



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Análisis térmico de los sistemas  
constructivos comunes utilizados en  
techos y muros en vivienda *versus* la  
normatividad oficial en el tema, en los  
diversos bioclimas de México**

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

ING.CIVIL – TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

**P R E S E N T A**

**I N G . O M A R C O R T É S P O R T I L L O**

DIRIGIDA POR:

**Dr. JESÚS HUGO MEZA PUESTO**



MÉXICO, D.F. SEPTIEMBRE DE 2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

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

Al Dr. Jesús Hugo Meza Puesto, profesor de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Por su valiosa colaboración, disposición, tiempo, paciencia y dedicación en la presente tesis, sin duda invaluable su colaboración.

Al Dr. David Morillón Gálvez, Investigador del Instituto de ingeniería, por transmitirme sus conocimientos y experiencias. Por su disposición y tiempo en la elaboración de la presente obra, por el honor de participar y colaborar a su lado, por su valiosa amistad.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme la oportunidad de realizar los estudios de posgrado. A los profesores de la maestría en ingeniería (construcción): M.I. Jaime Antonio Martínez Mier, Dr. Jesús Hugo Meza Puesto, Ing. Juan Luis Cottier Caviedes, Ing. Ernesto Rene Mendoza Sánchez, Ing. Oscar Enrique Martínez Jurado, Ing. Luis Armando Díaz Infante de la Mora, Ing. Héctor Juvencio López Gutiérrez, Ing. Luis Armando Díaz Infante Chapa; a todos ellos por su valiosa aportación de sus conocimientos y apoyo durante los cursos llevados a cabo en el transcurso de los semestres.

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

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por otorgarme el financiamiento durante los estudios de posgrado, así como en el transcurso de elaboración de tesis.

A la Universidad Autónoma de Sinaloa, por hacer posible llevar a cabo la maestría en ingeniería (construcción), en la ciudad de Mazatlán a través del convenio con la UNAM, a toda la comunidad de profesores y directivos de la Escuela de Ingeniería Mazatlán, a mis profesores de la Escuela de ingeniería Mochis, por ser la base de conocimientos y formación para poder realizar los estudios de posgrado.

## **DEDICATORIAS**

### ***A mis padres:***

Pilares fundamentales en mi vida, por su apoyo y confianza, mi eterno agradecimiento, toda mi admiración, respeto y cariño para mis padres.

### ***A la Familia Cortés Murillo:***

A mi hermana Iris por todo su apoyo y cariño, a mi sobrino Abner y mi sobrina Hannah que son la razón de felicidad y esperanza en mi vida, a mi cuñado Javier por sus consejos, comprensión, y apoyo.

### ***A la Familia Murillo Nájera:***

Por su paciencia, comprensión y cariño, por aceptarme como parte de su familia, mil gracias.

### ***A mis abuelos:***

Abuela Guadalupe Cota Ortiz que siempre vive en mi corazón, por ser la razón de fe, esperanza y motivación en la vida, por enseñarme el significado de la familia.

A mi abuelo Luis Cortés por su cariño, y su alegría a la vida.

### ***A mis amigos:***

Gracias por su apoyo y amistad que valoro y aprecio verdaderamente, por estar conmigo en los momentos difíciles, a mis hermanos los drenes por su amistad incondicional.

### ***A la UNAM***

Por la formación en estudios de posgrado, por permitirme ser parte de la universidad más importante de América latina.

**RESUMEN**

Se presenta el análisis térmico de los sistemas constructivos de techos y muros comúnmente utilizados en la vivienda de México, el análisis se realizó mediante el cálculo de los valores de resistencia térmica (R), además se llevó a cabo un análisis comparativo de los valores de resistencia térmica de los sistemas constructivos de techos y paredes contra lo especificado en la normatividad oficial, como el anteproyecto de norma NOM-020-ENER (Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios residenciales), el anteproyecto de norma mexicana, APROY-NMX-C-XXX-ONNCCE-2008 "industria de la construcción - aislamiento térmico – valor “R” para las envolventes en vivienda por zona climática para la república mexicana - especificaciones”, el Código de Edificación de Vivienda (Capítulo de Sustentabilidad), para cada bioclima del país, los resultados de la comparación, permiten identificar que los actuales sistemas constructivos utilizados en muros y techo no cumplen con dicha normatividad, será necesario el aislamiento sobre dichos sistemas constructivos en la mayor parte del país, con el consecuente costo, mismo que habrá que determinar para evaluar los beneficios vs. costo. Se concluye que sin lugar a dudas los beneficios como la mejora del comportamiento térmico de la vivienda, en consecuencia el confort de los usuarios, el ahorro de energía eléctrica o gas en climatización y la mitigación de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, por el no uso de dicha energía, tendrán el mayor peso, trabajo que se debe hacer para cada sistema constructivo y uso por región o bioclima.

**ABSTRACT.**

We present the thermal analysis of the building roofs and walls commonly used in housing in Mexico, analysis was performed by calculating the values of thermal resistance (R), also took out a comparative analysis of values thermal resistance of the building roofs and walls against the officer specified in the regulations, as proposed draft standard NOM-020-ENER (energy efficiency in buildings, residential buildings surround), the proposed draft standard Mexican APROY-NMX - C-XXX-ONNCCE-2008 "construction industry - thermal insulation - value" R "for the envelopes in housing by climatic zone for the Mexican republic - specifications," the building codes of Housing (Chapter Sustainability), for each bioclimates of the country, the results of the comparison, can identify that the current building methods used in walls and ceiling do not comply with such regulations will require the insulation on these constructive systems in most parts of the country, with the consequent cost, same as be determined to assess the benefits vs. costs. We conclude that undoubtedly benefits such as improved thermal behavior of housing, hence the comfort of users, saving electricity or gas in air conditioning and mitigation CO<sub>2</sub> into the atmosphere, not by the use of such energy, will have the greatest weight, work should be done to each system and constructive use by region or bioclimates.

---

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	i
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>GENERALIDADES</b> .....	1
1.1 Situación actual de los energéticos en la vivienda.....	2
1.2 Consumo de energéticos en México por sector.....	3
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>SÍNTESIS HISTÓRICA DE ESTUDIOS DE RESISTENCIA TÉRMICA EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS UTILIZADOS EN TECHOS Y PAREDES EN VIVIENDA EN MÉXICO</b> .....	9
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE RESISTENCIA TÉRMICA EN LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE MUROS Y PAREDES EN VIVIENDAS EN MÉXICO</b> .....	13
3.1. Cálculo de la resistencia térmica (Valor “R”). Método simplificado.....	14
3.1.1. Resistencia térmica total y coeficiente de transmisión de calor de una pared compuesta o de varias capas homogéneas.....	14
3.1.2. Resistencia térmica total y coeficiente de transmisión de calor de una pared compuesta o de varias capas homogéneas y no homogéneas.....	15

**CAPÍTULO 4****SISTEMAS CONSTRUCTIVOS COMUNES DE TECHOS Y MUROS EN****VIVIENDA EN MÉXICO.....24****4.1 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN TECHOS.**

4.1.1 Concreto armado.....	26
4.1.1.1 detalle de armado y descripción del sistema constructivo.....	26
4.1.2 Panel.....	29
4.1.2.1 detalle de armado y descripción del sistema constructivo.....	29
4.1.3 Concreto prefabricado.....	31
4.1.3.1 detalle de armado y descripción del sistema constructivo.....	31
4.1.4 Losa-acero.....	35
4.1.4.1 detalle de armado y descripción del sistema constructivo.....	35
4.1.5 Vigueta y bovedilla cemento arena.....	37
4.1.5.1 detalle de armado y descripción del sistema constructivo.....	37
4.1.6 Techo reticular.....	41
4.1.6.1 detalle de armado y descripción del sistema constructivo.....	41

**4.2. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN MUROS.**

4.2.1 Muro de tabique recocido.....	46
4.2.1.1 detalle de armado y descripción del sistema constructivo.....	46
4.3.1 Muro de tabique extruido.....	48
4.3.1.1 detalle de armado y descripción del sistema constructivo.....	48
4.4.1 Muro de concreto prefabricado.....	51
4.4.1.1 detalle de armado y descripción del sistema constructivo.....	51
4.5.1 Muro de bloque de concreto hueco.....	51
4.5.1.1 detalle de armado y descripción del sistema constructivo.....	51
4.6.1 Muro de bloque de concreto ligero (tabicón).....	54
4.6.1.1 detalle de armado y descripción del sistema constructivo.....	54
4.7.1 Muro de panel.....	55
4.7.1.1 detalle de armado y descripción del sistema constructivo.....	55



**CAPÍTULO 5****REGIONES BIOCLIMÁTICAS DE MÉXICO.****5.1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES FUNDAMENTALES DEL ÁMBITO**

BIOCLIMÁTICO.....	59
5.1.1 Clima.....	59
5.1.2 Bioclima.....	59
5.1.3 Confort.....	59
5.1.4 Zona de confort.....	60

5.2 MAPAS BIOCLIMÁTICOS.....	61
------------------------------	----

**5.3 DIAGRAMAS DE ISORREQUERIMIENTOS DE CLIMATIZACIÓN DE**

BIOCLIMAS DEL PAIS.....	68
-------------------------	----

**CAPÍTULO 6**

<b>ANÁLISIS DE RESISTENCIA TÉRMICA “R” DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS COMUNES EN TECHOS Y MUROS DE LA VIVIENDA VS. LA NORMATIVIDAD OFICIAL SOBRE EL TEMA, EN LOS DIVERSOS BIOCLIMAS DE MÉXICO.....</b>	<b>73</b>
---	-----------

<b>CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>82</b>
------------------------------------	-----------

<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>85</b>
-----------------------------	-----------

<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>88</b>
--------------------------	-----------

<b>ANEXOS</b> .....	91
<b>A.1</b> Anteproyecto de norma mexicana, aproy-nmx-c-xxx-onncce-2008" <i>industria de la construcción - aislamiento térmico – valor “r” para las envolventes en vivienda por zona climática para la república mexicana - especificaciones</i> ”.....	91
<b>A.2</b> <i>Anteproyecto de nom-020-ener " eficiencia energética en edificaciones" envolvente de edificios residenciales</i> .....	99
<b>A.3</b> Código de edificación de vivienda (capítulo de sustentabilidad).....	112

## **INTRODUCCIÓN.**

### **OBJETIVOS**

#### General:

- Calcular la resistencia térmica “R” en los sistemas constructivos de techos y muros comúnmente utilizados en vivienda, y hacer un análisis comparativo con las resistencias térmicas propuestas en la normatividad para techos y muros en las diferentes regiones o bioclimas de México.

#### Particulares:

- Análisis comparativo de valor de resistencia térmica “R” en los sistemas constructivos comúnmente utilizados en techos y paredes en México contra la normatividad NOM-020-ENER Eficiencia energética en edificaciones, “Norma para la envolvente de edificios residenciales”
- Análisis comparativo de valor de resistencia térmica “R” en los sistemas constructivos comúnmente utilizados en techos y paredes en México contra la normatividad anteproyecto de norma mexicana, APROY-NMX-C-XXX-ONNCCE-2008, “industria de la construcción - aislamiento térmico – valor “R” para las envolventes en vivienda por zona climática para la república mexicana - especificaciones” del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
- Análisis comparativo de valor de resistencia térmica “R” en los sistemas constructivos comúnmente utilizados en techos y paredes en México contra la normatividad anteproyecto de norma mexicana, Código de Edificación de Vivienda, en la parte VI, sustentabilidad, capítulo 27, que presentan los valores de resistencia térmica de referencia para de techos y muros para diversas ciudades de México.
- Conocer la metodología de cálculo de resistencia térmica “R” para los sistemas constructivos de techos y muros en vivienda en México.
- Describir las regiones o bioclimas que existen en México.

## **HIPÓTESIS.**

- Actualmente los sistemas constructivos de techos y muros en vivienda comúnmente utilizados en las regiones o bioclimas de México poseen resistencias térmicas “R” que no cumplirían en forma general, con los requerimientos de resistencia térmica “R” propuestos en las normatividades oficiales en el tema de vivienda
- Existe una diferencia entre las resistencias térmicas “R” de los actuales sistemas constructivos utilizados comúnmente en techos y muros en vivienda en los bioclimas de México contra los valores de resistencia térmica “R” para muros y techos de vivienda propuestos en la normatividad oficial que es cuantificable, para llegar a cumplir con los requerimientos mínimos de resistencia térmica en los sistemas de techos y muros de vivienda será necesario considerar aislamiento térmico.

## **DESCRIPCIÓN DEL CAPITULADO.**

En la presente tesis cuenta con un total de seis capítulos, en el capítulo primero se presenta la situación actual de los energéticos en la vivienda, así como ubica el contexto del sector de la vivienda respecto al consumo total de energéticos en México, el capítulo segundo contiene la síntesis de los trabajos realizados relacionados con la resistencia térmica “R” en los sistemas constructivos de techos y muros en el país, donde nos ubica en que nivel estamos en la actualidad de investigación en el tema.

El capítulo tercero se muestra la metodología de cálculo de resistencia térmica “R” utilizada en las normativas oficiales en el tema, esta metodología es utilizada en la presente tesis para encontrar los valores de resistencia térmica “R” en los sistemas constructivos comúnmente utilizados en techos y muros en México que se presentan en el capítulo sexto.

El capítulo cuarto describe los sistemas constructivos de techos y muros comúnmente utilizados en el país, donde se muestra el detalle de armado de cada sistema constructivo, así como se presentan las características generales de cada sistema constructivo de techo y del proceso constructivo de cada uno de ellos, el detalle de armado descrito en este capítulo es base para el cálculo de los valores de resistencia térmica de “R” en sistemas constructivos de techos y muros comúnmente utilizados en el país.

En el quinto capítulo se presentan las regiones o bioclimas de México, donde se describen los isorequerimientos por bioclima que se requiere, así como se presentan algunas definiciones y fundamentos del ámbito bioclimático, tales como clima, bioclima, zona de confort.

En el sexto capítulo se presentan los valores de resistencia “R” calculados con la metodología que se describe en el capítulo tercero para los sistemas de techos y muros, y se presentan en un análisis comparativo contra los valores de resistencia “R” para los techos y muros propuestos en las normativas oficiales en los bioclimas de México, se muestra la base los sistemas constructivos de techos y muros propuestos por INEGI.

### **UTILIDAD DE LA TESIS.**

La utilidad de este trabajo es proporcionar los valores de resistencias térmicas en los sistemas de techos y muros en la vivienda que en la actualidad son comúnmente utilizados en México por región o bioclima, y hacer un diagnóstico contra los valores de resistencia térmica de techos y muros en vivienda por bioclima en México propuestos por la normatividad oficial en el tema, es así que se presenta el estado actual de los sistemas de techos y muros en vivienda en México, se cuantifican los requerimientos necesarios de resistencia térmica “R” para llegar a cumplir con las normatividades, con el fin de lograr un diseño sustentable de la vivienda en nuestro país, que es la finalidad de la normatividad oficial en tema de vivienda que actualmente existe, esto nos traerá como consecuencia el beneficios energéticos, ambientales, etc.

## **TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.**

Las técnicas de investigación para llevar a cabo la presente tesis, fueron por medio de entrevistas realizadas con especialistas en diseño bioclimático de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), compañías especializadas de aislamiento térmico tales como (FANOSA), así como una visita realizada a las oficinas de el programa de Aislamiento Sistemático Integral (ASI), la investigación documental realizada en libros, artículos de investigación principalmente del las memorias de los congresos de la Asociación Nacional de Energía Solar ANES, y paginas de Internet relacionadas con el tema de tesis.

Asistencia a reuniones en la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), donde se discutieron los temas de las normativas oficiales, como los valores de resistencia térmica “R” propuestos para techos y muros, en dichas reuniones se contó con representantes de Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía (CONAE), Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), Organismo de Normalización y Certificación de la Construcción de la Edificación, S.C. (ONNCE), Asociación de empresas para el ahorro de la energía en la edificación, A.C. (AEAEE).

Se publicó un artículo de investigación para la Asociación Nacional de Energía Solar, relacionado con los valores de resistencia térmica “R” para los sistemas constructivos comúnmente utilizados en los diversos bioclimas de México contra los valores de resistencia térmica “R” en muros y techos propuestos por las normativas oficiales en el tema, en co-autoría del Dr. David Morillón Gálvez.

Otras fuentes de consulta de tesis relacionadas se realizaron en la biblioteca central de la Universidad Nacional Autónoma de México, así como en la biblioteca del Posgrado de Ingeniería, Facultad de Ingeniería y Facultad de arquitectura, de la UNAM.

## **LIMITACIONES EN LA ELABORACIÓN.**

La limitación de la presente tesis radica principalmente en la formación profesional del investigador, debido a que los temas de diseño bioclimático, donde se encuentran incluidos los estudios de resistencia térmica “R” de sistemas constructivos de techos y muros en los diversos bioclimas de México, se manejan términos y conceptos que no se incluyen en los programas de estudio de licenciatura de ingeniería civil, esto ha sido un reto y se ha logrado tener un cierto grado de profundidad de investigación.

Se puede encontrar otra limitación en el presente trabajo de estudio debido a que este estudio no presenta el análisis de algunos sistemas de techos y muros que no se encuentran descritos en la Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares (INEGH) del INEGI.

## **CAPITULO 1. GENERALIDADES**

### **INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se presentará el contexto el consumo de energéticos en el sector de la vivienda en México, con el objeto de ubicar la situación actual del consumo de energéticos en vivienda, y cual sería el impacto de la presente investigación de análisis térmico de sistemas constructivos de techos y muros en México en los diversos bioclimas del país en cuanto a la cantidad de energéticos que consume la vivienda respecto al total de los demás sectores.

Se presentará la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> que significa el sector de la vivienda, es así importante señalar que nuestro país sigue siendo un gran consumidor de energía, de ahí deriva la importancia de continuar con la cultura de ahorro de energéticos, que se ha venido desarrollando desde los años noventas con la implementación de programas de gobierno en apoyo de reducción de consumos de energía tales como el programa ASI, el presente estudio pretender tener impacto en la reducción del consumo de energéticos en la vivienda a través de el análisis de resistencia térmica “R” en los sistemas constructivos de techos y muros, que se presentarán en el capítulo 6, donde se realiza un comparativo de la comportamiento actual de los sistemas constructivos en techos y muros utilizados en el actualidad contra los valores que especifica las normativas oficiales en el tema, tales normativas tienen la finalidad de contribuir a lograr una vivienda confortable, y con bajo consumo de energéticos, el análisis se efectuará por bioclima o región, que se describen en el capítulo 5 de este trabajo de tesis.

Por ultimo se presenta la situación actual de los usuarios de energía eléctrica en el sector domestico que esta dentro de la vivienda, donde se muestran las tarifas eléctricas que han tenido un incremento de hasta un 47 %, y se observa también que existe un incremento positivo en nuevos usuarios de energía eléctrica, estos datos nos indican la importancia que tiene el ahorro de los energéticos en la vivienda, visto desde en punto de la economía de la población en el país que posee una vivienda.



## **1.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ENERGÉTICOS EN LA VIVIENDA.**

El gasto energético en las viviendas es tan alto que, en números redondos, genera la cuarta parte de los gases de efecto invernadero. “Sólo los edificios consumen 23% de toda la energía del país”, asegura Jorge Diez de Bonilla Rico, vicepresidente de Vivienda y Desarrollo Urbano de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC). De ahí, que los desarrollos habitacionales sustentables respondan a la necesidad de utilizar los recursos naturales de forma racional, una tendencia que ha venido cobrando fuerza desde inicios de los noventa. “La obligación de los constructores de edificar una vivienda sustentable será de manera gradual hasta el 2012”, explicó Carlos Gutiérrez Ruiz, director general de la Conavi. La intención es que la construcción de nuevas viviendas tenga características y tecnologías que reduzcan el consumo de energía eléctrica, aprovechen la energía solar y disminuyan el consumo de agua y la reciclen<sup>1</sup>.

Según David Morillón Gálvez, la sociedad mexicana, requiere de nuevos diseños de viviendas que se adapten a sus necesidades y que además modifiquen las tecnologías actuales, altamente consumidoras de energía, sin afectar el valor adquisitivo de la vivienda. El gobierno mexicano incluyó dentro del Programa Sectorial de Vivienda 2001-2006, la promoción de la racionalización del consumo de energía, mediante el uso de equipos energéticamente eficientes y/o que funcionen con fuentes alternas de energía, así como recomendaciones o criterios de diseño sustentable para la construcción de vivienda<sup>2</sup>.

De esta manera se puede resumir que el análisis térmico de los sistemas constructivos utilizados comúnmente en la construcción de techos y muros para este estudio el valor de resistencia térmica “R” es de suma importancia debido a que contribuyen a cumplir con las normatividades oficiales en el tema de vivienda, que tienen la finalidad de lograr un diseño de vivienda sustentable, y de reducción de uso de energéticos en la vivienda en México.

---

<sup>1</sup>OBRAS, Revista Pulso de la Construcción, año 2008, México D.F, Pág. 27.

<sup>2</sup>Morillón, David, Guía conafovi, uso eficiente de la energía en la vivienda, CONAFOVI, 2007

## 1.2 CONSUMO DE ENERGÉTICOS EN MÉXICO POR SECTOR.

En el presente capítulo se describe el consumo de energéticos por sector, es de suma importancia ubicar el contexto que tiene la vivienda en México respecto a otros sectores, con la finalidad de evaluar el impacto que se tendría con la reducción en consumo de energéticos, mediante los requerimientos de resistividad térmica “R” propuestos en la normatividad oficial Mexicana.

**Gráfico 1** consumo energético en México por sector.

**Consumo energético en México por sector**



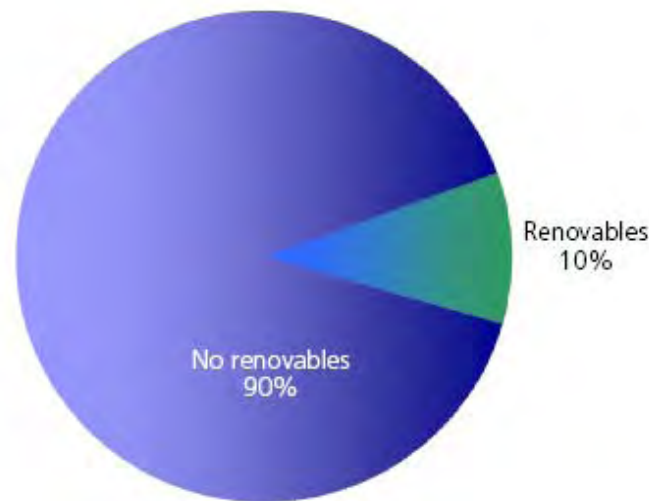
Fuente: guía conafovi “uso eficiente de la energía en la vivienda”.2006

Se tiene que a nivel nacional el apartado de vivienda, comercio y publico representan un 23 %, del total de consumo energético en México, a continuación se describirá el valor porcentual que significa la vivienda dentro de esta ponderación.

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

A continuación se muestra el gráfico del porcentaje que representa el consumo de la energía renovable y no renovable en México, cabe señalar que el mayor porcentaje utilizado es de las energías no renovables que tienen su origen fósil como se menciono anteriormente.

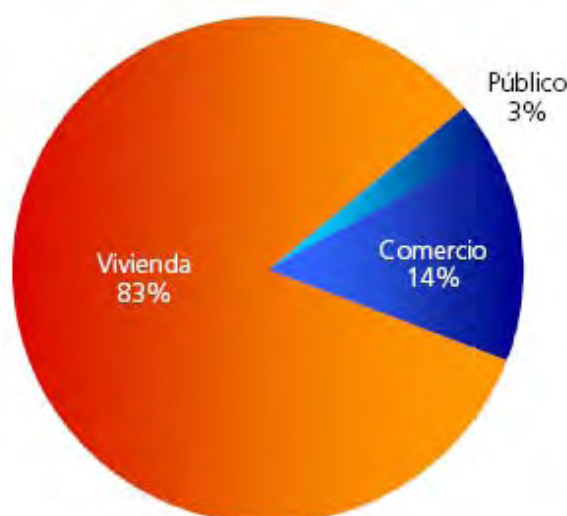
**Gráfico 2** Energías renovables y no renovables utilizadas en México.



Fuente: guía conafovi “uso eficiente de la energía en la vivienda”.2006

La electricidad es el tercer lugar en consumo de energéticos total, pero por otro lado es el que mas se relaciona directamente con la energía no renovable para su producción, debido a que el 75% de la electricidad se genera con combustibles fósiles principalmente en centrales termoeléctricas que utilizan combustóleo, gas natural, carbón, (que mueven los generadores de electricidad mediante calor o vapor), que son recursos no renovables, además de generar CO<sub>2</sub> que provoca el efecto de invernadero, y provoca el cambio climático. Para nuestro caso de estudio analizaremos la resistencia térmica “R” de sistemas constructivos de techos y muros, que esta dentro del sector residencial o vivienda, que representa el mayor porcentaje en el consumo de electricidad, de acuerdo a los datos proporcionados por conafovi a través de la guía uso eficiente de la energía en la vivienda en el 2006.

**Gráfico 3** Consumo de energía en el sector residencial (vivienda), comercial y publico.



Fuente: guía conafovi “uso eficiente de la energía en la vivienda”.2006

El incremento de la tarifa eléctrica en el sector domestico ha ido en aumento en los últimos 3 años 2005-2008 de 0.998 a 1.467 en el 2008 \$/Kwh., esto significa un aumento del 47 % en las tarifas domesticas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

**Tabla 1** Tarifas de electricidad por sector en México.

Descripción	\$/kWh	REALES-ANUAL			
		I/2005	I/2006	I/2007	I/2008
<b>Total</b>		<b>0.998</b>	<b>1.231</b>	<b>1.303</b>	<b>1.467</b>
<b>Doméstica</b>		<b>0.919</b>	<b>1.059</b>	<b>1.122</b>	<b>1.327</b>
Servicios		1.452	1.871	2.012	2.197
Comercial		2.091	2.795	2.971	3.311
Agrícola		0.437	0.454	0.487	0.495
Industrial		0.943	1.177	1.241	1.390
Mediana industria		1.068	1.348	1.436	1.618
Gran industria		0.773	0.923	0.952	1.078

Fuente: Sistema de Información Energética  
con información de CFE [www.sie.energia.gob.mx](http://www.sie.energia.gob.mx)

La tendencia de los usuarios de electricidad en vivienda que esta dentro de la tarifa domestica ha ido en aumento en los últimos años del 2005 al 2008 presentando un crecimiento de 8.5 %, que significa una diferencia de 2,174,284 de nuevos usuarios.

**Tabla 2.** Usuarios de energía eléctrica por sector

REALES-ANUAL					
Descripción	Unidad	I/2005	I/2006	I/2007	I/2008
<b>Total</b>		<b>29,001,288.000</b>	<b>29,931,914.000</b>	<b>31,019,137.000</b>	<b>31,435,762.000</b>
Doméstico		25,500,000.000	26,332,728.000	27,299,444.000	27,674,284.000
Comercial		3,056,051.000	3,129,353.000	3,235,030.000	3,268,683.000
Servicios		157,829.000	164,349.000	161,714.000	163,556.000
Agrícola		106,629.000	109,903.000	112,183.000	113,690.000
Industrial		180,779.000	195,581.000	210,766.000	215,549.000

Información de CFE disponible desde 2004

Fuente: Sistema de Información Energética

con información de CFE y LFC. [www.sie.energia.gob.mx](http://www.sie.energia.gob.mx)

Las ventas por energía en mega watts por hora, ha tenido un incremento de 7.8 % del año 2005 al 2007 en el sector domestico, que significa 3,303, 392. mega watts por hora.

**Tabla 3** Ventas de energía eléctrica por sector

REALES-ANUAL					
Descripción	MWh	I/2005	I/2006	I/2007	I/2008
<b>Total</b>		<b>169,756,876.000</b>	<b>177,279,632.000</b>	<b>180,468,908.000</b>	<b>42,426,924.000</b>
Doméstico		42,531,491.000	45,365,529.000	45,834,883.000	10,595,943.000
Comercial		13,007,128.000	13,374,031.000	13,408,420.000	3,229,791.000
Servicios		6,431,436.000	6,536,322.000	6,789,038.000	1,740,588.000
Agrícola		8,067,052.000	7,961,607.000	7,803,787.000	1,581,024.000
Industrial		99,719,769.000	104,042,143.000	106,632,780.000	25,279,578.000
Mediana industria		61,920,521.000	66,074,684.000	67,799,334.000	15,758,910.000
Gran industria		37,799,248.000	37,967,459.000	38,833,446.000	9,520,668.000

Información a partir de 2005

Fuente: Sistema de Información Energética con información de CFE. [www.sie.energia.gob.mx](http://www.sie.energia.gob.mx)

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

calentamiento global, por ello, los expertos plantean que hay que adoptar lo antes posible políticas encaminadas a prevenir el impacto que esto tiene sobre la agricultura, el agua, la energía y los desastres naturales, entre otros. A continuación se muestra en la tabla 4 la cantidad de emisiones de bióxido de carbono asociadas al consumo de energía, donde ubica a las viviendas como el responsable del 9 % del total de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

**Tabla 4.** Emisiones de bióxido de carbono asociadas al consumo de energía (Tg)

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

Fuente: guía conafovi “uso eficiente de la energía en la vivienda”.2006

Por todo lo anterior antes mencionado se resume que la presente investigación tiene un papel importante en el ahorro de energéticos, como son la electricidad utilizada en climatización artificial para las viviendas, ya sea por requerimientos de calefacción o aire acondicionado, se debe evaluar el comportamiento actual de resistencia térmica “R” de los sistemas constructivos de techos y muros comúnmente utilizados en México, con la finalidad de hacer un análisis comparativo contra la normatividad existente en vivienda, y los requerimientos mínimos de resistencia térmica “R” en techos y paredes utilizados comúnmente en viviendas por bioclima, ya que si se cumple con los requerimientos normativos se tendrá como consecuencia un diseño de vivienda sustentable y ahorro de energéticos en vivienda, en el desarrollo de los capítulos siguientes se describirán las regiones o bioclimas en el capítulo 5, así como la metodología de calculo en el capítulo 3 Y los sistemas constructivos comúnmente utilizados en techos y muros en vivienda en México, que se presentan en el capítulo 4.

## **CONCLUSIONES CAPITULARES.**

Se aprecia que en México el uso de los energéticos para el sector de vivienda, comercial y público representa el 23 % del total de consumo de energéticos en el país, dentro de ese porcentaje la vivienda representa el 83 % del consumo de energía, lo que significa un 9% del total de las emisiones de bióxido de carbono que están asociadas con el consumo de energía en México.

La tendencia en el crecimiento de nuevos usuarios de energía eléctrica durante el periodo 2005-2008 ha sido positiva teniendo un crecimiento del 8.5 %, así como el aumento de las tarifas es considerable, la tarifa para el sector domestico ha tenido un incremento del 47% en los últimos tres años a la fecha es decir del 2005-2008, de aquí la importancia de ahorro en energéticos mediante el estudio de resistencia térmica “R” en sistemas constructivos de techos y muros utilizados comúnmente en México en los diversas bioclimas, mediante el estudio del comportamiento de los sistemas constructivos actuales, contra los valores de resistencia térmica para los sistemas de techos y muros propuestos por las normativas oficiales en el tema, análisis que se realiza en el capítulo 6 del presente estudio.

En México actualmente existen iniciativas del gobierno para lograr una vivienda sustentable, y ahorro de energéticos, que aún no son palpables, se tendrá que seguir trabajando, debido a que en los países desarrollados como Estados Unidos y Canadá, y los países europeos estos temas de sustentabilidad son incluidos desde décadas atrás, deberá de difundirse a nivel nacional las ventajas que significan los temas de sustentabilidad propuesto por las normatividades oficiales tales como el código de edificación de la vivienda donde incluye un capítulo de sustentabilidad que actualmente esta en vigor.

## **CAPÍTULO 2.**

### **SINTÉISIS HISTÓRICA DE ESTUDIOS DE RESISTENCIA TÉRMICA EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS UTILIZADOS EN TECHOS Y PAREDES EN VIVIENDA EN MÉXICO.**

El presente capítulo trata de realizar un bosquejo de los trabajos realizados en México en el tema de resistencia térmica “R” en los sistemas constructivos de techos y muros, así como el estado actual de la investigación en el tema.

Una de las bases principales en la realización del trabajo de la presente tesis fueron las memorias nacionales de energía solar ANES, que se realiza desde 1979 hasta la fecha, es posible que se haya omitido alguna fuente debido que no se encuentre publicado, o sea de difícil acceso.

Romero Moreno y Ramona Alicia (1998), presentan el trabajo de la vivienda en Mexicali, B.C, adecuación Ambiental y consumo eléctrico, donde se presenta un estudio para conocer en que medida la vivienda en Mexicali, B.C, responde a las condiciones del medio ambiente desértico, a partir de la caracterización física, de los consumos de energía y del nivel de ingresos de los usuarios.

Morillón, et al., (1997) presentaron un análisis de la ganancia térmica que se presenta en las techumbres mas utilizadas en la vivienda de interés social en México.

Morillón, et al., (2000) presentaron las normas oficiales mexicanas para la eficiencia energética en edificaciones: Diseño térmico de la envolvente, relacionando el tema con el confort y comportamiento térmico de las edificaciones.

Morillón, (2001), presento evaluación y comparación del comportamiento térmico del concreto celular, donde además se compara con las características algunos materiales utilizados en la construcción, trabajo de investigación realizado en Instituto de Ingeniería de la UNAM, para CEMEX.



