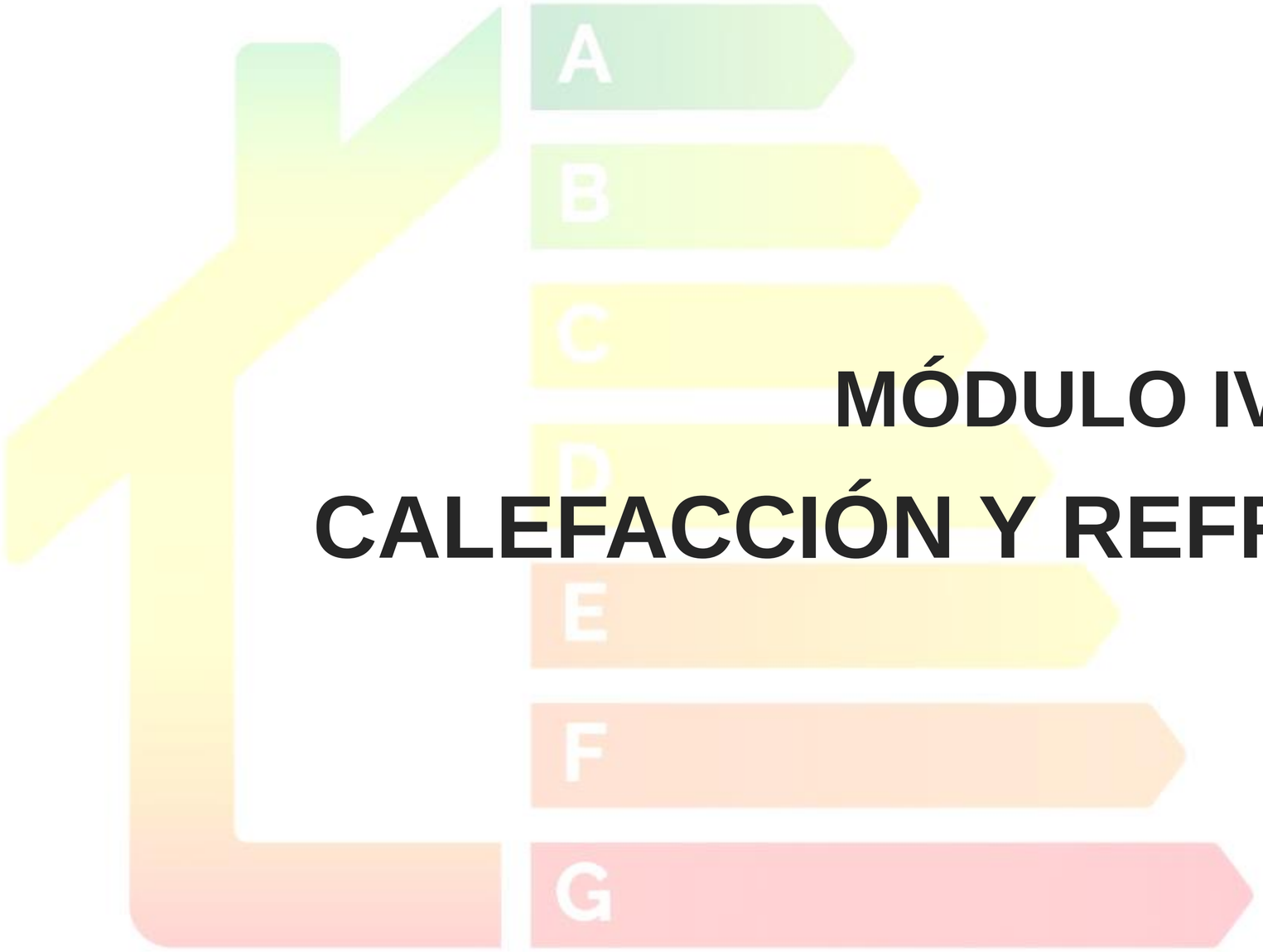


ETIQUETADO DE VIVIENDAS

CURSO DE CERTIFICADORES

Provincia de Santa Fe, 2018

MÓDULO IV

CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

SANTA FE
Secretaría de Estado de la Energía
Gobierno de la provincia de Santa Fe

eficiencia energética
Ministerio de Energía y Minería
Presidencia de la Nación

IV | CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

1. DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

   Conceptos previos. Pasos a seguir. Identificación de ambientes. Clasificación de ambientes. Definición de zonas térmicas. Reconocimiento de la envolvente térmica. Identificación de los elementos de la envolvente térmica. Identificación de elementos internos a la zona térmica.

2. CALEFACCIÓN EN INVIERNO

   Procedimiento de cálculo. Período de calefacción. Cálculo del requerimiento mensual de energía térmica. Energía intercambiada por transmisión, radiación y ventilación. Aportes térmicos gratuitos totales. Factor de utilización de los aportes térmicos. Cálculo del requerimiento total de energía térmica, de energía secundaria, y de energía primaria. Cálculo del requerimiento específico de energía primaria.

3. REFRIGERACIÓN EN VERANO

   Procedimiento de cálculo. Período de refrigeración. Cálculo del requerimiento mensual de energía térmica. Energía intercambiada por transmisión, radiación y ventilación. Aportes térmicos gratuitos totales. Factor de utilización de las dispersiones térmicas. Cálculo del requerimiento total de energía térmica, de energía secundaria, y de energía primaria. Cálculo del requerimiento específico de energía primaria.

DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

PASOS A SEGUIR

1. Identificación de ambientes
2. Clasificación de ambientes
3. Definición de zonas térmicas
4. Reconocimiento de la envolvente térmica
5. Identificación de los elementos de la envolvente térmica
6. Identificación de los elementos internos a la zona térmica

DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

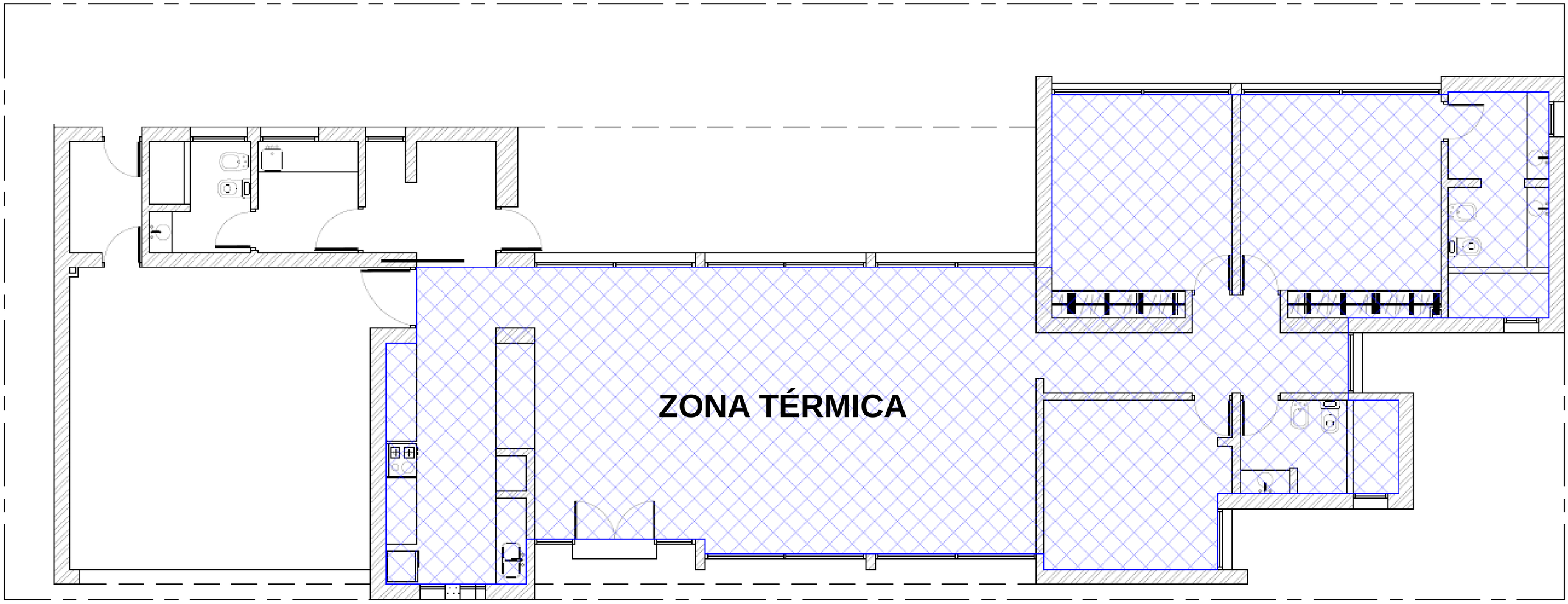
1. IDENTIFICACIÓN DE AMBIENTES

DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

2. CLASIFICACIÓN DE AMBIENTES

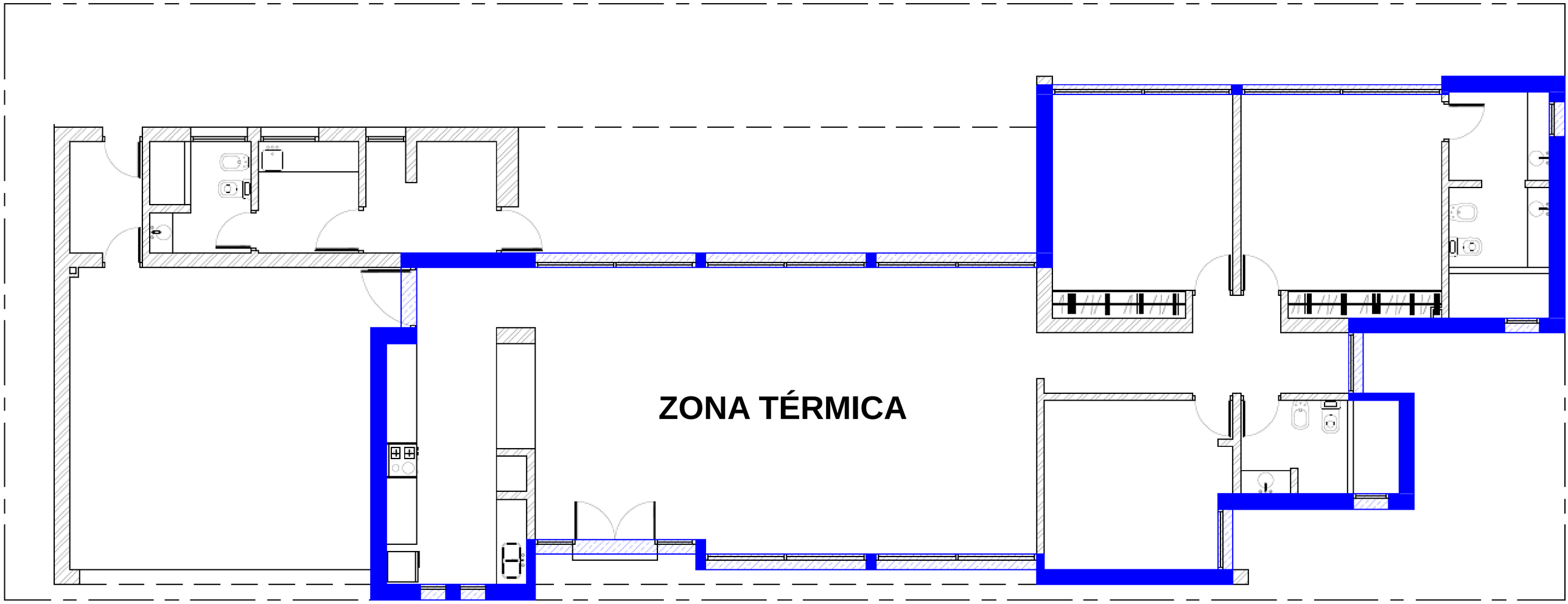
DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

3. DEFINICIÓN DE ZONAS TÉRMICAS



DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

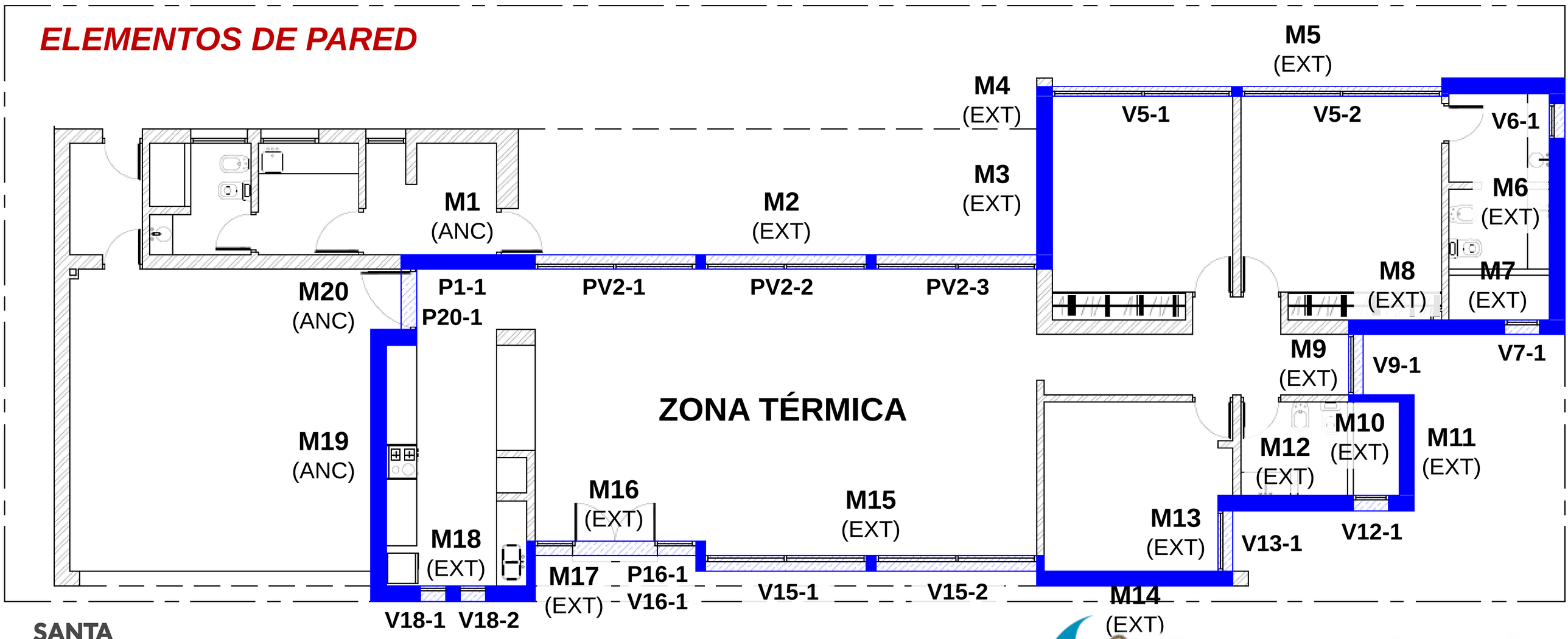
4. RECONOCIMIENTO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA



DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

5. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

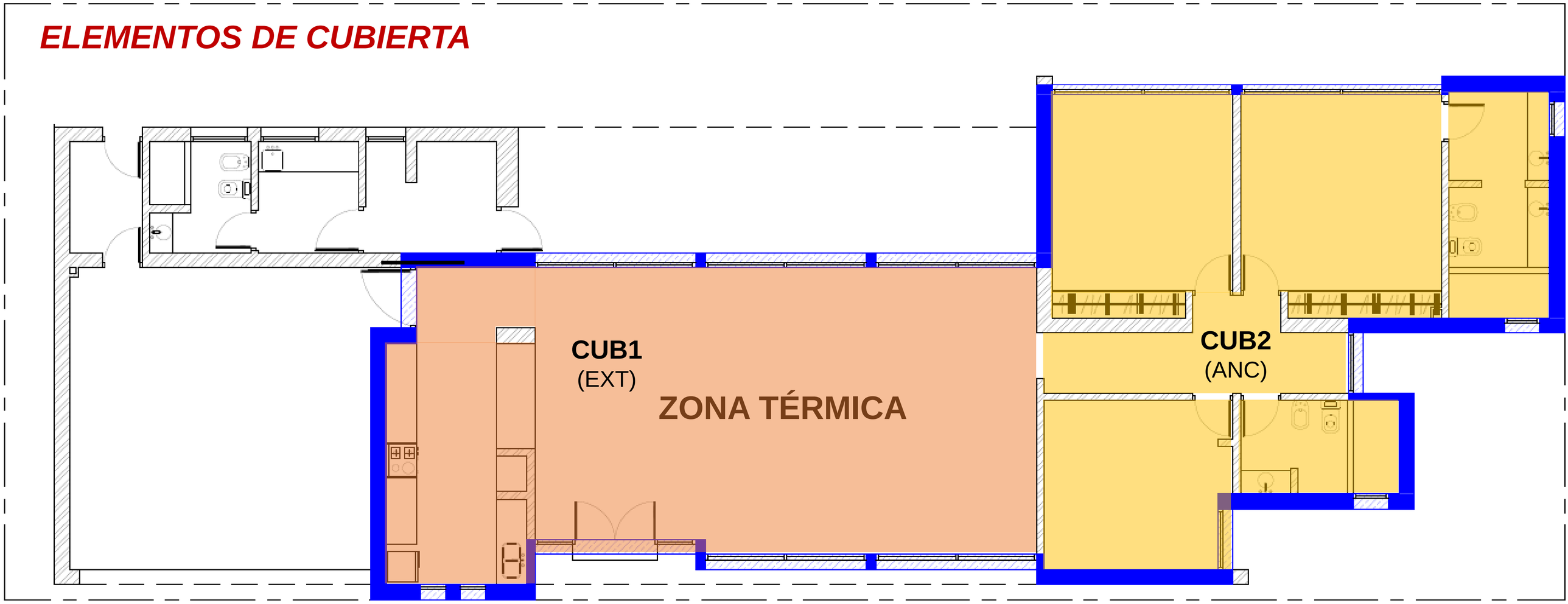
ELEMENTOS DE PARED



DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

5. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

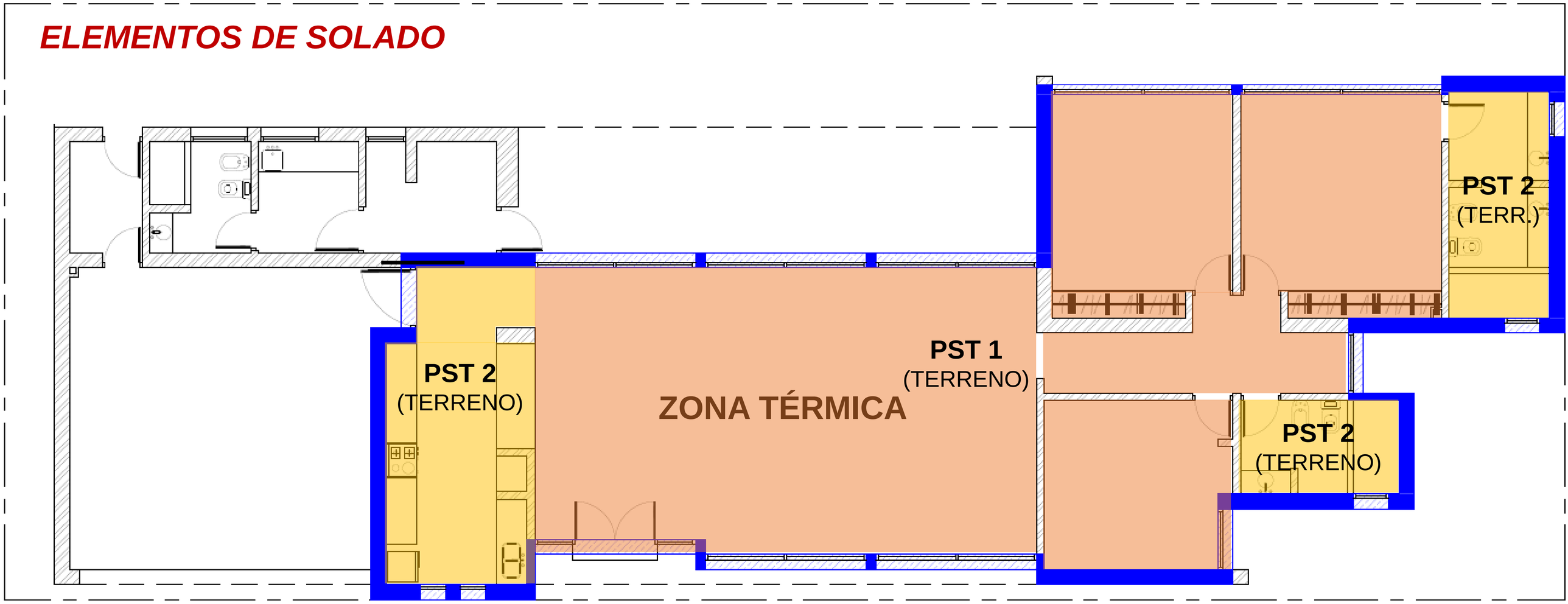
ELEMENTOS DE CUBIERTA



DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

5. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

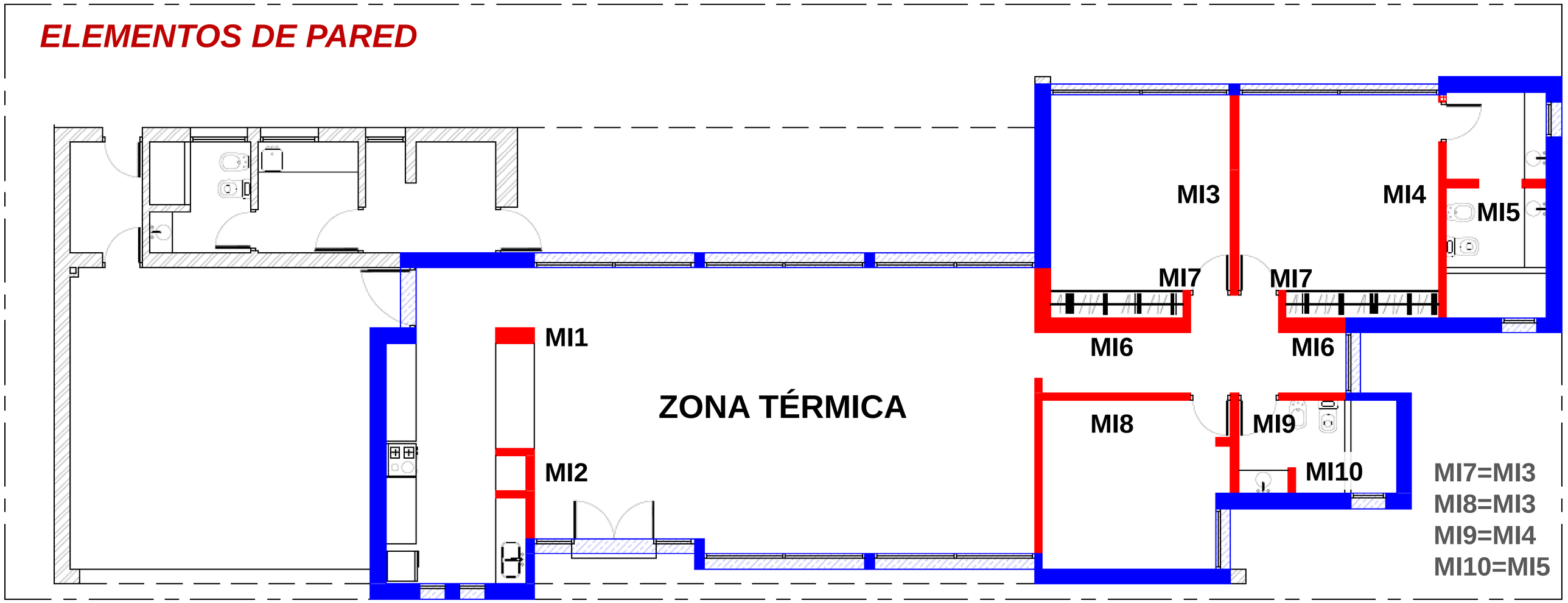
ELEMENTOS DE SOLADO



DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

6. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS INTERNOS A LA ZONA TÉRMICA

ELEMENTOS DE PARED



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

Secretaría de Estado de la Energía
Gobierno de la provincia de Santa Fe

eficiencia energética
Ministerio de Energía y Minería
Presidencia de la Nación

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

1. Definición de zonas térmicas
2. Definición del período de calefacción
3. Cálculo del requerimiento mensual de energía térmica (Q_i)
4. Cálculo del requerimiento **total (anual)** de **energía térmica** $(E_{U;I})$
5. Cálculo del requerimiento **total (anual)** de **energía secundaria** $(E_{S;I})$
6. Cálculo del requerimiento **total (anual)** de **energía primaria** $(E_{P;I})$
7. **Cálculo del requerimiento específico de energía primaria** (EP_I)

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

PERÍODO DE CALEFACCIÓN

Se define como el período de tiempo durante el cual se asume que los sistemas activos de calefacción garantizan una ***temperatura de confort constante y uniforme*** en el interior de cada una de las zonas térmicas definidas del inmueble.

