

GUÍA RÁPIDA PARA EL CÁLCULO DE LA NOM-020-ENER-2011

Eficiencia energética en
edificaciones.
Envolvente de edificios
para uso habitacional.



**EJEMPLO DE CÁLCULO PARA LA CIUDAD DE:
Hermosillo, Sonora**

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (**CONUEE**) agradece a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (**GIZ**) GmbH por la colaboración y asistencia técnica en la elaboración del presente documento. La colaboración de la **GIZ** se realizó por el Componente Edificación bajo el marco del “Programa de Energía Sustentable en México”, el cual se implementa por encargo del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (**BMZ**). Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del/ de los autor/es y no necesariamente representan la opinión de la **CONUEE** y/o de la **GIZ**. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

Guía rápida para el cálculo de la NOM-020-ENER-2011.

Edición y Supervisión: CONUEE / GIZ, Programa de Energía Sustentable en México, Componente Edificación
Autores: Low Carbon Architecture / GIZ, Programa de Energía Sustentable en México, Componente Edificación
Diseño, Gráficas y Figuras: Low Carbon Architecture

© Consorcio **GOPA-INTEGRATION**
Por encargo de Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (**GIZ**) GmbH

México, D.F. agosto de 2014.



GOPA Consultants
Hindenburgring 18
61348 Bad Homburg, Alemania
Teléfono: +49 6172 930 215
Fax: +49 6172 930 200
E-mail: gopa-en@gopa.de



INTEGRATION
Bahnhofstraße 9
91322 Gräfenberg, Alemania
Teléfono: +49 9192 9959-0
Fax: +49 9192 9959-10
E-mail: int-ee@integration.org

Objetivo y campo de aplicación de la Norma.

El objetivo de la **NOM-020-ENER-2011** es **limitar la ganancia de calor** de los **edificios para uso habitacional** a través de su envolvente, racionalizando el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento y mejorando las condiciones de confort térmico al interior de los espacios de la vivienda.

En México, el acondicionamiento térmico de las viviendas repercute en gran medida en la demanda pico del sistema eléctrico, siendo mayor su impacto en las zonas Norte y costeras del país, en donde es más común el uso de equipos de enfriamiento que el de calefacción.

En este sentido, esta Norma optimiza el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envolvente, obteniéndose como beneficios, la disminución de la temperatura al interior y con ello el ahorro de energía por la reducción de la capacidad de los equipos de enfriamiento

Esta Norma Oficial Mexicana es de carácter obligatorio para todo el país de acuerdo a su publicación en el Diario Oficial de la Federación. Aplica a todos los edificios nuevos para uso habitacional, entendiéndose éste como cualquier estructura que limita un espacio por medio de techos, paredes, ventanas, piso o superficies inferiores.

La norma también aplica para las ampliaciones, refiriéndose a cualquier cambio en la edificación para uso habitacional que incremente el área construida.

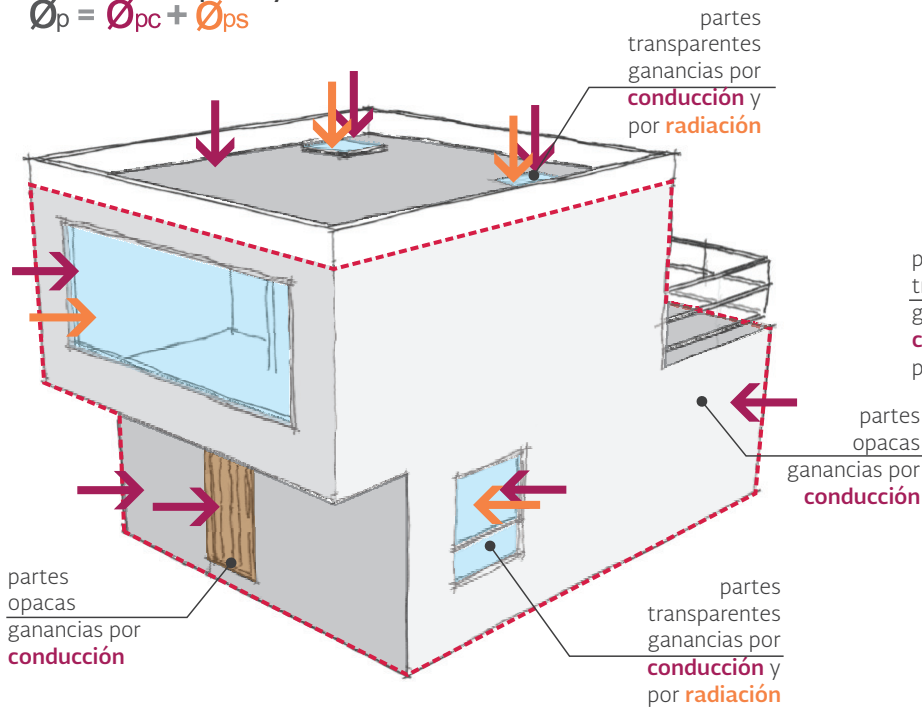
En un edificio de uso mixto, la aplicación de la Norma será bajo el criterio en donde, si el uso habitacional constituye el 90% o más del área construida del edificio, ésta aplica a la totalidad del edificio.

Edificio de referencia y edificio proyectado

El edificio de referencia (**ER**), es una edificación supuesta o virtual, que no se construye, pero se calcula su presupuesto energético para tener una línea de referencia con la cual comparar la vivienda que se va a construir (**edificio proyectado**). El **ER** tiene una geometría igual al edificio proyectado (**EP**), con algunos cambios en las especificaciones de los componentes.

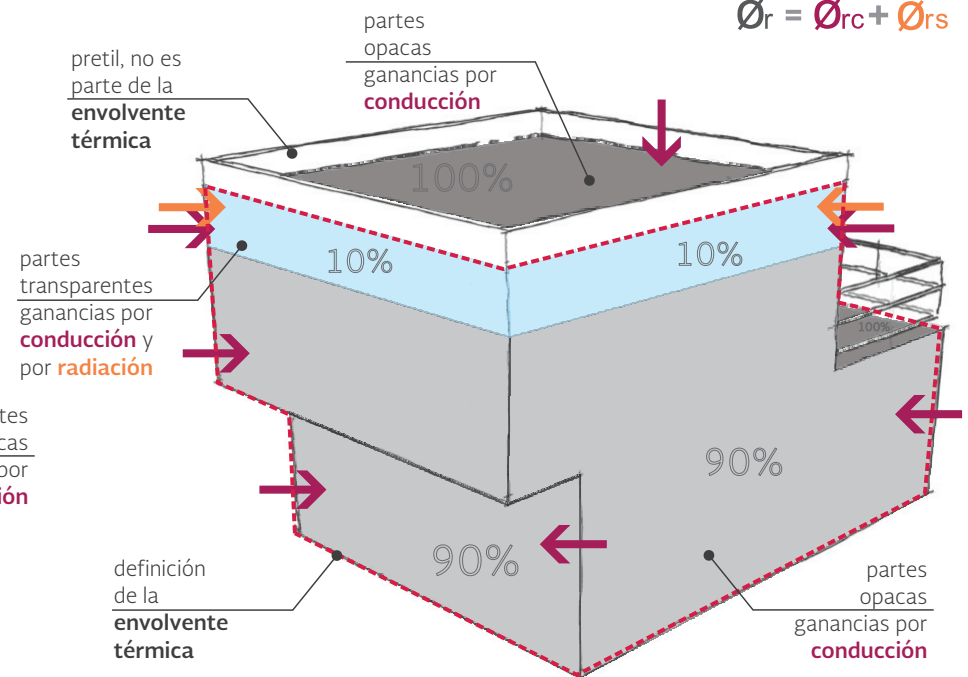
edificio proyectado

$$\dot{Q}_p = \dot{Q}_{pc} + \dot{Q}_{ps}$$



edificio de referencia

$$\dot{Q}_r = \dot{Q}_{rc} + \dot{Q}_{rs}$$



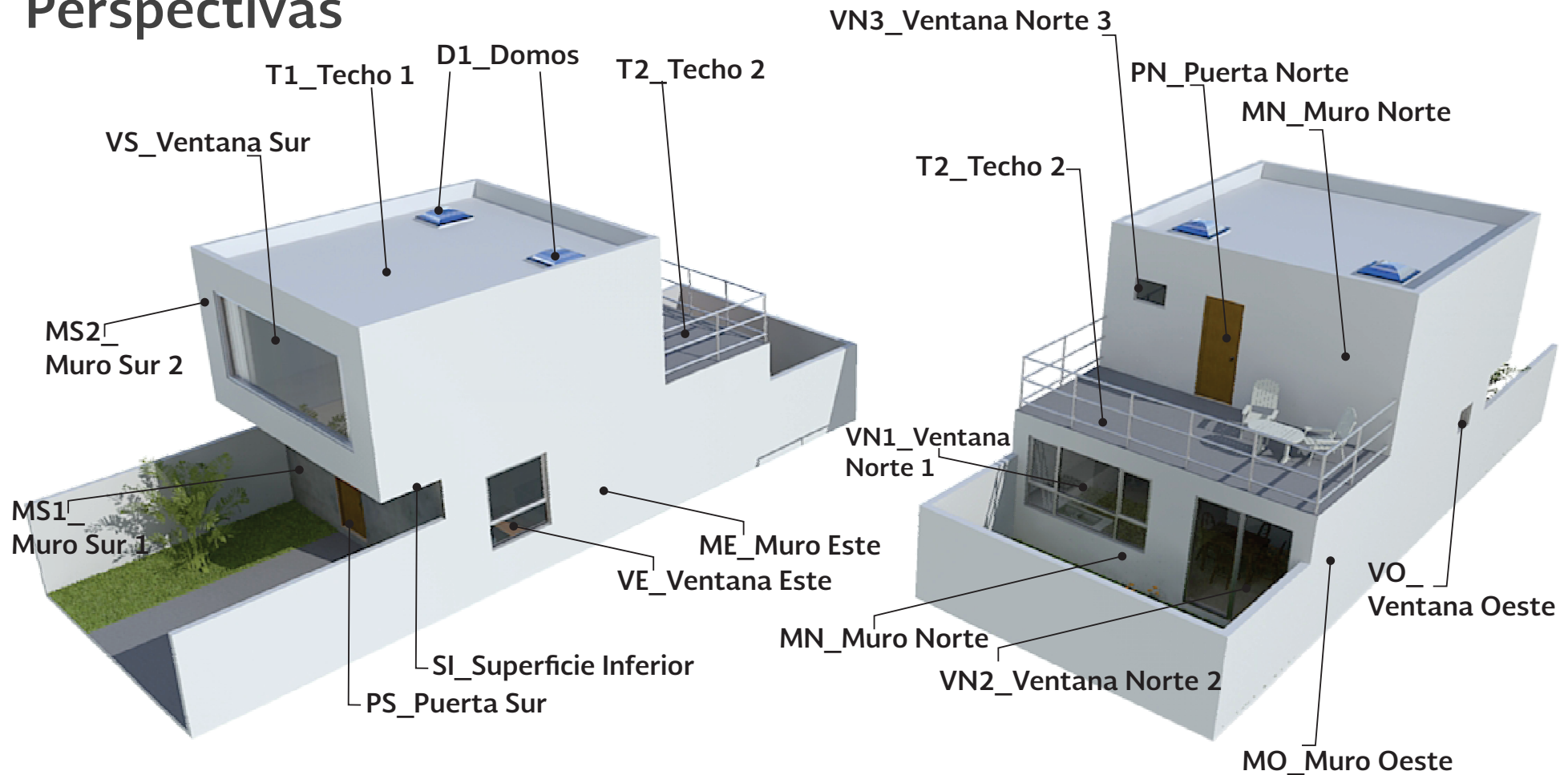
↑ conducción \dot{Q}_c ■ opaco
 ↑ radiación \dot{Q}_s ■ transparente