La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (2004), saca a consulta, dentro del grupo de trabajo, el anteproyecto de norma NOM-020-ENER, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios residenciales, en la cual sin dar especificaciones de resistencia térmica de los materiales o sistemas constructivos que se deben utilizar, da referencia para techos y muros, mediante el coeficiente global de transferencia de calor.

La Comisión Nacional de Vivienda (2007), emitió un Código de Edificación de Vivienda, en la parte VI, sustentabilidad, capítulo 27, se presentan los valores de resistencia térmica de referencia para de techos y muros para diversas ciudades de México.

Pérez Sánchez Maria y Pacheco Couoh Lilia (2006), presentan *Comportamiento Térmico de un sistema de techumbre ferrocemento*, donde se presenta el análisis teórico y experimental comparativo entre un sistema de techumbre propuesto y el de una losa tradicional de vigueta y bovedilla. En base a este análisis se estudian alternativas para mejorar la calidad térmica del sistema propuesto.

Ana C. Barbon Almada, Rafael E. Cabanillas López, Jesús B. Pérez Valenzuela (2007), presentan *variación de la resistencia térmica en bloque de concreto hueco para clima extremoso (caso invierno y verano)*, donde se muestra un estudio de transferencia de calor en muros elaborados de concreto hueco.

Adrián Valera N. y Salvador Herrera (1993), a través de El Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE) y Fideicomiso de Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), emiten *normas técnicas para construcción de vivienda en climas extremos*, donde definen un valor de resistencia térmica mínimo “R”, para el ahorro de energía en el sector domestico con el fin de iniciar la normalización específica correspondiente a cada región de la Republica Mexicana.

Morillon Gálvez, David, (2007), presenta *habitabilidad térmica de una vivienda*, presenta la evaluación del comportamiento térmico de materiales de uso común en la construcción de viviendas, así como la simulación del comportamiento térmico de una vivienda tipo con dichos materiales, en cuatro bioclimas del país, además, de realizar el monitoreo térmico de una vivienda construida en Hermosillo, con dos tipos de materiales de mayor uso: Concreto normal y block hueco.

Por ultimo cabe señalar que el gobierno de México a través de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), desde 1993 inicio con el desarrollo de normatividades de eficiencia energética para edificios, con el fin de hacer recomendaciones para el diseño de la envolvente, donde también propone valores de resistencia térmica “R” para viviendas, actualmente esta en vigor la norma oficial mexicana que corresponde a los edificios no residenciales.

El Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE) de la CFE, en la División de Baja California y Baja California Norte, debido a las condiciones extremas de calor han realizado una serie de trabajos relacionados con el aislamiento térmico, a través del programa ASI. Por otro lado se encuentra el Fideicomiso de Ahorro de la Energía (FIDE), que es un apoyo de capacitación en el ahorro de energía, además de tener la función de difusión de las normas de eficiencia para edificios.

**CONCLUSIONES CAPITULARES.**

En México desde los años noventas el gobierno comienza a tomar en cuenta el tema de sustentabilidad en la vivienda, iniciando con el desarrollo de normatividades desde el año 1993 a la fecha a través de Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) , con la creación de diversos programas de ahorro de energéticos como ASI, en el presente capítulo se muestra que los estudios que principalmente se han desarrollado en el país han sido a través de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES).

El uso de energía eléctrica en vivienda en el país se acentúa en la parte noroeste de la republica en la estación de verano, donde se presentan condiciones de calor extremas, por lo cual los estudios relacionados con comportamiento térmico de los materiales se han desarrollado mayormente para esta región del México, tratando de hacer frente al uso irracional de la energía eléctrica que se utiliza por el uso de los sistemas de aire acondicionado, pero ninguno de estos estudios considera las regiones o bioclimas del país, además de que el estudio térmico se enfoca principalmente a los materiales y no a un sistema constructivo de techo y pared, es decir los estudios de resistencia de los sistemas comúnmente utilizados en techo y muros son muy escasos o inexistentes, es así que la presente investigación llena un vacío existente, tomando en cuenta que la presente tesis efectúa el calculo de resistencia térmica “R” de los sistemas constructivos comúnmente utilizados en techos y muros en los bioclimas de México, que se presenta en el capítulo 6.

Los trabajos de investigación de mayor relevancia que se han efectuado en el país en cuanto a valores de resistencia térmica “R” en los sistemas constructivos de techos y muros son los que se presentan en las normativas oficiales como anteproyecto de norma mexicana, aproy-nmx-c-xxx-onncce-2008 que se encuentra en el anexo A.1, el anteproyecto de nom-020-ener, incluida en el Anexo A.1, y por ultimo código de edificación de vivienda (capitulo de sustentabilidad), contenido en el Anexo A.3.

### **CAPITULO 3.**

## **METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE RESISTENCIA TERMICA EN LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE MUROS Y PAREDES EN VIVIENDAS EN MÉXICO.**

### **INTRODUCCIÓN.**

En el presente capítulo se presenta la metodología en el cálculo de resistencia térmica “R” utilizada por las normatividades oficiales de Anteproyecto de norma mexicana, aproy-nmx-c-xxx-onncce-2008, así como Anteproyecto de la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER, ambas normatividades coinciden parcialmente con la norma ISO 10456 “Building materials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determinig declared and design thermal values” en los Capítulos 5 y 8, es decir tienen el mismo criterio en el calculo de resistividad térmica para los sistemas constructivos de muros y techos en vivienda, esta es la base para el procedimiento de cálculo de resistencia térmica en sistemas constructivos de techos y muros en vivienda del presente estudio.

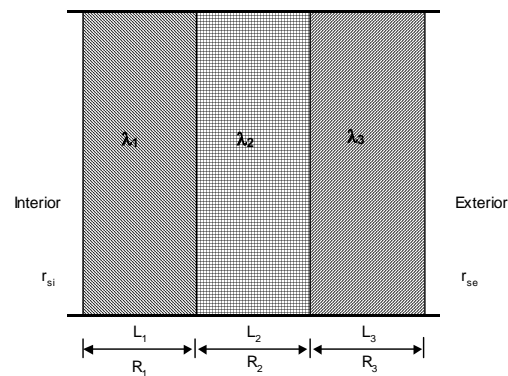
El objetivo de este capítulo es el de mostrar la metodología que se siguió para encontrar los valores de resistencia térmica que se muestran en la tabla 3 y 4 del capítulo 6 de este trabajo de tesis, los valores de resistencia térmica “R” que muestra el Código de Edificación de la Vivienda que están contenidos en el Anexo A.3, de los sistemas constructivos de techos y muros de vivienda de México se toman del capítulo de sustentabilidad, donde no se menciona cual fue la metodología que utilizan para el cálculo de resistencia térmica “R”, solo se presenta un formato para la resistencia térmica en sistemas constructivos de techos y muros.

Los datos para el cálculo de resistencia térmica “R” en sistemas constructivos de techo y paredes, son tomados de las tablas que están incluidas en normatividades oficiales en el tema, así como se toman los valores de resistencia térmica de materiales aislantes térmicos establecidos por el programa ASI, que se encarga de certificar los valores de resistencia mínimos para materiales aislantes, esto se justifica debido a que algunos sistemas constructivos de techos y muros incluyen materiales aislantes en su sistema.

### 3.1. Cálculo de la Resistencia Térmica (Valor “R”). Método simplificado.

#### 3.1.1. Resistencia Térmica Total y Coeficiente de Transmisión de Calor de una Pared Compuesta o de varias Capas Homogéneas.

La resistencia total de una pared compuesta es la suma de las resistencias térmicas parciales de cada capa:



$$R_T = r_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + r_{se} = \frac{1}{hi} + \frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2} + \frac{L_n}{\lambda_n} + \frac{1}{he} \quad \text{m}^2 \text{ K} / \text{W} \quad (1.1)$$

y el coeficiente de transmisión térmica ( $K$ ) es:

$$K = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{\frac{1}{hi} + \frac{1}{he} + \frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2} + \frac{L_n}{\lambda_n}} \quad \text{W} / \text{m}^2 \text{ K} \quad (1.2)$$

donde:

$L$  es el espesor de la capa del material en el componente, en m

$\lambda$  es la conductividad térmica de diseño del material, calculada u obtenida de valores tabulados, en W/(m<sup>2</sup> K), véase Tabla 1.

$hi$  es la conductancia superficial interior, en W/m<sup>2</sup>K, su valor es:

8,1 para superficies verticales,

9,4 para superficies horizontales con flujo de calor hacia arriba (de piso hacia el aire interior o del aire interior hacia el techo),

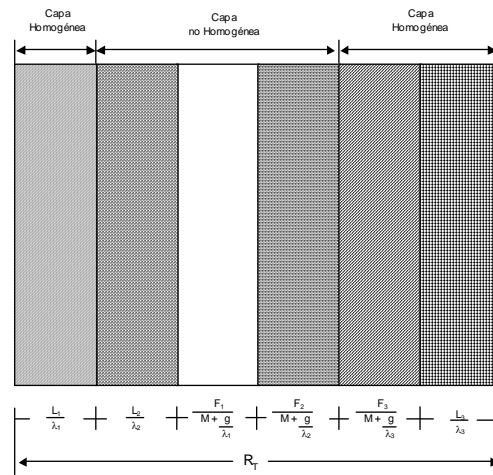
6,6 para superficies horizontales con flujo de calor hacia abajo (del techo al aire interior o del aire interior al piso)

$h_e$  es la conductancia superficial exterior, en  $W/m^2K$ , su valor es igual a 13.

$n$  es el número de capas que forman la porción de la envolvente del edificio

$R_T$  es la resistencia térmica total (Valor “R”) de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie,  $m^2 K/W$

**3.1.2. Resistencia Térmica Total y Coeficiente de Transmisión de Calor de una Pared Compuesta o de varias capas homogéneas y no homogéneas.**



La resistencia térmica parcial ( $M$ ) es la formada por las capas térmicamente homogéneas, y es determinada por la ecuación 1.1, donde  $M = R_T$  para este caso.

Entonces la resistencia total es la formada por la suma de las fracciones ocupadas por las capas homogéneas y las no homogéneas:

$$R_T = M = \frac{1}{\frac{X_1}{R_1 + \left(\frac{g}{\lambda_1}\right)} + \frac{X_2}{R_2 + \left(\frac{g}{\lambda_2}\right)} + \dots + \frac{X_m}{R_m + \left(\frac{g}{\lambda_m}\right)}} \quad m^2 K / W \quad (C.3)$$

Donde:

- $g$  es el grueso de la capa no homogénea, en m
- $\lambda$  es la conductividad térmica de diseño del material, calculada u obtenida de valores tabulados, en W/(m<sup>2</sup> K), véase Tabla 1.
- $m$  es el número de materiales que forman la capa no homogénea de la porción de la envolvente del edificio
- $R_T$  es la resistencia térmica total (Valor “R”) de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie, m<sup>2</sup> K/W
- $R_m$  es la resistencia térmica total de una porción homogénea de la envolvente del edificio, calculada de acuerdo con la ecuación 1, m<sup>2</sup> K/W
- $X_n$  es la fracción del área total de la porción de la envolvente del edificio, ocupada por cada material en la capa no homogénea.

**Nota:** Los valores de resistencia térmica utilizados en cálculos intermedios se calcularán con al menos 3 decimales.

A continuación se presentan la tabla 1, contenidas en el anexo A.1, de la normatividad Anteproyecto de norma mexicana, aproy-nmx-c-xxx-onncce-2008, que son referencia de para el calculo de resistencia térmica “R”, donde se muestran la conductividad térmica de diseño para distintos materiales utilizados en los sistemas constructivos de techos muros en vivienda en México.

**Tabla 1** Conductividades térmicas de diversos materiales

Material	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica de diseño W/mK
Acero y fierro	7 800	50,000
Aire (sin mover)	1,23	0,025
Aglomerado de corcho	< 200	0,050
Alfombras, moquetas	200	0,060
Aluminio	2 700	204,00
Aplanado de mortero de cal al exterior	-----	0,872
Aplanado de mortero de cal al interior	-----	0,698
Aplanado de yeso	800	0,372
Arcilla expandida	400	0,120
Asfalto impermeabilizante bituminoso ó Betún	1 050	0,170
Azulejos y mosaicos	2 300	1,300
Bloque de adobe al exterior	-----	0,930
Bloque de adobe al interior	-----	0,582
Bloque de concreto con 2 ó 3 huecos	1 700	1,11
Bloque de concreto celular curado c/autoclave	450	0,120
Bloque de concreto celular curado c/autoclave	500	0,190
Bloque de concreto celular curado c/autoclave	600	0,210
Bloque de concreto con perlita 2 ó 3 huecos	1 700	0,556
Bloque de concreto con vermiculita, 2 ó 3 huecos	1 700	0,667
Bloque de tepetate o arenisca calcárea al exterior	-----	1,047
Bloque de tepetate o arenisca calcárea al interior	-----	0,930
Bronce	8 700	65,0
Cobre	8 900	380,0
Concreto armado	2 400	2,0
Concreto ligero al interior	1 250	0,582
Concreto ligero con poliestireno	25 a 30	0,400
Concreto simple al exterior	2 200	1,65
Concreto simple al interior	1 250	0,698
Ladrillo exterior	-----	0,872
Ladrillo exterior con recubrimiento impermeabilizante por fuera	-----	0,768
Lámina de metacrilato	1 180	0,180
Lámina Poliéster traslúcida	1 400	0,25
Lámina ondulada Fibrocemento AC	1 800	0,58
Lámina ondulada de Fibrocemento NT	1 600	0,36
Madera Blanda	610	0,130
Madera de Cedro (12% de humedad)	505	0,130
Madera de Fresno (12% de humedad)	674	0,164
Madera de Pino (12% de humedad)	663	0,162
Madera de Roble (12% de humedad)	753	0,180
Madera dura	700	0,150
Mortero cemento arena	2 000	0,170
Panel de fibrocemento AC	1 800	0,582
Panel de fibrocemento Cela	1 400	0,260
Panel fibrocemento NT	1 600	0,360
Piedra arenisca	2 000	1,300
Piedra caliza	2 180	1,400
Piedra de granito, basalto	2 500 – 2 7000	2,80
Piedra de mármol	2 800	3,50



**Tabla 2** Conductividades térmicas de diversos materiales

Material	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica de diseño W/mK
Piedra pizarra	2 000 – 2 800	2,20
Placa Fibracel	1 000	0,128
Rellenos de arena seca, limpia	1 700 – 2 200	2,0
Rellenos de Tezontle	400	0,12
Rellenos de tierra, arena o grava expuesta a la lluvia	2 600	2,3
Rellenos terrados secos en azoteas	-----	0,582
Tabique de barro extruido sólido vidriado, p/acabado exterior	2 050	1,282
Tabique de barro extruido, bloque hueco vertical (60 – 67% sólido)	2 050	0,998
Tabique de barro extruido, bloque hueco vertical (relleno con vermiculita)	2 050	0,575
Tabique ligero al exterior	1 600	0,814
Tabique rojo recocido común al exterior	2 000	0,872
Tabique rojo recocido común al interior	-----	0,698
Tabique rojo recocido común con recubrimiento impermeable por fuera	-----	0,768
Tablero de triplay	500	0,13
Tablero de yeso	600	0,18
Tejas y láminas de fibrocemento AC	1 800	0,58
Tejas y láminas de fibrocemento NT	1 600	0,36
Viruta aglutinada (Panel)	600	0,14

Nota: Los valores utilizados para los materiales aislantes térmico deben estar certificados y cumplir con la norma oficial mexicana NOM-018-ENER vigente.

A continuación se presentan la tabla 2, contenida en el apéndice D, de la normatividad Anteproyecto de la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER, que son referencia de para el calculo de resistencia térmica “R”, donde se muestran la conductividad térmica de diseño para distintos materiales utilizados en los sistemas constructivos de techos muros en vivienda en México.

**Tabla 3** Conductividades térmicas de diversos materiales

MATERIAL	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Conductividad $\lambda$ W / m K	Aislamiento térmico M m <sup>2</sup> K / W
<b>Piedra</b>			
* caliza	2,180	1.400	---
* granito, basalto	2,600	2.500	---
* mármol	2,500	2.000	---
* pizarra	2,700	2.000	---
* arenisca	2,000	1.300	---
<b>Madera</b>			
* Viruta aglutinada, (Pamacón)	700	0.163	---
* blanda	610	0.130	---
* dura	700	0.150	---
<b>Vidrio</b>			
* sencillo	2,200	0.930	---
* sencillo	2,700	1.160	---
<b>Metales</b>			
* Aluminio	2,700	204.0	---
* Cobre	8,900	372.2	---
* Acero y hierro	7,800	52.3	---
<b>MATERIAL DE RECUBRIMIENTO</b>			
<b>Tablero de asbesto cemento</b>			
* Espesor 0,32 cm	1,932	0.557	---
* Espesor 0,84 cm	1,932	---	0.005
* Espesor 0,84 cm	1,932	---	0.110
<b>Tablero de triplay</b>			
* Espesor 0,64 cm	---	0.115	---
* Espesor 0,96 cm	---	---	0.055
* Espesor 0,96 cm	---	---	0.083
* Espesor 1,27 cm	---	---	0.110
* Espesor 1,60 cm	---	---	0.137
* Espesor 1,90 cm	---	---	0.165
<b>Tablero de yeso</b>			
* Espesor 0,96 cm	---	---	0.057
* Espesor 1,27 cm	---	---	0.083
* Espesor 1,69 cm	---	---	0.110
<b>Aplanados</b>			
* Yeso	800	0.372	---
* Mortero de cal al exterior	---	0.872	---
* Mortero de cal al interior	---	0.698	---
<b>Rellenos</b>			
* Tierra, arena o grava expuesta a la lluvia	---	2.326	---
* Terrados secos en azoteas	---	0.582	---
* Tezontle	---	0.186	---
* Arena seca, limpia	1,700	0.407	---
* Aserrín empacado, seco	200	0.081	---
<b>Placas</b>			
* Celotex	350	0.081	---
* Corcho	210	0.046	---
* Fibracel	1,000	0.128	---
<b>Azulejos y mosaicos</b>			
* Ladrillo exterior	---	1.047	---
* Ladrillo exterior con recubr. impermeable por fuera	---	0.872	---
* Ladrillo exterior con recubr. impermeable por fuera	---	0.768	---

**Tabla 4** Conductividades térmicas de diversos materiales

MATERIAL	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Conductividad $\lambda$ W / mK	Aislamiento térmico M m <sup>2</sup> K / W
<b>Madera (humedad 12% )</b>			
* Pino	663	0.162	---
* Cedro	505	0.130	---
* Roble	753	0.180	---
* Fresno	674	0.164	---
<b>Celulosa</b>	1,400	0.017	---

**MATERIAL DE AISLAMIENTO**

Los valores utilizados para los materiales aislantes deben estar certificados de acuerdo con la NOM-018-ENER, aislantes térmicos para edificaciones, vigente.

**MEMBRANAS IMPERMEABILIZANTES**

Membranas asfálticas	1,127	0.170	---
Asfalto bituminoso	1,050	0.174	---
Filtro de papel permeable	---	---	0.011

Existen una serie de materiales aislantes actualmente en el mercado, que cumplen con las normatividades oficiales, la tabla 3 muestra a las empresas encargadas de fabricar materiales aislantes que están autorizadas por el fideicomiso de ahorro de energía, así como sus características térmicas mínimas que deben poseer los materiales.

**Tabla 5. Características térmicas de materiales aislantes térmicos para edificaciones.**



**CARACTERISTICAS ENERGETICAS GARANTIZADAS**



MATERIALES AISLANTES PARA EDIFICACIONES

Fecha de actualización: 28-mar-08

MATERIALES AISLANTES PARA EDIFICACIONES

Empresa	Registro de empresa	Fecha de vencimiento de la licencia	Tipo de producto	Modelo	Marca	Espesor cm (in)	Densidad Kg /m <sup>3</sup> (Lbs /ft <sup>3</sup> )	Conductividad Térmica Mínima W / m K (Btu in /h ft <sup>2</sup> °F)	Permeancia Máxima ng / Pa s m <sup>2</sup> (Perm)
Aislantes Minerales	A1006	05-Oct-08	Placa Fibra mineral de roca.	Aislamuro	Rolan	5.08 (2.0)	32.9(2.0555)	0.0393 (0.272)	-----
Aislantes Minerales	A1006	05-Oct-08	Placa Fibra mineral de roca.	Aislamuro	Rolan	6.35 (2.5)	32.9(2.0555)	0.0393 (0.272)	-----
Aislantes Minerales	A1006	05-Oct-08	Placa Fibra mineral de roca.	Aislamuro	Rolan	7.62 (3.0)	32.9(2.0555)	0.0393 (0.272)	-----
Aislantes Minerales	A1006	05-Oct-08	Placa Fibra mineral de roca.	Aislamuro	Rolan	9.20 (3.6)	32.9(2.0555)	0.0393 (0.272)	-----
Aislantes Minerales	A1006	05-Oct-08	Placa Fibra mineral de roca.	Aislamuro	Rolan	13.33 (5.2)	32.9(2.0555)	0.0393 (0.272)	-----
Aislantes Minerales	A1006	05-Oct-08	Placa Fibra mineral de roca.	Aislamuro	Rolan	15.24 (6.0)	32.9(2.0555)	0.0393 (0.272)	-----
Materiales del Nazas	M0207	26-Feb-08	Placa de Poliestireno expandido	-----	Aislatec	101.4 (4.0)	16(0.9988)	0.0375 (0.265)	10.0 (0.175)
Materiales del Nazas	M0207	26-Feb-08	Placa de Poliestireno expandido	-----	Aislatec	25.4 (1.0)	16(0.9988)	0.0375 (0.265)	10.0 (0.175)
Materiales del Nazas	M0207	26-Feb-08	Placa de Poliestireno expandido	-----	Aislatec	38.10 (1.5)	16(0.9988)	0.0375 (0.265)	10.0 (0.175)
Materiales del Nazas	M0207	26-Feb-08	Placa de Poliestireno expandido	-----	Aislatec	50.8 (2)	16(0.9988)	0.0375 (0.265)	10.0 (0.175)
Materiales del Nazas	M0207	26-Feb-08	Placa de Poliestireno expandido	-----	Aislatec	76.2 (3)	16(0.9988)	0.0375 (0.265)	10.0 (0.175)
Fanosa	F0307	04-Mar-09	Placa de Poliestireno expandido	-----	Fanosa	2.54 (1.0)	16 (0.9988)	0.036 (0.254)	1.05 (0.0182)
Fanosa	F0307	04-Mar-09	Placa de Poliestireno expandido	-----	Fanosa	5.08 (2.0)	16 (0.9988)	0.0364 (0.257)	1.03(0.0178)
Espumados de Estireno	E1205	19-Mar-08	Placa de Poliestireno expandido	Espumalit N	Espumados	-----	16(0.9988)	0.036(0.254)	0.0972 (0.0017)
Owens Corning México	O0406	15-Nov-08	Placa de Poliestireno extruido	250	Foamular	2.54 (1)	35.26 (2.2)	0.0275 (0.19)	40.0 (0.698)
Owens Corning México	O0406	15-Nov-08	Placa de Poliestireno extruido	250	Foamular	3.81(1.5)	35.26 (2.2)	0.0275 (0.19)	40.0 (0.698)
Owens Corning México	O0406	15-Nov-08	Placa de Poliestireno extruido	250	Foamular	5.08 (2.0)	35.26 (2.2)	0.0275 (0.19)	40.0 (0.698)
Owens Corning México	O0406	15-Nov-08	Placa de Poliestireno extruido	250	Foamular	6.35 (2.5)	35.26 (2.2)	0.0275 (0.19)	40.0 (0.698)
Owens Corning México	O0406	15-Nov-08	Placa de Poliestireno extruido	250	Foamular	7.62 (3.0)	35.26 (2.2)	0.0275 (0.19)	40.0 (0.698)
Owens Corning México	O0406	15-Nov-08	Fibra Mineral de Vidrio	R-8	Aishogar	6.4 (2.5)	10.72 (0.67)	0.048 (0.33)	1.5 (85.8)
Owens Corning México	O0406	15-Nov-08	Fibra Mineral de Vidrio	R-8	Aislacustic	6.4 (2.5)	10.72 (0.67)	0.048 (0.33)	1.5 (85.8)
Owens Corning México	O0406	15-Nov-08	Fibra Mineral de Vidrio	R-8	Batt in bags	6.4 (2.5)	10.72 (0.67)	0.048 (0.33)	1.5 (85.8)

## Metodología de cálculo

Empresa	Registro de empresa	Fecha de vencimiento de la licencia	Tipo de producto	Modelo	Marca	Espesor cm (in)	Densidad Kg /m <sup>3</sup> (Lbs /ft <sup>3</sup> )	Conductividad Térmica Mínima W / m K (Btu in /h ft <sup>2</sup> °F)	Permeancia Máxima ng / Pa s m <sup>2</sup> (Perm)
Owens Corning México	O0406	15-Nov-08	Fibra Mineral de Vidrio	R-10	Aishogar	7.6 (2.99)	9.82 (0.6137)	0.046 (0.32)	1.5 (85.8)
Owens Corning México	O0406	15-Nov-08	Fibra Mineral de Vidrio	R-11	Aishogar	8.9 (3.5)	9.81 (0.6131)	0.049 (0.34)	1.5 (85.8)
Owens Corning México	O0406	15-Nov-08	Fibra Mineral de Vidrio	R-11	Aislacustic	8.9 (3.5)	9.81 (0.6131)	0.049 (0.34)	1.5 (85.8)
Owens Corning México	O0406	15-Nov-08	Fibra Mineral de Vidrio	R-11	Batt in bags	8.9 (3.5)	9.81 (0.6131)	0.049 (0.34)	1.5 (85.8)
Owens Corning México	O0406	15-Nov-08	Fibra Mineral de Vidrio	R-13	Aishogar	8.9 (3.5)	13.87 (0.8668)	0.043 (0.30)	1.5 (85.8)
Owens Corning México	O0406	15-Nov-08	Fibra Mineral de Vidrio	R-13	Batt in bags	8.9 (3.5)	13.87 (0.8668)	0.043 (0.30)	1.5 (85.8)
Owens Corning México	O0406	15-Nov-08	Fibra Mineral de Vidrio	R-19	Aishogar	15.9 (6.25)	9.91 (0.6193)	0.050 (0.35)	1.5 (85.8)
Owens Corning México	O0406	15-Nov-08	Fibra Mineral de Vidrio	R-19	Batt in bags	15.9 (6.25)	9.91 (0.6193)	0.050 (0.35)	1.5 (85.8)
Frigocel Mexicana	F0507	14-May-08	Placa de Poliestireno expandido	EPS15(N)	Frigocel	2.54 (1.0)	16 (1.0)	0.036 (0.255)	287 (5)
Frigocel Mexicana	F0507	14-May-08	Placa de Poliestireno expandido	EPS22(AD)	Frigocel	2.54 (1.0)	24 (1.5)	0.034 (0.240)	201 (3.5)

Fuente: Fideicomiso para el ahorro de energía (FIDE).2008

## **CONCLUSIONES CAPITULARES.**

La metodología de cálculo de resistencia térmica “R” para los sistemas constructivos de muros y techos en México que se utiliza por las normativas es similar, como la que utiliza el Anteproyecto de norma mexicana, aproy-nmx-c-xxx-onncce-2008, así como Anteproyecto de la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER.

En el capítulo de sustentabilidad del Código de Edificación de la Vivienda de CONAVI, contenido en el anexo A.3 del trabajo de tesis, no muestra una metodología de cálculo de resistencia térmica “R” para los sistemas constructivos de techos y muros comúnmente utilizados en México.

Ambas normatividades la NOM-020-ENER, como la aproy-nmx-c-xxx-onncce-2008, proponen que los materiales aislantes térmicos estén certificados y cumplan con la norma oficial mexicana NOM-018-ENER vigente, aislantes térmicos para edificaciones, donde se describen los materiales aislantes térmicos así como sus características mínimas de resistencia térmica, especificaciones y métodos de prueba, además de que el programa Ahorro Sistemático Integral (ASI), encargado del programa de aislamiento tiene especificaciones y características mínimas a las cuales los fabricantes de productos de aislamiento térmico tendrán que cumplir.

Mediante la metodología presentada en este capítulo se obtuvieron los valores que se presentan en las tablas 3 y 4, del capítulo sexto del presente trabajo de tesis, cabe también señalar que en la actualidad existe una herramienta que es un software para el cálculo de la resistencia térmica de los diferentes sistemas constructivos de techos y muros, propuesto por la NOM-020-ENER, que se encuentra libremente en el sitio de Internet de CONAE.

## **CAPITULO 4**

### **SISTEMAS CONSTRUCTIVOS COMUNMENTE UTILIZADOS EN TECHOS Y MUROS EN VIVIENDA EN MÉXICO.**

#### **INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se hace una breve descripción de los sistemas constructivos utilizados en techos y muros comúnmente utilizados en México, los sistemas constructivos seleccionados para muros y techos se presentan en las tablas 1 y 2, así como los materiales que los componen, los sistemas constructivos tienen su base en la Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares (INEGH) del INEGI 2006. Cabe señalar que los materiales que se utilizan según INEGI, son cuestionables en cuanto a que difieren respecto a la utilización de dichos sistemas constructivos en techos y muros en México contra los sistemas constructivos utilizados en la actualidad.

En México existe un Censo de Población y Vivienda el cual es un proyecto nacional que se realiza a la mitad del periodo del levantamiento de los Censos Generales de Población y Vivienda este se realiza cada diez años. Este proyecto intercensal se realizó por primera vez en México en 1995, por lo que éste y el XII Censo General de Población y Vivienda 2000 son los antecedentes más inmediatos del II Censo de Población y Vivienda 2005.

En el II Censo de Población y Vivienda 2005, se muestran los datos de viviendas particulares habitadas, donde menciona que el total de viviendas habitadas en el país era de 21.9 millones para el año 2000, menciona que el número total de viviendas en el 2005 es de 24.7 millones, lo que significa un incremento del 2.1 por ciento, dicho censo obtuvo información directa en 24.1 millones de viviendas lo que representa el 97.4 por ciento del total de viviendas habitadas, estos datos nos dan a su vez un bosquejo de los techos y muros que se utilizan en México, en el capítulo 6 se describirán los espesores de los materiales con los cuales están formados los sistemas constructivos de techos y muros comúnmente utilizados, en los diversos bioclimas en México, así como los valores de resistencia térmica “R”.

## Sistemas constructivos comunes en techos y muros en vivienda en México

**Tabla 1.** Sistemas Constructivos en muros comúnmente utilizados en México

MATERIAL EN MUROS	MUROS01
Pregunta 01	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
01	Material de desecho
02	Lámina de cartón
03	Lámina metálica o de asbesto
04	Carrizo, bambú o palma
05	Embarro o bajareque
06	Madera o tejamanil
07	Adobe
08	Multipanel o panel
09	Tabique, ladrillo, tabicón, <i>block</i>
10	Piedra o cantera
11	Concreto
12	Otro material

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares (INEGH).

En la tabla 1 se muestran los sistemas constructivos en muros que se utilizan comúnmente en México, donde se aprecia que se consideran algunos sistemas constructivos que no son representativos del país, como es el caso de muros de material de desecho.

**Tabla 2.** Sistemas Constructivos en techos comúnmente utilizados en México

MATERIAL DE TECHOS	TECHOS02
Pregunta 02	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
01	Material de desecho
02	Lámina de cartón
03	Lámina metálica o de asbesto
04	Carrizo, bambú o palma
05	Madera o tejamanil
06	Terrado con vigería
07	Teja
08	Losa de concreto sólida o con tabique, tabicón o unicel
09	Vigueta de acero con tabique, tabicón, unicel, cuña o bovedilla
10	Otro material

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares (INEGH)

En la tabla 2 se aprecia que tampoco algunos sistemas constructivos de techos son representativos del país en la actualidad, como el material de desecho en techos.



## **4.1 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN TECHOS.**

### **4.1.1 CONCRETO ARMADO.**

#### **4.1.1.1 DETALLE DE ARMADO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.**

Hacer la losa de concreto armado es una de las partes más laboriosas y complicadas de una construcción. Se debe construir con mucho cuidado, porque con cualquier defecto se puede deformar, perder resistencia o abrirse.

#### **CIMBRA.**

La cimbra para el techo de concreto armado es una plataforma de madera que se pone en toda la superficie del techo o del entrepiso, para que soporte y de forma al concreto.

#### **Gráfico 1. Cimbra de madera común para techo en vivienda.**



#### **ARMADO DEL REFUERZO DE ACERO.**

El armado del techo es un emparrillado de varillas de fierro, amarradas con alambre, que se coloca sobre la cimbra y se ahoga en concreto para dar al techo la resistencia necesaria para soportar cargas y resistir su propio peso. El grueso o espesor de las varillas y su separación dependen del tamaño de la techo y de la carga o peso que deban soportar, por lo que deben ser calculado por un especialista, como un ingeniero o arquitecto.

El emparrillado se hace con varillas de tres octavos de pulgada, cortadas y dobladas de tres formas distintas: las varillas rectas bajas, los columpios, y los bastones. Todas las varillas van dobladas en sus extremos para que se corran o se deslicen por el interior del techo. Las varillas rectas bajas van a todo lo largo y a todo lo ancho del techo, por la parte baja.