Tabla 3.1: Inicio y finalización de los períodos de calefacción, para cada zona climática.

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
Inicio período calefacción	SD	SD	SD	SD	SD	15-may	SD
Fin período calefacción	SD	SD	SD	SD	SD	15-sep	SD

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\, Q_{gr} \qquad [kWh]$$

Energía térmica intercambiada por transmisión, radiación y ventilación

Aportes térmicos gratuitos totales

Factor de utilización de los aportes térmicos gratuitos

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = Q_{tr;\,rad} + Q_{ve} \quad [kWh]$$

Energía térmica intercambiada por transmisión y radiación hacia la bóveda

Energía térmica intercambiada por ventilación e infiltraciones

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad}} + Q_{ve} \quad [kWh]$$

- **Energía térmica intercambiada por transmisión y radiación hacia la bóveda celeste:**

$$\boldsymbol{Q_{tr;\,rad}} = \frac{1}{1000}[H_{tr}(\theta_{int} - \theta_{ext})T + \Phi_{rad}T + \Phi_{terr}T] \quad [kWh]$$

Coeficiente de intercambio térmico por transmisión

ANEXO B

Flujo de energía térmica por radiación a la bóveda

Flujo de energía térmica a través del terreno

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Coeficiente de intercambio térmico por transmisión *(ANEXO B)*:

$$H_{tr} = H_D + H_U \quad [W/K]$$

Coeficiente de intercambio térmico por transmisión ***hacia el exterior***

$$H_D = \sum_{i=1}^{N} A_{e,i} K_{e,i} \quad \left[\frac{W}{K}\right]$$

Coeficiente de intercambio térmico por transmisión ***hacia ambientes no climatizados***

$$H_U = \sum_{j=1}^{M} A_{e,j} K_{e,j} b_{tr,j} \quad \left[\frac{W}{K}\right]$$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