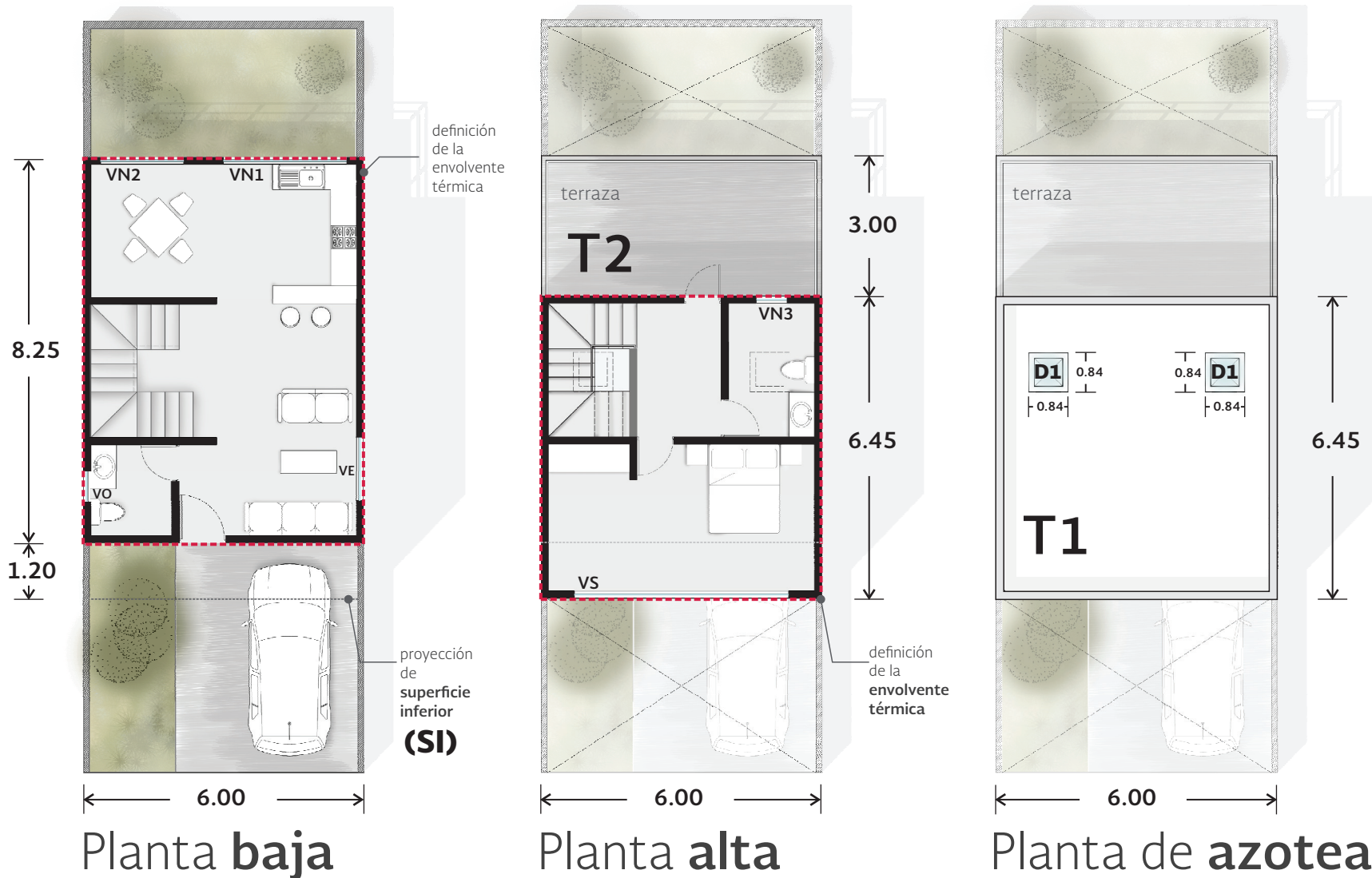
Datos generales del ejercicio

La vivienda a analizar es de dos niveles, no comparte muros ni losas con otras viviendas colindantes.

Ubicación: Hermosillo, Sonora. **Latitud:** 29°05'N. **Longitud:** 110°57' O.

Perspectivas





Planta **baja**

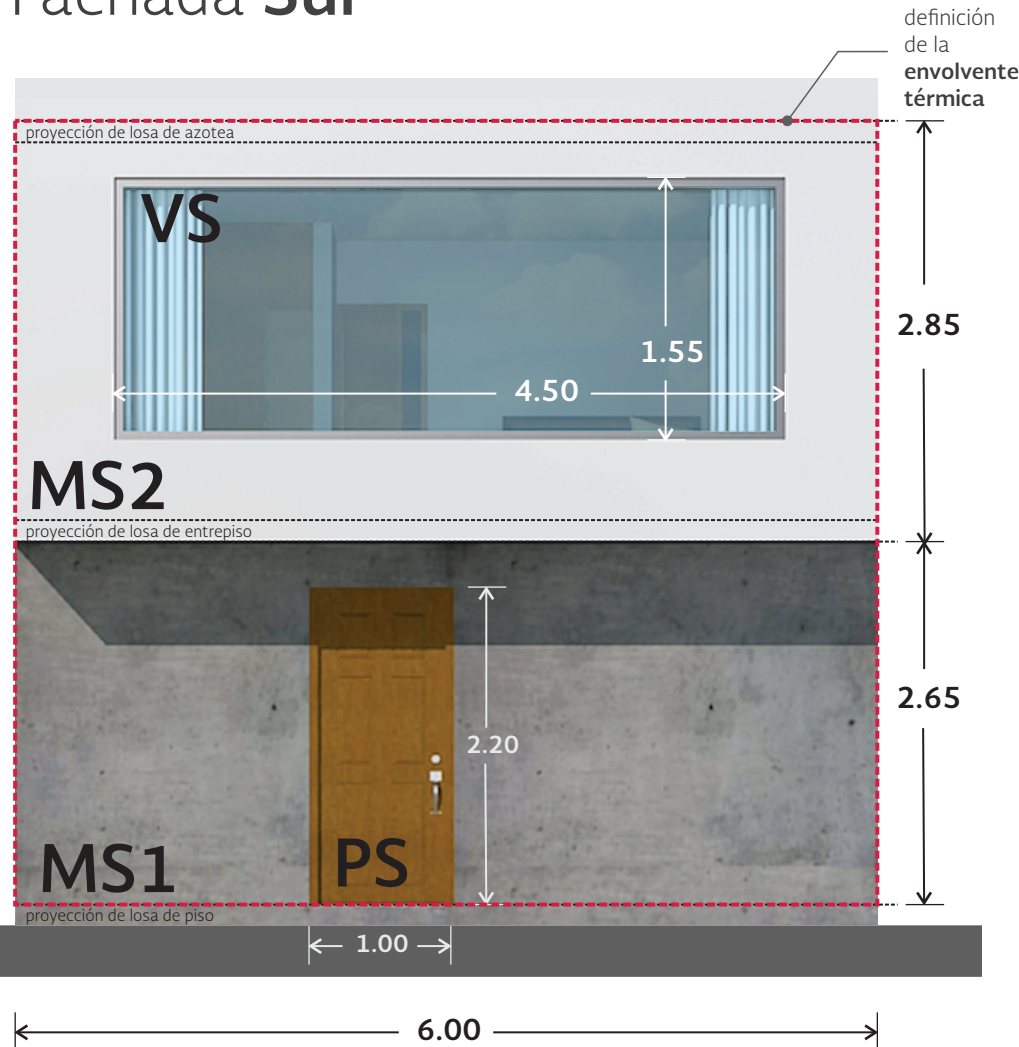
Planta **alta**

Planta de **azotea**

NOTA:

- Muros interiores **no** se consideran para el **cálculo**.
- Muros perimetrales, de jardín, de terraza o de pretil azotea **no** se consideran para el **cálculo**.
- Puerta exterior de bastidor y paneles se calcula **como muro ligero**.