Los columpios se doblan 45 grados, como columpio justamente, en la quita parte de la longitud del techo, para pasar de la parte baja del techo, en la faja central, a la parte alta del techo, en los extremos. Los columpios van a lo largo y a lo ancho del techo, en medio de las varillas rectas bajas.

Los bastones son varillas cortadas a un cuarto del techo, colocadas en la parte superior entre un columpio y otro.

**Gráfico 2. Armado de acero para un techo de concreto.**



**Grafico 3. Habilitado de acero para techo de concreto armado.**



**COLADO.**

Para pisar sobre la cimbra a la hora de llevar el concreto, se ponen unas tablas encima de la armadura, ya que esta lubricada y mojada la cimbra, se comienza a verter el concreto en el punto más lejano de la rampa. Recién colado el concreto debe picarse con una varilla o vibrarse, para que este se compacte y acomode bajo el acero de refuerzo.

**Gráfico 4. Colado de techo de concreto armado.**

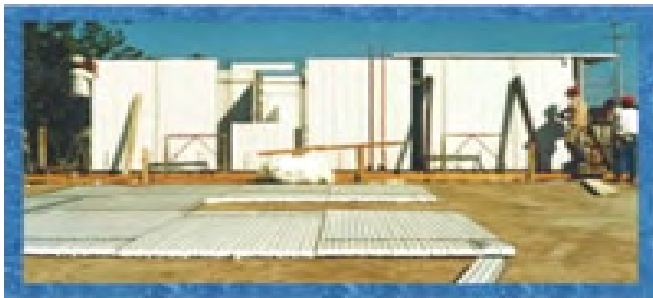


#### **4.1.2 PANEL**

##### **4.1.2.1 DETALLE DE ARMADO Y DESCRIPCION DE SISTEMA CONSTRUCTIVO. PRESAMBLADO DEL TECHO**

La ligereza del panel permite que el techo pueda armarse en el piso, y posteriormente se eleven y coloquen sobre los muros. Para lo cual se utilizan las mallas unión en la misma forma que en los muros. Es importante colocar los paneles en forma "cuatrapeada" con el fin de evitar en lo posible la continuidad en las juntas del panel y la aparición de fisuras o grietas. La colocación correcta del panel será con el zigzag del panel en dirección del claro corto de la losa.

##### **Gráfico 5. Preensamblado del techo de panel**



##### **ARMADO DEL TECHO**

El refuerzo del techo se proporciona con varillas de 3/8" en la misma dirección del zigzag del panel, las cuales se ubicarán en la parte inferior del techo, para tomar esfuerzos de tensión generados, sobre la retícula del panel. En los casos en los cuales el techo se apoya en forma continua será indicado reforzar con varillas de 3/8" en la parte superior del techo para tomar los momentos negativos en los apoyos intermedios. Cuando las condiciones estructurales del proyecto requieren de elementos adicionales de concreto, tales como trabes integradas o peraltadas, éstas se pueden forjar del mismo panel, removiendo el poliestireno y colocando acero de refuerzo (varillas de 3/8") dentro de la estructura del panel.

### CIMBRADO

El techo prearmado es elevado y colocado sobre los muros, para continuar con la puesta de la cimbra temporal que soporte el vaciado superior del concreto en el techo. Ésta cimbra se compone de maderas de madera (polín de 4x4") a cada metro en dirección perpendicular al zigzag del panel, a su vez apoyadas en puntales o pies derechos, que son repartidos en distancias de 2.4m, formando así el sistema de apuntalamiento que soportará al techo durante el tiempo de fraguado del concreto, normalmente 10 días, antes de poder retirar el apuntalamiento. Con los puntales se da la contraflecha necesaria para que al descimbrar la losa tome la horizontal requerida.

**Gráfico 6. Cimbrado del techo de panel**



### ESPECIFICACIONES DE PANEL PARA TECHO

A continuación se muestra las especificaciones para un techo de panel, sus características y dimensiones. Cada fabricante de paneles para techo tiene sus propios catálogos de productos que pueden variar de una marca a otra, la elección de las dimensiones del panel para techo dependerá de los claros del proyecto y las características de la vivienda.

**Tabla 1. Características y dimensiones de techo de panel**

CARACTERÍSTICAS	QualyLosa			
	Largo	3.25	4.06	5.01
Peso de Qualylosa sin aplanar		3.85 kg/m <sup>2</sup>	4.75 kg/m <sup>2</sup>	5.90 kg/m <sup>2</sup>
Medidas	4" x 1.22 m x 3.25 m	4" x 1.22 m x 4.06 m	4" x 1.22 m x 5.01 m	
Capa de concreto		5 cm	6 cm	7 cm
Capa de mortero plafón		1.5 cm	1.5 cm	1.5 cm
Espesor de Piso ó Techo terminado		15.5 cm	16.5 cm	17.5 cm
Peso del Piso ó Techo terminado		140 kg/m <sup>2</sup>	160 kg/m <sup>2</sup>	185 kg/m <sup>2</sup>
Resistencia a cortante.		21,273 kg/m	23,843 kg/m	28,232 kg/m
Resistencia Térmica R		12	12	12
Aislamiento Acustico		44dB	44dB	44dB

SOBRECARGA PERMISIBLE adicional al peso de QualyLosa Covintec kg/m <sup>2</sup>					
Producto	Largo m	Claro de losa libremente apoyada			
		3.25 m kg/m <sup>2</sup>	4 m kg/m <sup>2</sup>	4.5 m kg/m <sup>2</sup>	5 kg/m <sup>2</sup>
QualyLosa 5.01	5.01	1694	1059	801	616
QualyLosa 4.06	4.06	965	581		
QualyLosa 3.25	3.25	586			

CONTRAFLECHAS PARA PISO Y AZOTEA Con Madrinan de polines a cada 90 cm						
Claro de losa (m)		2.5 m	3.25 m	4 m	4.5 m	5 m
Libremente apoyada	cm	1.0	2.6	3.3	3.5	3.6
Losa continua o apoyada en 3 o más extremos	cm	0.6	1.5	2.0	2.3	2.7

Resistencia Térmica factor R	12	12	12
Aislamiento Acústico	44dB	44dB	44dB

Fuente: [www.covintec.com](http://www.covintec.com)

### 4.1.3 CONCRETO PREFABRICADO.

#### 4.1.3.1 DETALLE DE ARMADO Y DESCRIPCION DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

##### COMPONENTES

Los moldes están compuestos por paneles 100% metálicos, tanto el bastidor de refuerzo como la superficie de contacto, son de acero. La mayor parte de medidas estándar, mas los que se hayan fabricado especiales para ajustarse al proyecto en cuestión, así mismo, las piezas especiales como molduras, altos y bajos relieves, pretiles, volados, repisones para ventanas, escaleras, formaletas para ductos, para accesorios de baño, etc. Además, están los accesorios de apuntalamiento, sujeción y alineamiento, todos 100% recuperables, que permiten la rigidización del molde durante el colado y que junto con la cimbra, conforman el molde total.

**Gráfico 7. Cimbrado del sistema Meccano.**



También con cada molde se entrega un juego de cimbra para cimentación, una plantilla para muros, una escalera para acceder a la losa del molde, y para el manejo de la cimbra de losa, se entregan carros elevadores de cimbra y escaleras de tijera.

#### PROCESO DE CONSTRUCCIÓN ACCELERADA

Controla la producción a través de unidades idénticas en tiempo-calidad-costos, traduciéndose en un ahorro considerable en costos de producción, supervisión, administrativos y financieros.

**Gráfico 7. Componentes del sistema Meccano.**



**Gráfico 8. Colado de cimentación**



**Grafico 9. Colado de muros y losa**



**Grafico 10. Obra negra**





**Grafico 11 Colocación de acero e instalaciones**



**Grafico 12 Colocación de molde planta alta**



**Grafico 13 Casa terminada**



## PROCESO DE CONSTRUCCIÓN ACCELERADA

Logra viviendas monolíticas Completas en un solo colado. Muros, losa, escalera, pretilas, molduras, cualquier diseño arquitectónico.

Una vivienda completa en un solo evento. Hasta 5 viviendas por semana con un solo Molde.

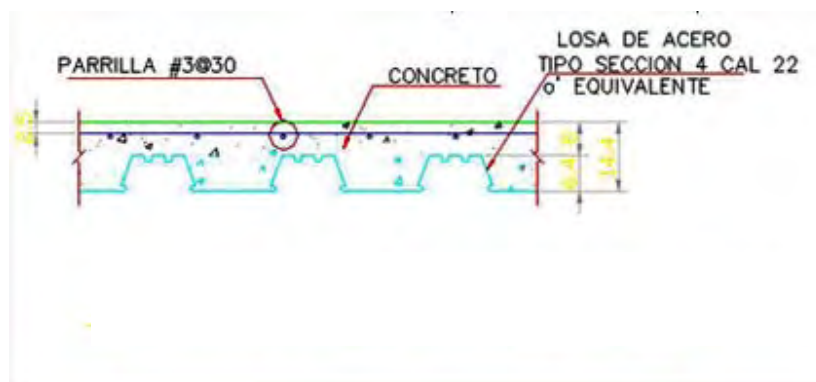
### 4.1.4 LOSA-ACERO

#### 4.1.4.1 DETALLE DE ARMADO Y DESCRIPCION DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Losa acero es un sistema desarrollado para el uso de losas de entrepiso metálicos. Sus componentes básicos son: Lamina acanalada con indentaciones (Losacero), concreto  $f'c = 200 \text{ Kg. /cm}^2$ , malla electro-soldada (refuerzo por temperatura) y como accesorio opcional los conectores de corte para el efecto de viga compuesta o para incrementar la capacidad propia del losa acero. Cumple 3 funciones básicas; a) plataforma de trabajo en la etapa de instalación, b) cimbra permanente en la etapa de colocación del concreto, c) acero de refuerzo principal en la etapa de servicio.

Debido a las características este sistema constructivo se aumenta considerablemente la velocidad de construcción logrando significativos ahorros en tiempo de construcción con lo cual se agiliza el inicio de la recuperación de la inversión.

**Gráfica 14. Detalle de armado de losa acero**



Gráfica 15. Corte de losa acero.

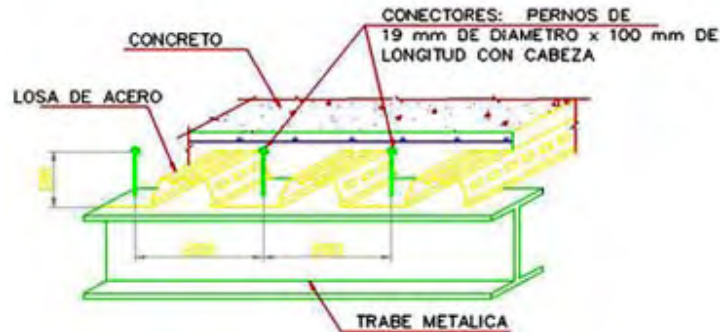


Tabla 2. Características y dimensiones de losa acero.

		Losacero Sección 4 Sobrecarga Admisible (kg/m <sup>2</sup> )												
Cal.	espesor de conc. (cm)	Separación entre apoyos (m)												
		1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4
24	5	1537	1313	984	741	556	412	298	206	130				
	6	1653	1429	1058	783	574	411	282	178					
	8	1842	1640	1179	838	579	377	217						
	10	2000	1812	1257	847	535	292	100						
	12	2000	1937	1286	805	439	154							
22	5	2000	1533	1126	1044	815	637	496	382	289	211	146		
	6	2000	1653	1194	1129	871	670	510	381	276	199	116		
	8	2000	1858	1698	1277	957	707	510	350	219	111			
	10	2000	2000	1895	1388	1003	703	465	273	116				
	12	2000	2000	2000	1456	1003	652	372	147					
20	5	2000	2000	1474	1120	851	845	679	544	435	343	267	203	147
	6	2000	2000	1591	1192	888	907	720	568	444	342	255	183	
	8	2000	2000	1795	1300	1304	1011	778	591	437	310	203	113	
	10	2000	2000	2000	1886	1432	1079	799	514	389	176			
	12	2000	2000	2000	2000	1521	1107	778	513	296	116			
18	5	2000	2000	2000	1657	1305	1032	815	835	692	574	474	390	318
	6	2000	2000	2000	1803	1407	1098	853	900	739	605	492	397	316
	8	2000	2000	2000	2000	1582	1198	1258	1012	811	645	506	388	287
	10	2000	2000	2000	2000	1707	1755	1388	1093	851	650	482	340	218
	12	2000	2000	2000	2000	2000	1914	1483	1135	851	615	417	249	107

Fuente: www.imsanet.com

#### **4.1.5 VIGUETA Y BOVEDILLA CEMENTO ARENA**

##### **4.1.5.1 DETALLE DE ARMADO Y DESCRIPCION DE SISTEMA CONSTRUCTIVO.**

El sistema de vigueta y bovedilla esta constituido por los elementos portantes que son las viguetas de concreto presforzado y las bovedillas como elementos aligerantes. Las viguetas se producen en diferentes tamaños (sección geométrica) y diferentes armados, así mismo las bovedillas tienen diferentes secciones tanto en longitud, ancho y peralte, de tal forma que se tiene una gran variedad de combinaciones que pueden satisfacer cualquier necesidad.

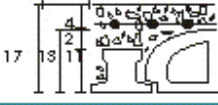
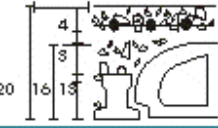
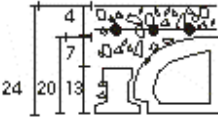
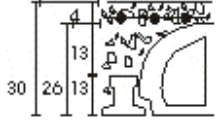
Podemos asegurar que hasta 6.00 mts de claro es el sistema más económico de losas. Las viguetas se fabrican por diferentes procesos que pueden ser: colado en moldes múltiples de metal y con máquinas extrusoras.

Las bovedillas se producen usando máquinas vibrocompresoras en donde se intercambian los moldes para los diferentes tipos de secciones, usando por lo general materiales ligeros.

Aunque inicialmente se concibió este sistema para su aplicación en las viviendas, en la realidad se ha aplicado en casi todo tipo de losas y entrepisos, debido a su bajo peso, estos elementos permiten que se efectúe su montaje manualmente, eliminando el costo de equipos pesados. Existen tipos de viguetas con conectores para anclar la malla a este sistema lo que permite tener la capacidad necesaria para tomar los esfuerzos cortantes por viento o sismo, Así mismo actualmente se fabrican viguetas sísmicas, que tienen un relieve en la parte superior de setas formando una llave mecánica que permite un mejor trabajo junto con la losa (capa) de compresión. A continuación se muestran las características de los elementos y sistemas, tablas y gráficas de autoportancia y capacidades de carga vs. claros a cubrir de los diferentes fabricantes.

la recomendación es que la relación máxima de claro a peralte de losa no sea mayor a  $l/h=25$  con bovedillas de cemento arena y usando bovedillas de poliestireno  $l/h=20$ , y siempre que sea posible haga trabajar a estos sistemas continuos (colinealidad en las viguetas) y armado para tomar el momento en la continuidad (negativo).

**Tabla 3. Características y claros de techos de vigueta bovedilla**

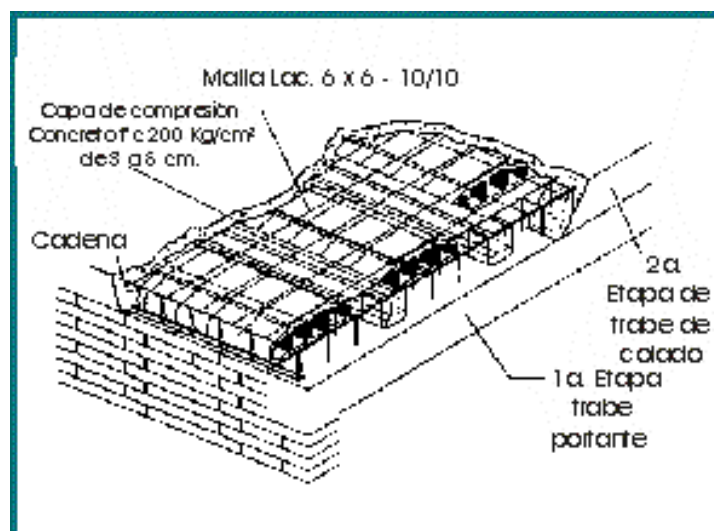
<p>LOSA H-17 cm Malla 66-10-10 o 66-12-12 (temp.) Capa de compresión Concreto f'c 200 Kg/cm<sup>2</sup></p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>CLARO MAX.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>3.10</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>3.40</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>3.90</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>4.00</td> </tr> </tbody> </table> <p>BOVEDILLA 70-20-13</p>	TIPO	CLARO MAX.	I	3.10	II	3.40	III	3.90	IV	4.00	<p>LOSA H-20 cm Malla 66-10-10 o 66-12-12 (temp.) Capa de compresión Concreto f'c 200 Kg/cm<sup>2</sup></p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>CLARO MAX.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>III</td> <td>4.00</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>4.80</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>BOVEDILLA 70-20-16</p>	TIPO	CLARO MAX.	III	4.00	III	4.80				
TIPO	CLARO MAX.																						
I	3.10																						
II	3.40																						
III	3.90																						
IV	4.00																						
TIPO	CLARO MAX.																						
III	4.00																						
III	4.80																						
<p>LOSA H-24 cm Malla 66-10-10 o 66-12-12 (temp.) Capa de compresión Concreto f'c 200 Kg/cm<sup>2</sup></p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>CLARO MAX.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>III</td> <td>4.90</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>5.40</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>5.50</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>5.90</td> </tr> </tbody> </table> <p>BOVEDILLA 70-20-20</p>	TIPO	CLARO MAX.	III	4.90	III	5.40	IV	5.50	IV	5.90	<p>LOSA H-30 cm Malla 66-10-10 o 66-12-12 (temp.) Capa de compresión Concreto f'c 200 Kg/cm<sup>2</sup></p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>CLARO MAX.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>6.00</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>6.40</td> </tr> <tr> <td>VI</td> <td>6.60</td> </tr> </tbody> </table> <p>BOVEDILLA 70-20-26</p>	TIPO	CLARO MAX.			V	6.00	V	6.40	VI	6.60
TIPO	CLARO MAX.																						
III	4.90																						
III	5.40																						
IV	5.50																						
IV	5.90																						
TIPO	CLARO MAX.																						
V	6.00																						
V	6.40																						
VI	6.60																						

### DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Con el empleo de este sistema, se logra una gran economía, debido a la eliminación de cimbra, rapidez de colocación, reducción de tiempos muertos, costos financieros y de supervisión. Un sistema versátil, aislante térmico y acústico.

Las viguetas pretensadas autoresistentes con perfil de doble "T" que permiten la entrada de la bovedilla y penetración del concreto de la capa de compresión de 3 cm. de espesor que le da perfecto monolitismo evitando fisuras.

### Gráfica 16. Armado de sistema de vigueta y bovedilla de cemento arena



**ESPECIFICACIONES**

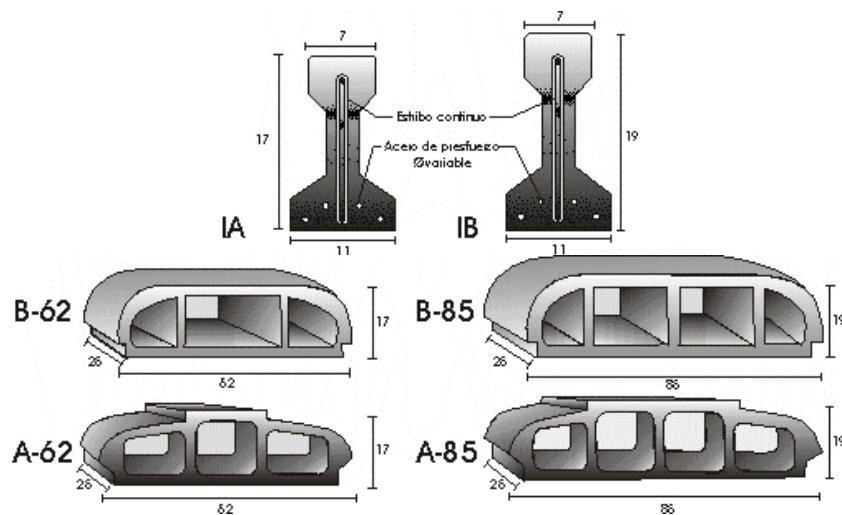
Acero de presfuerzo fsr 17,500 Kg./cm<sup>2</sup>, Acero estribos fy 4,000 Kg/cm<sup>2</sup>, Concreto f'c 350 Kg/cm<sup>2</sup>.

Las bovedillas son componentes de concreto ligero vibrocomprimido para colocar entre las viguetas como cimbra y parte integral de la losa.

**TIPO DE VIGUETAS Y PESO POR PIEZA.**

B-62 12.30 Kg/pza., B-85 15.60 Kg/pza., A-62 13.50 Kg/pza., A-85 18.00 Kg/pza,  
Concreto f'c 140 Kg/cm<sup>2</sup>

**Grafica 17. tipos de viguetas y bovedillas de cemento arena.**



**Tabla 4. Cargas recomendadas para diferentes claros.**

CLARO (mts)	PRESFUERZO TIPO	SOBRECARGA UTIL (Kg/m <sup>2</sup> )
2.4	3 Ø 5 mm.	700
2.7	3 Ø 5 mm.	390
3.6	4 Ø 5 mm.	560
3.9	4 Ø 5 mm.	500
4.2	4 Ø 5 mm.	400
4.5	4 Ø 5 mm.	320
4.8	4 Ø 5 mm.	250
3.6	4 Ø 6 mm.	500
4.2	4 Ø 6 mm.	490
4.5	4 Ø 6 mm.	460
4.8	4 Ø 6 mm.	440
5.1	4 Ø 6 mm.	350
5.4	4 Ø 6 mm.	290

Fuente: [www.anippac.org.mx](http://www.anippac.org.mx)

Con el sistema de vigueta y bovedilla, se pueden cubrir claros hasta de 6.3 mts, con la sección que se muestra.

La separación entre viguetas es de 75 cms. De centro a centro de viguetas. En este sistema la vigueta es prefabricada y lleva presfuerzo tipo alambre dentado de 5, 6 y 7 mm. de  $\emptyset$ .

El concreto es de alta resistencia  $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$ . Sobre la superficie de la vigueta y bovedilla lleva un colado complementario de compresión de 4 cms. de espesor que hará trabajar la losa como sección compuesta reduciendo vibraciones y deformaciones.

El sistema no requiere cimbra para claro menores de 4 mts. y para claros mayores requiere únicamente apuntalamiento al centro del claro y debe ser colocado inmediatamente después del montaje de las viguetas, haciendo apenas contacto con estas.

#### BASES DEL DISEÑO:

Acero de presfuerzo, alambres aliviados de esfuerzos de acuerdo con norma ASTM-A421 y NMX-B-293 con la siguiente resistencia a la tensión.

Alambre de 5 mm.  $\emptyset$   $f_{pu} = 17,500 \text{ Kg/cm}^2$

Alambre de 6 mm.  $\emptyset$   $f_{pu} = 17,000 \text{ Kg/cm}^2$

La fuerza inicial de tensado será la correspondiente al 70% de la resistencia última de tensión de los alambres. El módulo de elasticidad del acero es de aproximadamente  $E_s = 1,997,000 \text{ Kg/cm}^2$  y se tiene un límite elástico aparente de  $f_y = 0.8 f_{pu}$ .

Se usa para la vigueta prefabricada de concreto  $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$  a la edad de 28 días, pero para la etapa de transferencia del presfuerzo se deberá tener como mínimo de resistencia en el concreto de  $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ .

Para el firme de compresión o losa colada en sitio, el concreto deberá tener una resistencia de  $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$  a la edad de 28 días.

Las cargas del sistema son las siguientes:

Peso propio de vigueta 30 Kg/m.

Peso de la bovedilla 20 Kg/pza.

Peso del concreto (firme) 130 Kg/m<sup>2</sup>.

#### **4.1.6 TECHO RETICULAR**

##### **4.1.6.1 DETALLE DE ARMADO Y DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO**

Este tipo de losas se elabora a base de un sistema de entramado de trabes cruzadas que forman una retícula, dejando huecos intermedios que pueden ser ocupados permanentemente por bloques huecos o materiales cuyo peso volumétrico no exceda de 900kg/m y sean capaces de resistir una carga concentrada de una tonelada. La combinación de elementos prefabricados de concreto simple en forma de cajones con nervaduras de concreto reforzado colado en el lugar que forman una retícula que rodea por sus cuatro costados a los bloques prefabricados. También pueden colocarse, temporalmente a manera de cimbra para el colado de las trabes, casetones de plástico prefabricados que una vez fraguado el concreto deben retirarse y lavarse para usos posteriores. Con lo que resulta una losa liviana, de espesor uniforme.

Entre sus ventajas se encuentra

- Los esfuerzos de flexión y corte son relativamente bajos y repartidos en grandes áreas.
- Permite colocar muros divisorios libremente.
- Se puede apoyar directamente sobre las columnas sin necesidad de trabes de carga entre columna y columna.
- Resiste fuertes cargas concentradas, ya que se distribuyen a áreas muy grandes a través de las nervaduras cercanas de ambas direcciones.
- Las losas reticulares son más livianas y más rígidas que las losas macizas.
- El volumen de los colados en la obra es reducido.
- Mayor duración de la madera de cimbra, ya que sólo se adhiere a las nervaduras, y puede utilizarse más veces
- Este sistema reticular celulado da a las estructuras un aspecto agradable de ligereza y esbeltez.
- El entrepiso plano por ambas caras le da un aspecto mucho más limpio a la estructura y permite aprovechar la altura real que hay de piso a techo para el paso de luz natural. La superficie para acabados presenta características óptimas para que el yeso se adhiera perfectamente, dejando una superficie lisa, sin ocasionar grietas.
- Permite la modulación con claros cada vez mayores, lo que significa una reducción



considerable en el número de columnas.

- La construcción de este tipo de losa proporciona un aislamiento acústico y térmico.
- La ausencia de travesaños a la vista elimina el falso plafón.
- Permite la presencia de voladizos de las losas, que alcanzan sin problema 3 y 4 metros.
- Mayor rigidez de los entrepisos, gran estabilidad a las cargas dinámicas, soporta cargas muy fuertes.
- Su aplicación es muy variada y flexible, bien puede utilizarse en edificios de pocos niveles, ó grandes edificaciones, para construcciones de índole público, escuelas, centros comerciales, hospitales, oficinas, multifamiliares, bodegas, almacenes, construcciones industriales ó casas económicas en serie o residencias particulares.

Los cajones prefabricados se colocan sobre una cimbra plana, dispuestos por pares, uno de fondo y otro de tapa que forman una celda interior cerrada, en el espacio que queda entre los bloques se coloca el refuerzo y se cuele el concreto de las nervaduras. Los cajones y las nervaduras pasan a formar nervaduras de sección doble T, que son elementos resistentes del entrepiso reticular celular. Para que las secciones doble T sean estructuralmente correctas, debe admitirse un monolitismo absoluto entre los elementos prefabricados y el concreto colado en el lugar.

Los bloques precolados se fabrican en tres peraltes diferentes: 20, 17.5 y 12.5 centímetros. En planta las dimensiones standard son: 85 x 85cm, 85 x 75cm y 65 x 65cm. Combinando varias medidas de bloques haciendo variar ligeramente el ancho de las nervaduras, se puede cubrir cualquier claro. El concreto utilizado en la fabricación es de una resistencia mínima de 140kg/cm a los 28 días. El espesor promedio de la pared del bloque es de 1.5cm y el fondo de 1.5 a 3 cm.

## PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

### CIMBRA

Deberá estar perfectamente al nivel requerido, será plana, cuidada y resistente de madera o de metal.

### TRAZO DE LA RETÍCULA.

Se trazan sobre la cimbra los espacios que corresponden a las hileras de bloques de borde, las hileras interiores de cajones formados por los bloques se localizará fácilmente mediante reventones, tomados desde los elementos extremos, conviene indicar sobre la cimbra la posición de estos bloques, con trazos no necesariamente continuos.

Colocación de los bloques. Se podrá hacer al mismo tiempo que el trazo de la retícula, el manejo y colocación de los bloques se hace fácilmente a mano, procurando que asienten muy bien sobre la cimbra.

### ARMADO

Para obtener un recubrimiento adecuado en el refuerzo metálico, conviene colocar calzas, una por cada bloque, sobre las cuales se tienden las varillas del refuerzo inferior, primero en un sentido y luego en otro. A continuación se ponen los estribos en ambas direcciones, después se coloca el refuerzo superior, amarrándose con los estribos, en la posición indicada en los planos constructivos. En la zona del capitel debe revisarse cuidadosamente la colocación del refuerzo, pues es la zona sometida a los máximos esfuerzos y la colocación de su armado es a base de varillas rectas, en las nervaduras del capitel que van de columna a columna y las dos laterales, se colocan dos varillas abajo y dos arriba, aumentando en el capitel la cantidad necesaria para tomar los esfuerzos. En las nervaduras centrales del claro se dispone sólo de una varilla inferior y otra superior. Todo armado dispone sólo de una varilla inferior y otra superior. Todo armado dependerá principalmente del diseño y del cálculo.

Para introducir las instalaciones eléctricas, se colocan sobre el bloque donde se requiera la instalación y se perfora, éstas tuberías o ductos deberán colocarse después de tener terminado todo el armado.

Para las instalaciones sanitarias que generalmente están concentradas en zonas definidas es conveniente alojarlas en esa zona o se puede colgar dichas tuberías de la estructura, pero se tendrá que utilizar un falso plafón Colado.

En las nervaduras centrales, que son las más angostas se deberá tener controlado el colado para asegurarse de que se llene el reducido ancho de la nervadura y una vez que el concreto llegue al nivel de los bloques se enrasará al nivel requerido.

Para colados interrumpidos deberán dejarse las juntas en los sitios de menor esfuerzo.

#### DESCIMBRAR.

Es fácil y rápido, porque la cimbra se adhiere solamente al concreto de las nervaduras, conservándose mucho mejor y teniendo mayor duración.

#### ACABADOS.

Se puede enyesar o aplanar directamente la cara inferior de la losa, ya que la superficie del bloque y de las nervaduras tienen una excelente adherencia a estos acabados. En la cara superior bastará con colocar un fino muy delgado para terminar la superficie y colocar el piso final, o bien entortado para colocar un acabado pétreo. En las losas de azotea la impermeabilización se hace como en cualquier losa de cubierta en azoteas.

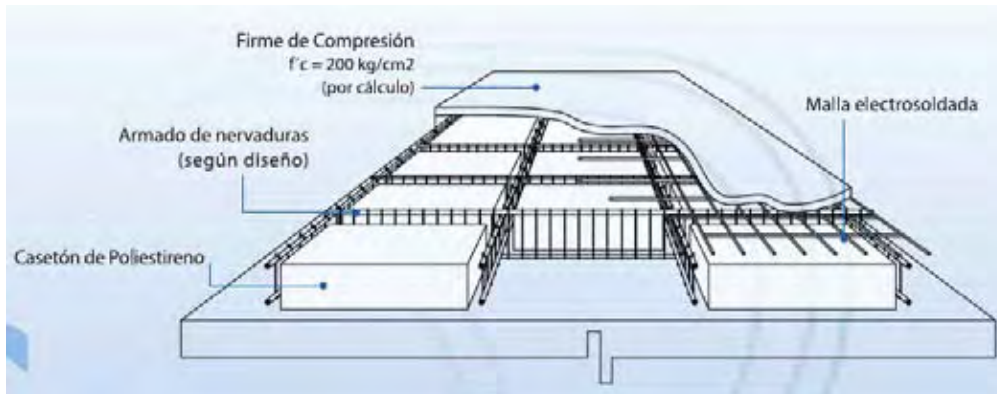
**Tabla 5. Dimensiones de casetones de poliestireno para techo aligerado.**

Ancho	Largo	Espesores
40	40	10, 15, 20, 25
40	50	10, 15, 20, 25
40	60	10, 15, 20, 25
50	50	10, 15, 20, 25
50	60	10, 15, 20, 25
60	60	10, 15, 20, 25

Medidas en centímetros

Fuente: [www.fanosa.com](http://www.fanosa.com)

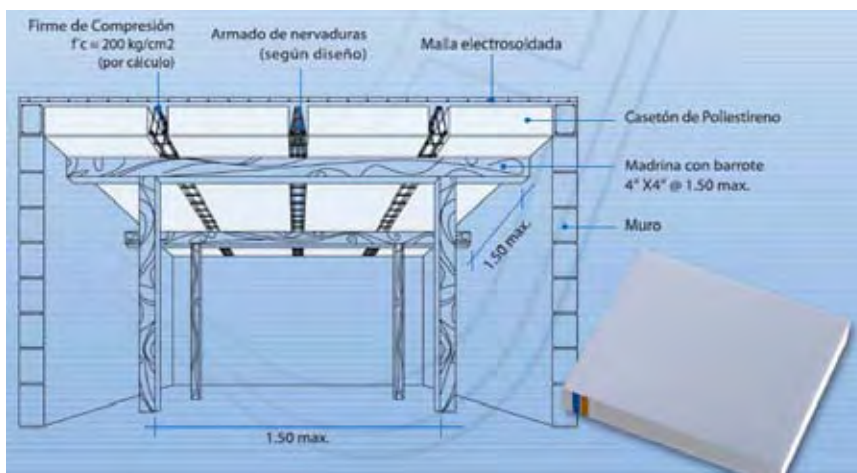
**Gráfico 18. Detalle de armado de techo reticular**



**Gráfico 19. Armado de techo reticular.**



**Gráfico 20. Componentes de techo aligerado en una dirección.**



## 4.2. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN PAREDES.

### 4.2.1 PARED DE TABIQUE RECOCIDO.

#### 4.2.1.1 DETALLE DE ARMADO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.

Los tabiques de barro recocido son los más usados. Los hay de varios tamaños los mas comunes son 7 x 14 x 28 cm; 6.5 x 13 x 27 cm; 6 x 12 x 24 cm: 5 x 10 x 20 cm. También el tabique delgado llamado ladrillo de 2.5 cm de espesor.