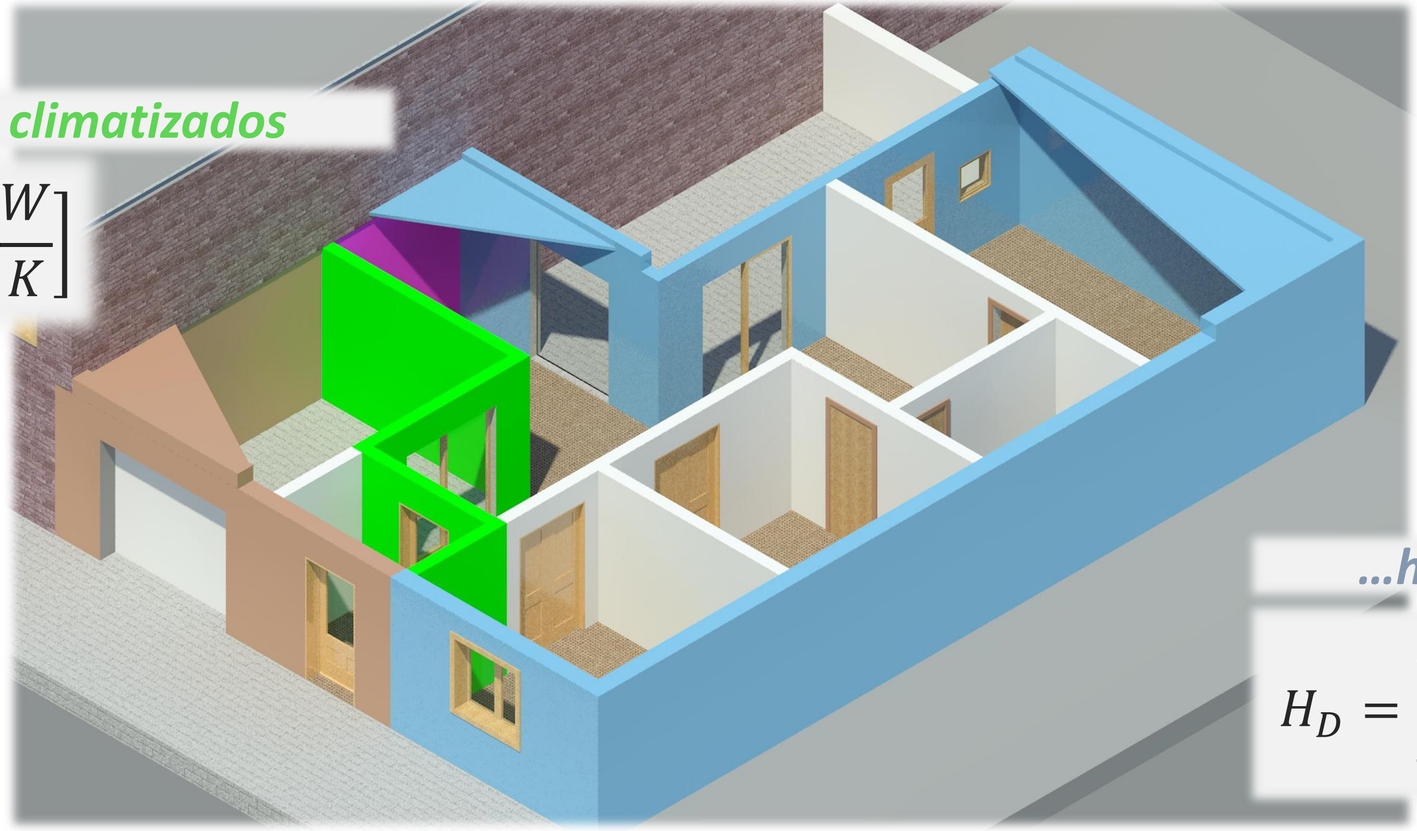
REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

...hacia ambientes no climatizados

$$H_U = \sum_{j=1}^{M} A_{e,j} K_{e,j} b_{tr,j} \qquad \left[\frac{W}{K}\right]$$



...hacia el exterior

$$H_D = \sum_{i=1}^{N} A_{e,i} K_{e,i} \qquad \left[\frac{W}{K}\right]$$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- ***TRANSMITANCIA TÉRMICA*** de un elemento de la envolvente

$$K_e = \frac{1}{R_{si} + R_e + R_{se}}(1 + F_{PT}) \qquad \left[\frac{W}{m^2 K}\right]$$

Resistencia superficial interna

Resistencia superficial externa

Tabla B.2: Resistencias superficiales (R_{si}, R_{se}), en m^2K/W.

	R_{si}	R_{se}
Flujo Horizontal	0,13	0,04
Flujo Ascendente	0,10	0,04
Flujo Descendente	0,17	0,04

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

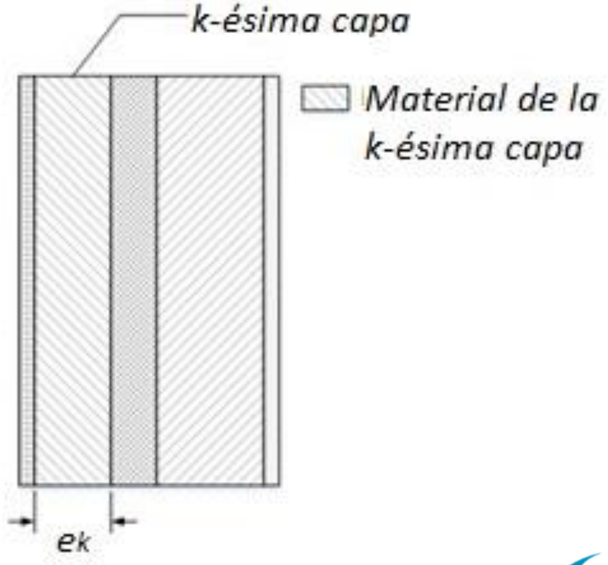
ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

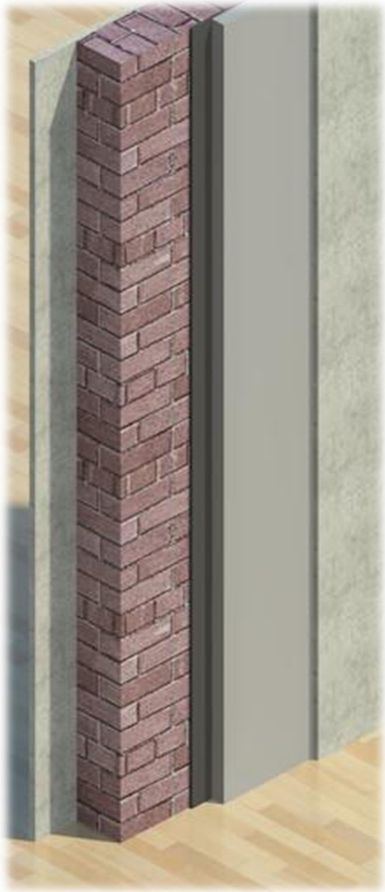
- ***TRANSMITANCIA TÉRMICA*** de un elemento de la envolvente

$$K_e = \frac{1}{R_{si} + R_e + R_{se}}(1 + F_{PT}) \qquad \left[\frac{W}{m^2 K}\right]$$

Resistencia térmica del elemento de la envolvente

$$R_e = \sum_{k=1}^{L} \frac{e_k}{\lambda_k} \qquad \left[\frac{m^2 K}{W}\right]$$





CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- ***TRANSMITANCIA TÉRMICA*** de un elemento de la envolvente

$$K_e = \frac{1}{R_{si} + R_e + R_{se}}(1 + F_{PT}) \qquad \left[\frac{W}{m^2 K}\right]$$

Tabla B.3: Factores de corrección por puentes térmicos.