Fachada Sur

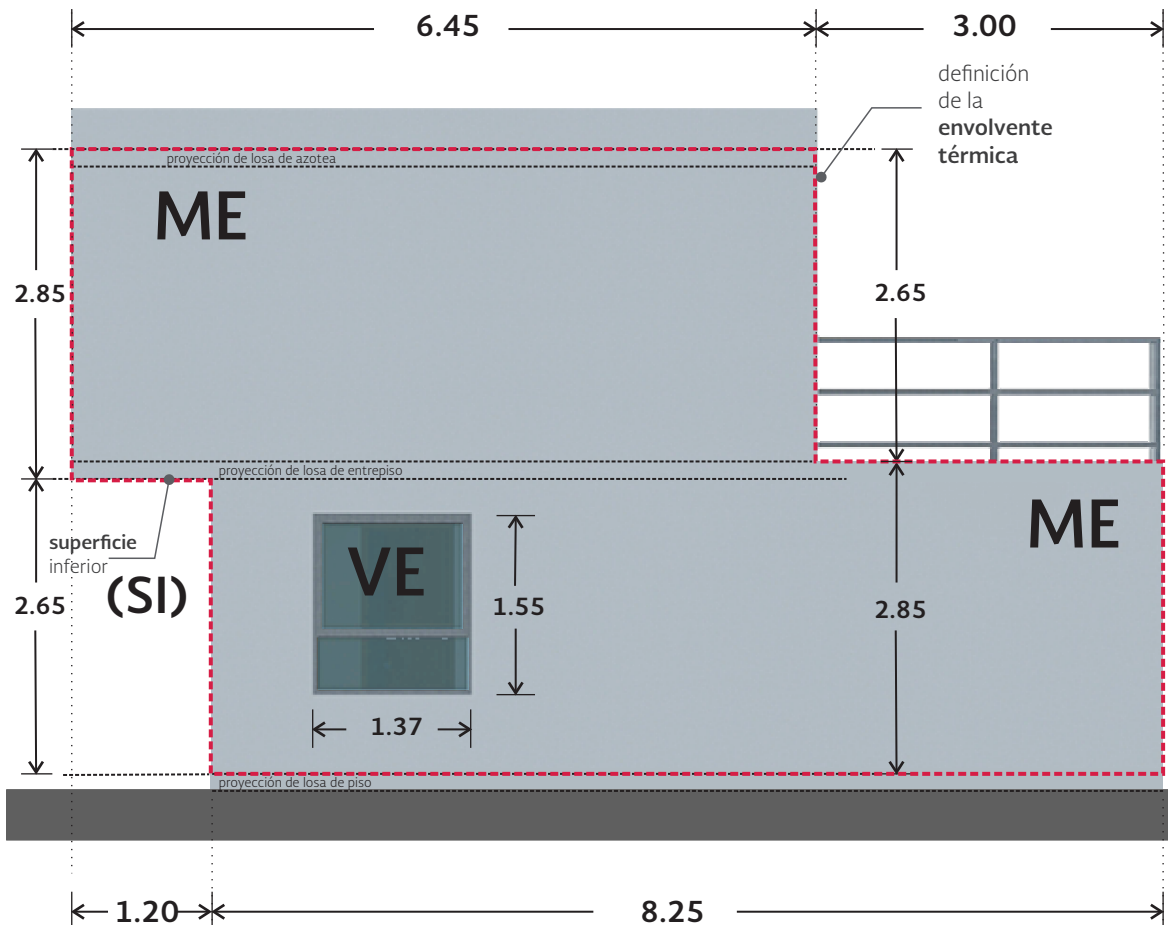


Porciones que componen la fachada Sur

| N° | Porción | Área (m ²) |
|--------------------------------|--|------------------------|
| 1 | MS1 Muro de concreto aparente Concreto armado Mortero de cal al interior | 14.30 |
| 2 | MS2 Muro de concreto celular Mortero de cal al exterior Bloque de concreto celular (densidad 500 kg/m ²) Mortero de cal al interior | 9.53 |
| 3 | PS Puerta exterior Madera blanda | 2.20 |
| 6* | VS Ventana Doble vidrio LowE certificado (NOM-024-ENER-2012) | 6.97 |
| Área total Fachada Sur: | | 33.00 |

* Desde certificado NOM-024-ENER-2012

Fachada Este



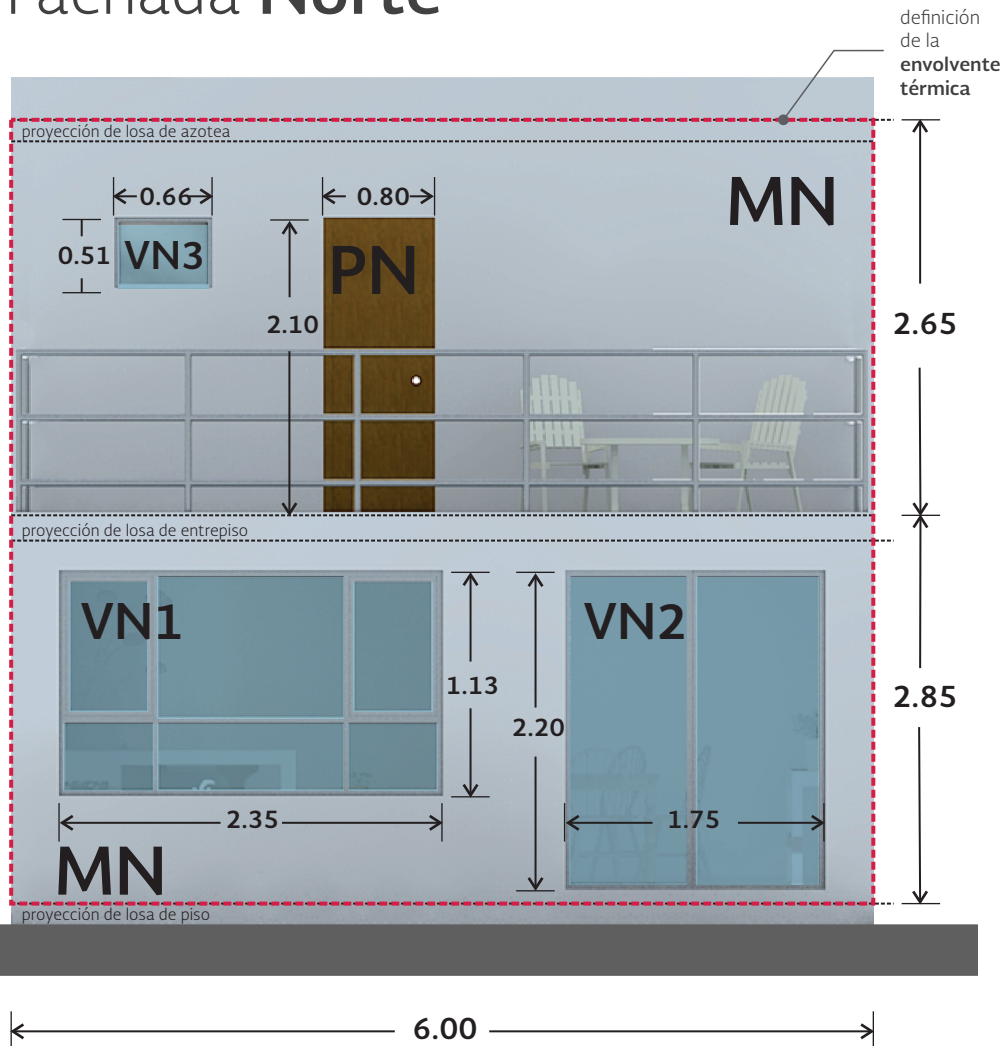
Porciones que componen la fachada Este

| N° | Porción | Área (m ²) |
|----|--|------------------------|
| 2 | ME Muro de concreto celular Mortero de cal al exterior Bloque de concreto celular (densidad 500 kg/m ²) Mortero de cal al interior | 38.31 |
| 6* | VE Ventana Doble vidrio LowE certificado (NOM-024-ENER-2012) | 2.12 |

Área total Fachada Este: 40.43

* Desde certificado NOM-024-ENER-2012

Fachada Norte

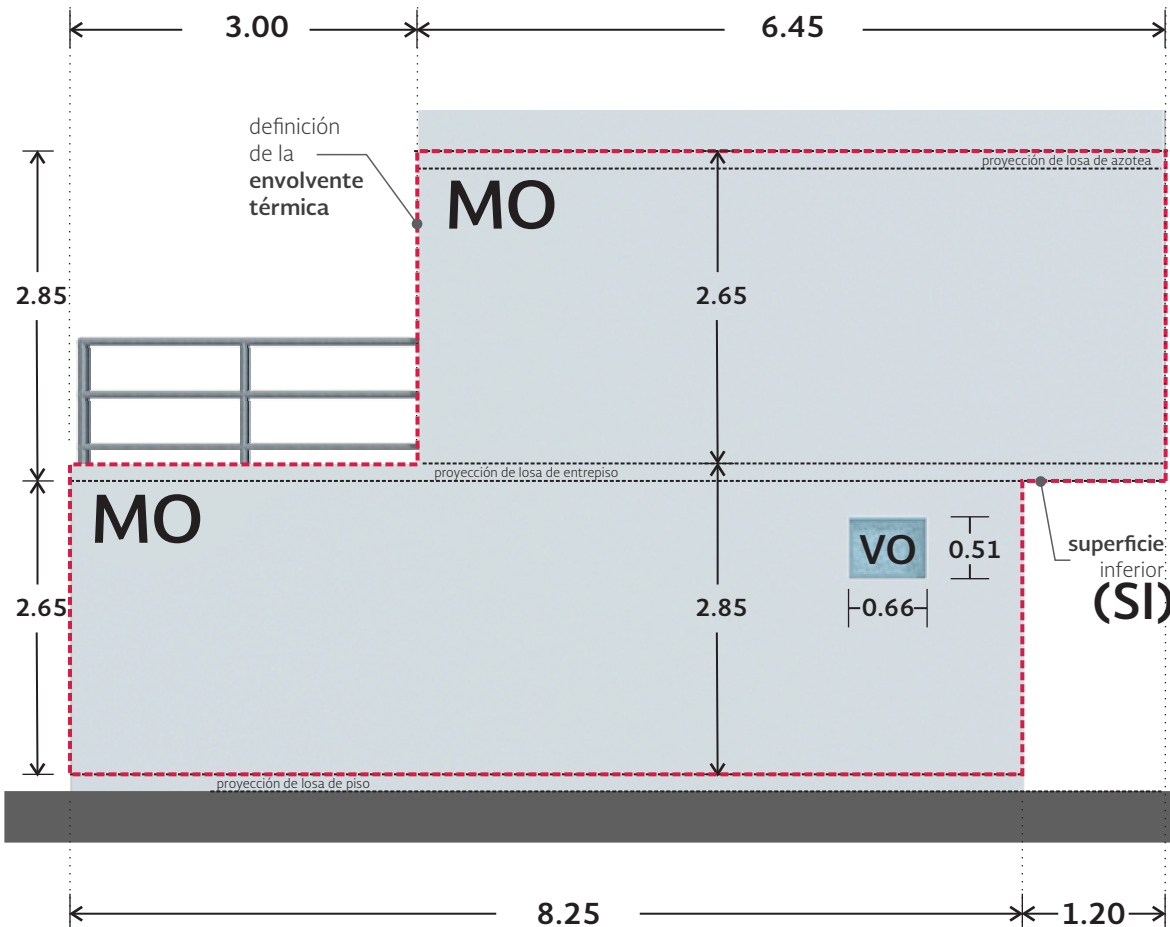


Porciones que componen la fachada Norte

| N° | Porción | Área (m ²) |
|----------------------------------|---|------------------------|
| 2 | MN Muro de concreto celular Mortero de cal al exterior Bloque de concreto celular (densidad 500 kg/m ²) Mortero de cal al interior | 24.48 |
| 3 | PN Puerta exterior Madera blanda | 1.68 |
| 6* | VN1, VN2 y VN3 Ventanas Doble vidrio LowE certificado (NOM-024-ENER-2012) | 6.84 |
| Área total Fachada Norte: | | 33.00 |