**Tabla 6. Tipos y dimensiones de tabique de barro recocido**

Tamaño de tabiques de barro recocido		
Largo	Ancho	Alto
28 cm.	14 cm.	7 cm.
26 cm	13 cm.	6.5 cm.
24 cm.	12 cm.	6 cm.
Tamaño de tabiques de barro recocido		
28 cm.	14 cm.	2.5 cm.
26 cm	13 cm.	2.5 cm.
24 cm.	12 cm.	2.5 cm.
Clase de tabiques		
Tabique bayo	Tabique rojo	Tabique recocho

**Fuente:** 1. Manual de albañilería y Autoconstrucción II, Luis Lesur 2001

#### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

##### 1. Remojar el ladrillo.

Antes de comenzar la construcción del muro, es importante remojar durante algunos minutos el ladrillo para que no absorba el agua de la mezcla con la cual se trabajará.

##### 2. Preparar la Mezcla.

Preparar la mezcla con agua y en las proporciones especificadas, hasta conseguir una masa pastosa lo menos liquida posible.

##### 3. Levantar el muro.

Se inicia la construcción del muro por las esquinas y con una primera hilera o corrida de ladrillos.

Se deberá dejar una junta de mezcla de un centímetro y medio (1.5cm) entre ladrillos. Para asegurar la verticalidad y el alineado del muro, se coloca un hilo guía, asegurado en sus extremos por reglas metálicas. Este hilo orientará la colocación de los ladrillos de la hilera.

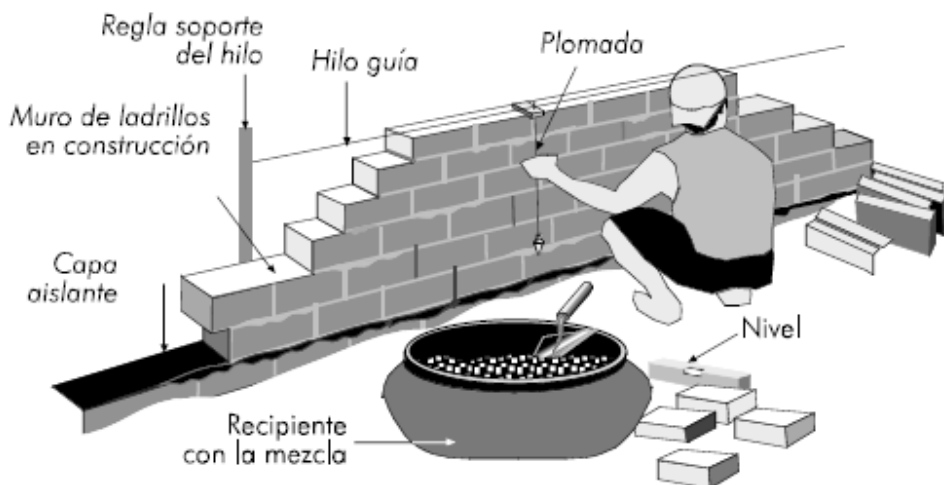
Si se ha previsto que el muro sea de ladrillo visto, se deberá colocar el hilo guía en la primera corrida.

En el caso de que el muro pretenda ser revocado, el hilo guía se colocará cada dos corridas de ladrillos.

La verificación de la horizontalidad del muro en construcción, se realiza con el nivel de burbuja.

Deberá seleccionarse un ladrillo sin muchas imperfecciones. El muro requiere de mayor limpieza durante su construcción, se utiliza el limpiador de juntas.

**Grafico 20. Componentes de muro de tabique recocido.**



**Grafico 21. Muro de tabique recocido.**



**4.3.1 MURO DE TABIQUE EXTRUIDO.**

**4.1.3.1 DETALLE DE ARMADO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.**

El tabique extruido es un ladrillo doble hueco de alta resistencia diseñado para alojar estructuras e instalaciones. No requiere acabado ni pintura, mantenimiento prácticamente nulo.

**PROCESO CONSTRUCTIVO.**

**1. PREPARACIÓN.**

Impermeabilizar las cadenas y zonas de desplante.

El acero de refuerzo vertical de los muros debe de ser anclado en las varillas de la cimentación. Las instalaciones eléctricas e hidráulicas deben colocarse previo colado.

Antes de colocarse los ladrillos deben mojarse a saturación, en la preparación de la mezcla la cantidad de agua debe ser tal que quede espesa y chiclosa para evitar que se escurra por los huecos del tabique extruido.

No debe de agregarse mas agua a una mezcla ya preparada, reduce su resistencia, si no se dispone de una revolvedora mecánica la mezcla se debe de preparar en un lugar adecuado.

## **2. CONSTRUCCIÓN.**

Para desplantar el muro, la primera hilada se comienza en la esquina con los ladrillos extruidos, pasando por uno de sus huecos grandes la varilla del castillo. La siguiente pieza será la indicada en el plano de despiece.

Las mitades pueden cortarse con cuchara o disco, para la mezcla debe ser espesa para que esta no escurra por los huecos, solo debe penetrar entre 5 y 8 mm, para lograr una completa adherencia en la junta vertical se deberá colocar mezcla en toda la superficie.

En los castillos ahogados deben de asegurarse de rellenar completamente, se podrá utilizar mortero tipo 1 o concreto de resistencia indicada en el proyecto.

Las instalaciones eléctricas e hidráulicas quedan ahogadas en los tabiques extruidos, y son rellenados con concreto.

Para las perforaciones, se necesita hacerlo con un taladro usando broca para concreto, y taquetes, en las salidas de apagadores y contactos se utilizan piezas previamente cortadas.

## **3. ACABADOS Y RECOMENDACIONES.**

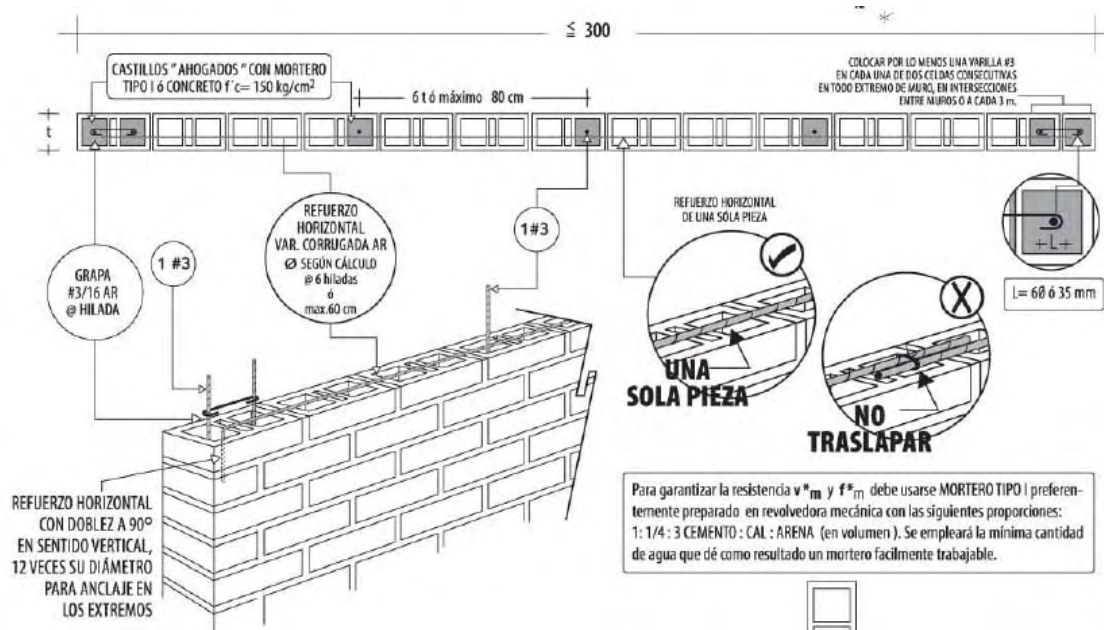
Se debe de vigilar el plomo, para evitar un mal acabado del muro, para el acabado de la junta el marcado de las juntas se hará antes de que endurezca la mezcla a cada 4 o 6 hiladas.

En época de lluvias, se recomienda proteger los muros con plástico para evitar la aparición de manchas.

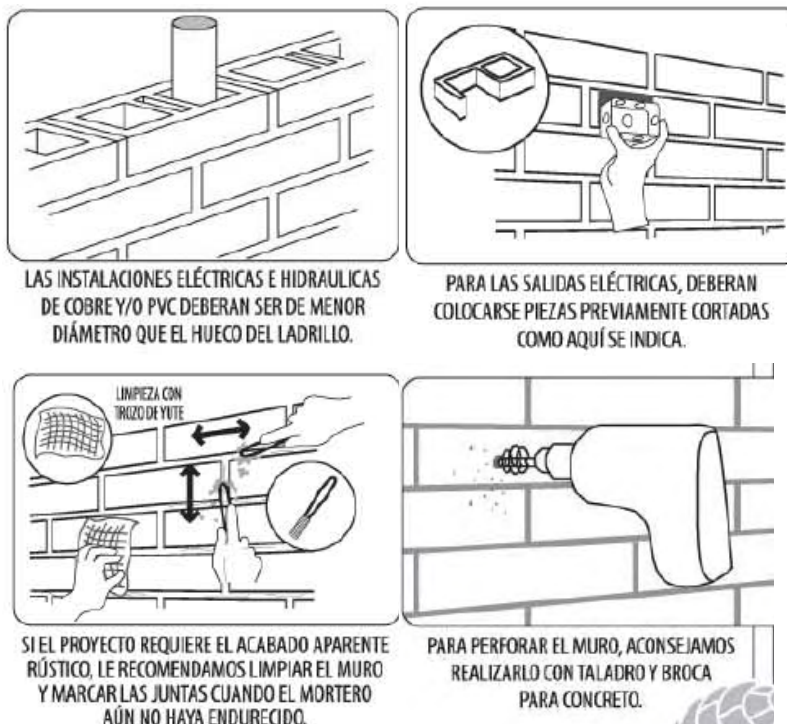
Al termino de la obra, se debe aplicar un repelente de agua para protegerlos de la lluvia, se recomiendan hidrofugantes que no dejan película en la superficie.



**Gráfico 22. Ilustración del sistema con mampostería con refuerzo interior para las condiciones de refuerzo mínimo.**



**Gráfico 23. Usos y recomendaciones.**



**Tabla 7. Características técnicas de los ladrillos extruidos**

NOMBRE COMERCIAL	ANCHO DE MURO (cm)	PIEZAS / m <sup>2</sup> JUNTA DE 1 cm	PESO PROMEDIO kg / PZA	PESO DE LAS PIEZAS kg / m <sup>2</sup>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN kg / cm <sup>2</sup>	ABSORCIÓN % EN PESO	MORTERO PARA JUNTAS l / m <sup>2</sup>	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA W / m·K	RESISTENCIA TÉRMICA m <sup>2</sup> ·K/W	INERCI TÉRMICA minutos
VINTEX 6	12	57.1	1.6	92	140	16-18	14.0	0.744	1.344	168
VINTEX 10	10	32.0	2.6	83	140	16-18	8.80	0.794	1.254	148
VINTEX 12	12	30.7	3.3	102	140	16-18	9.72	0.744	1.344	168

Fuente: [www.novaceramic.com](http://www.novaceramic.com)

#### 4.4.1 MURO DE CONCRETO PREFABRICADO.

##### 4.4.1.1 DETALLE DE ARMADO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.

El sistema constructivo en muro de concreto prefabricado, es un sistema de colado monolítico, el proceso constructivo se describe en el presente capítulo en inciso 4.1.3, donde se muestra el detalle de armado, así como los pasos del sistema constructivo de concreto prefabricado en muros.

#### 4.5.1 MURO DE BLOQUE DE CONCRETO HUECO.

##### 4.5.1.1 DETALLE DE ARMADO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO. BLOQUE DE CONCRETO HUECO.

Trozo grande de concreto que se utiliza como material de la construcción para la elaboración de muros y que está supeditado a las funciones y cualidades que dichos muros vayan a desempeñar.

**Tabla 8. Especificaciones de bloque de concreto hueco.**

Especificaciones técnicas		
Tipos	Medida	Usos principales
No. 4	40 x 10 x 20	Muros internos, divisiones de closets y baños
No. 6	40 x 15 x 20	Paredes, baños, bardas pequeñas y ligeras
No. 8	40 x 20 x 20	Bardas altas o grandes

Fuente: [www.cemexmexico.com](http://www.cemexmexico.com)

ESPECIFICACIONES

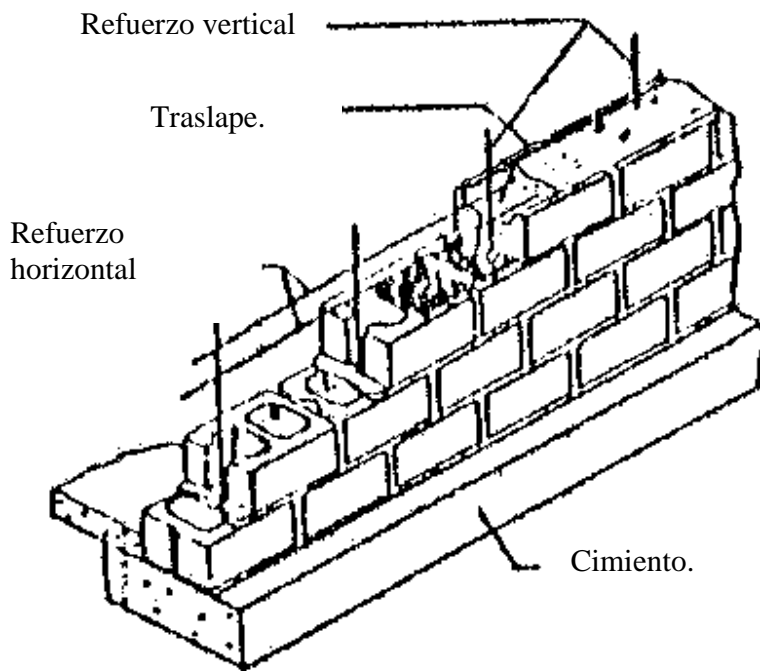
BLOQUES DE CONCRETO VIBROCOMPRESIDO CON UNA RESISTENCIA MÍNIMA A COMPRESIÓN SOBRE ÁREA BRUTA.

TIPO	APLICACIÓN	RESISTENCIA a la compresión (Kg. /cm.)	ABSORCIÓN máxima de agua en 24 hrs.
ESTRUCTURAL	Bardas, muros de carga, muros divisorios.	60	<9.5%

\* Otras resistencias serán fabricadas sobre pedido Tolerancia con respecto a medidas reales  $\pm 3$  mm en altura y  $\pm 2$  mm en largo y ancho. De acuerdo a las Normas Mexicanas NMX-C-404-ONNCCE-2005, NMX-C-036-ONNCCE, NMX-C-037-ONNCCE, NMX-C-038-ONNCCE, y NMX-C-307 JUNTEO: La junta de albañilería debe ser 1 cm de espesor como máximo con una tolerancia de  $\pm 2$  mm. y debe cumplir los valores mínimos que establecen los reglamentos de construcciones locales.

El muro de block requiere de un proceso constructivo diferente al muro de tabique o tabicon. No requiere del uso de castillos como los conocemos, a diferencia del muro de tabique necesita acero de refuerzo vertical y horizontal, al refuerzo horizontal se le llama escalerilla, y al refuerzo vertical consiste en varillas de 3/8" ahogadas desde el cimiento, a una distancia, de la mitad de lo que muro tendría de altura, y después se traslapa su otra mitad, dando los 40 cm de traslape, tanto de una varilla como de la otra.

**Gráfico 24. Detalle de Armado de muro de bloque hueco**



Dentro de ese proceso la escalerilla iría a cada 3 hiladas y los refuerzos verticales a manera de castillos, van cada metro, estas varillas no llevan estribos, y van amarrando con alambre recocido a la escalerilla.

En el caso de las instalaciones se aprovecharían los huecos existentes y para los contactos, salidas de agua, etc ranuramos la pieza, en donde no sea necesario no se recomienda hacerlo para no perder solidez en la pieza.

**Gráfico 25. Construcción de muros utilizando bloque de concreto hueco**



**Grafico 26. Construcción de muros de bloque de concreto hueco e instalaciones hidráulicas.**



**4.6.1 MURO DE BLOQUE DE CONCRETO LIGERO (TABICON).**

**4.1.6.1 DETALLE DE ARMADO Y DESCRIPCION DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.**

Es un material ideal para construir bodegas, casas y muros con un menor costo en mano de obra y juntas de cemento logrando un avance más rápido.

**Tabla 9. especificaciones de bloque de concreto ligero (tabicon).**

Especificaciones técnicas		
Tipos	Medida	Usos principales
Capuchino	7.5 x 13 x 26	Divisiones interiores donde la resistencia no es primordial. Tiene la ventaja de usar menos cantidad de piezas, proporcionándole un mayor espacio.
Intermedio	7.5 x 13 x 25	A este tipo de muro estructuralmente se le pueden confiar las cargas necesarias de acuerdo con su diseño y especificaciones constructivas.

**Fuente:** [www.cemexmexico.com](http://www.cemexmexico.com)

El proceso constructivo del muro de bloque de concreto ligero es similar al sistema de muro de tabique recocado. La diferencia principalmente son las dimensiones y el material por el cual esta compuesto, el tabique recocado esta constituido principalmente por barro, y el bloque esta constituido por concreto ligero o hormigón. Debido a que el presente trabajo de investigación no requiere de la profundidad de explicación de los sistemas constructivos de muros se toma el mismo sistema constructivo que se describe en el inciso 4.2.1, del presente capitulo.

### **Grafico 27. Construcción de muro de block de concreto ligero (tabicon).**



#### 4.7.1 MURO DE PANEL.

##### 4.7.1.1 DETALLE DE ARMADO Y DESCRIPCION DE SISTEMA CONSTRUCTIVO. ENSAMBLE

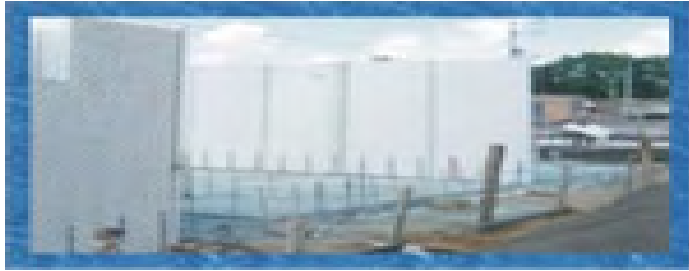
El sistema de muros se basa en la unión de paneles utilizando mallas unión (alambre de acero pulido calibre 14) de 2 cuadros (10cm), 4 cuadros (20cm) y 6 cuadros (30 cm) con una longitud de 2.44 m, por ambas caras del panel.

El no usar dichas mallas en las uniones de paneles provoca la aparición posterior de fisuras o grietas una vez aplicado el mortero. Para las uniones en esquina las mallas se doblan en la obra a 90° o en el ángulo necesario.

### MÉTODO MANUAL

Se amarran con alambre recocido con paneles de muros, con rendimientos aceptables hasta de 40 m<sup>2</sup> por jornada

**Grafico 28. Ensamble de pared de panel.**



### MÉTODO AUTOMÁTICO

Empleando engrapadoras neumáticas, duplicamos el rendimiento y reducimos el tiempo de reducción, muy útil para conjuntos habitacionales. Es posible detallar y modular los muros de un proyecto, para que en conjuntos habitacionales masivos preensamblado sea una opción que agilice ampliamente la colocación de muros con los consecuentes ahorros de ejecución de la obra.

**Grafico 29. Pared de panel ensamblada y armada.**



El anclaje a la cimentación se logra introduciendo las varillas ahogadas en la cimentación previamente, entre el poliestireno y la retícula de alambre del panel, para después realizar un plomeo y alineación de los paneles conforme a los ejes del proyecto. Para facilitar el

alineamiento en muros con gran longitud, pueden colocarse varillas de 3/8" de 40 cm de longitud @60 cm verticalmente en las uniones de los paneles.

Una vez que lo anterior esta hecho, se amarran los paneles a las anclas con alambre recocido y se coloca un apuntalamiento si la altura del muro o su longitud así lo requieren.

La colocación correcta del panel en muros es ubicando el zigzag del panel perpendicularmente al plano del piso, de modo que las hojas del panel se ubicarán con el lado de 1.22m apoyando en la cimentación.

### PUERTAS Y VENTANAS

Los vanos de las ventanas se obtienen trazando con un marcado el hueco y recortando el panel con unas pinzas alicatas o pinzas cortapernos, los sobrantes pueden ser utilizados en los cerramientos de las puertas. Para reforzar el marco de ventanas y puertas, pudiendo así recibir la herrería, se retiran 5 cm de poliestireno del panel, que después se rellanará con mortero cemento-arena, en la etapa de aplicación del mortero a los muros. Es igualmente necesario colocar tiras de mallas de 2 cuadros, con una longitud de 60cm en un ángulo de 45° en las cuatro esquinas de los vanos de las ventanas para reforzar el marco. Procedimiento que se repetirá de igual forma en los vanos de las puertas (esquinas superiores).

### **Grafico 30. Corte de ventana en muro de panel.**





## **CONCLUSIONES CAPITULARES.**

En el presente capítulo se observa que los sistemas constructivos para techos y muros propuestos por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), difieren de los sistemas constructivos que se utilizan en la actualidad, en algunos casos omite el uso de algunos sistemas constructivos para techo y paredes, y en otros incluye sistemas constructivos de techo y muros que no son representativos de lo que comúnmente se utiliza en México.

En los sistemas constructivos comúnmente utilizados en techos y muros considerados en este trabajo de investigación, se muestran algunas ventajas de los sistemas actuales contra los sistemas tradicionales o artesanales, en cuando a la producción y rendimiento en los procesos constructivos, en el capítulo 6 se analizarán cada uno de dichos sistemas con el enfoque de desempeño térmico, para este caso el valor de resistencia térmica “R” que presente cada sistema constructivo de techo o muro contra los valores de las normativas en México en los diferentes bioclimas.

En algunos sistemas constructivos de techo o muros se incluyen materiales aislantes térmicos tales como el poliestireno expandido en el sistema constructivo de techo reticular, en el sistema de techo de panel, además del sistema constructivo de muros de panel, estos sistemas constructivos deberían de presentar un mejor comportamiento térmico, es decir presentar un mayor valor de resistencia térmica “R”, esto se analizará en el capítulo 6, donde se efectuará un comparativo de los sistemas constructivos tradicionales que no consideran aislamiento térmico, contra algunos que son utilizados en la actualidad que consideran aislamiento en techos o muros.

Es un hecho que la demanda vivienda va en aumento año tras año, y el incremento de vivienda en México no cumple con la demanda que existe por parte de la población, tan solo se logró un incremento del 2.5 % en vivienda según INEGI, del periodo de 2000 al 2005, el total de viviendas es de 24.1 millones de viviendas, por otra parte habrá que evaluar si los sistemas constructivos comúnmente utilizados en techos y muros en México en los diversos bioclimas, cumplen con los valores de resistencia térmica “R” para techos y muros de las normativas oficiales, e iniciar en el país una conciencia en la importancia de las consideraciones térmicas de los materiales que son utilizados en los sistemas constructivos de techos y muros en México, en los diversos bioclimas.

## **CAPITULO 5. REGIONES BIOCLIMÁTICAS DE MÉXICO.**

### **INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo define algunos conceptos básicos en el ámbito bioclimático, se muestran las diez regiones o bioclimas que existen en México, así como se muestra en la tabla 1 algunas ciudades representativas de una región o bioclima, en este trabajo no se pretende mostrar la metodología del cálculo de requerimientos de climatización, el objeto es el mostrar la situación actual que existe en México de las condiciones bioclimáticas, y los isorrequerimientos de climatización de varias ciudades del país, además de mostrar la regionalización o bioclimas del país en una manera gráfica, por último se busca el difundir el contenido del atlas bioclimático de México.

### **5.1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES FUNDAMENTALES DEL ÁMBITO BIOCLIMÁTICO**

#### *5.1.1 Clima*

Es el comportamiento estadístico de las variaciones y combinaciones del estado del tiempo (fenómenos meteorológicos) durante un largo periodo, por varias décadas.

#### *5.1.2 Bioclima*

Es la asociación de los elementos meteorológicos de un lugar que influyen en la sensación de bienestar higrotérmico<sup>3</sup> del humano. Estos elementos son principalmente temperatura del aire (bulbo seco), humedad (relativa, específica, absoluta o presión de vapor), radiación solar (duración, cantidad de flujo o irradiancia y calidad), viento (dirección, velocidad y frecuencia) y temperatura de radiación (la del entorno físico interior).

#### *5.1.3 Confort*

La palabra confort es definida por el Diccionario Oxford como: “placer, deleite, bienestar, físico, [...] condiciones o calidad de estar confortable”; a su vez, confortable es definido como algo que: “satisface, proporciona o propende a dar tranquilidad, placer y agrado”. Se está en estado de confort cuando permanecemos ignorantes de las condiciones térmicas, cuando no hay malestar térmico, cuando podemos hacer lo que queramos sin estorbo y sin esfuerzo debido a las condiciones de temperatura y humedad.

---

<sup>3</sup>bienestar higrotérmico se define como la no intervención de los mecanismos termoreguladores del cuerpo para una actividad sedentaria y con un ligero arropamiento.

5.1.4 Zona de confort

Intervalo de temperaturas y humedades en las cuales el humano presenta el mínimo esfuerzo para disipar el calor que genera. En muchos casos la zona de confort se ha considerado fija, los márgenes de confort, al presentarse como universales, no tomaban en consideración el factor de aclimatación que, como la práctica cotidiana indica, puede modificar considerablemente la ubicación de la zona de confort.

En la tabla 1 se muestran las regiones bioclimáticas de México (King, 1994 y Morillón 2004 y 2005):

Tabla 1. Regiones o bioclimas en México.

Regiones	Ciudades por región
<b>1 Semifrío-seco</b>	Tulancingo y Zacatecas
<b>2 Semifrío</b>	Ciudad de México, Toluca, Puebla, Morelia, Tlaxcala y Pachuca
<b>3 semifrío-húmedo</b>	Xalapa
<b>4 Templado-seco</b>	Aguascalientes, Durango, León, Oaxaca, Querétaro, Saltillo, San Luis Potosí y Tijuana
<b>5 Templado</b>	Guadalajara, Guanajuato y Chilpancingo
<b>6 Templado-húmedo</b>	Tepic y Cuernavaca
<b>7 Cálido-seco</b>	Monterrey, Culiacán, Gómez Palacio, La Paz y Torreón.
<b>8 Cálido seco-extremoso</b>	Mexicali, Hermosillo, Ciudad Obregón, Chihuahua y Ciudad Juárez
<b>9 Cálido-semihúmedo</b>	Mérida, Colima, Ciudad Victoria, Mazatlán y Tuxtla Gutiérrez
<b>10 Cálido-húmedo</b>	Acapulco, Madero-Tampico, Campeche, Cancún, Cozumel, Chetumal, Manzanillo, Tapachula, Veracruz y Villahermosa

Fuente: Guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México. (CONAE, FIDE, UNAM, CONAVI, SEMARNAT, AEAEE, SENER).

## 5.2 MAPAS BIOCLIMÁTICOS

En este apartado se presentan los mapas mensuales. Se ha considerado que resultan suficientemente representativos de comportamiento periódico de cada época estacional.

Para la interpretación de las sensaciones térmicas se tiene por tonos lo siguiente:



Descripción de los mapas por estación

**Primavera.** Esta etapa de transición entre el invierno y el verano es en nuestro país la estación más soleada del año, principalmente en abril y mayo. En abril, en gran parte del territorio las condiciones son de calor y en mayo son las más cálidas de todo el año; calor húmedo en las costas, y seco en norte y centro del país.

**Verano.** Las condiciones para junio, julio y agosto son las siguientes: junio con calor en la mayor parte del país; húmedo en las costas y seco en norte y centro del país, julio y agosto calor, y confort en la parte central del país y en montañas (partes altas).

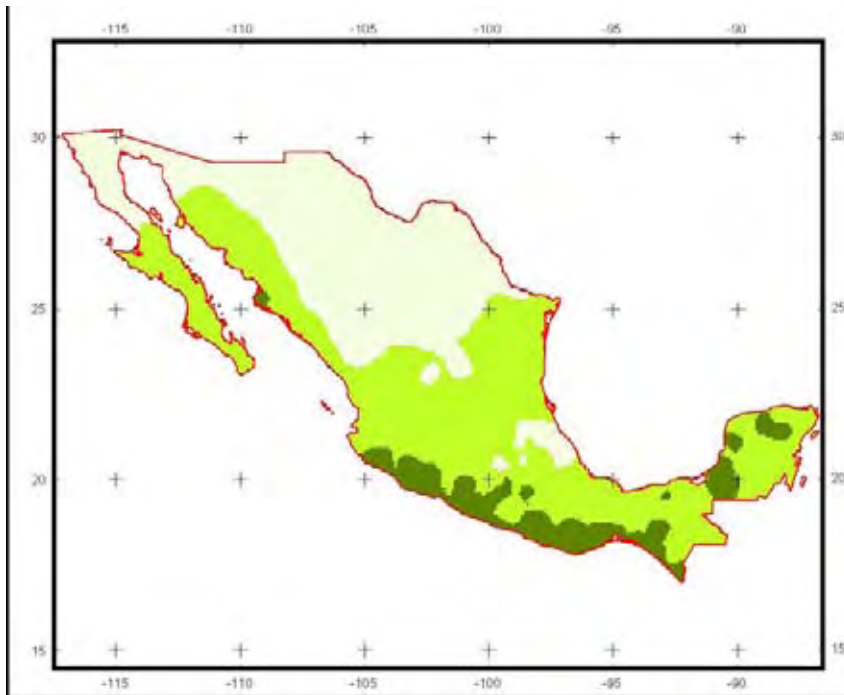
**Otoño.** Las condiciones para septiembre son de confort en el centro del país y partes altas, y continuación del calor seco en el norte. En octubre, aproximadamente 50 % del país presenta condiciones de confort y el resto es porcentaje de calor; húmedo en las costas y seco en norte y centro del país. Noviembre es el mes con las mejores condiciones, hay confort en gran parte del territorio, con excepción de las costas del país y las penínsulas de Yucatán y Baja California, esta última con calor seco.

**Invierno.** Enero es el mes más frío, principalmente en el norte del país y en las partes altas; muy parecidas son las condiciones de diciembre. En ambos meses se presentan en la costa del pacífico, desde Colima hasta Chiapas, condiciones de calor moderado. En febrero las condiciones son parecidas a enero y diciembre<sup>4</sup>.

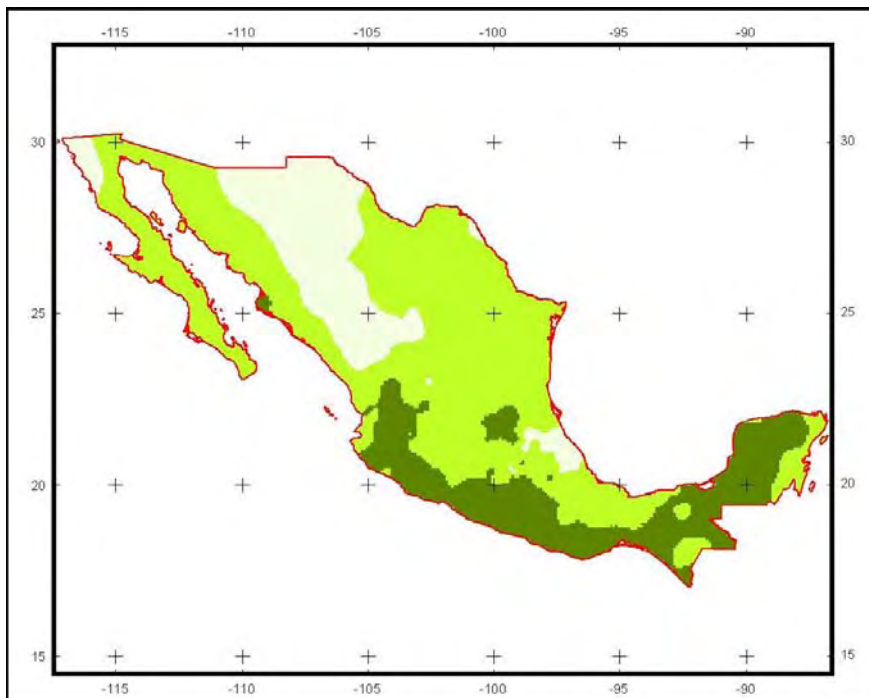
Los presentes mapas permiten identificar, con base en las condiciones de la sensación higrotérmica, las estrategias de climatización pasiva necesaria para la arquitectura confortable de cada lugar; esto es, saber cuándo es necesario introducir viento o protegerse de él, o/y radiación solar, directa e indirecta en un edificio, así como las características térmicas que se requieren de los materiales de la envolvente del edificio.