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	INCREMENTO
Pared con aislante externo (sin aleros ni balcones)	0,05
Pared con aislante externo (con aleros o balcones)	0,15
Pared homogénea de ladrillos macizos o piedra	0,05
Pared de ladrillos huecos	0,10
Elemento aislado con ruptura de puente térmico	0,10
Elemento aislado sin ruptura de puente térmico	0,20
Paneles de hormigón prefabricado	0,30

Factor de corrección de puentes térmicos

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

En el caso de elementos transparentes que cuenten con protecciones móviles paralelas a su superficie, se deberá calcular una transmitancia térmica corregida:

$$K'_e = K_{e\,(tr+pr)}\, f_{pr} + K_{e\,(tr)}\left(1 - f_{pr}\right) \qquad \left[\frac{W}{m^2 K}\right]$$

Fracción de tiempo en que las protecciones móviles son utilizadas

Tabla B.4: Fracción de tiempo de utilización de la protección móvil (f_{pr}).

MES	f_{pr}
ENERO	0,19
FEBRERO	0,15
MARZO	0,06
ABRIL	0,08
MAYO	0,19
JUNIO	0,44
JULIO	0,50
AGOSTO	0,37
SEPTIEMBRE	0,13
OCTUBRE	0,07
NOVIEMBRE	0,09
DICIEMBRE	0,16

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

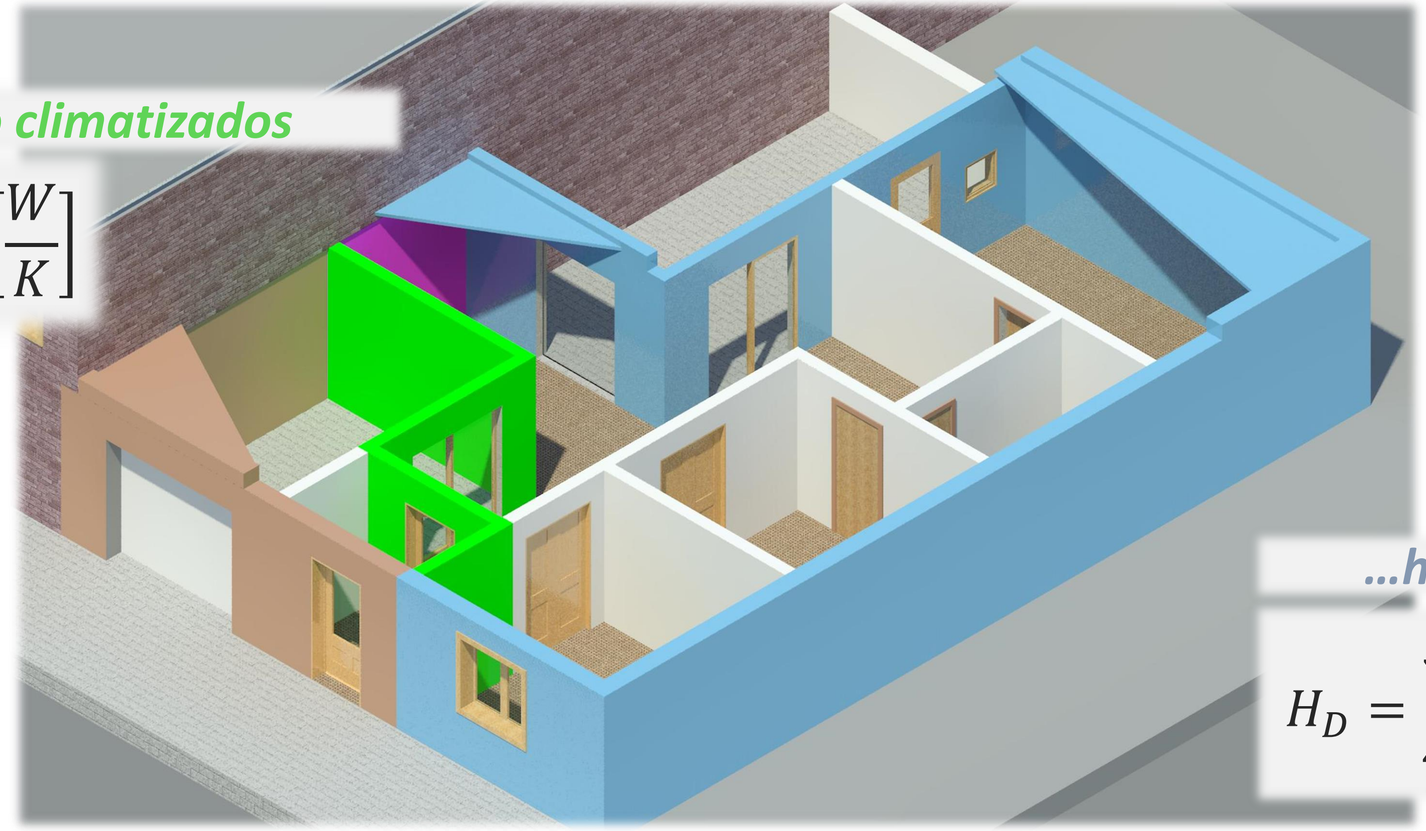
REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

...hacia ambientes no climatizados

$$H_U = \sum_{j=1}^{M} A_{e,j} K_{e,j} \boldsymbol{b_{tr,j}} \quad \left[\frac{W}{K}\right]$$



...hacia el exterior

$$H_D = \sum_{i=1}^{N} A_{e,i} K_{e,i} \quad \left[\frac{W}{K}\right]$$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

Tabla B.1: Factor de corrección del intercambio térmico con ambientes no climatizados.

