmica: 0.0426 W/m<sup>2</sup>\*k (0.2954 BTU\*in/h\*ft<sup>2</sup>\*°f)

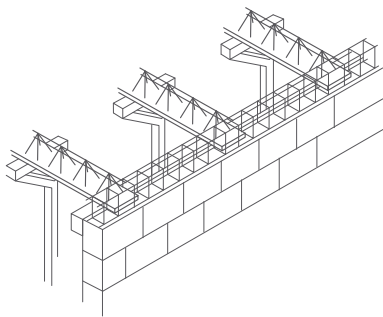
Permeabilidad al vapor de agua: 0.101 ng/Pa\*s\*m

Absorción de humedad: % peso 0.25% volumen 0.00

Absorción de agua: % peso 137.45

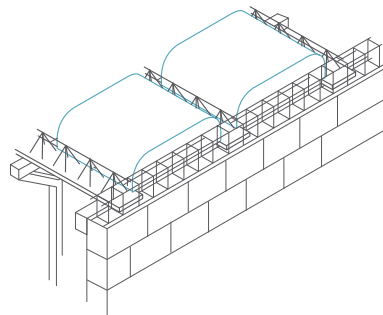
Dimensiones (cm)	13x 68 x 122	15 x 68 x 122	20 x 68 x 122	25 x 68 x 122
Peso* (kg)	1.3	1.5	2	2.5

\*Los pesos que se muestran son aproximados



VIGUETA

Se colocan las viguetas apoyándose de muro a muro, dejando un espacio entre ellas de 0.68 m, colocando puntales y largueros que se retirarán 7 días después del colado.



BOVEDILLA

Ayudan a determinar la separación entre viguetas, cubriendo el espacio vacío.

# FICHA TÉCNICA SPEED DRY & ACOUSTIC

Technical tab  
Fiche technique

\* Para la lámina acústica ver valores en la ficha técnica de la Lámina Acústica Multipanel

\* For the foil acoustics see values in the data sheet of the acoustic Foil

\* Pour la lame acoustique voir valeurs dans la fiche technique de la lame acoustique Multipanel

## CERTIFICADO DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (XPS)

Certificate of thermal conductivity (XPS)  
Certificat de conductivité thermique (XPS)

### SPEED DRY 52 mm

Espesor	Lambda ( $\lambda_{90/90}$ ) EN 12667/12393
Thickness / Épaisseur	
mm	W(m.K)
De 30 a 60 mm	0,034

Espesor	Lambda ( $\lambda_{90/90}$ ) EN 12667/12393
Thickness / Épaisseur	
52	R (m <sup>2</sup> k/w)= 1,50

### SPEED DRY 82 mm

Espesor	Lambda ( $\lambda_{90/90}$ ) EN 12667/12393
Thickness / Épaisseur	
mm	W(m.K)
De 70 a 120 mm	0,036

Espesor	Lambda ( $\lambda_{90/90}$ ) EN 12667/12393
Thickness / Épaisseur	
82	R (m <sup>2</sup> k/w)= 2,20

Medidas	Espesor
Measures / Mesures	Thickness / Épaisseur
2000 X 984mm	52 mm
3000 X 984 mm	82 mm
4000 X 984 mm	
5000 X 984 mm	
6000 X 984 mm	
7000 X 984 mm	

## REACCIÓN AL FUEGO

Reaction to Fire  
Réaction au feu

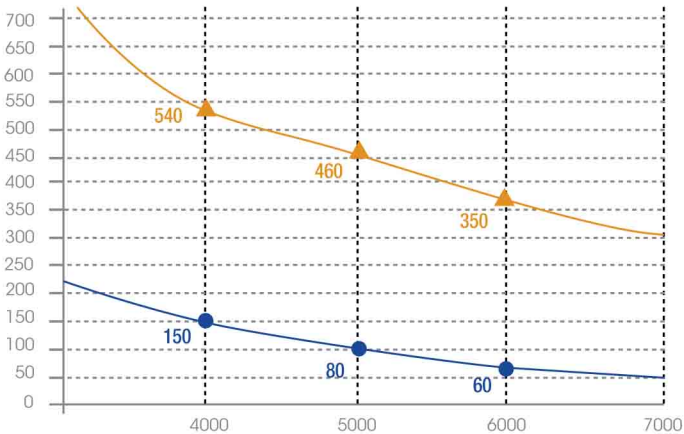
CLASE E / Euroclase / EN 13501-01 /  
COD. :XPS-EN 13164-T1- DS(TH)-CS(10/Y)300