<sup>4</sup>Atlas de bioclima de México, Morillón Gálvez, David, Instituto de ingeniería UNAM, año 2004, Pág.31

*Fig. 1 Bioclima promedio en el mes de enero*



*Fig. 2 Bioclima promedio en el mes de febrero*



*Fuente:* Atlas de bioclima de México, Morillón Gálvez, David, Instituto de ingeniería UNAM.

Fig. 3: Bioclima promedio en el mes de marzo

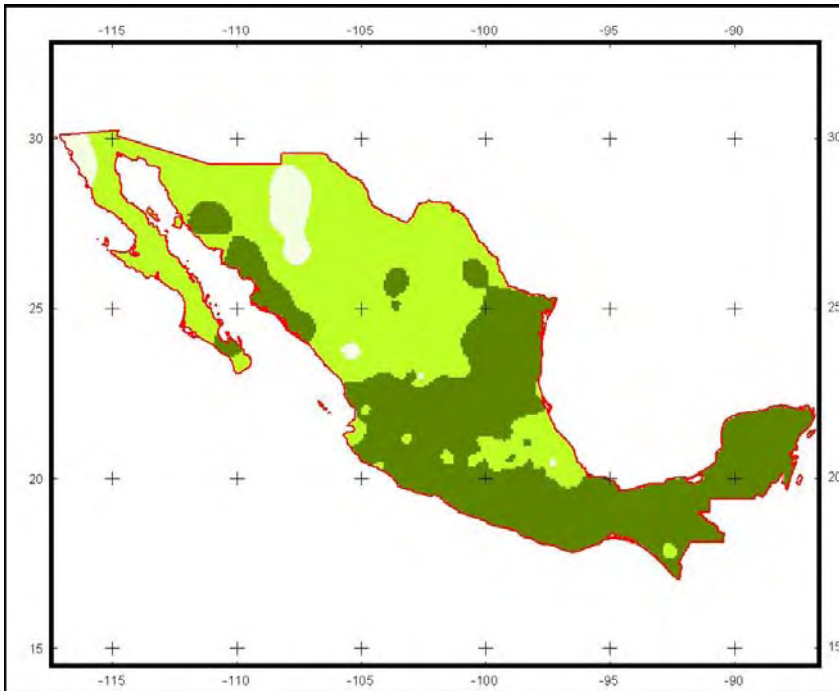
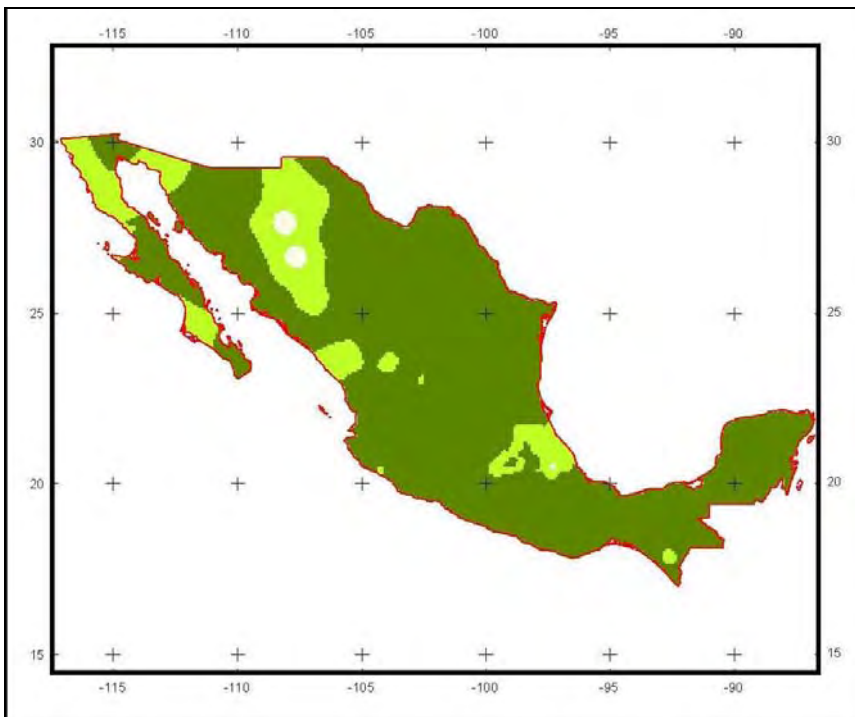
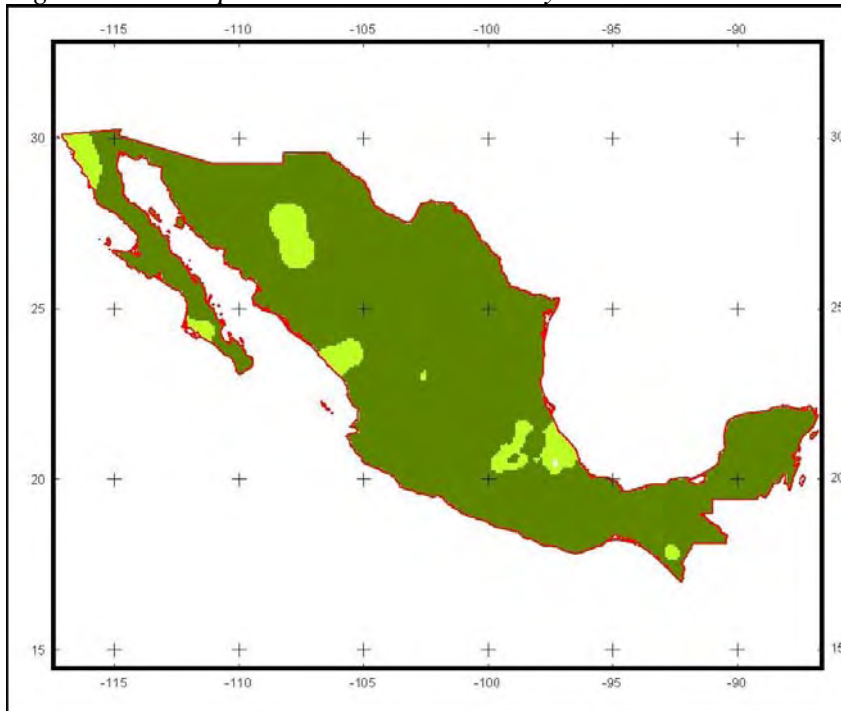


Fig. 4: Bioclima promedio en el mes de abril

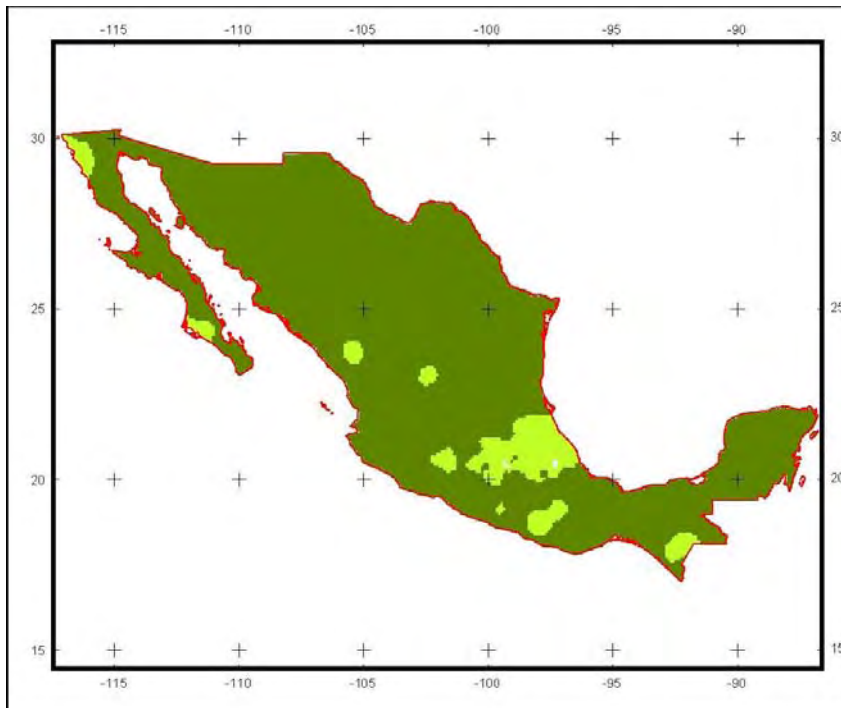


Fuente: Atlas de bioclima de México, Morillón Gálvez, David, Instituto de ingeniería UNAM.

*Fig. 5: Bioclima promedio en el mes de mayo*

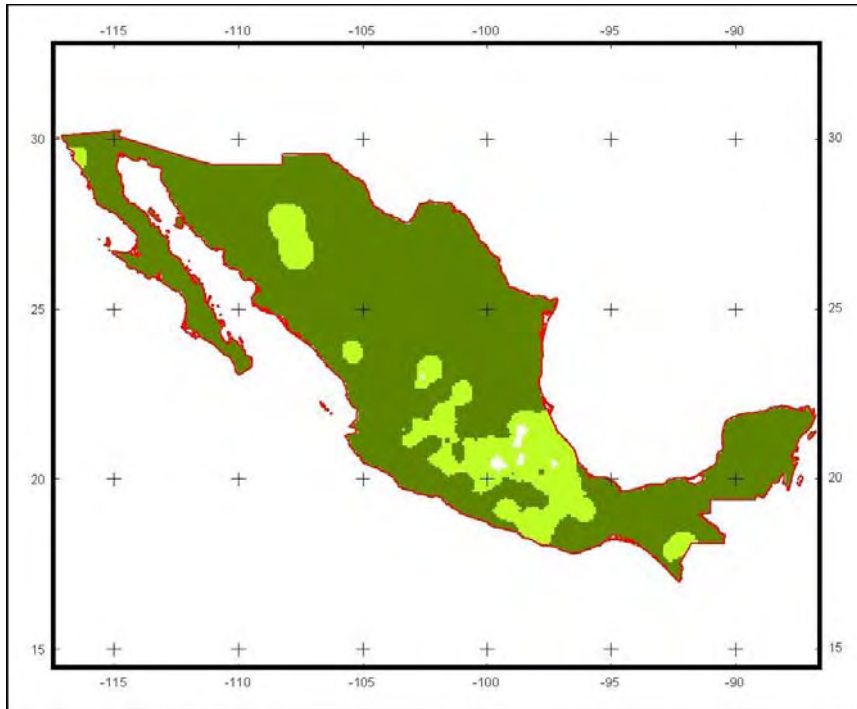


*Fig. 6 Bioclima promedio en el mes de junio*

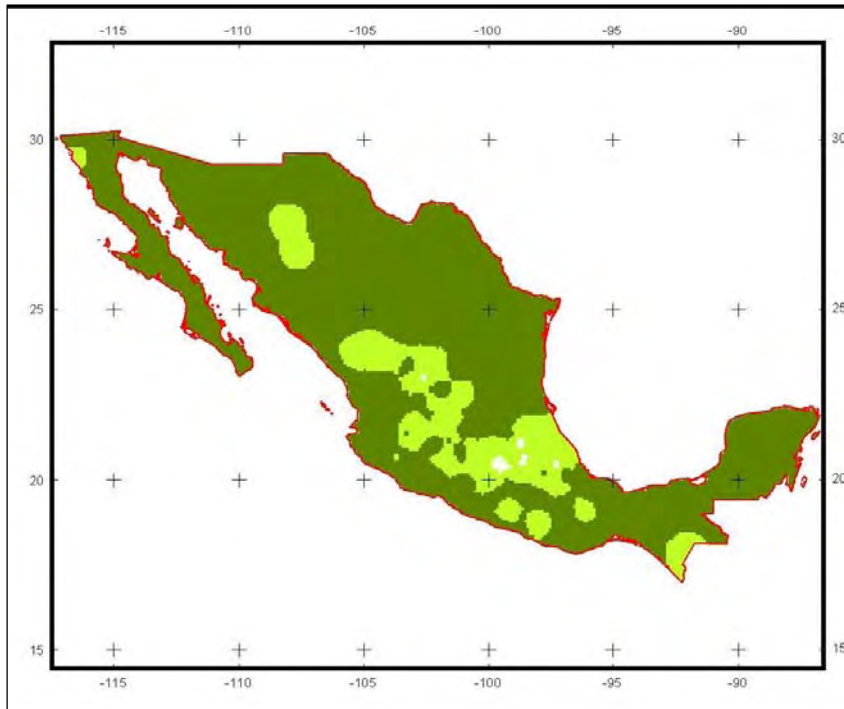


*Fuente:* Atlas de bioclima de México, Morillón Gálvez, David, Instituto de ingeniería UNAM

*Fig. 7: Bioclima promedio en el mes de julio*



*Fig. 8: Bioclima promedio en el mes de agosto*



*Fuente:* Atlas de bioclima de México, Morillón Gálvez, David, Instituto de ingeniería UNAM.



Fig. 9: Bioclima promedio en el mes de septiembre

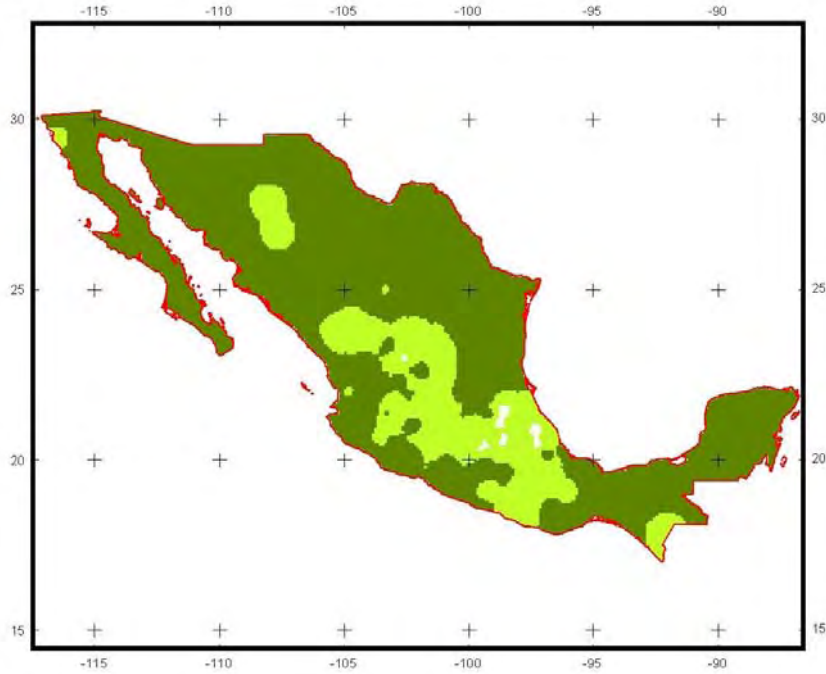
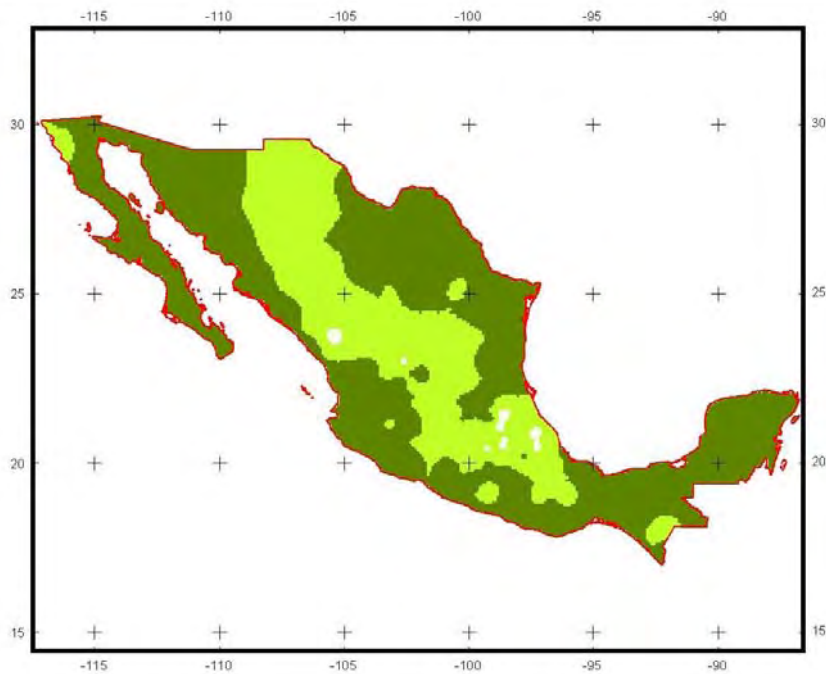
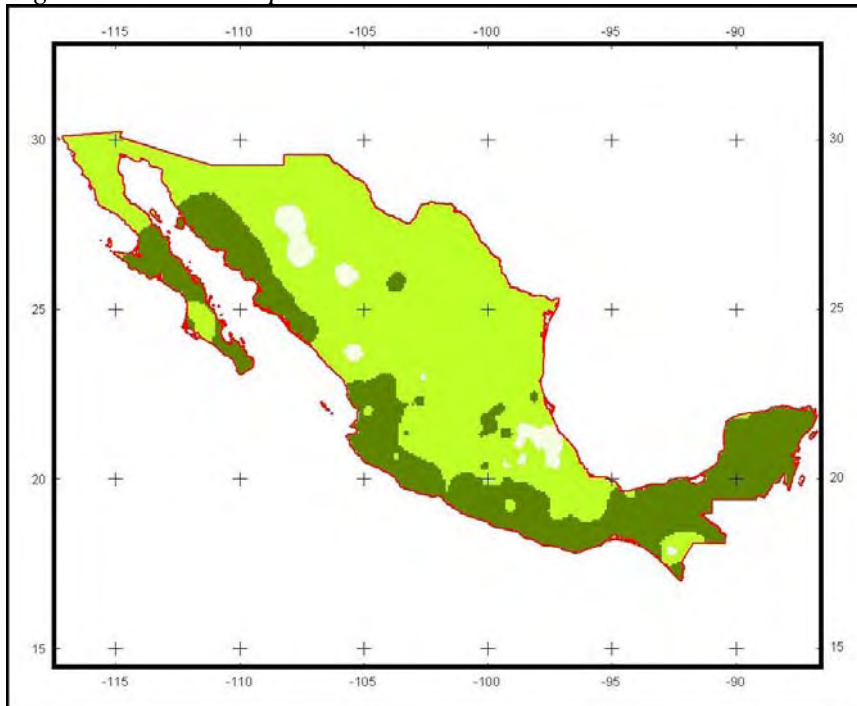


Fig. 10: Bioclima promedio en el mes de octubre

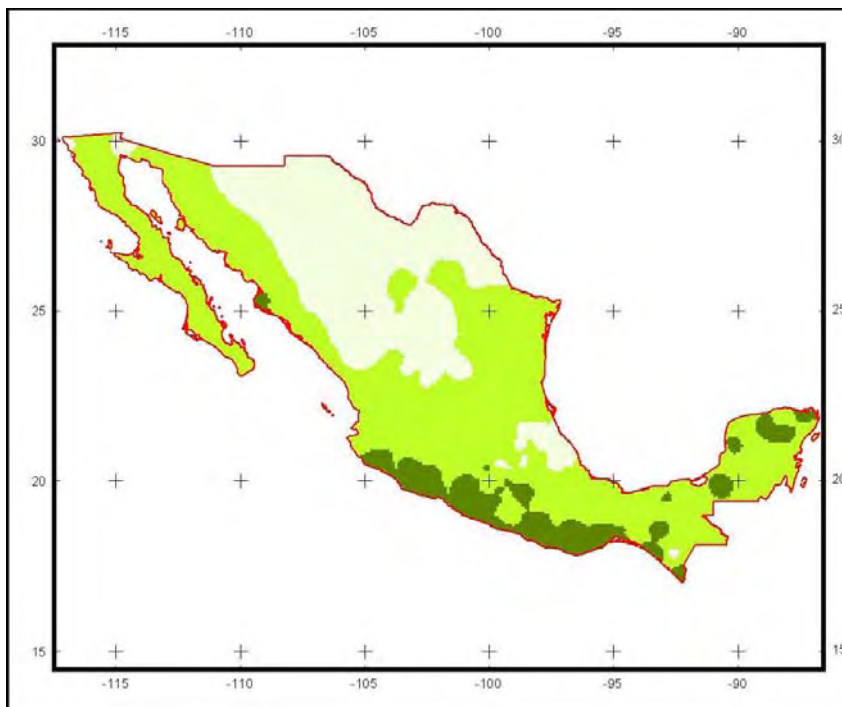


Fuente: Atlas de bioclima de México, Morillón Gálvez, David, Instituto de ingeniería UNAM.

*Figura 11: Bioclima promedio en el mes de noviembre*



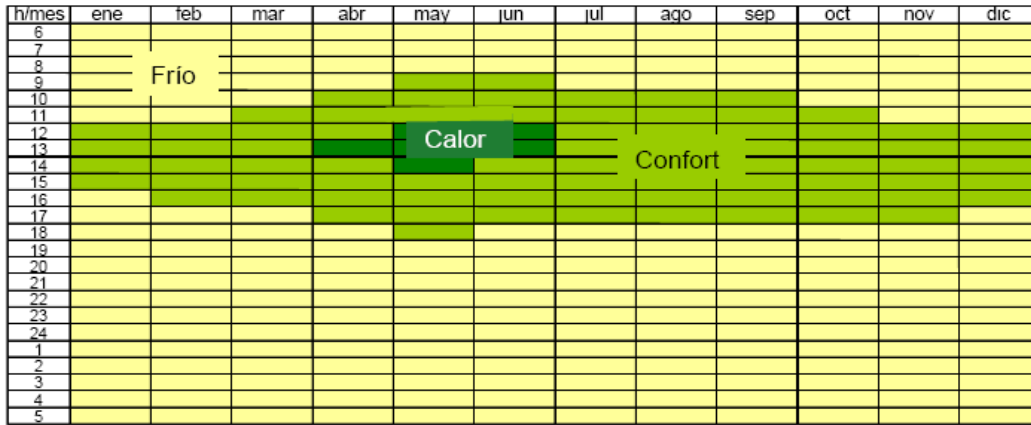
*Fig. 12: Bioclima promedio en el mes de diciembre*



Fuente: Atlas de bioclima de México, Morillón Gálvez, David, Instituto de ingeniería UNAM.

### 5.3 DIAGRAMAS DE ISORREQUERIMIENTOS DE CLIMATIZACIÓN DE BIOCLIMAS DEL PAIS.

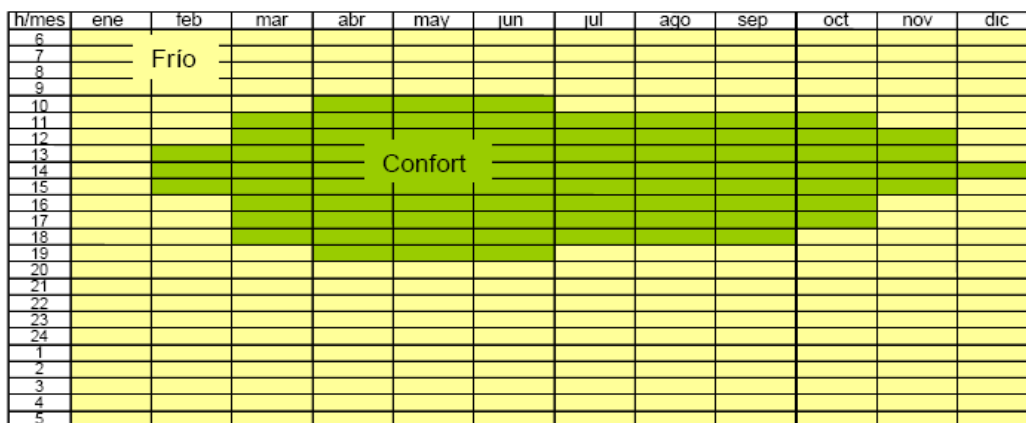
#### Bioclima semifrío seco (Caso Zacatecas).



#### Bioclima semifrío (Caso D.F.).



#### Bioclima semifrío húmedo (Caso Jalapa).



Fuente: Atlas de bioclima de México, Morillón Gálvez, David, Instituto de ingeniería UNAM.

**Bioclima templado seco (Caso Aguascalientes).**

h/mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
6												
7												
8												
9		Frío										
10												
11												
12												
13												
14												
15					Calor				Confort			
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
1												
2												
3												
4												
5												

**Bioclima templado (Caso Guadalajara).**

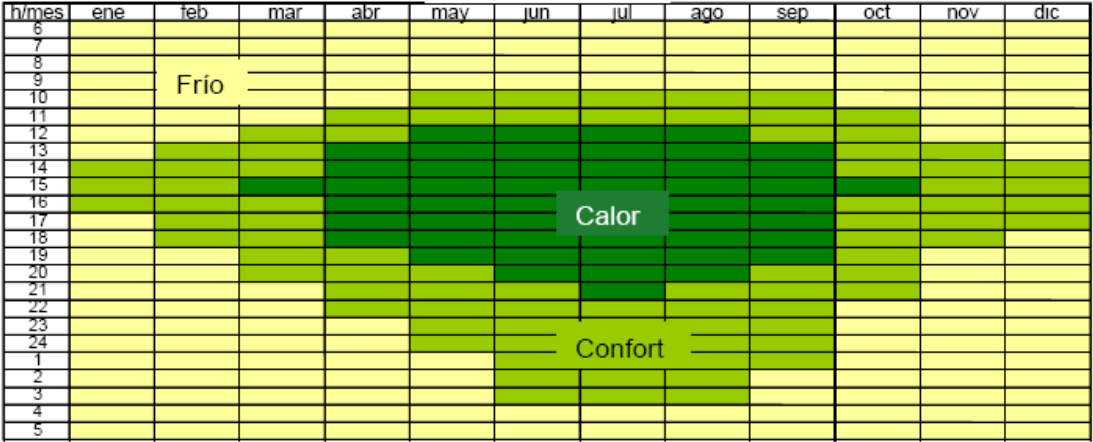
h/mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
6												
7												
8		Frío										
9												
10												
11												
12												
13												
14					Calor							
15												
16												
17												
18								Confort				
19												
20												
21												
22												
23												
24												
1												
2												
3												
4												
5												

**Bioclima templado húmedo. (Caso Tepic)**

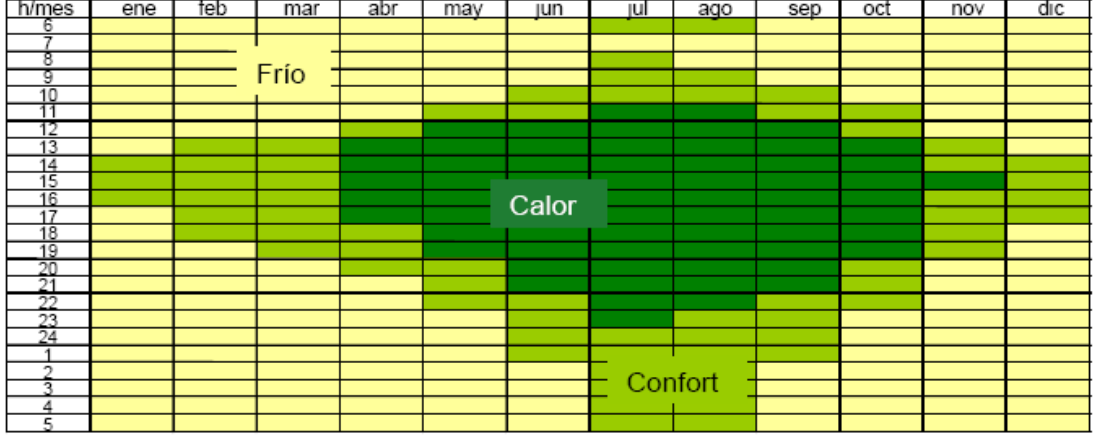
h/mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
6												
7												
8		Frío										
9												
10												
11												
12												
13												
14					Calor							
15												
16												
17												
18												
19												
20								Confort				
21												
22												
23												
24												
1												
2												
3												
4												
5												

Fuente: Atlas de bioclima de México, Morillón Gálvez, David, Instituto de ingeniería UNAM.

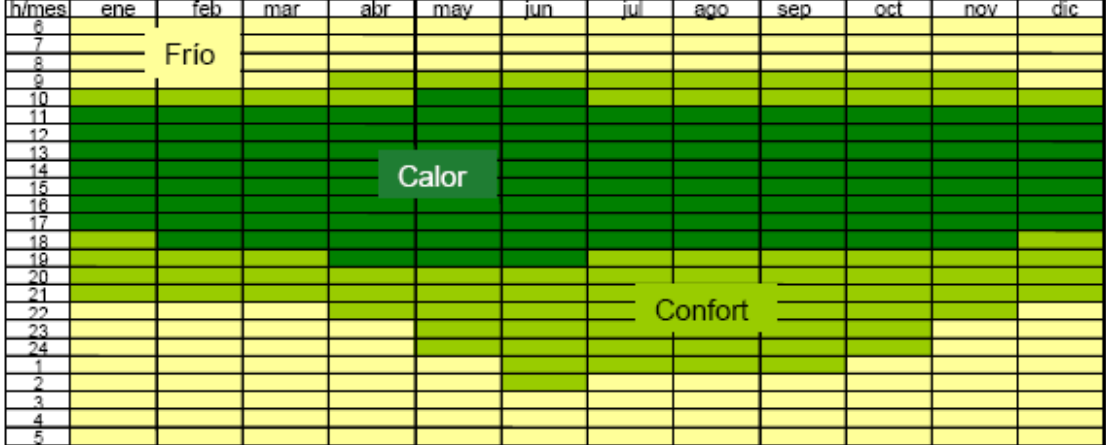
**Bioclima cálido seco (Caso Monterrey)**



**Bioclima cálido seco extremo (Caso Mexicali)**

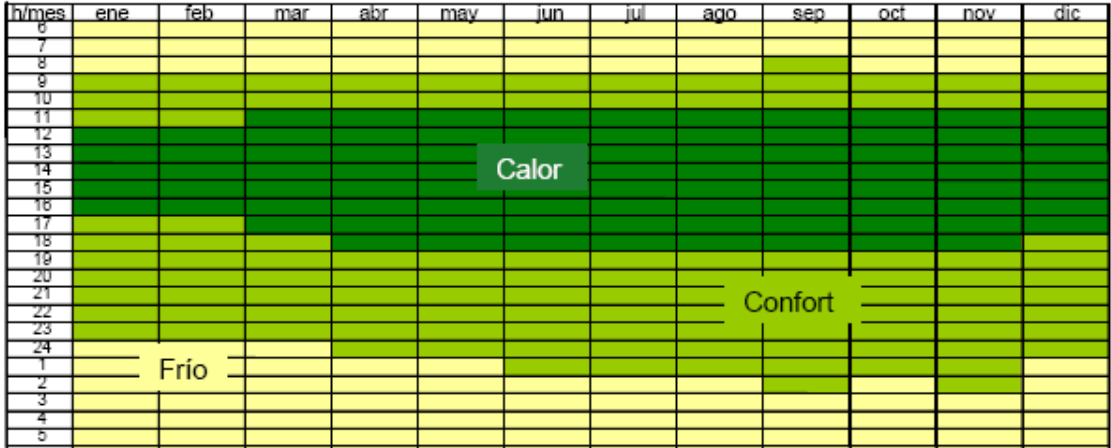


**Bioclima cálido semi húmedo (Caso Colima)**



Fuente: Atlas de bioclima de México, Morillón Gálvez, David, Instituto de ingeniería UNAM.

**Bioclima cálido húmedo (Cancún)**



Fuente: Atlas de bioclima de México, Morillón Gálvez, David, Instituto de ingeniería UNAM.

### **CONCLUSIONES CAPITULARES.**

En el presente capítulo se presentan los mapas climáticos, estos están representados mensualmente para la república mexicana, la base en la elaboración de dichos mapas son las normales climatológicas de la Comisión Nacional del Agua (CNA), esto quiere decir que tienen bases estadísticas confiables, y suficientemente representativas de las condiciones climatológicas del país, se aprecia que la mayor parte del país presenta condiciones de calor para la mayor parte de meses en el año, y solamente en algunas regiones se presentan condiciones de confort en algunos meses durante el año, esto nos lleva a concluir que los valores de resistencia térmica “R” para muros y techos comúnmente utilizados en México deberán ser diferentes de acuerdo a los requerimientos de la región, esto es se deben de adecuar a las condiciones bioclimáticas de ahí que los valores de las normativas sea diferente para cada ciudad.

Los isorrequerimientos por bioclima varían notablemente de uno a otro, siendo los más extremos en cuanto a calor el bioclima cálido seco extremoso donde se presenta mayor calor en lo largo de un día durante el verano, así como el bioclima semifrío húmedo, presenta mayormente condiciones confort a lo largo del año.

En México aun no existe un mapeo de los requerimientos de resistencia térmica “R” que se necesitan por región o bioclima para los sistemas de techos y muros en el país, lo que se utiliza para identificar los bioclimas o regiones son el trabajo de que se presenta en la guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México, donde indica las ciudades representativas de cada bioclima así como sus isorrequerimientos.

En el capítulo 6 de la presente investigación se presentan los valores de resistencia térmica “R” de los sistemas constructivos comúnmente utilizados en techos y muros en México en los diversos bioclimas, se realiza un comparativa contra los valores propuestos en la normativa mexicana, este análisis muestra la situación actual del país en cuando ha si estamos utilizando los sistemas constructivos de techos y paredes en México necesarios para cada región o bioclima con fines de confortabilidad térmica, y demás beneficios.