* Desde certificado NOM-024-ENER-2012

Fachada Oeste

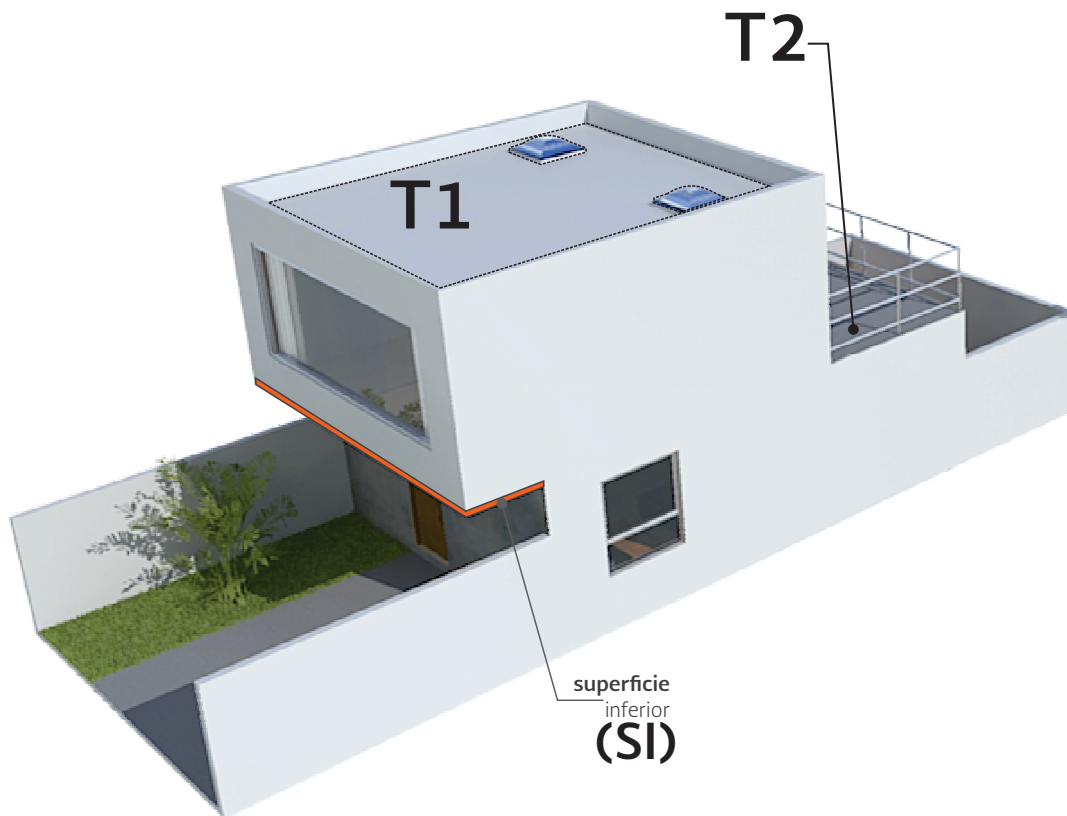


Porciones que componen la fachada Oeste

| N° | Porción | Área (m ²) |
|----------------------------------|---|------------------------|
| 2 | MO Muro de concreto celular Mortero de cal al exterior Bloque de concreto celular (densidad 500 kg/m ²) Mortero de cal al interior | 40.09 |
| 6* | VO Ventana Doble vidrio LowE certificado (NOM-024-ENER-2012) | 0.34 |
| Área total Fachada Oeste: | | 40.43 |

* Desde certificado NOM-024-ENER-2012

Techo y superficie inferior



Porciones que componen el techo

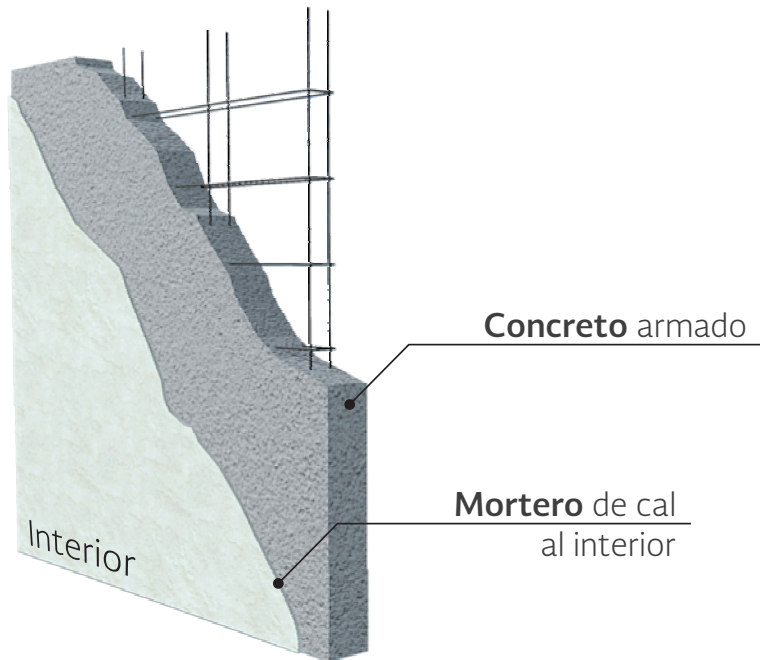
| N° | Porción | Área (m ²) |
|--------------------------|--|------------------------|
| 5 | T1 Losa de vigueta y bovedilla 37.28 Impermeabilizante Concreto armado Material aislante certificado Yeso al interior | |
| 6* | D1 Domos 1.42 Doble vidrio LowE | |
| 5 | T2 Losa de vigueta y bovedilla 18.00 Impermeabilizante Concreto armado Material aislante certificado Yeso al interior | |
| Área total Techo: | | 56.70 |

Porciones que componen la superficie inferior

| N° | Porción | Área (m ²) |
|--|---|------------------------|
| 4 | SI Losa plana de concreto aislada Concreto armado Aislante térmico certificado Mortero de cal al exterior | 7.20 |
| Área total Superficie inferior: | | 7.20 |

Porciones de la envolvente

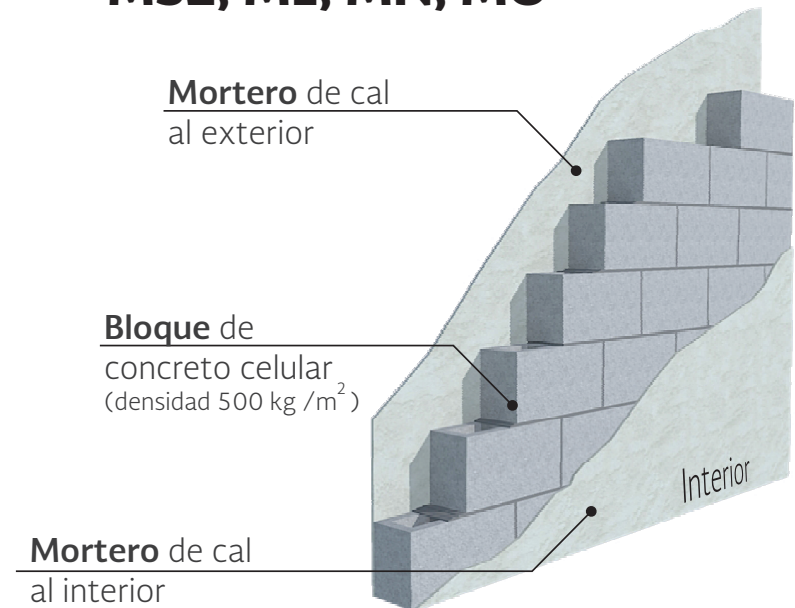
1 Muro de concreto aparente MS1



| | Espesor (metros) | Conductividad (λ) W/mK |
|----------------------------|------------------|----------------------------------|
| Exterior | | |
| Concreto armado | 0.120 | 1.740 |
| Mortero de cal al interior | 0.010 | 0.698 |

Interior **Valor K = 3.5252 W/m²K**

2 Muro de concreto celular MS2, ME, MN, MO



| | Espesor (metros) | Conductividad (λ) W/mK |
|----------------------------|------------------|----------------------------------|
| Exterior | | |
| Mortero de cal al exterior | 0.010 | 0.872 |
| Bloque de concreto celular | 0.140 | 0.190 |
| Mortero de cal al interior | 0.010 | 0.698 |
| Interior | | |

Valor K = 1.0384 W/m²K

Porciones de la envolvente

3 Puerta exterior PS, PN

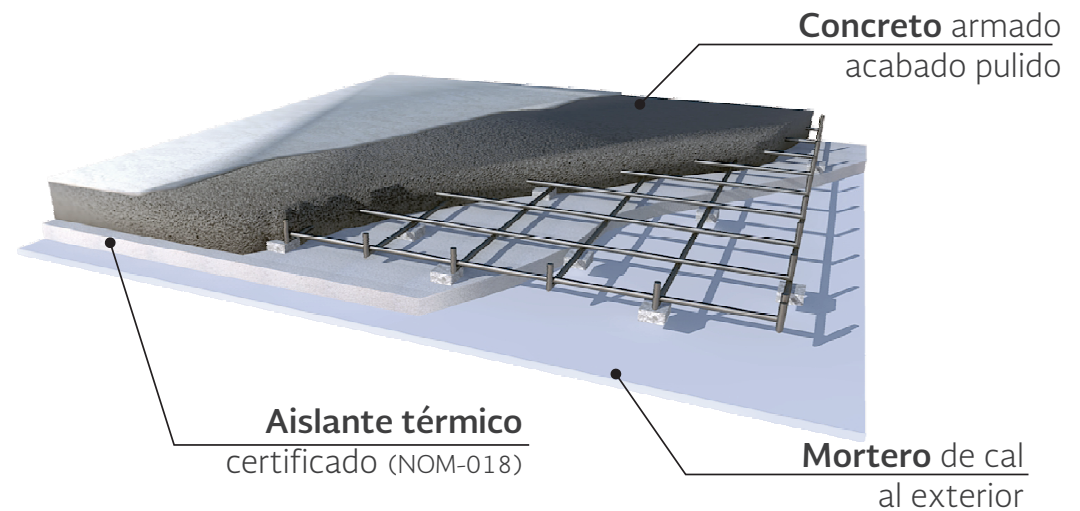


| Exterior | Espesor (metros) | Conductividad (λ) W/mK |
|---------------|------------------|----------------------------------|
| Madera blanda | 0.036 | 0.130 |