## CARGAS CUBIERTAS INCLINADAS

Loads of sloped covers  
Charges de couvertes inclinées

### SPEED DRY 52 mm

Peso Kg Poids / Weight



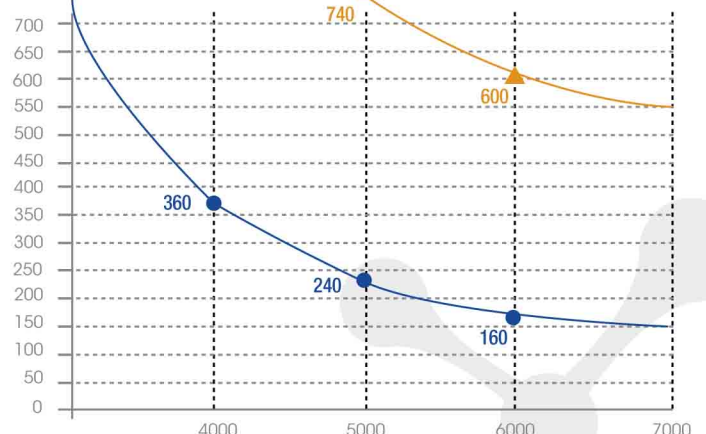
ROTURA ▲  
Breaking  
Rupture

FLECHA ●  
Shaft  
Flèche

Longitud mm  
Length  
Longueur

### SPEED DRY 82 mm

Peso Kg Poids / Weight



ROTURA ▲  
Breaking  
Rupture

FLECHA ●  
Shaft  
Flèche

Longitud mm  
Length  
Longueur



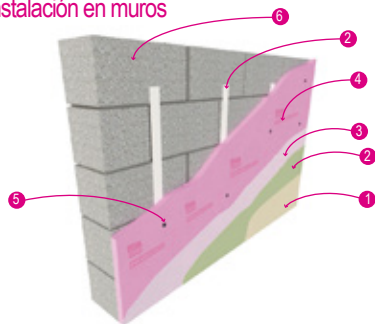
# ESPEORES DISPONIBLES CERTIFICADOS POR LA NOM-ONNCCCE

ESPESOR	VALOR R	
	(°F·ft²·h/BTU)	m²·K/W
0.5" (1.27 cm)	2.7871	0.4909
0.75" (1.905 cm)	4.1806	0.7364
1" (2.54 cm)	5.5741	0.9818
1.25 (3.175 cm)	6.9677	1.2273
1.375" (3.492 cm)	7.6633	1.3498
1.5" (3.81 cm)	8.3612	1.4727
2" (5.08 cm)	11.1483	1.9637
2.5" (6.35 cm)	13.9353	2.4546
3" (7.62 cm)	16.7224	2.9455
4" (10.16 cm)	22.2965	3.9273

Valores Certificados por ONNCCCE de acuerdo a la NOM-018-ENER-2011	
PARÁMETRO	FOAMULAR 250
Densidad aparente	40,27 Kg/m <sup>3</sup> (2,51 lb/ft <sup>3</sup> )
Conductividad Térmica	0,02587 W/m·K (0,1794 BTU·in/h·ft²·°F)
	m Valor R m²·K/W
	0,0127 0,4909
	0,01905 0,7364
	0,0254 0,9818
Resistencia Térmica por espesor	0,03175 1,2273
	0,03492 1,3498
	0,0381 1,4727
	0,0508 1,9637
	0,0635 2,4546
	0,0762 2,9455
	0,1016 3,9273
Permeabilidad de vapor de agua	0,0007 ng/Pa·s·m
Absorción de humedad	0,0537 % (masa) 0,0025 % (Volumen)

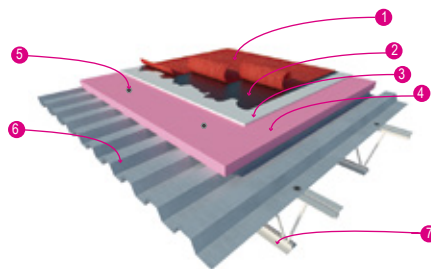
## RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN

### 1. Instalación en muros



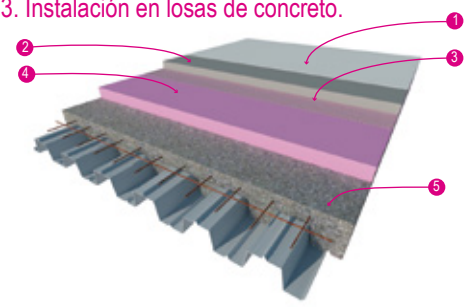
1- Pasta Acrílica. 2- Adhesivo para poliestireno. 3- Malla de fibra de vidrio. 4- Foamular®. 5- Anclaje Mecánico. 6- Muro de Manpostería.