## CAPITULO 6

### ANÁLISIS DE RESISTENCIA TÉRMICA “R” DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS COMUNES EN TECHOS Y MUROS DE LA VIVIENDA VS LA NORMATIVIDAD OFICIAL SOBRE EL TEMA, EN LOS DIVERSOS BIOCLIMAS DE MÉXICO.

#### INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se analizan los valores de resistencia térmica “R” de los sistemas constructivos de techos y muros, que fueron calculados con la metodología que se muestra en el capítulo 3 del trabajo de investigación, estos valores de “R” se analizarán en comparativo contra los valores de resistencia térmica “R” de los sistemas de techos y muros comúnmente utilizados que proponen las normativas oficiales, el análisis de los valores de “R” se hace por región o bioclima, en el capítulo 5 se describen dichas regiones o bioclimas. A continuación en la tabla 1 se muestran los sistemas constructivos comúnmente utilizados en techos, así como de los materiales del sistema constructivo, y los espesores de los materiales que componen al sistema constructivo, los sistemas constructivos tienen su base en la Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares (INEGH) del INEGI 2006.

**Tabla 1. Sistemas constructivos más comunes en techos.**

Sistema constructivo	Materiales
Concreto armado <sup>1</sup>	Concreto armado 10 cm. Mortero cemento arena interior 1.5 cm. Repellado de yeso 1.5 mm.
Qualylosa <sup>2</sup>	Concreto armado 5 cm. Mortero cemento arena 1.5 cm. Poliestireno Expandido 3 pulg.
Concreto Prefabricado <sup>3</sup>	Concreto armado 10 cm. Mortero cemento arena interior 1.5cm Repellado de yeso 1.5 mm.
Losa-Acero <sup>4</sup>	Concreto armado 10 cm. Lamina Acanalada de Acero 1.25 mm.
Vigueta bovedilla cemento arena <sup>1</sup>	Concreto armado 4 cm. Bovedilla Cemento-Arena 10 cm. Mortero cemento arena interior 1.5 cm.
Techo reticular <sup>5</sup>	Concreto armado 3 cm. Caseton de poliestireno 10 cm. Mortero cemento arena interior 1.5 cm.

Fuente: 1. CEMEX, 2. CONVITEC, 3. Sistema Constructivo MECCANO [www.meccano.com](http://www.meccano.com), 4. IMSAMEX, S.A. DEC. V. [www.imsanet.com/imsaacero/espaniol/productos/acanalada4.htm](http://www.imsanet.com/imsaacero/espaniol/productos/acanalada4.htm), 5. FANOSA, [www.fanosa.com/productos-fanosa/bovedilla.htm](http://www.fanosa.com/productos-fanosa/bovedilla.htm), [www.fanosa.com/productos-fanosa/manuales/caseton-carta.pdf](http://www.fanosa.com/productos-fanosa/manuales/caseton-carta.pdf)



En la tabla 2 se muestran los sistemas constructivos comúnmente utilizados en muros, así como los materiales del sistema constructivo, y los espesores de los materiales que componen al sistema constructivo. Los sistemas constructivos su base en la Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares (INEGH) del INEGI 2006.

**Tabla 2. Sistemas constructivos más comunes en muros.**

Sistema constructivo	Material y espesores
Tabique rojo recocido <sup>1</sup>	Mortero de cal exterior 1.5 cm. Mortero de cal interior 1.5 cm. Yeso 1.5 mm. Tabique rojo recocido 14 cm.
Tabique Extruido <sup>2</sup>	Tabique de barro Extruido 12 cm.
Concreto prefabricado <sup>3</sup>	Mortero de cal exterior 1.5 cm. Mortero de cal interior 1.5 cm. Concreto reforzado 10 cm.
Block de concreto hueco <sup>4</sup>	Mortero de cal exterior 1.5 cm. Block de Concreto Hueco 15 cm.
Block de concreto ligero tabicon <sup>4</sup>	Mortero de cal exterior 1.5 cm. Block de Ligero (Tabicón) 13 cm. Mortero de cal interior 1.5 cm.
QualyPanel <sup>5</sup>	Mortero de cal exterior 1.5 cm. Panel Poliestireno 2 pulg. Mortero de cal interior 1.5cm.

Fuente: 1. Manual de albañilería y Autoconstrucción II, Luis Lesur 2001, 2. NOVACERAMIC, [www.novac ceramic.com.mx/productos/car\\_vintex.html](http://www.novac ceramic.com.mx/productos/car_vintex.html) , 3. Sistema Constructivo MECCANO [www.meccano.com](http://www.meccano.com), 4. CEMEX, 5. CONVITEC

En la tabla 3 se presentan los valores de resistencia térmica “R” en los sistemas constructivos comúnmente utilizados en techos, que fueron calculados con la metodología descrita en el capítulo 3 de la tesis, los resultado de lo valores de resistencia térmica “R” calculados posteriormente se analizan en un comparativo con los valores de resistencia térmica “R” propuestos en la normatividad oficial.

**Tabla 3. Valores de resistencia térmica R, de los sistemas constructivos comúnmente utilizados en Techos.**

Sistema constructivo	Resistencia térmica R (m <sup>2</sup> °K/ W)
Concreto armado	<b>0.311</b>
Qualylosa	<b>2.113</b>
Concreto Prefabricado	<b>0.311</b>
Losa-Acero	<b>0.286</b>
Vigueta bovedilla cemento arena	<b>1.297</b>
Techo reticular	<b>1.38</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4 se presentan los valores de resistencia térmica “R” en los sistemas constructivos comúnmente utilizados en muros, que fueron calculados con la metodología descrita en el capítulo 3 de la tesis. Los resultado de lo valores de resistencia térmica “R” calculados posteriormente se analizan en un comparativo con los valores de resistencia térmica “R” propuestos en la normatividad oficial.

**Tabla 4. Valores de resistencia térmica R de los sistemas constructivos comúnmente utilizados en Muros.**

Sistema constructivo	Resistencia térmica R (m <sup>2</sup> °K/ W)
Tabique rojo recocido	<b>0.405</b>
Tabique Extruido	<b>1.344</b>
Concreto prefabricado	<b>0.297</b>
Block de concreto hueco	<b>1.498</b>
Block de concreto ligero tabicon	<b>0.858</b>
QualyPanel	<b>1.635</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5 se presentan los valores de los requerimientos de resistencia térmica “R” en techos y muros en México, que están especificados en las normativas oficiales, se toman los valores de resistencia térmica “R” para cada región o bioclima de México, en techos y muros.

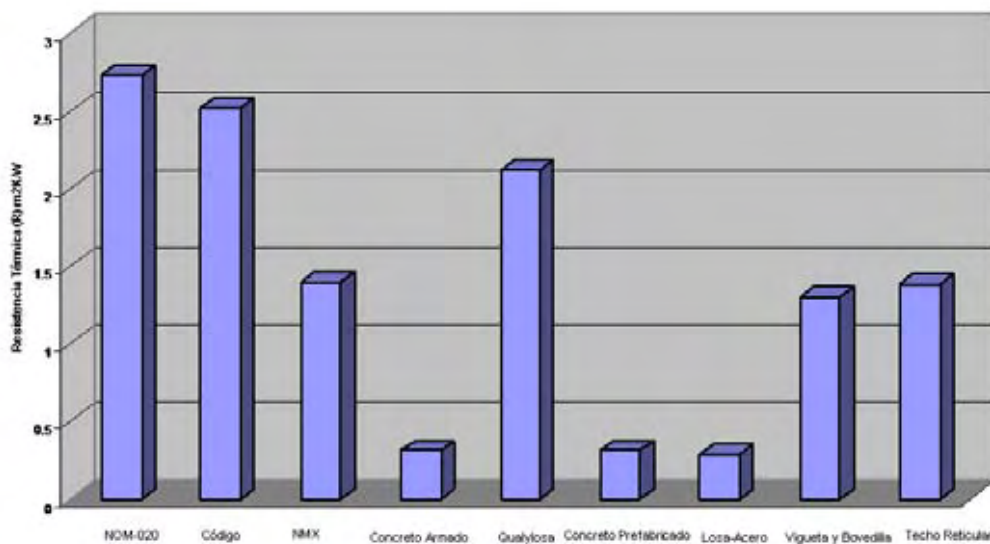
**Tabla 5. Requerimientos de resistencias térmicas (R) de techos y muros en los diferentes bioclimas de México especificados en las normativas.**

BIOCLIMAS <sup>5</sup>	Anteproyecto NOM-020-ENER		Código de Edificación de la Vivienda		APROY-NMX-C-XXX-ONNCCE-2008	
	Techo R (m <sup>2</sup> °K/W)	Muro R (m <sup>2</sup> °K/W)	Techo R (m <sup>2</sup> °K/W)	Muro R (m <sup>2</sup> °K/W)	Techo R (m <sup>2</sup> °K/W)	Muro R (m <sup>2</sup> °K/W)
<b>1 Semifrio-seco</b>	0.838	0.455	0.59	0.46	1.40	1.00
<b>2 Semifrio</b>	0.992	0.455	0.620	0.455	1.40	1.00
<b>3 Semifrio-húmedo</b>	1.190	0.455	0.660	0.46	1.40	1.00
<b>4 Templado-seco</b>	1.111	0.455	0.67	0.455	1.40	1.00
<b>5 Templado</b>	1.264	0.455	0.67	0.46	1.40	1.00
<b>6 Templado-húmedo</b>	1.250	0.455	0.67	0.46	1.40	1.00
<b>7 Cálido-seco</b>	2.083	1.302	1.60	1.30	1.40	1.00
<b>8 Cálido seco-extremoso</b>	2.725	2.342	2.52	2.34	1.40	1.00
<b>9 Cálido-semihúmedo</b>	1.908	0.980	1.30	0.98	1.40	1.00
<b>10 Cálido-húmedo</b>	2.358	1.563	1.910	1.563	1.40	1.00

<sup>5</sup>. Morillón, David, Guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México, CONAVI, 2007.

En la grafica 1 se muestran los valores de resistencia térmica (R) de los sistemas constructivos comúnmente utilizados en techos en México, contra los valores propuestos en la normatividad, se toma el bioclima calido seco-extremoso, debido a que los requerimientos de resistencia térmica máximos propuestos en la normativa se presentan en ese bioclima para techos.

**Gráfica 1 Resistencia térmica (R) de los techos vs. la normatividad: bioclima calido seco-extremoso.**

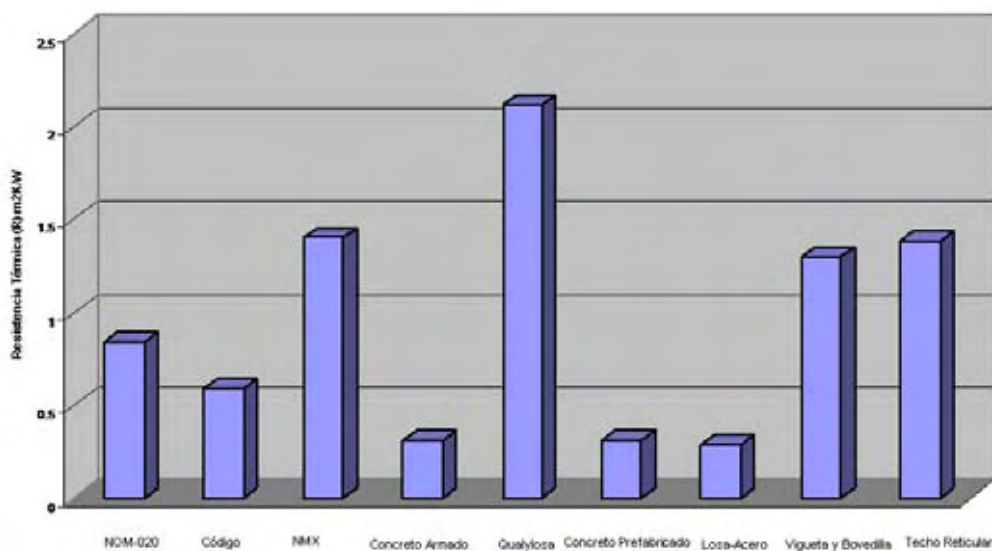


Fuente: Elaboración Propia

En la grafica 1 se observa que ninguno de los sistemas constructivos utilizados cumpliría con las especificaciones o normativas, se aproxima los sistemas que integran aislamiento, como es el caso de la losa aligerada, vigueta y bovedilla, qualylosa.

En la grafica 2 se muestran los valores de resistencia térmica (R) de los sistemas constructivos comúnmente utilizados en techos en México, contra los valores propuestos en la normatividad, se toma el bioclima semifrío seco, debido a que los requerimientos de resistencia térmica mínimos propuestos en la normativa se presentan en ese bioclima para techos.

**Gráfica 2 Resistencia térmica (R) de los techos vs. la normatividad: bioclima semifrío seco.**

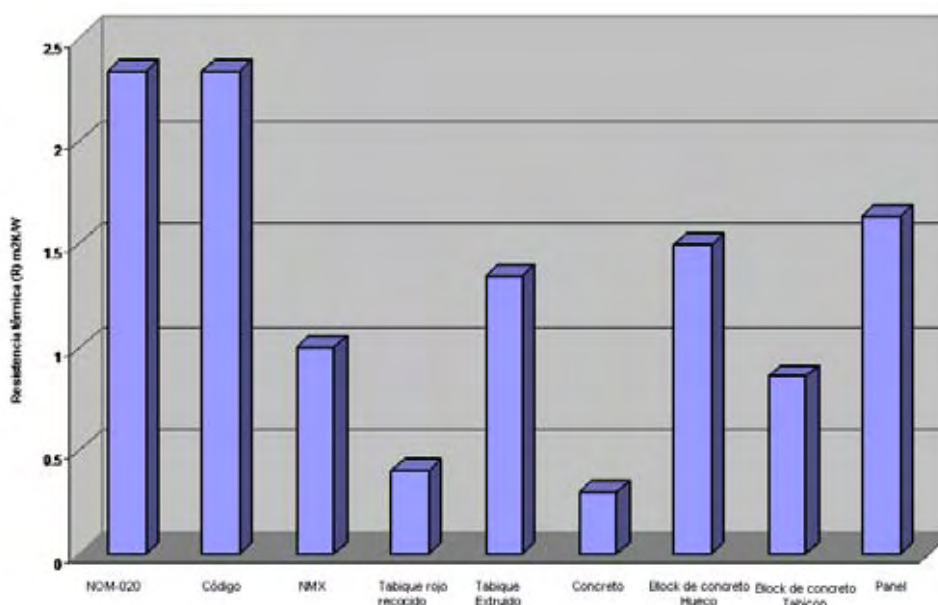


Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica 2 se aprecia que el sistema constructivo que considera capacidad aislante qualylosa rebasa las especificaciones de la normatividad, lo cual en dicho bioclima no es necesario, solo conveniente si se utiliza sistemas de calefacción, para lograr ahorro de energía, los sistemas como concreto y losa acero, tienden a enfriar la vivienda, se observa que los sistemas de vigueta y bovedilla, techo reticular se aproximan de manera muy cercana a los requerimientos normativos.

En la grafica 3 se muestran los valores de resistencia térmica (R) de los sistemas constructivos comúnmente utilizados en muros en México, contra los valores propuestos en la normatividad, se toma el bioclima calido seco-extremoso, debido a que los requerimientos de resistencia térmica máximos propuestos en la normativa se presentan en ese bioclima para muros.

**Gráfica 3 Resistencia térmica (R) de los muros vs. la normatividad: bioclima calido seco extremoso.**

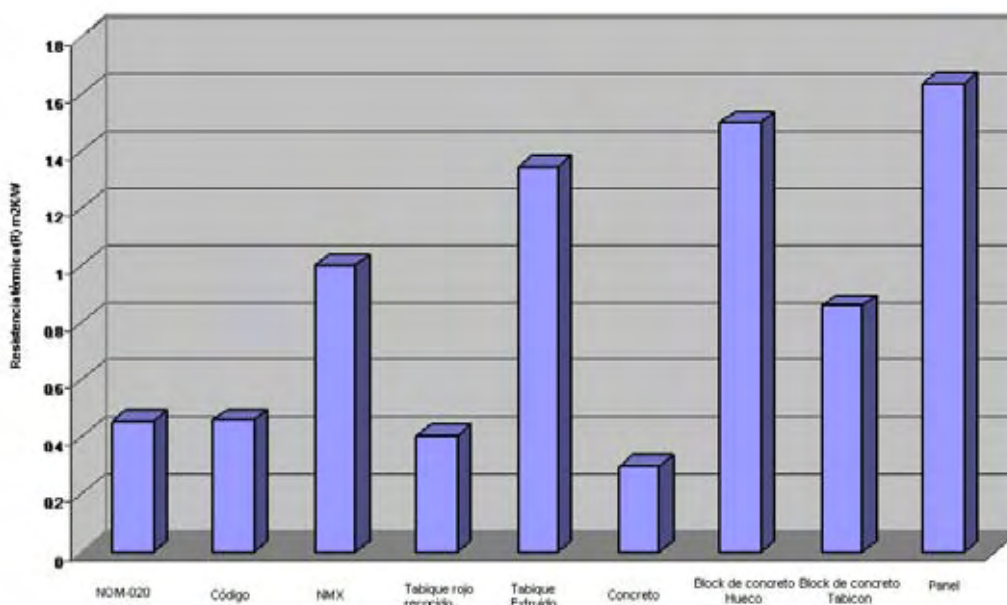


Fuente: Elaboración Propia

En la grafica 3 se puede observar el sistema con capacidad aislante se aproxima a las especificaciones de la normatividad como es el panel, los sistemas constructivos de muros que se aproximan son el block de concreto hueco, tabique extruido, en el caso de los demás sistemas están muy alejados de los requerimientos normativos, lo cual implica que ganarían mucho calor, provocando viviendas calientes, como en el caso de tabique rojo, tabicon, concreto.

En la grafica 4 se muestran los valores de resistencia térmica (R) de los sistemas constructivos comúnmente utilizados en muros en México, contra los valores propuestos en la normatividad, se toma el bioclima semifrío seco, debido a que los requerimientos de resistencia térmica mínimos propuestos en la normativa se presentan en ese bioclima para muros.

**Gráfica 4. Resistencia térmica (R) de los muros vs. la normatividad: bioclima semifrío seco.**



Fuente: Elaboración Propia

En la grafica 4 se aprecia que el sistema constructivo que tiene incluidos aislamiento esta sobrado con relación a las especificaciones normativas como el panel, lo cual implica que no se requiere o es necesario, el tabique extruido y el block de concreto hueco, se observa que cumplen satisfactoriamente con las especificaciones normativas, en caso de los sistemas convencionales, se observa que se aproxima a cumplir con la normas, como es el caso del tabicon, los sistemas constructivos de muro como son tabique recocido y concreto, quedan por debajo de los requerimientos normativos.

## CONCLUSIONES CAPITULARES.

En el presente capítulo se muestran los valores de resistencia térmica “R” de techos y muro en las regiones o bioclimas de México propuestos por las normativas oficiales en el tema estos valores están contenidos en tabla 5, donde se comprueba que existe una diferencia entre los valores de resistencia térmica “R” para techos y muros en las normativas, se observa que los valores de resistencia térmica para muros y techos de aproy-nmx-c-xxx-onncce-2008, son los mismos para todas las regiones o bioclimas, lo cual es cuestionable, debido a que en el capítulo 5 donde se muestran el atlas bioclimático se muestra que las condiciones no son las similares para todos los bioclimas.

Se concluyen con base en los resultados que en el bioclima cálido seco extremo, los materiales en el techo con aislamiento se aproximan a las especificaciones de la normativa, igual sucede en el caso de los muros, lo cual implica que los actuales sistemas constructivos no pasarían las normas sino incluyen aislamiento. En el caso del bioclima semifrío seco, los sistemas con capacidad de aislamiento no son necesario, los sistemas constructivos convencionales les falta poco para cumplir las especificaciones normativas en el caso del techo y en el caso de muros los sistemas constructivos actuales como el tabique puede cumplir con los requerimientos.

Con lo anterior tenemos que la hipótesis planteada en el principio de la investigación donde se menciona que la mayoría de los sistemas constructivos de muros y techos no cumplirían con lo establecido en las normativas oficiales para el valor de resistencia térmica “R”, es correcta. Además de la comprobación de la otra hipótesis donde se plantea que existe una diferencia en el valor de resistencia “R” de los sistemas constructivos de muros y techos en los bioclimas contra los valores de resistencia “R” de las normativas es correcta, ya que es necesario considerar aislamiento térmico para que los sistemas de muros y techos comúnmente en México en los diversos bioclimas puedan cumplir con los requerimientos establecidos.



## CONCLUSIONES

**PRIMERA.** Se presento en el comparativo térmico que los sistemas constructivos comúnmente utilizados en techos y muros en regiones o bioclimas de México, donde los sistemas que actualmente se presentan no cumplirían los requerimientos de resistencia térmica propuestos en las normativas oficiales en manera general, se analizaron los requerimientos normativos de resistencia térmica “R” de los sistemas constructivos de techos y muros para los bioclimas semifrío seco y calido seco extremoso, debido a que en estas regiones se presentan los valores mínimos y máximos de resistencia térmica “R” respectivamente, el comparativo es presentado en los gráficos 1,2,3 y 4 del capítulo sexto, solo algunos sistemas constructivos de techos y muros en algunos bioclimas cumplen con los requerimientos de las normativas.

**SEGUNDA** Se concluye que existe una diferencia entre los valores de resistencia térmica “R” de los sistemas constructivos comúnmente utilizados en los diversos bioclimas en México, contra los valores de resistencia térmica “R” para techos y muros propuestos en la normatividad esto se muestra en los gráficos 1,2,3 y 4, del capítulo sexto, para esto se tendrá que considerar materiales aislantes térmicos estos deben estar certificados y cumplir con la norma oficial mexicana NOM-018-ENER vigente, así como para cumplir con los requerimientos de resistencia térmica “R” propuestas en las normativas oficiales en el tema.

**TERCERA** Se comprueba que existe una discrepancia entre los valores de resistencia térmica “R” para techos y muros, que se presentan en las normativas oficiales en el tema para las regiones o bioclimas de México, estos valores de resistencia térmica “R” para techos y muros se muestran a detalle en la tabla 5 del capítulo sexto de la presente investigación, esto tendrá que ser discutido por las dependencias como CONAE, CONAVI, y demás instituciones encargadas de las normas oficiales en el tema, para llegar a un consenso de los criterios que se deberán tomar en el calculo de el valor de resistencia térmica “R” para muros y techos, o bien para unificar los valores de resistencia térmica de techos y muros en una sola normatividad.

**CUARTA** Se encuentra que los trabajos de investigación relacionadas con diseño bioclimático, dentro de estos el estudio de resistencia térmica “R” en sistemas constructivos en techos y muros, son aún escasos, y en algunos casos nulos, es así que la situación actual es de atraso en relación con países desarrollados como Estados Unidos y Canadá en el continente americano, y los países europeos, donde son temas que incluyeron desde hace décadas en las normativas de sus países, en México es un tema que ha cobrado fuerza desde los noventas con la inclusión de normativas en el tema, pero los resultados en la actualidad aun no son palpables, hay mucho trabajo de investigación que realizar aún en el tema.

**QUINTA** Es una realidad que en México el 90 % de la energía utilizada es no renovable, que provienen de combustibles fósiles para producir electricidad, del total de energía eléctrica consumida en el país 23 % es consumida por el sector de viviendas, comercial y publico, de este porcentaje la vivienda representa el 83 % de energía eléctrica consumida, lo que representa un 9 % del total de las emisiones de bióxido de carbono por consumo de energía eléctrica, de esta manera se concluye que el impacto que se tendría por reducción de emisiones de bióxido de carbono a la atmosfera, es un porcentaje considerable y de beneficios ambientales, por otro lado se concluye que el impacto económico sería considerable a través de las normativas oficiales donde se proponen valores de resistencia térmica “R”, debido a que reducirían el uso de sistemas de climatización artificial, ya que en los últimos años las tarifas de energía eléctrica se han visto incrementadas hasta un 47 %, debido a las política del gobierno en temas de uso de energéticos incluidos en el Programa Sectorial de Vivienda 2001-2006.

**SEXTA** los sistemas constructivos de techos y muros que incluyen materiales aislantes térmicos en su sistema, presentan mayor resistencia térmica “R” en techos y muros, en los diferentes regiones o bioclimas de México esto quiere decir que se adaptar mejor a los requerimientos de cada región o bioclima, pero se observa que esto no es suficiente en algunos casos, donde los requerimientos son mas estrictos como en el caso del bioclima calido seco extremo en los sistemas constructivos de techos y muros, para esta

situación deberá de contemplarse otra solución, como la inclusión de aislamiento térmico extra.

**SEPTIMA.** Las normatividades oficiales en el tema de valores de resistencia térmica “R” en techos y muros, así como en el tema de sustentabilidad de vivienda en el país han tenido un avance considerable con la aparición de las mismas en los noventas, el problema que se identifica plenamente es que además de la publicación de dichas normatividades y después de haber sido aprobadas por los colegios de ingenieros y arquitectos, así como en algunas dependencias del sector de energético, estas no se han difundido, ni aplicado correctamente, debido a que en la parte operativa o figura en los estados, así como en los ayuntamientos que son los encargados de emitir los permisos de construcción, así como de aplicar las sanciones correspondiente, no se han incluido dentro de los reglamentos de construcción, o bien no se cuenta con el profesional capacitado encargado de llevar a cabo la supervisión del cumplimiento de las normatividades oficiales en el tema.

## **RECOMENDACIONES.**

**PRIMERA** Se sugiere revisar y actualizar los sistemas de techos y muros utilizados en México propuestos que esta incluidos dentro de Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares (INEGH) del INEGI 2006, debido que los sistemas de techos y muros presentados son cuestionables, en cuanto a que no son representativos en la actualidad de los utilizados en México, debido a que omite algunos sistemas de techos y muros, y en otros casos incluye algunos sistemas que su utilización están en desuso, o no es apropiada para la construcción de una vivienda.

**SEGUNDA** Se recomienda a las dependencias del sector energético encargadas de emitir las normatividades en el tema de sustentabilidad de vivienda y ahorro de energéticos, para este caso los valores de resistencia térmica “R” en techos y muros en los diversos bioclimas de México, realizar un mesa de trabajo donde se presenten y cuestionen los valores de resistencia térmica en techos y muros en las normativas para logran una unificación y consenso en los valores de resistencia térmica “R” para techos y muros, así como en las metodología utilizada para encontrar los valores propuesto de resistencia térmica “R” en muros y techos, en los diversas regiones o bioclimas.

**TERCERA** En la actualidad no existe un mapeo o un gráfico del país donde se presenten los valores de resistencia térmica “R” de techos y muros en los bioclimas de México, en los países europeos desarrollados están incluidos dentro de su normativa para la construcción de viviendas sustentables, y adecuación a las condiciones bioclimáticas requeridas, es así que en nuestro país será necesario generar un documento donde se presenten gráficamente la delimitación de los valores recomendados de resistencia térmica “R” en techos y muros, con la finalidad de adecuar los sistemas constructivos de techos y muros a las condiciones bioclimáticas de cada porción de la republica mexicana.

**CUARTA** Como se concluyo en el capítulo sexto de la presente investigación, donde se demuestra que es necesario considerar materiales de aislamiento térmico en los sistemas de techos y muros en los bioclimas de México para cumplir con los requerimientos de las normatividades oficiales en el tema, es importante realizar un estudio costo - beneficio del aislamiento térmico en los sistemas constructivo de techos y muros en los bioclimas de México, donde se demuestre las ventajas de ahorro energético, y cuantificar el ahorro que significaría en ahorro de energía eléctrica, por el no uso de esta por concepto de utilización de sistemas de acondicionamiento artificial, este podría ser una continuación de la presente investigación, o futura línea de investigación

**QUINTA** Se sugiere continuar en una línea de investigación de la presente investigación o continuación de la misma, que será la de cuantificar la reducción de bióxido de carbono a la atmosfera debido al cumplimiento de las normativas oficiales en el tema, en los diversas regiones o bioclimas, esto es decir el impacto ambiental que tendrían las normatividades oficiales en el tema en el caso de que estas sean aplicadas en México, con la finalidad de contribuir a la conservación del medio ambiente, así como reducir los efectos del calentamiento global, debido la emisión de bióxido de carbono a la atmosfera, esto es una problemática mundial, no solo nacional.

**SEXTA** Existe una futura línea de investigación, que consistirá en calcular el valor de resistencia térmica de “R” para techos y muros en los bioclimas de México, en función de los requerimientos bioclimaticos de cada región, esto es a través de la metodología presentada por American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), donde se describe una metodología para encontrar los valores de resistencia térmica R para techos y muros en las condiciones bioclimáticas requeridas en la vivienda dependiendo de la región donde esta se encuentre.

**SÉPTIMA** en el capítulo sexto se mencionan los sistemas de techos y muros en México, en base a la fuente de INEGI, debido a toda la problemática y conclusiones encontradas en la presente tesis de los valores de resistencia térmica “R” en los sistemas constructivos comúnmente utilizados en techos y muros en México en los diversos bioclimas, se recomienda que se realicen investigaciones acerca de nuevos materiales en los sistemas constructivos de techos y muros que cumplan con los requerimientos establecidos en las normativas oficiales en el tema, estos nuevos materiales no deberán implicar un sobre costo excesivo encareciendo así el costo de la vivienda, así como un periodo de recuperación relativamente corto.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### TESIS RELACIONADAS CON EL TEMA:

- Roa Madrigal, Mauricio, Análisis del comportamiento térmico de sistemas constructivos para techos y muros de edificaciones de uso habitacional hasta tres niveles. (2000), Facultad de ingeniería, UNAM.
- Rentería Baeza, Mónica Gabriela y Torres Bonilla Erick, Estudio de sistemas constructivos para la industrialización del procedimiento constructivo de vivienda de interés social, (2007), Facultad de ingeniería, UNAM.

### LIBROS:

- Rubio, Oscar, Resultados de Temperatura y Flujos de Calor de un Material Térmico Para Vivienda, Comisión Federal de Electricidad, Primera Edición, Hermosillo, Sonora.
- Morillón Gálvez, David, Atlas de bioclima de México, Instituto de ingeniería UNAM, Primera Edición, México, D.F.
- Morillón, David, (2001), Evaluación y Comparación del Comportamiento Térmico del Concreto Celular, Proyecto No. 1135 para la Empresa Cemex-Concreto, Realizado en el Instituto de Ingeniería-UNAM, p 75, México
- Morillón, David, Guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México, CONAVI, 2007.
- Comisión nacional de la vivienda, Código de edificación de la vivienda, Primera Edición, México, DF.

## ARTÍCULOS.

- David Morillón G. y Luis Rodríguez V., (2000), Normas Mexicanas para la Eficiencia Energética en Edificaciones: Diseño Térmico de la Envolvente, Memorias de la Conferencia Internacional sobre Confort y Comportamiento Térmico de Edificaciones, Universidad de Zulia, Pp. 307-312, Maracaibo, Venezuela
- A. Fernández y D. Morillón (1997), Ganancia Térmica en las Techumbres mas Utilizadas para Vivienda Social, Energía Racional Revista Informativa del Ahorro de Energía Eléctrica, Año 5, No. 23, Pp. 31-35. México.
- Ana C.Barbon Almada, Rafael E. Cabanillas López, Jesús B. Pérez Valenzuela (2007), variación de la resistencia térmica en bloque de concreto hueco para clima extremo (caso invierno y verano), Memorias de la Semana Nacional de la Energía Solar, (ANES).
- Pérez Sánchez María y Pacheco Couoh Lilia (2006), Comportamiento Térmico de un sistema de techumbre ferrocemento, Memorias de la Semana Nacional de la Energía Solar, (ANES).
- Romero moreno y Ramona Alicia (1998), vivienda en Mexicali, B.C., adecuación ambiental y consumo eléctrico, Memorias de la Semana Nacional de la Energía Solar, (ANES).

## NORMAS.

- Anteproyecto de norma mexicana, aroy-nmx-c-xxx-onncce-2008"industria de la construcción - aislamiento térmico – valor “r” para las envolventes en vivienda por zona climática para la república mexicana - especificaciones”
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (2004), Anteproyecto de la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER “Eficiencia Energética en Edificaciones, Envolvente de edificios residenciales, Ed. Conae, México.
- Valera, Adrián. Herrera, Salvador, Normas Técnicas Para Construcción de Viviendas En Climas Extremosos, PAESE-FIDE, Primera Edición, México D.F.



PONENCIAS.

- Martínez Fernández, Julia, El fomento a la Vivienda Sustentable un Nuevo Desafío de la Política Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, Primera Edición. México, D.F.