Interior

$$\text{Valor } K = 2.0951 \text{ W/m}^2\text{K}$$

4 Losa plana de concreto aislada SI



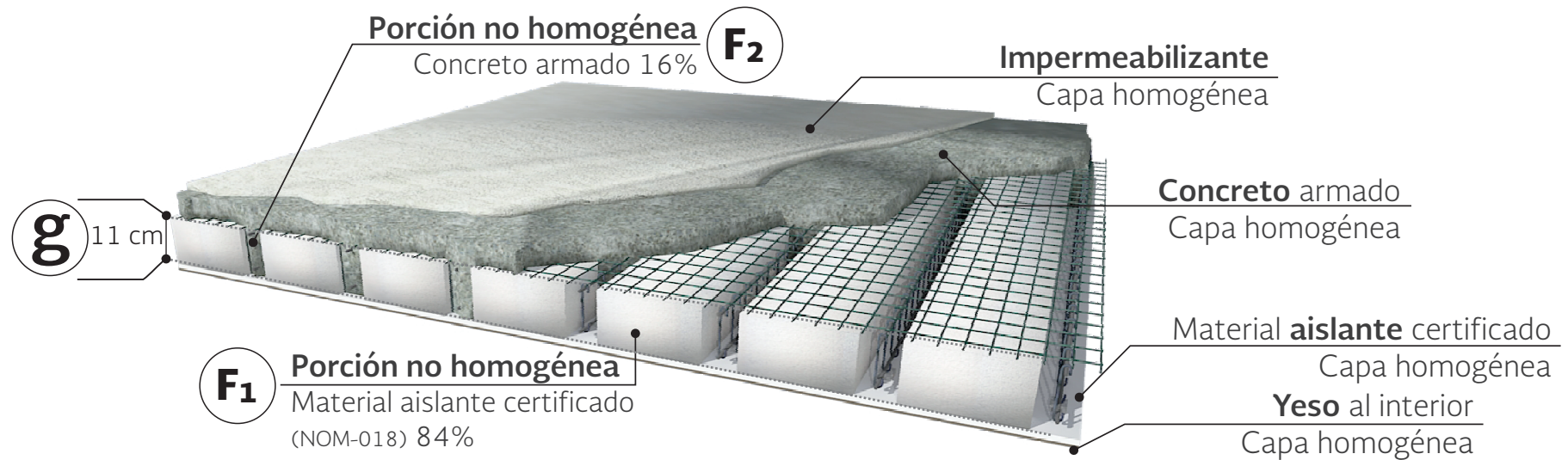
| | Espesor (metros) | Conductividad (λ) W/mK |
|------------------------------|------------------|----------------------------------|
| Interior | | |
| Losa de concreto armado | 0.150 | 1.740 |
| Aislante térmico certificado | 0.038 | 0.040 |
| Mortero de cal al exterior | 0.017 | 0.872 |

Exterior

$$\text{Valor } K = 0.8071 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Porciones de la envolvente

5 Losa de vigueta y bovedilla T1, T2



Losa de vigueta y bovedilla. **Porción homogénea.**

| Exterior | Espesor (metros) | Conductividad (λ) W/mK |
|-------------------------------|------------------|----------------------------------|
| Impermeabilizante | 0.002 | 0.170 |
| Concreto armado | 0.050 | 1.740 |
| Material aislante certificado | 0.038 | 0.040 |
| Yeso al interior | 0.005 | 0.372 |

Interior

Losa de vigueta y bovedilla. **Porción no homogénea.**

| Fracción | Material | Grueso g (metros) | Conductividad (λ) W/mK |
|----------|-------------------------|-------------------|----------------------------------|
| F1 0.84 | Material aislante cert. | 0.110 | 0.040 |
| F2 0.16 | Concreto armado | 0.110 | 1.740 |

Valor K = 0.3344 W/m²K

Tabla resumen de porciones que forman la envolvente

| N° | Porción | Espesor (l) metros | Conductividad (λ) W /mK | Valor K (λ) W /mK |
|-----------|---|------------------------------------|--|---|
| 1 | Muro de concreto aparente MS1 Concreto armado Mortero de cal al interior | 0.120 0.010 | 1.740 0.698 | 3.5252 |
| 2 | Muro de concreto celular MS2, ME, MN, MO Mortero de cal al exterior Bloque de concreto celular (densidad 500 kg/m ²) Mortero de cal al interior | 0.010 0.140 0.010 | 0.872 0.190 0.698 | 1.0384 |
| 3 | Puerta exterior PS, PN Madera blanda | 0.036 | 0.130 | 2.0951 |
| 4 | Losa plana de concreto armado SI Losa de concreto armado Aislante térmico certificado Mortero de cal al exterior | 0.150 0.038 0.017 | 1.740 0.040 0.872 | 0.8071 |
| 5 | Losa de vigueta y bovedilla T1, T2 Ver página 12 para detalles de capas. | | | 0.3344 |
| 6* | Ventanas y domos VS, VE, VO, VN1, VN2, VN3, D1 Vidrio Low E 6mm+12mm aire + vidrio claro 6mm | Espesor (l) metros 0.024 | Coefficiente de Sombreado (CS) 0.6 | Valor K (λ) W /mK 2.2700 |

• Calcular el **valor K** para cada porción tomado en cuenta los valores de conductancia superficial interior (**hi**) y (**he**) como se explica en la página 14 de esta guía.

*El **CS** es un valor adimensional. Es la razón entre la energía solar que se gana a través de un vidrio específico, a la energía solar que se gana a través de un vidrio claro de 3 mm de espesor, bajo idénticas condiciones. Este valor es siempre 1 para el edificio de referencia. Para el cálculo del edificio proyectado **CS** y **K** se obtiene desde el certificado NOM-024-ENER-2012.

Coeficiente Global de transferencia de calor (K)

Para determinar la cantidad de calor que pasa entre la superficie interior y exterior de un componente, por ejemplo, una pared, se calcula el coeficiente global de transferencia de calor o **valor K**.

El **valor K** se obtiene de la Tabla 1 del apéndice A de la Norma para el cálculo del edificio de referencia. Para el edificio proyectado, el **valor K** se tiene que calcular para cada componente de la envolvente de acuerdo a los materiales especificados en el proyecto arquitectónico.

Valores **K** más cercanos a cero indican que el material es mejor aislante térmico y, por lo tanto, deja pasar menor cantidad de calor de un lado a otro del componente.

Para calcular el **valor K** de las porciones homogéneas se utiliza la siguiente fórmula:

$$K = \frac{1}{M} \quad \text{(Eq. 1)}$$

En donde:

K es el coeficiente global de transferencia de calor de una porción de la envolvente del edificio para uso habitacional, de superficie a superficie, en W/m²K.

M es el aislamiento térmico total de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie en m²K/W.

Para calcular el valor **M**, es necesario conocer el espesor (*l*) y la conductividad térmica* (λ) de cada capa que forma la porción de la envolvente del edificio proyectado. La ecuación que se utiliza en la Norma para el cálculo de **M** es:

$$M = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n} \quad \text{(Eq. 2)}$$

En donde los valores de **h_i** y **h_e** son, respectivamente, valores de conductancia superficial interior y exterior. Estos valores están definidos en la Norma.

El valor de la conductancia superficial **exterior h_e**, siempre es igual a: **h_e = 13 W/m²K**.

Los valores de la conductancia superficial **interior h_i** varían dependiendo de la dirección del flujo de calor. Los valores de **h_i** y **h_e** se ilustran en la siguiente tabla:

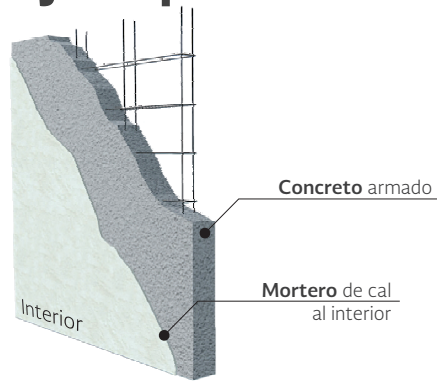
Conductancia superficial interior y exterior (W/m²K) según NOM-020-ENER-2011.

| | dirección del flujo de calor | | |
|----------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|
| | hacia arriba | horizontal | hacia abajo |
| h_i | 9.4 W/m ² K | 8.1 W/m ² K | 6.6 W/m ² K |
| h_e | 13 W/m ² K | | |

* Los valores de conductividad térmica (λ) de materiales aislantes, se pueden consultar en el Anexo D de la **NOM-020-ENER-2011**.

Para otros materiales constructivos, los valores de (λ) se pueden consultar desde los certificados otorgados por el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (**ONNCCCE**).

Ejemplo: cálculo valor K para una porción homogénea.



Calcule el valor **K** de la siguiente porción utilizando sólo una calculadora.

| | Espesor (metros) | Conductividad (λ) W/mK |
|----------------------------|------------------|------------------------|
| Exterior | | |
| Concreto armado | 0.120 | 1.740 |
| Mortero de cal al interior | 0.010 | 0.698 |
| Interior | | |

$$M = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n} \quad (\text{Eq. 2})$$

Sustituyendo en (Eq. 2) tenemos:

$$M = \frac{1}{8.1} + \frac{1}{13} + \frac{0.12}{1.74} + \frac{0.010}{0.698} = \mathbf{0.2837 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}}$$

Sustituyendo M en (Eq. 1) tenemos:

$$K = \frac{1}{M} \quad K = \frac{1}{\mathbf{0.2837}} = \mathbf{3.5252 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Recordando que:

dirección del flujo de calor

| | hacia arriba | horizontal | hacia abajo |
|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| h_i | 9.4 W/m ² K | 8.1 W/m ² K | 6.6 W/m ² K |
| h_e | 13 W/m ² K | | |

Apéndice C formato para informar el cálculo

3.1. Descripción de la porción: **Muro de concreto aparente** Número(**) **1**

Componente de la envolvente: Techo Pared

| Material | Espesor (m) | Conductividad térmica (w/mK) | M Aislamiento térmico (m2K/W) |
|----------------------------|-------------|------------------------------|-------------------------------|
| Convección exterior (****) | 1.000 | 13.000 | 0.077 |
| Concreto armado | 0.120 | 1.740 | 0.069 |
| Mortero de cal al interior | 0.010 | 0.698 | 0.014 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Convección interior | 1.000 | 8.100 | 0.123 |

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior
 [Fórmula M= Σ M] **M = 0.2837** m2K/W

Coefficiente Global de transferencia de calor de la porción (k)
 [Fórmula K= 1/M] **K = 3.5252** W/m2K

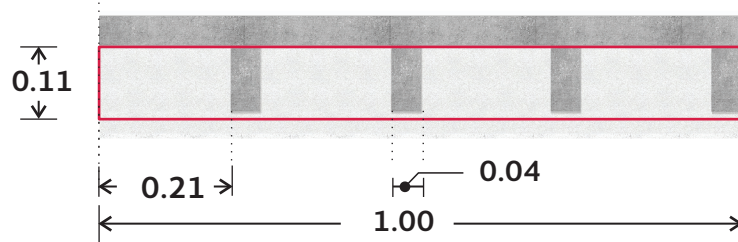
Porciones no homogéneas

Las porciones no homogéneas son paredes, techos o superficies inferiores compuestas por diferentes materiales. Ejemplos de porciones no homogéneas son: techos de vigueta y bovedilla y paredes construidas por sistemas de bastidores + paneles y material interior. Véase apéndice B, inciso B.2 de la Norma

Las porciones no homogéneas se componen de capas homogéneas que recorren de manera continua todo el elemento constructivo.

La losa se compone también por fracciones no homogéneas, en este caso las viguetas y las bovedillas, que constituyen diferentes porcentajes del elemento constructivo.

Para calcular el porcentaje de cada fracción se puede tomar un corte de la porción por ej. de un metro, el cual equivale al 100% y, posteriormente, y el área de cada una de las fracciones.