### 2. Instalación con sistemas de impermeabilización.



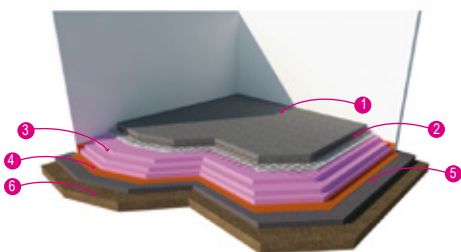
1- Membrana aplicada con fuego. 2- Imprimador. 3- Panel Substrato bajo. 4-FOAMULAR® 5- Anclaje Mecánico. 6-Perfil de lámina. 7-Estructura metálica.

### 3. Instalación en losas de concreto.



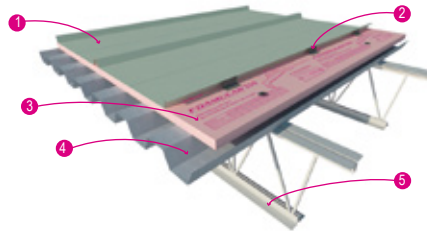
1- Impermeabilización. 2-Capa de compresión. 3- Malla metálica hexagonal. 4- FOAMULAR® 5- Losa de concreto.

### 4. Instalación en pisos de cámaras de refrigeración.



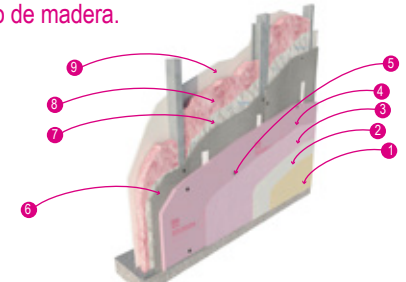
1- Firme de concreto. 2- Armado estructural. 3- FOAMULAR® 400 ó 600 según cálculo. 4- Barrera de Vapor. 5- Cama de grava o plantilla de concreto. 6- Terreno compactado.

### 5. Instalación en cubiertas metálicas para techos de naves industriales y comerciales.



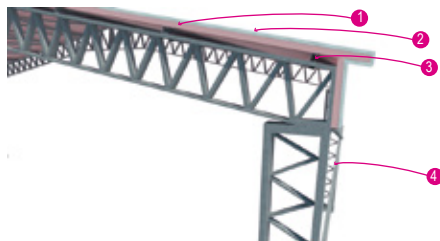
1- Lámina galvanizada. 2- Sujetadores mecánicos. 3-FOAMULAR® 4- Lámina galvanizada. 5- Estructura metálica.

### 6. Instalación en muros de estructuras metálicas o de madera.



1- Pasta acrílica. 2-Adhesivo para poliestireno. 3-Malla de fibra de vidrio. 4-FOAMULAR® 5-Anclaje mecánico. 6-Panel de muro base. 7-Barrera de Vapor. 8-Aislhogar. 9-Panel de yeso.

### 7. Instalación en áreas para el confinamiento de animales (Granjas avícolas y porcícolas).



1-FOAMULAR® 2- Lámina galvanizada. 3- Viga al centro. 4- Cortina ajustable.

\*Owens Corning proporciona estas instrucciones "tal y como están" y renuncia a cualquier responsabilidad por cualquier falta de precisión, omisión o error tipográfico causado por el equipo de terceras personas. Al utilizar estas recomendaciones, usted está aceptando estar sujeto a las disposiciones contenidas en este párrafo. Estas recomendaciones proporcionan un método ilustrativo para instalar FOAMULAR® y/o accesorios de Owens Corning. Las instrucciones de Owens Corning no tienen por objeto resolver toda contingencia posible que pudiera presentarse durante la instalación ni recomendar el uso de una herramienta en particular. Por la presente, Owens Corning renuncia expresamente a toda responsabilidad por cualquier reclamación por lesiones o fallecimiento relacionados o derivados por el uso de estas recomendaciones de instalación y de otras instrucciones de instalación que Owens Corning haya proporcionado de alguna otra forma.

## POR SU SEGURIDAD

Evite ser sorprendido y comprar productos de dudosa calidad, los productos fabricados y comercializados por Owens Corning se apegan a estrictas normas de calidad, todos llevan etiquetas originales nunca fotocopiadas y empaques con los logotipos y marcas registradas por Owens Corning en caso de duda llámenos de inmediato.

## RECOMENDACIONES

Para evitar la alteración de las propiedades del Foamular®, Owens Corning le recomienda lo siguiente:

- Almacene el material en lugares protegidos de la interperie.
- Coloque la primera cama del producto sobre una tarima de madera.
- Conserve el producto en su empaque hasta su uso.
- Evite someter el producto a abusos mecánicos.
- Deje visible las etiquetas que identifican el producto.

CONTÁCTANOS:



107

México (55) 5089-6767  
Lada sin costo 01 800 00 OWENS



www.owenscorning.com.mx