DIRECCIONES DE INTERNET Y BASE DE DATOS:

[www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx)

[www.fide.org.mx](http://www.fide.org.mx)

[www.conavi.org.mx](http://www.conavi.org.mx)

[www.sie.energia.gob.mx](http://www.sie.energia.gob.mx)

[www.meccano.com.mx](http://www.meccano.com.mx)

[www.covintec.com](http://www.covintec.com)

[www.cemexmexico.com](http://www.cemexmexico.com)

[www.imsanet.com](http://www.imsanet.com)

[www.novaceramic.com.mx](http://www.novaceramic.com.mx)

[www.anippac.org.mx](http://www.anippac.org.mx)

[www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)

[www.panelmg.com.mx](http://www.panelmg.com.mx)

[www.ahorroenergia.org.mx](http://www.ahorroenergia.org.mx)

**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y  
CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y EDIFICACIÓN, S.C.**

**ANTEPROYECTO DE NORMA MEXICANA  
APROY-NMX-C-XXX-ONNCCE-2008**

**"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - AISLAMIENTO TÉRMICO –  
VALOR “R” PARA LAS ENVOLVENTES EN VIVIENDA POR ZONA CLIMÁTICA  
PARA LA REPÚBLICA MEXICANA - ESPECIFICACIONES ”**

**“BUILDING INDUSTRY – INSULATION – “R” VALUE FOR HOUSING  
ENVELOPE BY CLIMATE ZONE FOR MEXICAN REPUBLIC”**

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.  
Ceres #7, Col. Crédito Constructor C.P. 03940, México, D.F. Tel. 56 63 29 50 Fax. 56 63 29 50 ext. 104  
Correo electrónico: [normas@mail.onncce.org.mx](mailto:normas@mail.onncce.org.mx) Internet: <http://www.onncce.org.mx>  
©COPYRIGHT, DERECHOS RESERVADOS ONNCCE, S.C., MÉXICO MMVI



**DOCUMENTO DE TRABAJO**  
**VERSIÓN PRELIMINAR SIN VIGENCIA**  
07 de Abril de 2008

<p>ANTEPROYECTO DE NORMA MEXICANA</p> <p><b>APROY-NMX-C-XXX-ONNCCE- 2007</b></p> <p>Versión 07 de Abril de 2008</p>	<p><b>"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - AISLAMIENTO TÉRMICO – VALOR “R” PARA LAS ENVOLVENTES EN VIVIENDA POR ZONA CLIMÁTICA PARA LA REPÚBLICA MEXICANA - ESPECIFICACIONES”</b></p> <p><b>“BUILDING INDUSTRY – INSULATION – “R” VALUE FOR HOUSING ENVELOPE BY CLIMATE ZONE FOR MEXICAN REPUBLIC”</b></p>
---	---

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.  
Ceres #7, Col. Crédito Constructor C.P. 03940, México, D.F. Tel. 56 63 29 50 Fax. 56 63 29 50 ext. 104  
Correo electrónico: [normas@mail.onncce.org.mx](mailto:normas@mail.onncce.org.mx) Internet: <http://www.onncce.org.mx>  
©COPYRIGTH, DERECHOS RESERVADOS ONNCCE, S.C., MÉXICO MMVI



**COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE  
MATERIALES, PRODUCTOS Y SISTEMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN CTN-1**

## **PREFACIO**

En la elaboración de esta norma, se contó con el valioso apoyo de las siguientes Empresas e Instituciones:

- Asociación de Empresas para el Ahorro de la Energía en la Edificación, A.C. (AEAEE)
- Aislantes Minerales, S.A. de C.V.
- Asociación de Industriales del Fibrocemento, A.C. (AIFIC)
- Armacell, Inc.
- Basf Mexicana, S.A. de C.V.
- Corporación GEO, S.A. de C.V.
- Cemex Concretos, S.A. de C.V.
- Consejo Iberoamericano para la Edificación Sustentable (CIES)
- Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía (CONAE)
- Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI)
- Dow Química Mexicana, S.A. de C.V.
- ENTE
- Eureka, S.A. de C.V.
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE)
- Grupo Metal Intra, S.A. de C.V. (GMI)
- Huper Optik
- Ternium
- Instituto Nacional de Ecología (INE)
- Leanhouse Consulting
- Mexalit Industrial, S.A. de C.V.
- Novidesa
- Polioles, S.A. de C.V.
- Tecnosistemas en Vivienda Sustentable, S.A. de C.V. (TECVIS)
- Termolita, S.A. de C.V.
- The Plycem Company, Inc.
- Urbi vida residencial
- Vitro S.A. de C.V.

## CLASIFICACIÓN POR ZONA CLIMÁTICA

La tabla 1 indica las zonas térmicas que establecen las necesidades de adaptación climática en el interior de las viviendas; considera su vinculación con la clasificación climática internacional común (clasificación Köppen) y la correspondencia con las clasificaciones climáticas y ecológicas utilizadas generalmente para este propósito en la República Mexicana.

Esta clasificación esta diseñada con base al criterio térmico de datos de grados-día año para utilizarse en el diseño y análisis de eficiencia energética en la construcción. Para una explicación más amplia consulte el Apéndice E.

**TABLA 1.** Clasificación por zonas térmicas de acuerdo al criterio térmico para la medición de eficiencia energética en la vivienda y su comparación con las zonas climáticas y ecológicas de la República Mexicana.

Zona Térmica No.	Criterio Térmico	Clasificación Climática Internacional (Clasificación Köppen)	Zona Climática de la República Mexicana (CONAFOVI 2005)	Zonas Ecológicas de la República Mexicana (CONAVI 2008)
1	$5\ 000 < \text{GDR } 10^{\circ}\text{C}$	Aw, BWh	Zona 1 (Aw), Zona 2 (Af) y Zona 5 (BW)	Zona A, Zona B y Zona C
2	$3\ 500 < \text{GDR } 10^{\circ}\text{C} \leq 5\ 000$	Cfa, BWh	Zona 3 (BS), Zona 4 (BS) y Zona 7 (Cw)	Zona A, Zona B, Zona C y Zona D
3A y 3B	$2\ 500 < \text{GDR } 10^{\circ}\text{C} \leq 3\ 500$	Cfa, BSk / BWh / H	Zona 3 (BS), Zona 4 (BS), Zona 5 (BW) y Zona 7 (Cw)	Zona A, Zona B, Zona C y Zona D
3C	$\text{GDR } 10^{\circ}\text{C} \leq 2\ 500$ y $\text{GDC } 18^{\circ}\text{C} \leq 2\ 000$	Cs	Zona 6 (Cs) y Zona 7 (Cw)	Zona B, Zona C y Zona D
4A y 4B	$\text{GDR } 10^{\circ}\text{C} \leq 2\ 500$ y $2\ 000 < \text{GDR } 18^{\circ}\text{C} \leq 3\ 000$	Cfa / Dfa, BSk/BWh/H	Zona 3 (BS), Zona 4 (BS) y Zona 6 (Cs)	Zona A, Zona B, Zona C
4C	$2\ 000 < \text{GDC } 18^{\circ}\text{C} \leq 3\ 000$	Cfb	Zona 6 (Cs) y Zona 7 (Cw)	Zona B, Zona C y Zona D

**Nota 1:** Las subclasificaciones A, B y C en la primera columna, son identificadas como:

- Húmeda (A): Son localidades que cumplen con la siguiente consideración:  $P_{cm} \geq 2,0 (T_c + 7)$
- Seca (B): Son localidades que cumplen con los criterios siguientes:  $P_{cm} < 2,0 (T_c + 7)$

donde:  $P_{cm}$  = Precipitación anual en centímetros;  $T_c$  = Temperatura anual promedio en  $^{\circ}\text{C}$

- Marina (C): Son lugares que cumplen con los cuatro criterios siguientes:

- La temperatura media mensual de los meses más fríos es entre  $-3^{\circ}\text{C}$  y  $18^{\circ}\text{C}$ .
- El promedio de temperatura del mes más caluroso  $< 22^{\circ}\text{C}$ .
- Al menos los cuatro primeros meses con temperaturas promedio arriba de los  $10^{\circ}\text{C}$
- Estaciones secas en verano. El mes con la precipitación más alta en la temporada fría tiene al menos tres veces más precipitación que el mes con la precipitación más baja en el resto del año. La estación fría comprende de octubre hasta marzo en el Hemisferio Norte.

En el Apéndice A se proporciona una lista de las principales localidades del país con su respectiva zona térmica a la que pertenecen de acuerdo al criterio térmico.

**Nota 2:** Para localidades no comprendidas en el Apéndice A, la exactitud climática se ajustará de acuerdo con la diferencia de altura del emplazamiento en relación a la capital del municipio o de la capital del municipio más cercano.

**DOCUMENTO DE TRABAJO**  
**VERSIÓN PRELIMINAR SIN VIGENCIA**  
 07 de Abril de 2008

**ESPECIFICACIONES**

Los elementos constructivos que constituyen a la envolvente de la vivienda, tales como techos, muros y entresijos ventilados deben tener una resistencia térmica mínima total igual o mayor a las indicadas en la tabla 2 de acuerdo donde se localice el proyecto arquitectónico.

La tabla 2 muestra para cada elemento de la envolvente tres especificaciones:

- Resistencia térmica total mínima, es el valor "R" necesario para lograr una condición ambiental que proporcione a los ocupantes de la vivienda un bienestar mínimo para llevar a cabo sus actividades, a través de sistemas constructivos adecuados que permitan aprovechar al máximo los beneficios del exterior.
- Resistencia térmica total para la habitabilidad; es aquella requerida para mejorar el bienestar térmico de los habitantes, al reducir la diferencia de temperatura de las superficies interiores y el ambiente interior mediante el uso de medios naturales, materiales termoaislantes y/o sistemas de aislamiento estructurado.
- Resistencia térmica total para el ahorro de energía, es aquella con características tales que permitan una eficiencia energética por disminución de la capacidad de los equipos de climatización, mediante el empleo de medios naturales e incremento en el aislamiento de la envolvente hasta alcanzar el bienestar térmico para sus ocupantes.

**TABLA 2.** Resistencia térmica total de un elemento o sistema de la envolvente

Zona Climática	Techos m <sup>2</sup> K / W (ft <sup>2</sup> h °F /BTU)			Muros m <sup>2</sup> K / W (ft <sup>2</sup> h °F /BTU)			Entresijos Ventilados m <sup>2</sup> K / W (ft <sup>2</sup> h °F /BTU)		
	Mínima	Habitabilidad	Ahorro de Energía	Mínima	Habitabilidad	Ahorro de Energía	Mínima	Habitabilidad	Ahorro de Energía
1	1,41 (8,00)	2,11 (12,00)	2,64 (15,00)	1,00 (5,70)	1,20 (7,00)	1,40 (8,00)	NA	NA	NA
2	1,41 (8,00)	2,11 (12,00)	2,64 (15,00)	1,00 (5,70)	1,20 (7,00)	1,40 (8,00)	0,70 (4,00)	1,10 (6,00)	1,20 (7,00)
3A y 3B	1,41 (8,00)	2,29 (13,00)	2,82 (16,00)	1,00 (5,70)	1,80 (10,00)	1,90 (11,00)	0,90 (5,00)	1,40 (8,00)	1,60 (9,00)
3C	1,41 (8,00)	2,29 (13,00)	2,82 (16,00)	1,00 (5,70)	1,80 (10,00)	1,90 (11,00)	0,90 (5,00)	1,40 (8,00)	1,60 (9,00)
4A y 4B	1,41 (8,00)	2,64 (15,00)	3,17 (18,00)	1,00 (5,70)	2,10 (12,00)	2,30 (13,00)	1,10 (6,00)	1,80 (10,00)	1,90 (11,00)
4B	1,41 (8,00)	2,64 (15,00)	3,17 (18,00)	1,00 (5,70)	2,10 (12,00)	2,30 (13,00)	1,10 (6,00)	1,80 (10,00)	1,90 (11,00)

**Nota 3:** 1 m<sup>2</sup> K / W = 5,68 ft<sup>2</sup> h °F / BTU

**6.1. Techos**

Para cumplimiento de la presente norma se considera como techo al conjunto de elementos constructivos que lo conforman, tales como plafones, cielo, cubierta, aislamiento térmico, tejas, láminas, vigas y viguetas. Para cumplimiento de los requerimientos térmicos, el techo debe cumplir con lo siguiente:

- 6.1.1 Para alturas máximas útiles de 2,50 m en techos horizontales o de 2,70 m para techos inclinados, en el caso de que una altura sea superior se debe presentar la memoria de cálculo del aislamiento de la envolvente correspondiente.
- 6.1.2 Para minimizar los puentes térmicos, los aislamientos térmicos o las soluciones constructivas, solo podrán ser interrumpidas por elementos estructurales del techo, tales como vigas y/o por tuberías y canalizaciones para las instalaciones domiciliarias.
- 6.1.3 Los materiales para aislamiento térmico o las soluciones constructivas deben cubrir el máximo de la superficie de la parte superior de los muros en su encuentro con el techo, tales como cadenas, vigas o soleras, conformando un elemento continuo por todo el contorno de los muros perimetrales.
- 6.1.4 Para que existe una continuidad en el aislamiento térmico del techo, todo muro que sea parte de

**DOCUMENTO DE TRABAJO**  
**VERSIÓN PRELIMINAR SIN VIGENCIA**  
 07 de Abril de 2008

éste, tal como antepecho, dintel u otro elemento que interrumpa el acondicionamiento térmico del techo y delimite en local habitable o no, debe cumplir con la misma exigencia que le corresponda al techo.

**6.2. Muros**

La presente norma considera como muro o pared al conjunto de elementos constructivos que lo conforman. Los requerimientos que deben cumplir los muros objeto de ésta norma son:

- 6.2.1 Los valores dados en la tabla 2 aplican a los muros, soportantes y no soportantes, que limiten los espacios interiores de la vivienda con el espacio exterior o con uno o más locales abiertos, y no será aplicable a aquellos muros medianeros que separen unidades independientes de vivienda.
- 6.2.2 Los recintos cerrados contiguos a una vivienda por ejemplo bodegas, estacionamientos, baldíos, invernaderos, etc. serán considerados como recintos abiertos para efectos de ésta norma y sólo les será aplicable los requerimientos de la tabla 2 a los paramentos que se encuentren contiguos a la envolvente de la vivienda.
- 6.2.3 Para minimizar la ocurrencia de puentes térmicos en muros perimetrales, los aislamientos térmicos o soluciones constructivas, solo podrán ser interrumpidas por elementos estructurales, tales como pies derechos, diagonales estructurales y/o por tuberías, ductos de las instalaciones domiciliarias.
- 6.2.4 En el caso de que el muro incorpore materiales aislantes, la solución constructiva debe considerar barreras de humedad y/o de vapor, según el tipo de material incorporado en la solución constructiva y/o estructura considerada.

**6.3. Entrepisos ventilados**

Para efectos de ésta norma se consideran como entrepisos ventilados al conjunto de elementos constructivos que lo conforman que no están en contacto directo con el terreno.

Para disminuir la ocurrencia de puentes térmicos en entrepisos ventilados, los aislamientos térmicos o soluciones constructivas, solo podrán ser interrumpidas por elementos estructurales del entrepiso o de las instalaciones domiciliarias tales como vigas, tuberías, ductos o cañerías.

**6.4. Ventanas**

Para efectos de ésta norma el área ocupada por vanos vidriados, tales como: ventanas, puertas (que tengan más de la mitad de vidrio) incluyendo los marcos, muros acristalados o cualquier hueco que permitan el paso de la luz solar debe ser menor al 20% del área total del muro, en caso contrario se debe realizar los cálculos de los vanos vidriados. Para el caso de techos, los vanos deben ser menor al 5% del área total (se incluyen además de los hueco, domos, tragaluces y láminas traslucidas).

En caso contrario se deben cumplir con las especificaciones de la tabla 3.

**TABLA 3. Coeficiente de transmitancia térmica y resistencia térmica para vanos acristalados en muros y techo de la envolvente**

Zona Climática	Muros		Techos	
	Coeficiente "U" W / m <sup>2</sup> K (BTU / hr ft <sup>2</sup> °F)	Valor "R" m <sup>2</sup> K / W (hr ft <sup>2</sup> °F / BTU)	Coeficiente "U" W / m <sup>2</sup> K (BTU / hr ft <sup>2</sup> °F)	Valor "R" m <sup>2</sup> K / W (hr ft <sup>2</sup> °F / BTU)
1	6,80 (1,20)	0,15 (0,83)	4,25 (0,75)	0,24 (1,33)
2	4,25 (0,75)	0,24 (1,33)	4,25 (0,75)	0,24 (1,33)
3A y 3B	3,70 (0,65)	0,27 (1,54)	3,70 (0,65)	0,27 (1,54)
3C	3,70 (0,65)	0,27 (1,54)	3,70 (0,65)	0,27 (1,54)
4A y 4B	2,25 (0,40)	0,44 (2,50)	3,40 (0,60)	0,29 (1,67)
4C	2,0 (0,35)	0,50 (2,86)	3,40 (0,60)	0,29 (1,67)

## **MÉTODOS DE COMPROBACIÓN**

Para la verificación del cumplimiento de las especificaciones de ésta norma, se puede optar entre las siguientes alternativas:

### **8.1. Evidencias de documentación**

En el caso de que los materiales aislantes o la solución constructiva vengan avalados por sellos o registros de certificación deben tener la garantía por parte del fabricante del cumplimiento de los requisitos y características mínimas exigidas en esta norma, por lo que se podrán realizar su recepción e instalación sin necesidad de efectuar comprobaciones o ensayos.

Las evidencias del cumplimiento con esta norma deben estar registradas por el DRO quien debe entregarlas al propietario para ser mostradas a la UV o al OC, según corresponda.

El propietario de la vivienda tiene la opción de solicitar la certificación del cumplimiento de la presente norma a un OC acreditado de conformidad a lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Todas las comprobaciones deben efectuarse en la vivienda cotejando los registros y demás documentos que se mencionan en esta norma.

### **8.2. Procedimiento de cálculo**

El DRO debe documentar y presentar evidencias de:

- Método de cálculo basado principalmente en:
  - o Obtener la resistencia de cada parte térmicamente homogénea del componente
  - o Combinar estas resistencias individuales para obtener la resistencia térmica total del componente, incluyendo (donde sea necesario) el efecto de las resistencias superficiales.
- Especificación y planos de la solución constructiva para techos, muros y entrepisos ventilados que corresponda a alguna de las soluciones;
- El procedimiento de cálculo, puede ser llevado a cabo tal como se indica en el Apéndice C (método simplificado), o por cualquier otro método que establezca la normativa nacional u organismo oficial nacional, demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica total (valor "R") del complejo de techo, muro y entrepiso ventilado en su caso, establecidos en ésta norma.

**Nota 4:** Para los cálculos se permiten las correcciones oportunas en datos climáticos cuando se conozca el microclima local con datos meteorológicos que comprendan al menos un período de 10 años y siempre previa justificación en el proyecto.

## **EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

La vivienda debe cumplir con todas las especificaciones establecidas en ésta norma mexicana correspondiente a la zona térmica en que se ubique.

La vigencia del Informe de Verificación es permanente, mientras la vivienda no sufra modificaciones, lo que se debe comprobar con la licencia de construcción.

La vigencia de la certificación de proyectos tipo de vivienda es de un año con refrendos anuales, sujetos a informar sobre el lugar y características de la edificación de los tipos de viviendas amparadas en el certificado.

## **MARCADO**

Los proveedores sujetos al cumplimiento de la presente norma, deben proporcionar a sus clientes dentro de los 15 días hábiles siguientes al aviso de terminación de obra, la información siguiente:

- Nombre, denominación o razón social
- Domicilio, teléfono, fax, y correo electrónico
- Nombre del representante legal, en su caso
- Nombre y registro del DRO
- Memoria descriptiva del cumplimiento con ésta norma
- Copia o referencia de las certificaciones de los valores "R" de los elementos y componentes industrializados utilizados en la envolvente

**DOCUMENTO DE TRABAJO**  
**VERSIÓN PRELIMINAR SIN VIGENCIA**  
 07 de Abril de 2008

**APÉNDICE A. (NORMATIVO).** Zonas térmicas de las principales localidades de la República Mexicana.



Estado	Localidad	Zona Térmica
Aguascalientes	Aguascalientes	3B
Baja California	Ensenada	3C
	Mexicali	2
	Tijuana	3B
Baja California Sur	La Paz	2
	Los Cabos	2
Campeche	Campeche	1
	Cd. del Carmen	1
Coahuila	Matamoros	2
	Monclova	2
	Piedras Negras	2
	Saltillo	3B
	Torreón	2
Colima	Colima	1
	Manzanillo	1

Estado	Localidad	Zona Térmica
Chiapas	Comitán	2
	San Cristóbal	1
	Ocosingo	2
	Tapachula	1
	Tonalá	1
	Tuxtla Gutiérrez	1
Chihuahua	Chihuahua	3B
	Cuauhtémoc	4B
	Hidalgo del Parral	3B
	Juárez	3B
	Nuevas Casas	3B



**DOCUMENTO DE TRABAJO**  
**VERSIÓN PRELIMINAR SIN VIGENCIA**  
07 de Abril de 2008

Estado	Localidad	Zona Térmica
Distrito Federal	Azcapotzalco	3A
	Contreras	3C
	Cuajimalpa	4C
	G. A. Madero	3A
	Iztapalapa	3A
	Milpa Alta	4A
	Tlalpan	5
	Xochimilco (Tláhuac)	3A
	Xochimilco (San Francisco Tlalnep.)	3C
Durango	Durango	3B
	Lerdo	2
Guanajuato	Acambaro	3A
	Celaya	2
	Dolores Hidalgo	3A
	Guanajuato	3A
	Irapuato	2
	León	3A
	Pénjamo	2
	Salamanca	2
	San Felipe	3A
	San Miguel de Allende	2
	Silao	3A
	Valle de Santiago	3B
Guerrero	Acapulco	1
	Chilapa	3A
	Chilpancingo	2
	Iguala	1
	Taxco	2
	Zihuatanejo	1
Hidalgo	Pachuca de Soto	4B
	Tula de Allende	3A
	Tulancingo	4A
Jalisco	Guadalajara	2
	Lagos de Moreno	3A
	Puerto Vallarta	1
	Ocotlán	2
	Tepatitlán de Morelos	2
	Tlaquepaque	2
	Zapopan	2

Estado	Localidad	Zona Térmica
México	Chapingo	4A
	Ecatepec	4A
	Ixtlahuaca	4A
	Naucalpan	4A
	Texcoco	4A
	Toluca	4A
	Apatzingán	1
Michoacán	Cd. Hidalgo	3A
	Lázaro Cárdenas	1
	Morelia	3A
	Uruapan	3A
	Zamora	2
Morelos	Zitácuaro	3A
	Cuatla	2
	Cuernavaca	2
Nayarit	Temixco	2
	Santiago Ixcuintla	1
Nuevo León	Tepic	2
	Cadereyta	2
	Linares	2
	Montemorelos	2
	Monterrey	2
	Santa Catarina	2
Oaxaca	Oaxaca de Juárez	2
	Salinas Cruz	1
Puebla	Atlixco	3A
	Puebla	3A
	Tehuacán	3B
Querétaro	Querétaro	3A
	San Juan del Río	4A
Quintana Roo	Benito Juárez (Cancún)	1
	Cozumel	1
	Chetumal	1
	Playa del Carmen	1
	Felipe Carrillo Puerto	1
San Luis Potosí	Cd. Valles	3C
	Río Verde	2
	Matehuala	3B
	San Luis Potosí	3B

**ANTEPROYECTO DE NOM-020-ENER**  
Eficiencia energética en edificaciones.- Envolverte de  
edificios residenciales hasta tres niveles

**Anteproyecto de  
NOM-020-ENER**

## **ANTEPROYECTO DE NOM-020-ENER**

**"Eficiencia Energética en Edificaciones"**  
*Envolverte de Edificios Residenciales*

## INTRODUCCIÓN

La normalización para la eficiencia energética en edificios hasta de tres pisos representa un esfuerzo encaminado a mejorar el diseño térmico de edificios, y lograr la comodidad de sus ocupantes con el mínimo consumo de energía.

En México el acondicionamiento de estas edificaciones repercute en gran medida en la demanda pico del sistema eléctrico, siendo mayor su impacto las zonas norte y costeras del país.

En este sentido, esta norma optimiza el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envoltente, obteniéndose como beneficios, entre otros, el ahorro de energía por la disminución de la capacidad de los equipos de enfriamiento y un mejor confort de los ocupantes

Las unidades que se utilizan en esta norma corresponden al Sistema General de Unidades de Medida, único legal y de uso obligatorio en los Estados Unidos Mexicanos, con las excepciones y consideraciones permitidas en su norma NOM-008-SCFI vigente.

## OBJETIVO

Esta norma limita la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envoltente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.

## CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma aplica a todos los edificios nuevos de uso habitacional hasta de tres pisos y las ampliaciones de edificios existentes.

Si el uso de un edificio dentro del campo de aplicación de esta norma, constituye el 90 por ciento o más del área construida, ésta norma aplica a la totalidad del edificio.

## REFERENCIAS

Para la correcta aplicación de esta norma se deben consultar las siguientes normas vigentes.

NOM-008-SCFI      Sistema General de Unidades de Medida.  
NOM-018-ENER     Aislantes Térmicos para Edificaciones.

## ESPECIFICACIONES

### 6.1 Aislamiento térmico promedio de la envoltente del edificio

Cuando se utilice el método de aislamiento térmico promedio, la envoltente debe tener un valor de aislamiento térmico promedio (M) no menor a lo que se establece en la tabla 1.

### 6.2 Presupuesto energético

Cuando se utilice el método de presupuesto energético, la ganancia de calor ( $\phi_p$ ) a través de la envoltente del edificio proyectado, debe ser menor o igual a la ganancia de calor a través de la envoltente del edificio de referencia ( $\phi_r$ ), es decir:

$$\phi_p \leq \phi_r$$

### Características del edificio de referencia

Se entiende por edificio de referencia aquel que conservando la misma orientación, las mismas condiciones de colindancia y las mismas dimensiones en planta y elevación del edificio proyectado, considera las siguientes especificaciones para las componentes de la envoltente:

Techo			
Parte	Porcentaje del área total %	ConductividadT érmica K (W/m <sup>2</sup> K)	Coefficiente de Sombreado CS
Opaca	100	Tabla 1	-----
Transparente	0	-----	-----

Pared			
Parte	Porcentaje del área total %	Conductividad Térmica K (W/m <sup>2</sup> K)	Coefficiente de Sombreado CS
Fachada opaca	90	Tabla 1	-----
Fachada Transparente	10	5,319	1
Colindancia opaca	100	Tabla 1	-----

Para el cálculo de ganancia de calor a través de la envoltente del edificio de referencia no se toma en cuenta la ganancia de calor a través del piso, debido a que se supone que se encuentra sobre el suelo. Sin embargo, en el caso de que el edificio proyectado tenga uno o más pisos de estacionamiento por encima del suelo, se debe sumar la ganancia de calor a través del piso o entrepiso del 1<sup>er</sup> nivel habitable del mismo.

## MÉTODO DE PRUEBA

A continuación se describen los 2 métodos de cálculo para la envoltente de los edificios que son: aislamiento térmico promedio y presupuesto energético.

### Cálculo del aislamiento térmico promedio

Cuando se utilice el cálculo de aislamiento térmico promedio se debe cumplir con las siguientes restricciones: la relación de área transparente al área total de muros libres debe ser menor o igual al 10%, y no se permiten áreas transparentes en el techo.

- a.- Se calcula el área de cada una de las porciones opacas y transparentes de techos, paredes y superficies inferiores del edificio proyectado, para cada una de sus orientaciones.
- b.- Se calcula el aislamiento térmico promedio del edificio proyectado utilizando la siguiente ecuación:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n A_i / K_i}{\text{SUMFROM } i=1^n A_i}$$

M es el aislamiento térmico promedio del edificio proyectado en m<sup>2</sup> K/W;

i es la porción, transparente y opaca, de la parte de la envoltente;

K<sub>i</sub> es el coeficiente global de transferencia de calor en W/m<sup>2</sup> K;

A<sub>i</sub> es el área de la porción en m<sup>2</sup>.

### Cálculo del presupuesto energético

A continuación se describe los cálculos de la ganancia de calor a través de la envoltente del edificio proyectado y del edificio de referencia.

### Cálculo de la ganancia de calor a través de la envoltente del edificio proyectado

La ganancia de calor a través de la envoltente del edificio proyectado, es la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar, es decir:

$$\phi_p = \phi_{pc} + \phi_{ps}$$

en donde:

$\phi_p$  es la ganancia de calor a través de la envoltente del edificio proyectado, en W;

$\phi_{pc}$  es la ganancia de calor por conducción a través de las partes opacas y no opacas de la envoltente del edificio proyectado, en W;

$\phi_{ps}$  es la ganancia de calor por radiación solar a través de las partes no opacas de la envoltente del edificio proyectado, en W.

### Ganancia de calor por conducción

Es la suma de la ganancia por conducción a través de cada una de las componentes, de acuerdo con su orientación, y utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{pc} = \sum_{i=1}^6 \phi_{pci}$$

en donde:

*i* son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur, 5 es oeste y 6 es superficie inferior.

Cualquier porción de la envoltorio con colindancia con la tierra se considera que tiene una ganancia de calor de cero. Sin embargo, si el edificio proyectado tiene ganancia de calor a través del piso, éste debe considerarse como una superficie inferior, y su ganancia de calor debe sumarse a la del resto de la envoltorio. Un ejemplo típico es un edificio cuyo estacionamiento ocupa los primeros pisos.

La ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación *i*, se calcula utilizando la siguiente ecuación:

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

en donde:

$\phi_{pci}$  es la ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación *i*, en W;

*j* son las diferentes porciones que forman la parte de la componente de la envoltorio. Cada porción tendrá un coeficiente global de transferencia de calor. Por ejemplo, una porción típica de una parte opaca de una pared, es un muro formado por un repellado exterior, tabique y un repellado interior, o un repellado exterior, una placa de poliestireno expandido y un tapiz plástico en el interior;

$K_j$  es el coeficiente global de transferencia de calor de cada porción, en W/m<sup>2</sup> K;

$A_{ij}$  es el área de la porción  $j$  con orientación  $i$ , en  $m^2$ ;

$t_{ei}$  es el valor de la temperatura equivalente promedio, para la orientación  $i$ , determinada según la tabla 1, en  $^{\circ}C$ ;

$t$  es el valor de la temperatura interior del edificio, que se considera igual a  $25^{\circ}C$ .

### La ganancia de calor por radiación

Es la suma de la ganancia por radiación solar a través de cada una de las partes no opacas, la cual se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{ps} = \sum_{i=1}^5 \phi_{psi}$$

en donde:

$i$  son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur, 5 es oeste;

La ganancia de calor por radiación solar a través de la componente con orientación  $i$ , se calcula utilizando la siguiente ecuación:

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

en donde:

$\phi_{psi}$  es la ganancia de calor por radiación solar a través de las porciones transparentes de la envoltente del edificio proyectado, en  $W$ ;

$j$  son las diferentes porciones transparentes que forman la parte de la componente de la envoltente. Cada porción tendrá un coeficiente de sombreado, un factor de ganancia de calor solar y un factor de corrección por sombreado exterior. Una porción típica de una parte no opaca es una pared de vidrio, o con bloques de vidrio;

$A_{ij}$  es el área de la porción transparente  $j$  con orientación  $i$ , en  $m^2$ ;



- $CS_j$  es el coeficiente de sombreado del vidrio de cada porción transparente, según la especificación del fabricante, con valor adimensional entre cero y uno;
- $FG_i$  es la ganancia de calor solar por orientación, determinada según la tabla 1, en  $W/m^2$ ;
- $SE_{ij}$  es el factor de corrección por sombreado exterior para cada porción transparente, determinado según la tabla 2, con valor adimensional entre cero y uno;

### Cálculo de la ganancia de calor a través de la envoltente del edificio de referencia

Para que el edificio de referencia corresponda al edificio proyectado, el área total de cada una de las componentes para cada orientación debe ser igual para ambos. Las paredes del edificio de referencia se consideran con 60% de parte opaca (muro) y 40% de parte no opaca (transparente) y el techo con 95% de parte opaca y 5% de parte no opaca.

La ganancia de calor a través de la envoltente del edificio de referencia, es la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar, es decir:

$$\phi_r = \phi_{rc} + \phi_{rs}$$

en donde:

- $\phi_r$  es la ganancia de calor a través de la envoltente del edificio de referencia, en W;
- $\phi_{rc}$  es la ganancia de calor a través de la envoltente del edificio de referencia por conducción, en W;
- $\phi_{rs}$  es la ganancia de calor a través de la envoltente del edificio de referencia por radiación solar, en W.

### Ganancia de calor por conducción

Es la suma de la ganancia por conducción a través de cada una de las componentes, de acuerdo con su orientación, y utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{rc} = \sum_{i=1}^5 \phi_{rci}$$

en donde:

- $i$  son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur y 5 es oeste.

La ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación  $i$ , se calcula utilizando la siguiente ecuación:

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

en donde:

$\phi_{rc}$  es la ganancia de calor por conducción a través de la envoltente del edificio de referencia, en W;

$j$  son las diferentes partes de la componente de la envoltura del edificio de referencia;

$K_j$  es el coeficiente global de transferencia de calor de la envoltente del edificio de referencia  $j$ . Para las partes opacas se determina según la tabla 1, y para las partes transparentes de los techos es 5,952 y para las partes transparentes de las paredes es 5,319, en W/m<sup>2</sup> K;

$A_{ij}$  es el área de cada parte de la envoltente  $j$ , con orientación  $i$ , en m<sup>2</sup>;

$t_{ei}$  es el valor de la temperatura equivalente promedio, para la orientación  $i$ , determinado según la tabla 1, en °C;

$t$  es el valor de la temperatura interior del edificio, que se considera igual a 25 °C.

### Ganancia de calor por radiación

Es la suma de la ganancia por radiación solar a través de cada una de las partes no opacas, la cual se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{rs} = \sum_{i=1}^5 \phi_{rsi}$$

en donde:

$i$  son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur y 5 es oeste.