Área de la porción **no homogénea**: $0.11 \times 1.00 = 0.11 = 100\%$

Área de **bovedilla**: $4 (0.11 \times 0.21) = 4 \times 0.0231 = 0.0924 = 84\%$

Área de **vigueta**: $4 (0.11 \times 0.04) = 4 \times 0.0044 = 0.0176 = 16\%$

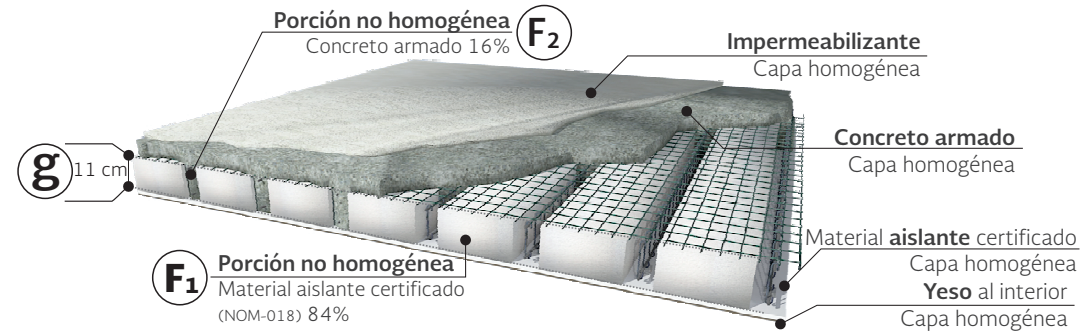


Fig. 1. Ejemplo de porción no homogénea. Losa de vigueta de concreto armado y bovedillas de material aislante certificado.

Con una regla de tres simple se pueden determinar los porcentajes de cada una de las fracciones. En el caso de la losa de vigueta y bovedilla de este ejemplo, las viguetas representen un 16% y las bovedillas un 84% del área total de la porción.

Para el cálculo del valor **K** de una porción no homogénea, primero se debe calcular un valor de **M** para la porción homogénea del componente llamado **Mparcial** y otro valor **M** para la porción no homogénea, utilizando las siguientes fórmulas:

$$M = \frac{1}{\frac{F_1}{M_{\text{parcial}} + (g/\lambda_1)} + \frac{F_2}{M_{\text{parcial}} + (g/\lambda_2)} + \dots + \frac{F_n}{M_{\text{parcial}} + (g/\lambda_n)}} \quad (\text{Eq. 3})$$

En donde:

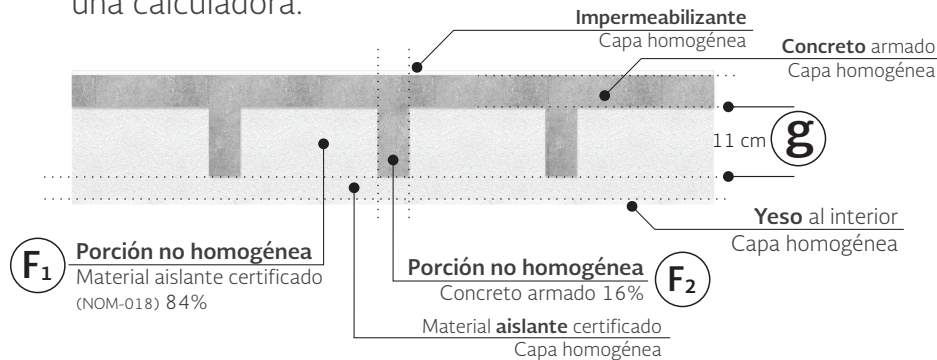
$$M_{\text{parcial}} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n} \quad (\text{Eq. 4})$$

Una vez encontrado el valor **M**, utilizando la (Eq. 3), se puede obtener el valor **K** para la porción no homogénea, utilizando la (Eq. 1):

$$K = \frac{1}{M} \quad (\text{Eq. 1})$$

Ejemplo: cálculo valor K para una porción no homogénea.

Calcule el valor **K** de la siguiente porción utilizando sólo una calculadora.



Losa de vigueta y bovedilla. **Porción homogénea.**

| Exterior | Espesor (metros) | Conductividad (λ) W/mK |
|-------------------------------|------------------|----------------------------------|
| Impermeabilizante | 0.002 | 0.170 |
| Concreto armado | 0.050 | 1.740 |
| Material aislante certificado | 0.038 | 0.040 |
| Yeso al interior | 0.005 | 0.372 |

Interior

Losa de vigueta y bovedilla. **Porción no homogénea.**

| Fracción | Material | Grueso g (metros) | Conductividad (λ) W/mK |
|----------|-------------------------|-------------------|----------------------------------|
| F1 0.84 | Material aislante cert. | 0.110 | 0.040 |
| F2 0.16 | Concreto armado | 0.110 | 1.740 |

$$M_{\text{parcial}} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n} \quad \text{(Eq. 4)}$$

Sustituyendo en (Eq. 4) tenemos:

$$M_{\text{parcial}} = \frac{1}{6.6} + \frac{1}{13} + \frac{0.002}{0.170} + \frac{0.050}{1.740} + \frac{0.038}{0.040} + \frac{0.005}{0.372}$$

$$M_{\text{parcial}} = 1.232 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

$$M = \frac{1}{\frac{F_1}{M_{\text{parcial}} + (g / \lambda_1)} + \frac{F_2}{M_{\text{parcial}} + (g / \lambda_2)} + \dots + \frac{F_n}{M_{\text{parcial}} + (g / \lambda_n)}} \quad \text{(Eq. 3)}$$

Sustituyendo **M** parcial en (Eq. 3) tenemos:

$$M = \frac{1}{\frac{(0.84)}{1.232 + (0.11 / 0.040)} + \frac{(0.16)}{1.232 + (0.11 / 1.740)}}$$

$$M = 2.99 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$$

Sustituyendo **M** en (Eq. 1) tenemos:

$$K = \frac{1}{M} = \frac{1}{2.99} = 0.3344 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Recordando que: **dirección del flujo de calor**

| | hacia arriba | horizontal | hacia abajo |
|----|------------------------|------------------------|------------------------|
| hi | 9.4 W/m ² K | 8.1 W/m ² K | 6.6 W/m ² K |
| he | 13 W/m ² K | | |

Ejemplo: cálculo de valor K. Porción no homogénea T1, T2

Apéndice C formato para informar el cálculo

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

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

3.1. Descripción de la Porción No Homogénea^(a) **Losa de vigueta y bovedilla** Número (**) **5**

| | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------|--------------------------|-------|------|
| Componente de la envolvente | <input checked="" type="checkbox"/> | Techo | <input type="checkbox"/> | Pared | |
| Área de la componente en m ² (A) | 0.11 | = | 0.11 | x | 1.00 |
| Área que ocupa la componente no homogénea 1 | | | 0.0924 | | |
| Fracción de la combinación (F1) | 0.84 | | | | |
| Área que ocupa la componente no homogénea 2 | | | 0.018 | | |
| Fracción de la combinación (F2) | 0.16 | | | | |

3.2. Aislamiento térmico parcial

| Material (***) | Espesor (m) | Conductividad térmica (w/mK) | M Aislamiento térmico (m ² K/W) |
|---|-------------|------------------------------|--|
| Convección exterior (****) | 1.000 | 13.000 | 0.077 |
| Impermeabilizante asfáltico | 0.002 | 0.170 | 0.012 |
| Concreto armado | 0.050 | 1.740 | 0.029 |
| Material aislante certificado (NOM-018) | 0.038 | 0.040 | 0.950 |
| Yeso al Interior | 0.005 | 0.372 | 0.013 |
| Convección interior | 1.000 | 6.600 | 0.152 |

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

[Fórmula M_{parcial} = Σ M]

M parcial **1.232**
m²K/W

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

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

3.3 Aislamiento Térmico parcial (M_{parcial}) **1.232** m²K/W

| Fracción (F) | Material (***) | Groeso (m) g (****) | Conductividad térmica (w/mK) | g/λ |
|--------------|---|---------------------|---|-------|
| F1 | Material aislante certificado (NOM-018) | 0.110 | 0.0400 | 2.750 |
| | | | Σ (g/λ ₁) | 2.750 |
| | | | Σ $\frac{F_1}{M_{parcial} + (g/\lambda_m)}$ | 0.211 |
| F2 | Concreto armado | 0.110 | 1.7400 | 0.063 |
| | | | Σ (g/λ ₂) | 0.063 |

$$\sum_{i=1, j=1}^{n, m} \frac{F_i}{M_{parcial} + (g/\lambda_m)} = 0.334$$

$$M = \frac{1}{\frac{F_1}{M_{parcial} + (g/\lambda_1)} + \frac{F_2}{M_{parcial} + (g/\lambda_2)} + \dots + \frac{F_n}{M_{parcial} + (g/\lambda_n)}} = 2.9902$$

$$M_{parcial} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n}$$

Coefficiente global de transferencia de calor de la porción (K)

[Fórmula K = 1/M] **0.3344**

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

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

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

Cálculo de ganancias de calor por **conducción**. Ejemplo Fachada Sur.

Extracto de Tabla 1. Valores para el Cálculo del Flujo de Calor a Través de la Envolvente

| Estado | Ciudad | K de referencia (W/m2K) | | CONDUCCIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|------------|---|------------------|------------|------------|---------------------|-------|--------------|-------|--------------|----|-----------------|----------|----|----|----|----|----|----|----|
| | | | | OPACA | | | | | | TRANSPARENTE | | | | | | | | | | |
| | | Hasta 3 niveles conjunto horizontal con muros compartidos | Más de 3 niveles | | T interior | Superficie inferior | Techo | Muro masivo | | Muro ligero | | Tragaluz y domo | Ventanas | | | | | | | |
| | | | | | | | | Techo y muro | Techo | Muro | N | | E | S | O | N | E | S | O | N |
| SONORA | Hermosillo | 0.476 | 0.476 | 0.526 | 25 | 33 | 48 | 34 | 38 | 35 | 36 | 39 | 43 | 41 | 43 | 28 | 29 | 30 | 31 | 31 |

Edificio de **referencia**. $\phi_{rci} = \sum_{j=1}^n [K_j * A_{ij} * (t_{ei} - t)]$

| Tipo y orientación de la porción de la envolvente | Coficiente global de transferencia de calor (W/m2K) [K] | Área total del edificio proyectado (m2) [A] | Fracción de la componente [F] | Temperatura equivalente (°C) [te] | Temperatura interior (°C) [t] | Ganancias de calor por conducción Φ_{rc} [K*A*F*(te-t)] |
|---|---|---|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|
| Muro Sur | 0.4760 | 33 | 0.90 | 35 | 25 | 141.37 |
| Ventana Sur | 5.3190 | | 0.10 | 31 | 25 | 105.32 |
| Φ_{rc} Fachada Sur | | | | | | 246.69 |

Se calcula igual para todas las fachadas, techo y superficie inferior. La suma de Φ_{rc} de todas las porciones da como resultado la ganancia de calor por conducción total del edificio de referencia:

Φ_{rc} Edif. Referencia **1751.23**

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

| Tipo y orientación de la porción de la envolvente | Número de la porción | Coficiente global de transferencia de calor. Valor calculado (W/m2K) [K] | Área del edificio proyectado (m2) [A] | Temperatura equivalente (°C) [te] | Temperatura interior (°C) [t] | Ganancias de calor por conducción Φ_{pc} [K*A*(te-t)] |
|---|----------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|
| MS1 MuroSur1 | 1 | 3.5252 | 13.70 | 35 | 25 | 482.95 |
| PS Pta. Sur | 3 | 2.0951 | 2.20 | 41 | 25 | 73.75 |
| MS2 MuroSur2 | 2 | 1.3084 | 10.13 | 35 | 25 | 105.14 |
| VS Vent. Sur | *6 | 2.2700 | 6.98 | 31 | 25 | 95.00 |
| Φ_{pc} Fachada Sur | | | | | | 756.84 |

Se calcula igual para todas las fachadas, techo y superficie inferior. La suma de Φ_{pc} de todas las porciones da como resultado la ganancia de calor por conducción total del edificio proyectado:

Φ_{pc} Edif. Proyectado **2592.47**

Cálculo de ganancias de calor por radiación. Ejemplo Fachada Sur.

Extracto de Tabla 1. Valores para el Cálculo del Flujo de Calor a Través de la Envoltante

| Estado | Ciudad | K de referencia (W/m2K) | | CONDUCCIÓN | | | | | | | | | | RADIACIÓN | | | | Barrera para vapor | | | | | | | |
|--------------|--------|---|------------------|------------|------------|---------------------|-------|-------------|--------------|----|----|-------------|----|--------------|----|-----------------|----------|--------------------|----|-----------------|---|----|----|-----|----|
| | | | | OPACA | | | | | TRANSPARENTE | | | | | TRANSPARENTE | | | | | | | | | | | |
| | | Temperatura equivalente promedio (°C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Hasta 3 niveles conjunto horizontal con muros compartidos | Más de 3 niveles | | T interior | Superficie interior | Techo | Muro masivo | | | | Muro ligero | | | | Tragaluz y domo | Ventanas | | | | Factor de ganancia solar promedio FG (W/m2) | | | | |
| Techo y muro | Techo | | Muro | N | | | | E | S | O | N | E | S | O | N | | E | S | O | Tragaluz y domo | N | E | S | O | |
| | | SONORA | | Hermosillo | 0.476 | 0.476 | 0.526 | 25 | 33 | 48 | 34 | 38 | 35 | 36 | 39 | 43 | 41 | 43 | 28 | 29 | 30 | 31 | 31 | 322 | 70 |

Edificio de referencia.

$$\Phi_{rsi} = \sum_{i=1}^5 [A_{ri} * CS_{ri} * FG_i]$$

| Tipo y orientación de la porción de la envoltante | Coefficiente de sombreado [CS] | Área total del edificio proyectado (m2) [A] | Fracción de la componente [F] | Ganancia de calor (W/m2) [FG] | Ganancia de calor por radiación Φ_{rs} [CS*A*F*FG] |
|---|--------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|---|
| Ventana Sur | 1.0000 | 33 | 0.10 | 131 | 432.30 |

Φ_{rs} Fachada Sur 432.30

Se calcula igual para todas las porciones transparentes de las demás fachadas y el techo.

La suma de Φ_{rs} de todas las porciones da como resultado la ganancia de calor por radiación total del edificio de referencia:

Φ_{rs} Edif. Referencia 1982.59

Edificio proyectado.

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

| Tipo y orientación de la porción de la envoltante | Material | Coefficiente de Sombreado [CS] | Área (m2) [A] | Ganancia de calor (W/m2) [FG] | Factor de sombreado exterior [SE] | Ganancia de calor por radiación Φ_{ps} [CS*A*FG*SE] |
|---|---|--------------------------------|---------------|-------------------------------|-----------------------------------|--|
| | | | | N° valor | | |
| VS Vent. Sur | Doble vidrio Low E. Desde cert. NOM-024 | 0.6 | 6.98 | 131 | 1 1 | 548.24 |

Φ_{ps} Fachada Sur 548.24

Se calcula igual para todas las porciones transparentes de las demás fachadas y el techo.

La suma de Φ_{ps} de todas las porciones da como resultado la ganancia de calor por radiación total del edificio proyectado:

Φ_{ps} Edif. Proyectado 1343.95

Resumen del cálculo y etiqueta

| 5.- Resumen del cálculo | | | |
|------------------------------|--|-------------------------------------|---|
| 5.1.- Presupuesto energético | | | |
| | Ganancia de calor por conducción (W) | Ganancia de calor por radiación (W) | Ganancia total de calor (W) $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ |
| Referencia | (φ_{cr}) 1,751.23 | (φ_{sr}) 1,982.59 | 3,733.83 |
| Proyectado | (φ_{cp}) 2,592.47 | (φ_{sp}) 1,343.95 | 3,936.42 |
| 5.2.- Cumplimiento | | | |
| Si | $(\varphi_r) > (\varphi_p)$ <input type="checkbox"/> | No | $(\varphi_r) < (\varphi_p)$ X |

Se puede observar que el ejercicio calculado no cumple con la norma, ya que la ganancia de calor del edificio proyectado es mayor que la ganancia del edificio de referencia.

A continuación, se propondrán mejoras en el diseño de la vivienda para cumplir con la norma. En este caso, se propondrá utilizar un dispositivo de sombra en la ventana Sur.

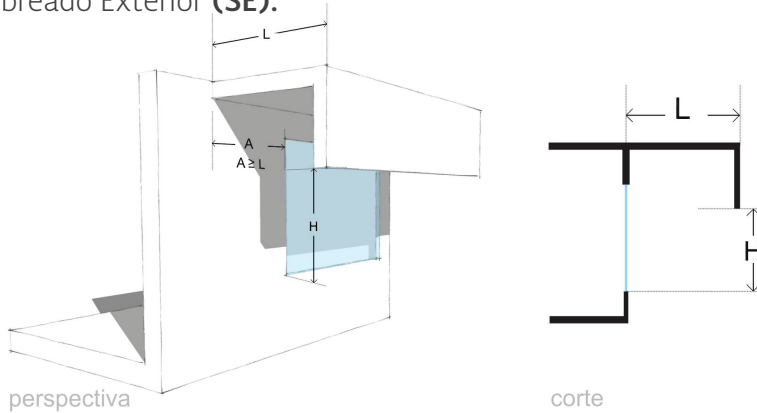
Se construirá una bocina alrededor de la ventana de 0.7 metros de profundidad, como se ilustra en las siguientes imágenes.

Esta modificación únicamente influirá en el resultado de las ganancias de calor por radiación, por lo que sólo se revisarán las secciones en donde existan cambios.

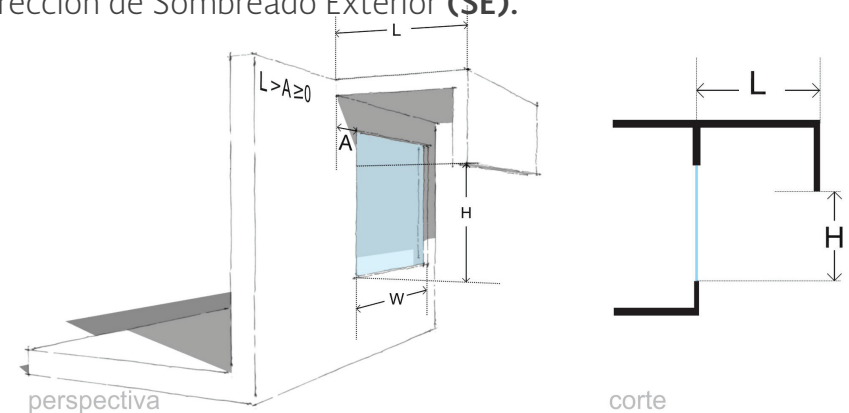
Anexo a esta guía encontrará los formatos para informar el cálculo (Apéndice C de la Norma) del ejercicio original y el ejercicio mejorado.

Tipos de sombreado que considera la Norma.

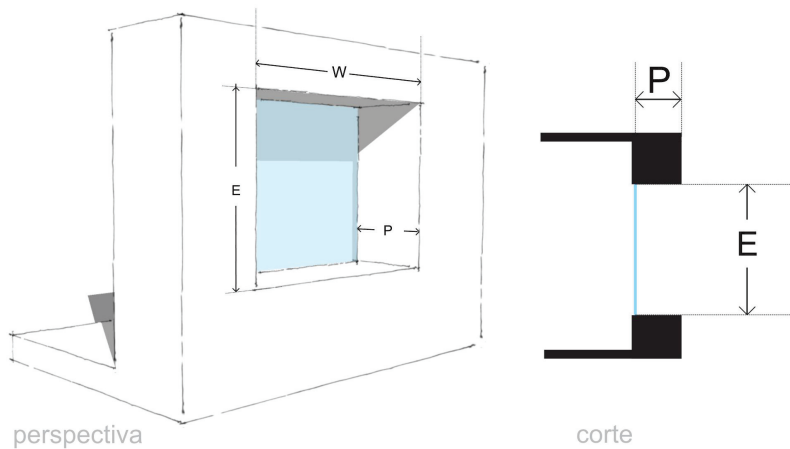
Volado con extensión lateral **más allá** de los límites de la **ventana**.
Utilizar **Tabla 2** de la NOM-020 para calcular el factor de corrección de Sombreado Exterior (**SE**).



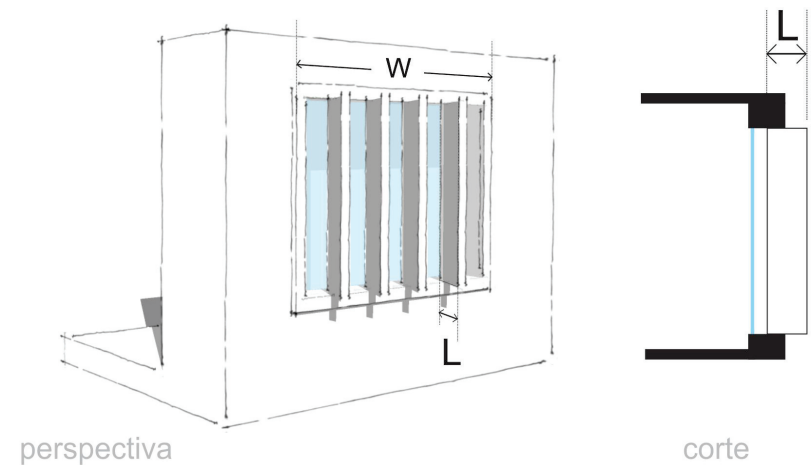
Volado con extensión lateral **hasta** los límites de la **ventana**.
Utilizar **Tabla 3** de la NOM-020 para calcular el factor de corrección de Sombreado Exterior (**SE**).