La ganancia de calor por radiación solar a través de la parte con orientación  $i$ , se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{rsi} = \sum_{i=1}^5 [ Ar_i \times CSr_i \times FG_i ]$$

en donde:

$\phi_{rsi}$  es la ganancia de calor por radiación solar a través de la parte transparente de la envoltente del edificio de referencia, con orientación  $i$ , en W;

$Ar_i$  es el área de la parte transparente de la envoltente del edificio de referencia, con orientación  $i$ , en m<sup>2</sup>;

$CSr_i$  es el coeficiente de sombreado del vidrio empleado en el edificio de referencia, con orientación  $i$ , con valor adimensional de 1,0 para las paredes.

Para las partes opacas de las paredes del edificio de referencia se deben utilizar las temperaturas correspondientes a muro masivo, según se determina en la tabla 1.

**ANTEPROYECTO DE NOM-020-ENER**  
Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltente de edificios residenciales hasta tres niveles

**Anteproyecto de NOM-020-ENER**

TABLA 1 VALORES PARA CALCULO DEL FLUJO DE CALOR A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE

ESTADO	Ciudad	M predeterminado (m²KW) Aislamiento térmico promedio	K de referencia (W/m²K) Presupuesto energético	CONDUCCION												RADIACIÓN					Barrera para vapor			
				OPACA						TRANSPARENTE						TRANSPARENTE								
				Temperatura equivalente promedio te (°C)												Factor de ganancia solar promedio								
				Superficie		Muro masivo				Muro ligero				Tragaluz y domo	Ventanas				FG (W / m²)					
				inferior	Techo	N	E	S	O	N	E	S	O		N	E	S	O	Tragaluz y domo	N		E	S	O
AGUASCALIENTES	Aguascalientes	0.732	0.665	26	37	24	27	25	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
BAJA CALIF. SUR	La Paz	0.881	0.442	30	44	30	34	32	32	36	40	38	39	25	27	28	28	28	322	70	159	131	164	
	Cabo S. Lucas	0.867	0.457	30	43	30	33	31	31	35	39	37	38	25	27	28	28	28	322	70	159	131	164	
	Ensenada	0.683	0.797	24	35	22	24	23	23	28	31	30	30	20	22	22	22	22	322	70	159	131	164	
BAJA CALIFORNIA	Mexicali	0.937	0.392	32	47	33	36	34	35	38	42	40	41	27	28	30	30	30	322	70	159	131	164	
	Tijuana	0.726	0.680	26	37	24	26	25	25	29	32	31	32	21	23	23	24	24	322	70	159	131	164	
CAMPECHE	Campeche	0.899	0.424	31	45	31	35	32	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	284	95	152	119	133	Si
	Cd. Carmen.	0.910	0.415	31	45	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	284	95	152	119	133	
COAHUILA	Monclova	0.893	0.430	31	45	31	34	32	33	36	40	38	39	26	27	28	29	29	322	70	159	131	164	
	Piedras Negras	0.911	0.414	31	46	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	322	70	159	131	164	Si
	Saltillo	0.754	0.619	27	38	25	28	26	26	30	34	33	33	22	24	24	24	25	322	70	159	131	164	
COLIMA	Torreón	0.868	0.455	30	43	30	33	31	31	35	39	37	38	25	27	28	28	28	322	70	159	131	164	
	Colima	0.838	0.489	29	42	28	32	30	30	34	38	36	37	24	26	27	27	27	274	91	137	118	146	Si
	Manzanillo	0.887	0.436	31	44	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	29	274	91	137	118	146	Si
CHIAPAS	Arriaga	0.902	0.422	31	45	31	35	33	33	36	41	39	40	26	27	29	29	29	272	102	140	114	134	Si
	Comitán	0.684	0.794	24	35	22	24	23	23	28	31	30	30	20	22	22	22	23	272	102	140	114	134	
	San Cristóbal	0.607	1.155	22	31	19	20	20	20	25	27	27	26	18	20	20	20	20	272	102	140	114	134	
	Tapachula	0.856	0.468	30	43	29	33	31	31	35	38	37	38	25	26	27	27	28	272	102	140	114	134	Si
CHIHUAHUA	Tuxtla Gutiérrez	0.837	0.491	29	42	28	32	30	30	34	38	36	37	24	26	27	27	27	272	102	140	114	134	Si
	Casas Grandes	0.796	0.547	28	40	27	30	28	28	32	36	34	35	23	25	25	26	26	322	70	159	131	164	
	Chihuahua	0.812	0.523	28	41	27	30	29	29	33	36	35	36	24	25	26	26	26	322	70	159	131	164	
	Cd. Juárez	0.826	0.504	29	41	28	31	29	29	33	37	35	36	24	25	26	27	27	322	70	159	131	164	
D. F.	H. del Parral	0.770	0.590	27	39	26	28	27	27	31	34	33	34	23	24	25	25	25	322	70	159	131	164	
	México (a)	0.632	1.008	23	32	20	22	21	21	26	28	28	27	19	20	21	21	21	272	102	140	114	134	
	Durango	0.734	0.660	26	37	24	27	25	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	322	70	159	131	164	
DURANGO	Lerdo	0.859	0.465	30	43	29	33	31	31	35	39	37	38	25	26	27	28	28	322	70	159	131	164	
	Guanajuato	0.699	0.749	25	35	23	25	24	24	28	31	30	30	21	22	23	23	23	274	91	137	118	146	
GUANAJUATO	León (b)	0.747	0.633	26	38	25	27	26	26	30	33	32	33	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
	Acapulco	0.905	0.420	31	45	31	35	33	33	36	41	39	40	26	28	29	29	29	274	91	137	118	146	Si
	Chilpancingo	0.750	0.627	26	38	25	27	26	26	30	34	32	33	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
GUERRERO	Zihuatanejo	0.846	0.479	29	42	29	32	30	30	34	38	36	37	25	26	27	27	27	274	91	137	118	146	
	Pachuca	0.594	1.254	22	30	18	20	20	19	24	26	26	26	18	19	19	19	20	272	102	140	114	134	
	Tulancingo	0.615	1.100	22	31	19	21	20	20	25	27	27	27	18	20	20	20	20	272	102	140	114	134	

**ANTEPROYECTO DE NOM-020-ENER**  
Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltente de edificios residenciales hasta tres niveles

**Anteproyecto de NOM-020-ENER**

TABLA 1 (continuación) VALORES PARA CALCULO DEL FLUJO DE CALOR A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE

ESTADO	Ciudad	M predeter minado (m²K/W) Aislamiento térmico promedio	K de referencia (W/m²K) Presupuesto energético	CONDUCCIÓN												RADIACIÓN				Barrera para vapor				
				OPACA						TRANSPARENTE						TRANSPARENTE								
				Temperatura equivalente promedio te (°C)												Factor de ganancia solar promedio								
				Superficie inferior	Techo	Muro masivo				Muro ligero				Tragaluz y domo	Ventanas				FG (W / m²)					
N	E	S	O			N	E	S	O	N	E	S	O		Tragaluz y domo	N	E	S	O					
JALISCO	Guadalajara (c)	0.744	0.640	26	37	24	27	26	26	30	33	32	32	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
	Huejucar	0.747	0.632	26	38	25	27	26	26	30	33	32	33	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
	Lagos de Mor.	0.721	0.692	26	36	23	26	25	25	29	32	31	31	21	23	23	23	24	274	91	137	118	146	
	Ocotlán	0.752	0.623	26	38	25	27	26	26	30	34	33	33	22	23	24	24	25	274	91	137	118	146	
MEXICO	Puerto Vallarta	0.900	0.424	31	45	31	35	32	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	274	91	137	118	146	
	Chapingo, Texc.	0.634	0.997	23	32	20	22	21	21	26	28	28	27	19	20	21	21	21	274	91	137	118	146	
MICHOACÁN	Toluca	0.558	1.620	21	28	17	18	18	17	23	25	25	24	17	18	18	18	19	274	91	137	118	146	
	Morelia	0.691	0.772	25	35	22	25	24	23	28	31	30	30	20	22	22	22	23	274	91	137	118	146	
MORELOS	Lázaro Carden.	0.886	0.438	30	44	30	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	28	274	91	137	118	146	
	Uruapan	0.696	0.757	25	35	22	25	24	24	28	31	30	30	21	22	22	23	23	274	91	137	118	146	
NAYARIT	Cuernavaca	0.748	0.631	26	38	25	27	26	26	30	33	32	33	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
	Cuautla	0.812	0.524	28	41	27	30	29	29	33	36	35	36	24	25	26	26	26	274	91	137	118	146	
NAYARIT	Tepic	0.776	0.580	27	39	26	29	27	27	31	35	33	34	23	24	25	25	25	274	91	137	118	146	
NUEVO LEÓN	Monterrey (d)	0.872	0.451	30	44	30	33	31	32	35	39	37	38	25	27	28	28	28	274	91	137	118	146	
OAXACA	Oaxaca	0.737	0.655	26	37	24	27	26	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	272	102	140	114	134	
	Salina Cruz	0.915	0.411	31	46	32	35	33	34	37	41	39	40	26	28	29	29	29	272	102	140	114	134	
PUEBLA	Puebla	0.658	0.889	24	33	21	23	22	22	27	29	29	28	20	21	21	21	22	272	102	140	114	134	
	Atlixco	0.695	0.761	25	35	22	25	24	24	28	31	30	30	21	22	22	23	23	272	102	140	114	134	
QUERÉTARO	Tehuacán	0.697	0.754	25	35	22	25	24	24	28	31	30	30	21	22	22	23	23	272	102	140	114	134	
	Querétaro	0.729	0.673	26	37	24	26	25	25	29	33	32	32	21	23	23	24	24	274	91	137	118	146	
QUINTANA ROO	San Juan del Rio.	0.674	0.829	24	34	22	24	23	23	27	30	29	29	20	21	22	22	22	274	91	137	118	146	
	Cozumel	0.873	0.450	30	44	30	33	31	32	35	39	37	38	25	27	28	28	28	284	95	152	119	133	
SINALOA	Chetumal	0.890	0.433	31	45	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	29	29	284	95	152	119	133	
	Cancun	0.914	0.411	31	46	32	35	33	34	37	41	39	40	26	28	29	29	29	284	95	152	119	133	
SAN LUIS POTOSI	Playa Carmen	0.904	0.420	31	45	31	35	33	33	36	41	39	40	26	28	29	29	29	284	95	152	119	133	
	Río Verde	0.805	0.534	28	40	27	30	28	29	32	36	35	35	23	25	26	26	26	274	91	137	118	146	
SINALOA	San Luis Potosí	0.674	0.830	24	34	21	24	23	23	27	30	29	29	20	21	22	22	22	274	91	137	118	146	
	Cd. Valles	0.907	0.417	31	45	31	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	274	91	137	118	146	
SINALOA	Matehuala	0.768	0.593	27	39	25	28	27	27	31	34	33	34	22	24	25	25	25	274	91	137	118	146	
	Culiacán	0.917	0.409	31	46	32	35	33	34	37	41	39	41	26	28	29	29	29	322	70	159	131	164	
SINALOA	Mazatlán	0.881	0.442	30	44	30	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	28	322	70	159	131	164	
	Guasave	0.922	0.405	32	46	32	36	33	34	37	41	39	41	27	28	29	29	30	322	70	159	131	164	
SINALOA	Los Mochis	0.897	0.427	31	45	31	34	32	33	36	40	38	40	26	27	28	29	29	322	70	159	131	164	

**ANTEPROYECTO DE NOM-020-ENER**  
Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltente de edificios residenciales hasta tres niveles

**Anteproyecto de NOM-020-ENER**

TABLA 1 (continuación) VALORES PARA CALCULO DEL FLUJO DE CALOR A TRAVÉS DE LA ENVOLTENTE

ESTADO	Ciudad	M predeter minado (m²K/W) Aislamiento térmico promedio	K de referencia (W/m²K) Presupuesto energético	CONDUCCIÓN										RADIACIÓN					Barrera para vapor					
				OPACA					TRANSPARENTE					TRANSPARENTE										
				Temperatura equivalente promedio te (°C)																				
				Superficie inferior	Techo	Muro masivo				Muro ligero				Tragaluz y domo	Ventanas					Factor de ganancia solar promedio FG (W / m²)				
N	E	S	O			N	E	S	O	N	E	S	O		Tragaluz y domo	N	E	S	O					
SONORA	Guaymas	0.937	0.392	32	47	33	36	34	35	38	42	40	41	27	28	30	30	30	322	70	159	131	164	Si
	Hermosillo	0.961	0.375	33	48	34	38	35	36	39	43	41	43	28	29	30	31	31	322	70	159	131	164	
	Obregón	0.901	0.423	31	45	31	35	33	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	322	70	159	131	164	
	Navjoa	1.004	0.346	34	50	35	40	37	38	40	45	43	45	29	30	32	32	32	322	70	159	131	164	
	Nogales	0.802	0.537	28	40	27	30	28	28	32	36	35	35	23	25	26	26	26	322	70	159	131	164	
TABASCO	Villahermosa	0.930	0.398	32	46	32	36	34	34	38	42	40	41	27	28	29	30	30	272	102	140	114	134	Si
	Comalcalco	0.906	0.419	31	45	31	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	272	102	140	114	134	
	Cd. Victoria	0.902	0.422	31	45	31	35	33	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	272	102	140	114	134	
TAMAULIPAS	Tampico	0.882	0.441	30	44	30	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	28	272	102	140	114	134	Si
	Matamoros	0.821	0.511	29	41	28	31	29	29	33	37	35	36	24	25	26	26	27	272	102	140	114	134	
	Reynosa	0.916	0.410	31	46	32	35	33	34	37	41	39	40	26	28	29	29	29	272	102	140	114	134	
	Nuevo Laredo	0.928	0.400	32	46	32	36	34	34	37	42	40	41	27	28	29	30	30	272	102	140	114	134	
TLAXCALA	Tlaxcala	0.649	0.925	23	33	20	23	22	21	26	29	28	28	19	21	21	21	21	272	102	140	114	134	Si
VERACRUZ	Coatzacoalcos	0.891	0.433	31	45	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	29	29	272	102	140	114	134	
	Córdoba	0.760	0.609	27	38	25	28	27	26	31	34	33	33	22	24	24	25	25	272	102	140	114	134	
	Jalapa	0.702	0.740	25	35	23	25	24	24	28	31	31	31	21	22	23	23	23	272	102	140	114	134	
	Orizaba	0.724	0.684	26	37	24	26	25	25	29	32	31	32	21	23	23	23	24	272	102	140	114	134	
	Tuxpan	0.868	0.456	30	43	30	33	31	31	35	39	37	38	25	27	28	28	28	272	102	140	114	134	
	Poza Rica	0.899	0.425	31	45	31	35	32	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	272	102	140	114	134	
YUCATÁN	Veracruz	0.888	0.435	31	44	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	29	272	102	140	114	134	
	Mérida	0.885	0.438	30	44	30	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	28	28	284	95	152	119	133	
	Progreso	0.877	0.446	30	44	30	34	31	32	35	39	38	39	25	27	28	28	28	284	95	152	119	133	
ZACATECAS	Valladolid	0.864	0.459	30	43	30	33	31	31	35	39	37	38	25	26	27	28	28	284	95	152	119	133	
	Fresnillo	0.662	0.873	24	34	21	23	22	22	27	30	29	29	20	21	21	22	22	274	91	137	118	146	
	Zacatecas	0.602	1.194	22	31	18	20	20	19	24	27	27	26	18	19	20	20	20	274	91	137	118	146	

- (a) Utilizar los mismos valores para los municipios conurbados del Estado de México que forman la zona metropolitana.
- (b) Utilizar los mismos valores para las ciudades de Celaya, Irapuato, Salamanca y Silao.
- (c) Utilizar los mismos valores para los municipios de Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan.
- (d) Utilizar los mismos valores para los municipios de Apodaca, Garza García, Guadalupe, San Nicolás de los Garza y Santa Catarina.



COMISIÓN NACIONAL DE VIVIENDA

**CEV**

CÓDIGO DE  
EDIFICACIÓN  
DE VIVIENDA

SECCIÓN 2701  
CONSIDERACIONES GENERALES

**2701.1 Alcance del capítulo.** Esta destinado al diseño sustentable de las envolventes de una vivienda y a la selección e instalación de sistemas y equipos mecánicos energéticamente eficientes, servicios de sistema para aprovechamiento de las energías renovables, iluminación eficiente y natural, ahorro y tratamiento de agua, manejo de residuos y áreas verdes en estas edificaciones y estructuras.

**2701.2 Campo de Aplicación.** Además de aplicar a la vivienda nueva, se debe permitir que los sistemas y componentes de la vivienda existente sometidas a reparación, modificación o ampliaciones y cambios de destino, cumplan con el Código de Edificación de Vivienda (CEV)

SECCIÓN 2702  
ENERGÍA

**2702.1 Ahorro de energía.** En esta sección se establecen los criterios que se deben seguir para la selección de la tecnología (electrodomésticos) para el ahorro de energía eléctrica y de gas, así como los de diseño arquitectónico para lograr viviendas confortables y adecuadas al medio ambiente.

**2702.2 Tecnología.** Las especificaciones para la selección de la tecnología tienen su base en la normatividad vigente para eficiencia energética, tanto en electricidad como en gas.

**2702.3 Iluminación.** Se debe equipar la vivienda con lámparas compactas fluorescentes que cumplan con la normatividad para la eficiencia energética de lámparas fluorescentes compactas. Límites y métodos de prueba NOM-017-ENER-1997.

**2702.3.1. Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en la vivienda.** Los valores de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado interior de los diversos espacios de la viviendas, no deben exceder los valores indicados en la Tabla 2702.1.

Tabla 2702.1

DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO (DPEA)

ESPACIO DE LA VIVIENDA	DPEA/W/M <sup>2</sup>
Sala	14
Comedor	14
Sala-comedor	16
Recamara	13
Estudio	16
Cocina	14
Pasillos	10
Escaleras	12
Patio interior	6
Alacena	12
Closet	12
Estacionamiento cerrado	3
Áreas exteriores a la vivienda	1.8

PARTE VI  
SUSTENTABILIDAD

CAPÍTULO 27  
SUSTENTABILIDAD

**Método de cálculo:** La determinación de las DPEA del sistema de alumbrado de una vivienda nueva, ampliación o modificación de alguna ya existente, deben ser calculados a partir de la carga total conectada de alumbrado y el área total por iluminar de acuerdo a la metodología indicada a continuación.

La expresión genérica para el cálculo de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) es:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Área total iluminada}}$$

**2702.3.2. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas.** Los valores de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado en vialidad y áreas exteriores públicas, no deben exceder los valores indicados en la Tabla 2702.2.

Tabla 2702.2

VALORES MÁXIMOS DE DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO (DPEA) EXTERIOR (W/M<sup>2</sup>)

ÁREA A ILUMINAR	DPEA/W/M <sup>2</sup>
Estacionamiento abierto	1.8
Vialidades	0.52
Jardines	2

**Método de cálculo:** La determinación de las DPEA del sistema de alumbrado de una vivienda nueva, ampliación o modificación de alguna ya existente, deben ser calculados a partir de la carga total conectada de alumbrado y el área total por iluminar de acuerdo a la metodología indicada a continuación.

La expresión genérica para el cálculo de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) es:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Área total iluminada}}$$

2702.4 Gas

**2702.4.1 Calentador de agua.** Se debe equipar la vivienda con calentador de agua de paso o instantáneo, que cumpla con la norma de eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial: Límites, métodos de prueba y etiquetado NOM-003-ENER-2000.



**2702.4.2 Estufa.** Se debe equipar la vivienda con estufa con encendido eléctrico, se debe evitar las estufas de piloto por ser ahorradoras de gas.

**2702.5 Electrodomésticos en general**

**2702.5.1 Aire acondicionado.** Este debe cumplir con la normatividad para la eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido: Límites, métodos de prueba y etiquetado de la norma NOM-011-ENER-2002. Además se debe seleccionar los equipos que cumplan con la normatividad ambiental, requisitos de seguridad al usuario y eliminación de clorofluocarbonos (CFC's) en acondicionadores de aire tipo cuarto: Límites, métodos de prueba y etiquetado de la norma NOM-021-ENER/SCFI/ECOL-2000.

**2702.5.2 Lavadora.** Esta debe de cumplir con la normatividad para eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticos: Límites, métodos de prueba y etiquetado de acuerdo a la norma NOM-005-ENER-2000.

**2702.5.3 Refrigeradores.** Estos deben cumplir con la normatividad para eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos: Límites, métodos de prueba y etiquetado de acuerdo a la norma NOM-015-ENER-2002, además deben cumplir con la normatividad ambiental; Requisitos de seguridad al usuario y eliminación de clorofluocarbonos (CFC's) para aparatos de refrigeración comercial auto contenidos: Límites, métodos de prueba y etiquetado de la norma NOM-022-ENER/SCFI/ECOL-2000.

**2702.6 Diseño de la envolvente de la vivienda**

**2702.6.1 Aislamiento térmico.** se debe cuidar la envolvente: techo, muros y ventanas, con aislamiento térmico (R), con objeto de disminuir el consumo y demanda de energía por el uso del aire acondicionado, calefacción o mejorar el confort térmico, la capacidad de aislamiento depende de la resistencia de los materiales que componen el sistema constructivo a que pase el calor y se obtiene mediante el producto de su espesor por la resistividad del material:

$$R = b * 1/k = b/k$$

Donde

- b es el espesor del material en metros
- k es la conductividad térmica del material
- R tiene las unidades m<sup>2</sup> °C /W).

Si un cuerpo consta de varias capas de materiales distintos, su resistencia total será la suma de las resistencias individuales de las capas.

$$R = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{b_1}{k_1} + \frac{b_2}{k_2} + \dots + \frac{b_n}{k_n}$$

Donde

- hi es la conductancia superficial interior, en W/m<sup>2</sup> K. Su valor es 8,1 para superficies verticales, 9,4 para superficies horizontales con flujo de calor hacia arriba (del piso hacia el aire interior o del aire interior hacia el techo), y 6,6 para superficies horizontales con flujo de calor hacia abajo (del techo al aire interior o del aire interior al piso).
- he es la conductancia superficial exterior, y es igual a 13 W/m<sup>2</sup> K;
- n es el número de capas que forman la porción de la envolvente de la vivienda;

La R de referencia de la envolvente (techo y muros) en las diversas ciudades del país, se presenta en la **Tabla 2702.3**.

Tabla 2702.3  
**RESISTENCIA TÉRMICA (R) DE REFERENCIA PARA LA ENVOLVENTE (TECHO Y MUROS) PARA LAS DIVERSAS CIUDADES DE MÉXICO**

ESTADO	Ciudad	R de referencia (m <sup>2</sup> °C/W )		
		Hasta tres niveles y Conjunto horizontal con muros compartidos		Nos de tres niveles
		Techo y muro	Techo	Muro
AGUASCALIENTES	Aguascalientes	0.570	0.57	0.455
	La Paz	1.700	1.7	1.385
BAJA CALIF. SUR	Cabo S. Lucas	1.580	1.580	1.250
	Ensenada	0.510	0.610	0.455
	Mexcali	2.250	2.250	1.920
BAJA CALIFORNIA	Tijuana	0.570	0.670	0.455
	Campeche	1.910	1.910	1.563
	Cd. Carmen	1.970	1.970	1.664
CAMPECHE	Mérida	1.750	1.750	1.500
	Pedras Negras	1.930	1.930	1.570
	Oxtilio	1.830	1.830	0.455
COAHUILA	Torreón	1.570	1.570	1.260
	Colima	1.300	1.300	0.980
	Manzanillo	1.770	1.770	1.450
CHIAPAS	Ariaga	1.900	1.900	1.590
	Comitán	0.650	0.650	0.455
	San Cristóbal	0.600	0.600	0.455
CHIHUAHUA	Tapachula	1.500	1.500	1.150
	Tuxtla Gutiérrez	1.280	1.280	0.970
	Casas Grandes	0.800	0.800	0.580
D. F.	Chihuahua	1.000	1.000	0.730
	Cd. Juárez	1.140	1.140	0.870
	H. del Parí	0.650	0.650	0.455
DURANGO	México (d)	0.620	0.620	0.455
	Durango	0.650	0.650	0.455
	Lerdo	1.480	1.480	1.180
GUANAJUATO	Quanaajuato	0.680	0.680	0.455
	León (E)	0.570	0.570	0.455
	Acajuit	1.920	1.920	1.610
GUERRERO	Orizaba	0.680	0.680	0.455
	Zhuatlanejo	1.380	1.380	1.060
	Pachua	0.680	0.680	0.455
HIDALGO	Talancingo	0.510	0.610	0.455

Tabla 2702.3

**RESISTENCIA TÉRMICA (R) DE REFERENCIA PARA LA ENVOLVENTE (TECHO Y MUROS) PARA LAS DIVERSAS CIUDADES DE MÉXICO... continuación**

ESTADO	Ciudad	K de referencia   W/m <sup>2</sup> ·K		
		Hasta tres niveles   Conjunto		Mas de tres niveles
		Techo y muro	Techo	Muro
JALISCO	Guadalupe (I)	0.670	0.67	0.48
	Huajuarc	0.670	0.67	0.48
	Lago de Mar	0.640	0.64	0.48
	Occidán	0.650	0.66	0.48
	Puerto Vallarta	1.850	1.86	1.58
MÉXICO	Chapingo, Tolu	0.620	0.62	0.48
	Toluca	0.520	0.52	0.48
NICHUACÁN	Morolia	0.650	0.66	0.48
	Lázaro Cárden	1.750	1.76	1.43
MORELOS	Shupam	0.630	0.63	0.48
	Cuernavaca	0.630	0.66	0.48
NAYARIT	Cruzalte	1.040	1.04	0.73
	Tepic	0.670	0.67	0.48
ALJEVO LEÓN	Monterrey (II)	1.600	1.60	1.30
CAJACA	Guasca	0.650	0.65	0.48
PUEBLA	Salma Cruz	2.000	2.00	1.71
	Puebla	0.650	0.66	0.48
	Atlixo	0.650	0.65	0.48
QUERÉTARO	Tehuacán	0.630	0.66	0.48
	Querétaro	0.650	0.66	0.48
QUINTANA ROO	San Jaa del Rte	0.650	0.66	0.48
	Couamal	1.030	1.03	1.31
	Chetuma	1.790	1.79	1.47
	Catcún	1.820	1.82	1.73
SAN LUIS POTOSÍ	Piyea German	1.910	1.91	1.61
	Río Verde	0.950	0.95	0.67
	San Luis Potosí	0.650	0.66	0.48
	Cd. Velles	1.050	1.06	1.64
SINALOA	Manhuala	0.820	0.82	0.67
	Culiacán	2.020	2.02	1.73
	Mazatlán	1.710	1.71	1.39
	Guasave	2.020	2.02	1.73
SONORA	Los Mochis	1.840	1.84	1.54
	Guaymas	2.150	2.15	1.92
	Hermosillo	2.520	2.52	2.34
	Obregón	1.870	1.87	1.58
TABASCO	Minjica	2.240	2.24	2.14
	Topales	0.870	0.87	0.64
	Villahermosa	1.930	1.93	1.85
	Comalcalco	1.920	1.90	1.62
TAMAULIPAS	Cd. Victoria	1.820	1.82	1.58
	Tampico	1.710	1.71	1.40
	Mataróns	1.150	1.15	0.82
	Reynosa	1.870	1.87	1.72
TLAXCALA	Nuevo Laredo	2.050	2.06	1.83
	Tlaxcala	0.610	0.61	0.46
	Coatzacoalcos	1.790	1.79	1.48
	Córdoba	0.650	0.65	0.46
VERACRUZ	Jalapa	0.650	0.66	0.46
	Orizaba	0.650	0.65	0.46
	Tuapán	1.570	1.57	1.25
	Pozos Ricos	1.830	1.83	1.56
	Veracruz	1.770	1.77	1.46
	Minica	1.740	1.74	1.42
YUCATÁN	Progreso	1.670	1.67	1.35
	Valladolid	1.550	1.55	1.23
ZACATECAS	Fresnillo	0.630	0.63	0.46
	Zacatecas	0.630	0.65	0.46

Para calcular la R de los sistemas constructivos de la vivienda se debe utilizar el formato del Anexo 1 de esta Sección, el resultado debe ser comparado con el de referencia, en caso de ser menor, implica que no se tendrá ahorro de energía, en el caso de ser igual al de referencia, se logra ahorro de energía, cuando es mayor la R calculada a la de referencia, además de ahorro de energía se lograra el confort térmico. Con objeto de lograr el ahorro de energía la R calculada debe ser igual o menor a la R de referencia.

**27027 Diseño Bioclimático.** Las especificaciones de diseño bioclimático, permitirán disminuir o evitar las necesidades de aire acondicionado o calefacción, y en consecuencia el ahorro de energía y la mejora del confort. Se indican las mismas por bioclima, las cuales están relacionadas por ciudad en la Tabla 2702.4 de este capítulo.

Con el objeto de hacer manejable la información sobre las especificaciones bioclimáticas, para cada bioclima del país, se presentan en el siguiente orden, en las Tablas 2702.4 a la 2702.11. Especificaciones para el diseño urbano, para el proyecto general, sobre los dispositivos de protección y ganancia solar, el manejo de la ventilación natural, las características de las ventanas, los materiales, sistemas constructivos y acabados con sus características térmicas y físicas, el manejo de la vegetación, y por ultimo los requerimientos de sistemas complementarios de climatización activa (Ventiladores, humidificadores, aire acondicionado y calefacción).

Tabla 2702.9

**ESPECIFICACIONES PARA MATERIALES Y ACABADOS**

RECOMENDACIÓN	BIOCLIMA CÁLIDO SECO	BIOCLIMA CÁLIDO SEMIHÚMEDO	BIOCLIMA CÁLIDO HÚMEDO	BIOCLIMA TEMPLADO HÚMEDO
Techumbre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales que permitan retrasar la entrada de calor y amortiguar las temperaturas externas, lo más ancho posible</li> <li>• Cara exterior con materiales de baja densidad y conductividad térmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con aislante térmico</li> <li>• Con ventilación, masivos</li> <li>• Sin ventilación y sombreados, ligeros de baja conductividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De poca densidad y baja conductividad</li> <li>• Doble cubierta con paso de aire entre ambas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos con aislamiento térmico en la cara exterior</li> </ul>
Muros exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales que permitan retrasar la entrada de calor y amortiguar las temperaturas externas, con cámaras de aire o baja densidad</li> <li>• Cara exterior con materiales de poca conductividad térmica</li> <li>• Son recomendables los taludes y espacios semienterrados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con aislante térmico</li> <li>• Con ventilación, masivos</li> <li>• Sin ventilación y sombreados, ligeros y de baja conductividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De poca densidad y baja conductividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos</li> </ul>
Muros interiores y entrapiso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales que permitan retrasar la entrada de calor y amortiguar las temperaturas externas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con aislantes térmicos</li> <li>• Con ventilación, masivos</li> <li>• Sin ventilación y sombreados, ligeros de baja conductividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligeros, los muros de espesores mínimos son suficientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos</li> </ul>
Pisos exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porosos que permitan la infiltración del agua al subsuelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos</li> <li>• Deben permitir el paso del agua al subsuelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porosos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antiderrapantes con buena pendiente</li> <li>• Cerámicos, pétreos</li> </ul>
Color y textura de acabados exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techos y muros de alta reflectancia</li> <li>• Colores: blanco y aluminio</li> <li>• Textura lisa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muros y techos de alta reflectancia</li> <li>• Color, blanco, o aluminio brillante</li> <li>• Textura lisa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techos y muros con alta reflectancia</li> <li>• Colores claros</li> <li>• Textura lisa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay requerimientos especiales</li> </ul>

BIOClima Templado	BIOClima Templado Seco	BIOClima Semifrío Seco	BIOClima Semifrío	BIOClima Semifrío Húmedo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas externas, así como con baja conductividad para evitar las ganancias de calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De alta inercia térmica</li> <li>• Masivos con relleno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masiva, horizontal con relleno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas externas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos, materiales impermeables y resistentes a la humedad</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas externas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De alta inercia térmica</li> <li>• Masivos, ciegos en las orientaciones SO-O-NO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos de alta inercia térmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas externas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos, materiales impermeables y resistentes a la humedad</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas externas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos de alta inercia térmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas externas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos, materiales impermeables y resistentes a la humedad</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales porosos que retengan humedad</li> <li>• Porosos, que permitan el paso del agua al subsuelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porosos que absorban y retengan la humedad, permeables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permeables que permitan la infiltración de agua al subsuelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porosos que permitan la infiltración de agua al subsuelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masivos, materiales impermeables y resistentes a la humedad</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techos y muros en orientación E, S, O, de baja reflectancia</li> <li>• Color oscuro</li> <li>• Textura rugosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techos y muros en orientación E-S-O de baja reflectancia</li> <li>• Color oscuro</li> <li>• Textura rugosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techos y muros del E-S-O con color y textura de baja reflectancia</li> <li>• Color oscuro</li> <li>• Textura rugosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techos y muros en el E-S-O con color y textura de baja reflectancia</li> <li>• Color oscuro</li> <li>• Textura rugosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techos de baja reflectancia, oscuros, tejas de barro</li> <li>• Muros de baja reflectancia</li> <li>• Colores medianos</li> <li>• Textura rugosa</li> </ul>