Ventana remetida.
Utilizar **Tabla 4** de la NOM-020 para calcular el factor de corrección de Sombreado Exterior (**SE**).



Ventana con partesoles.
Utilizar **Tabla 5** de la NOM-020 para calcular el factor de corrección de Sombreado Exterior (**SE**).



Cálculo del factor de **corrección por sombreado SE**.

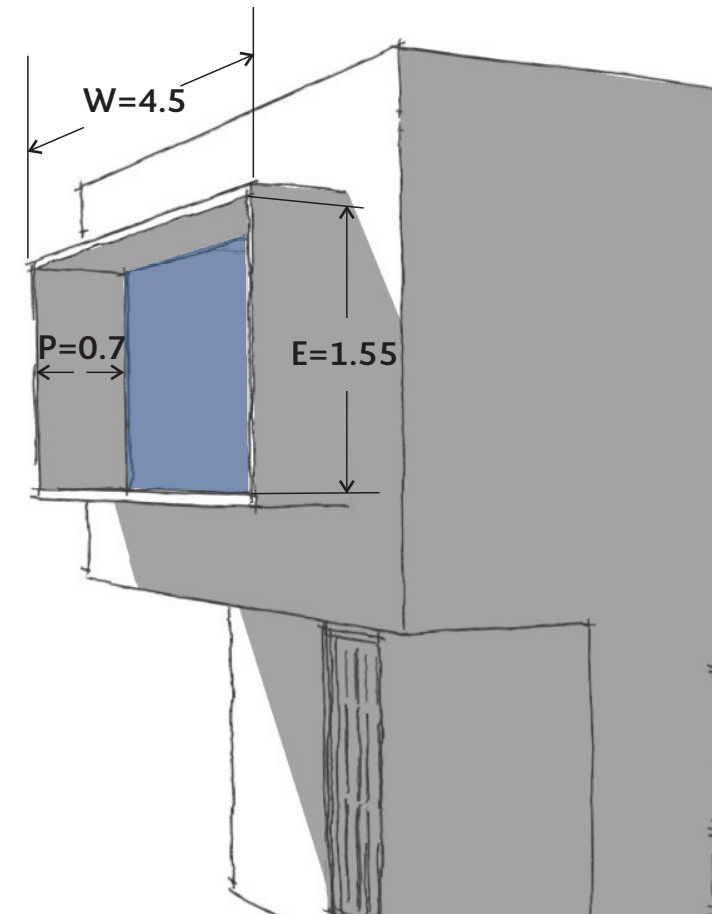
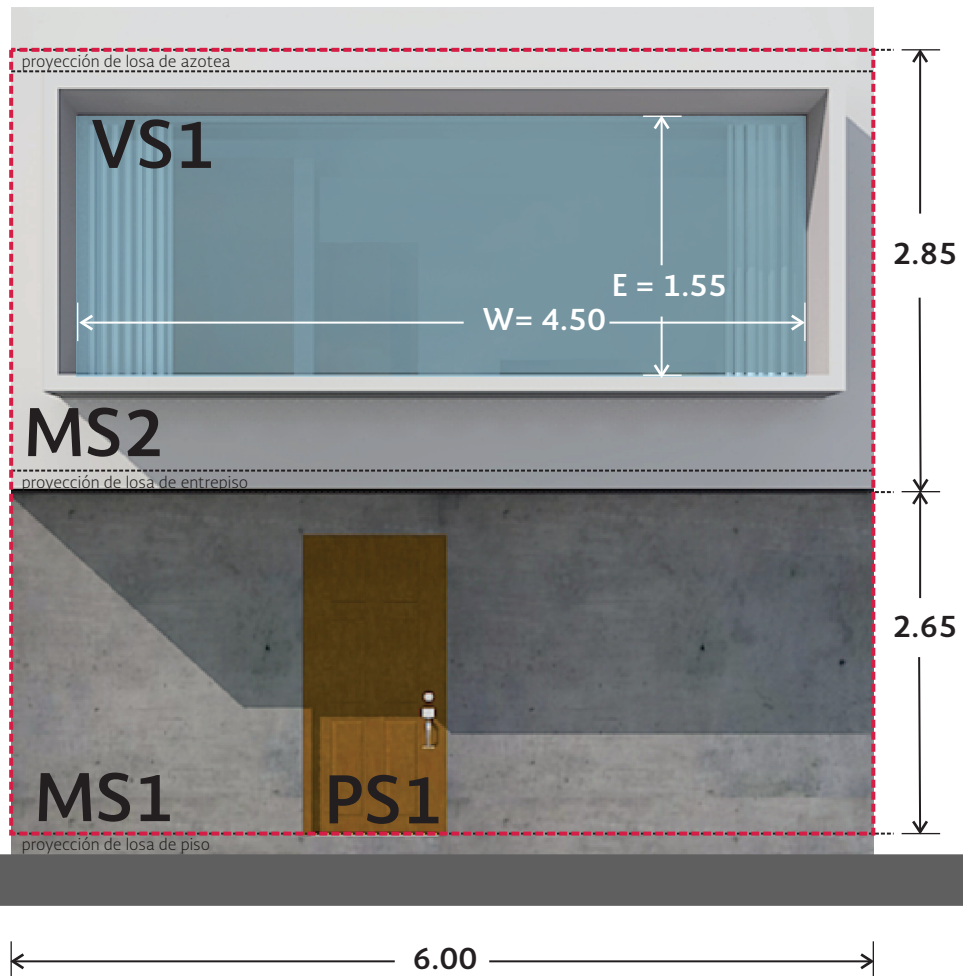


Tabla 4, por ventana remetida al Sur latitud de 32° y hasta 26°

Cálculo de ganancias de calor por radiación - mejorado.

Cuando los valores de **W/E** y de **P/E** no se encuentran en la Tabla 4 para la orientación y latitud de la ventana en estudio, se debe realizar un procedimiento de interpolación para encontrar los valores que se requieren para calcular **SE**. Este procedimiento se describe en el apartado A.2.5 de la Norma.

Para el ejemplo de mejora que se propone, los valores de W/E y P/E son 2.903 y 0.452, respectivamente y no se encuentran directamente en la Tabla 4: ventana remetida con orientación Sur con latitud de 32° y hasta 28°; por lo que se debe realizar el siguiente procedimiento de interpolación:

| | |
|--------------------|--------------|
| Tipo de sombreado: | 4 SUR |
| W = | 4.5 |
| P = | 0.7 |
| E = | 1.55 |
| W/E = X | 2.903 |
| P/E = Y | 0.452 |

| | | | | |
|------------------------|----------------------|----------|------------------------|----------|
| W/E | X_n | 2 | X_{n+1} | 4 |
| | | | | |
| P/E | | | | |
| Y_n | 0.4 | a | 0.51 | b |
| Y_{n+1} | 0.5 | c | 0.47 | d |

$$F_x = \frac{(X - X_n)}{(X_{n+1} - X_n)} \quad F_y = \frac{(Y - Y_n)}{(Y_{n+1} - Y_n)}$$

$$F_x = \frac{(2.903 - 2)}{(4 - 2)} = 0.452$$

$$F_y = \frac{(0.452 - 0.4)}{(0.5 - 0.4)} = 0.516$$

$$SE = F_x * F_y (d-c-b+a) + F_x (b-a) + F_y (c-a) + a$$

Sustituyendo los valores de **F_x** y **F_y**, y los valores indicados con **a**, **b**, **c** y **d**, tenemos:

$$SE = 0.452 * 0.516 (0.49-0.47-0.54+0.51) + 0.452 (0.54-0.51) + 0.516 (0.47-0.51) + 0.51$$

$$SE = 0.233 (-0.01) + 0.452 (0.03) + 0.516 (-0.04) + 0.51$$

$$SE = -0.002 + 0.013 - 0.020 + 0.51$$

$$SE = 0.501$$

Cálculo de ganancias de calor por radiación - mejorado.

Edificio **proyectado** - con ventana remetida.

| Tipo y orientación de la porción de la envolvente | Material | Coeficiente de Sombreado [CS] | Área (m2) [A] | Ganancia de calor (W/m2) [FG] | Factor de sombreado exterior [SE] | | Ganancia de calor por radiación Φ_{ps} [CS*A*FG*SE] |
|---|---|-------------------------------|---------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------|---|
| | | | | | N° | valor | |
| VS1 Vent. Sur | Doble vidrio Low E. Desde cert. NOM-024 | 0.6 | 6.98 | 131 | 2 | 0.501 | 274.67 |
| Φ_{ps} Fachada Sur | | | | | | | 274.67 |

La suma de Φ_{ps} de todas las porciones da como resultado la ganancia de calor por radiación total del edificio proyectado:

| | |
|--|----------------|
| Φ_{ps} Edif. Proyectado | 1070.38 |
|--|----------------|

EFICIENCIA ENERGÉTICA

Ganancia de Calor

Determinada como se establece en la NOM-020-ENER-2011

Ubicación del Edificio para uso Habitacional

Nombre: Vivienda
 Dirección: -----
 Colonia: -----
 Ciudad: Hermosillo
 Delegación y/o Municipio: -----
 Entidad Federativa: Sonora
 Código Postal: -----

Ganancia de Calor permitida por esta norma (edificio para uso habitacional de referencia) (watts) 3733.83
 Ganancia de Calor de este Edificio (edificio para uso habitacional Proyectado) (watts) 3662.85

Ahorro de Energía

Ahorro de Energía de este Edificio

2%

0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%

Menor Ahorro Mayor Ahorro

Fecha: 21 de febrero de 2014
 Nombre y Clave de la Unidad de Verificación: Juan Pérez López UV/C-008

Importante

Cuando la ganancia de calor del edificio proyectado sea igual a la del edificio de referencia el ahorro será del 0% y por lo tanto cumple con la norma. La etiqueta no debe retirarse del edificio.

Se puede observar como, al implementar un dispositivo de sombra en la ventana Sur en esta vivienda, se disminuyeron las ganancias de calor por radiación y en este caso se logró cumplir con la NOM-020-ENER-2011.

| 5.- Resumen del cálculo | | | |
|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|
| 5.1.- Presupuesto energético | | | |
| | Ganancia de calor por conducción (W) | Ganancia de calor por radiación (W) | Ganancia total de calor (W) $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ |
| Referencia | (ϕ_{cr}) 1,751.23 | (ϕ_{sr}) 1,982.59 | 3,733.83 |
| Proyectado | (ϕ_{cp}) 2,592.47 | (ϕ_{sp}) 1,070.38 | 3,662.85 |
| 5.2.- Cumplimiento | | | |
| Si | $(\phi_r) > (\phi_p)$ | X | No $(\phi_r) < (\phi_p)$ <input type="checkbox"/> |

GUÍA RÁPIDA PARA EL CÁLCULO DE LA

NOM-020-ENER-2011



Con el apoyo de
Programa de Energía Sustentable en México, SENER - GIZ
Componente Edificación