AMBIENTE ADYACENTE	b_{tr}
Ambiente con una pared externa	0,40
Ambiente sin cerramientos externos con al menos dos paredes externas	0,50
Ambiente con cerramientos externos con al menos dos paredes externas	0,60
Ambiente con tres paredes externas	0,80
Subsuelo o sótano sin ventanas ni cerramientos externos	0,50
Subsuelo o sótano con ventanas o cerramientos externes	0,80
Ático con alta tasa de renovación	1,00
Ático con techo no aislado	0,90
Ático con techo aislado	0,70
Áreas internas de circulación sin paredes externas y sin ventilación adicional	0
Áreas internas de circulación libremente ventiladas (0,05 m^2/m^3)	1,00

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad}} + Q_{ve} \quad [kWh]$$

- **Energía térmica intercambiada por transmisión y radiación hacia la bóveda celeste:**

$$\boldsymbol{Q_{tr;\,rad}} = \frac{1}{1000}[H_{tr}(\theta_{int} - \theta_{ext})T + \Phi_{rad}T + \Phi_{terr}T] \quad [kWh]$$

Coeficiente de intercambio térmico por transmisión

ANEXO C

Flujo de energía térmica por radiación a la bóveda

Flujo de energía térmica a través del terreno

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Flujo de energía térmica por radiación hacia la bóveda celeste *(ANEXO C)*:

$$\Phi_{rad} = \sum_{i=1}^{N} R_{se}\, K_{e,i}\, A_{e,i}\, F_{r,i}\, h_r\, \Delta\theta_{er} \qquad [W]$$

R_{se}: Resistencia superficial externa, en m^2K/W;

$K_{e,i}$: Transmitancia térmica del i-ésimo elemento de la envolvente térmica que intercambia energía térmica con la bóveda celeste, en W/m^2K;

$A_{e,i}$: Área interna del i-ésimo elemento de la envolvente térmica que intercambia energía térmica con la bóveda celeste, en m^2;

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

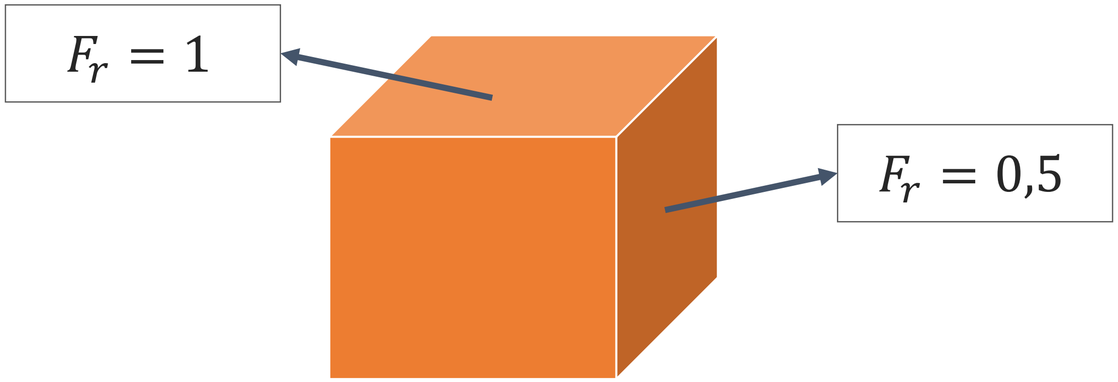
$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Flujo de energía térmica por radiación hacia la bóveda celeste *(ANEXO C)*:

$$\Phi_{rad} = \sum_{i=1}^{N} R_{se}\, K_{e,i}\, A_{e,i}\, F_{r,i}\, h_r\, \Delta\theta_{er} \qquad [W]$$

$F_{r,i}$: El factor de forma del i-ésimo elemento de la envolvente térmica;



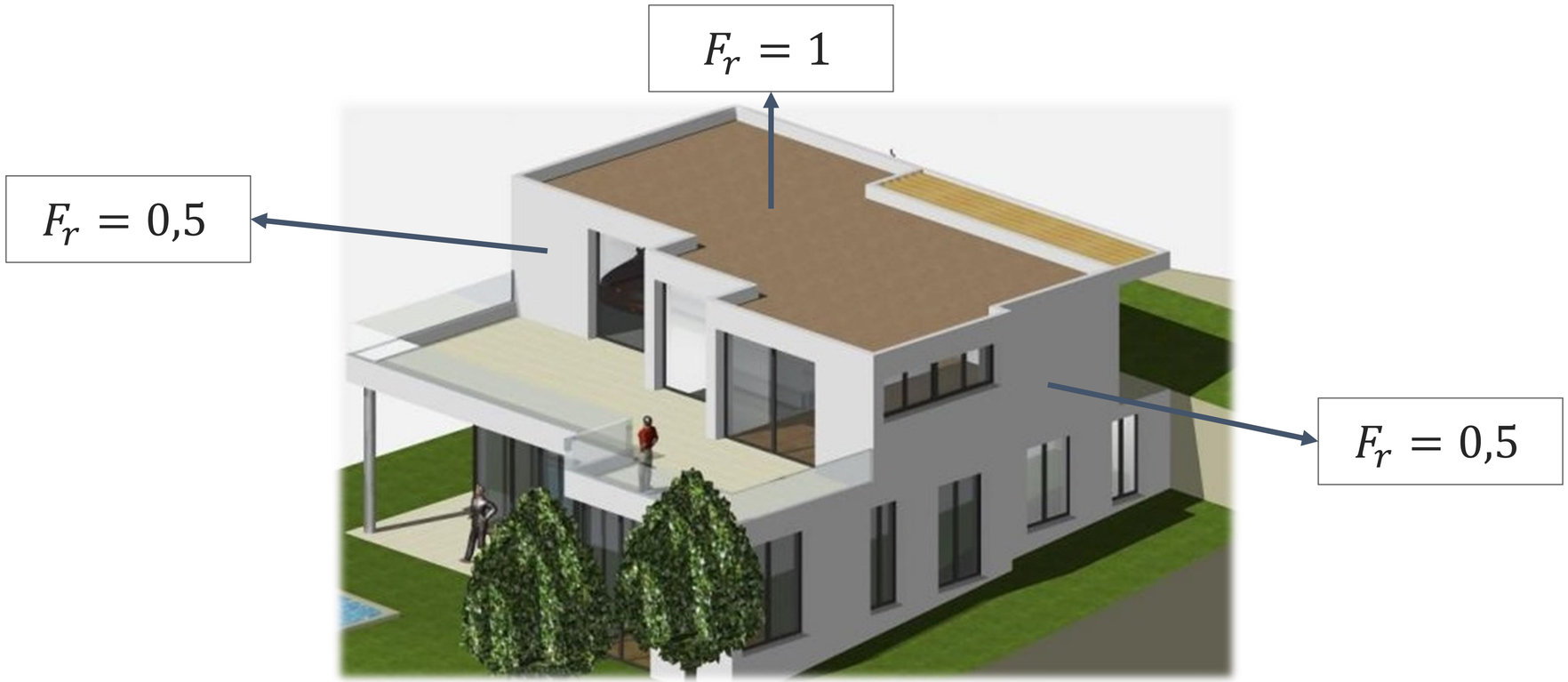
CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Flujo de energía térmica por radiación hacia la bóveda celeste *(ANEXO C)*:



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Flujo de energía térmica por radiación hacia la bóveda celeste *(ANEXO C)*:

$$\Phi_{rad} = \sum_{i=1}^{N} R_{se}\, K_{e,i}\, A_{e,i}\, F_{r,i}\, h_r\, \Delta\theta_{er} \qquad [W]$$

h_r: Coeficiente de intercambio térmico por radiación a la bóveda celeste linealizado

- Superficies opacas → $h_r = 4{,}5\ W/m^2K$
- Superficies transparentes → $h_r = 4{,}185\ W/m^2K$

$\Delta\theta_{er}$: Diferencia de temperatura superficial exterior media del elemento de la envolvente considerado y la temperatura aparente del cielo → $\Delta\theta_{er} = 11°C$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

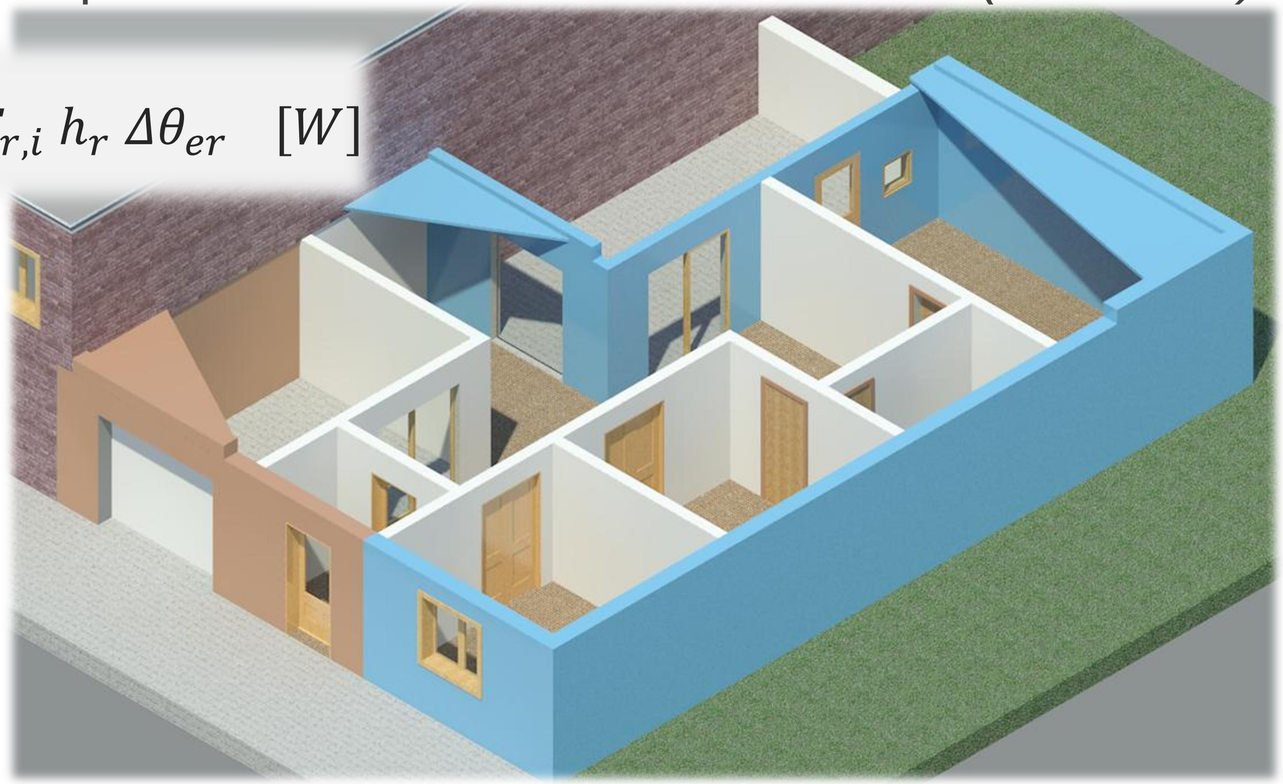
REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Flujo de energía térmica por radiación hacia la bóveda celeste *(ANEXO C)*:

$$\Phi_{rad} = \sum_{i=1}^{N} R_{se}\, K_{e,i}\, A_{e,i}\, F_{r,i}\, h_r\, \Delta\theta_{er} \quad [W]$$



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad}} + Q_{ve} \quad [kWh]$$

- **Energía térmica intercambiada por transmisión y radiación hacia la bóveda celeste:**

$$\boldsymbol{Q_{tr;\,rad}} = \frac{1}{1000}[H_{tr}(\theta_{int} - \theta_{ext})T + \Phi_{rad}T + \Phi_{terr}T] \quad [kWh]$$

Coeficiente de intercambio térmico por transmisión

Flujo de energía térmica por radiación a la bóveda

Flujo de energía térmica a través del terreno

ANEXO D

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Flujo de energía térmica por transmisión a través del terreno *(ANEXO D)*:

$$\Phi_{terr} = H_g\left(\theta_{int,m} - \theta_{ext,m}\right) - H_{pi}\,\frac{\Delta\theta_{int}}{2}\,cos\left[2\pi\,\frac{(m-n+\alpha)}{12}\right] + H_{pe}\,\frac{\Delta\theta_{ext}}{2}\,cos\left[2\pi\,\frac{(m-n-\beta)}{12}\right]\,[W]$$

- Coeficiente de intercambio térmico interno periódico a través del terreno
- Coeficiente de intercambio térmico externo periódico a través del terreno
- Coeficiente de intercambio térmico a través del terreno en régimen estacionario

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

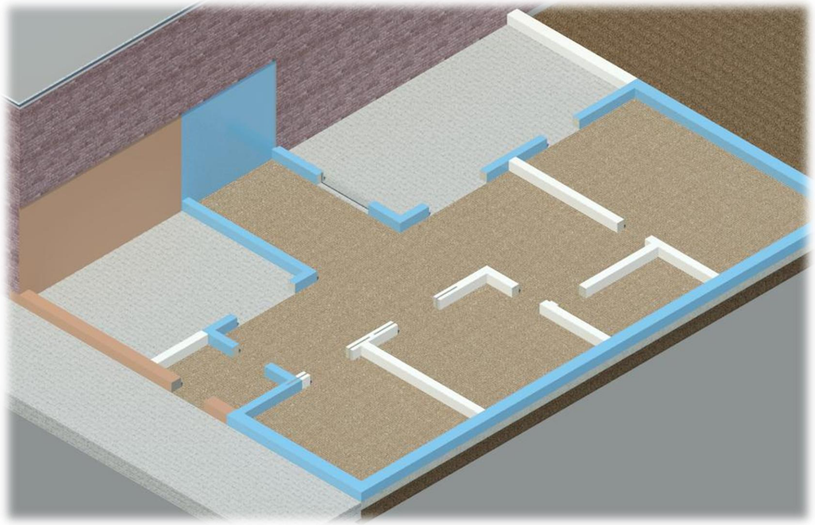
REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

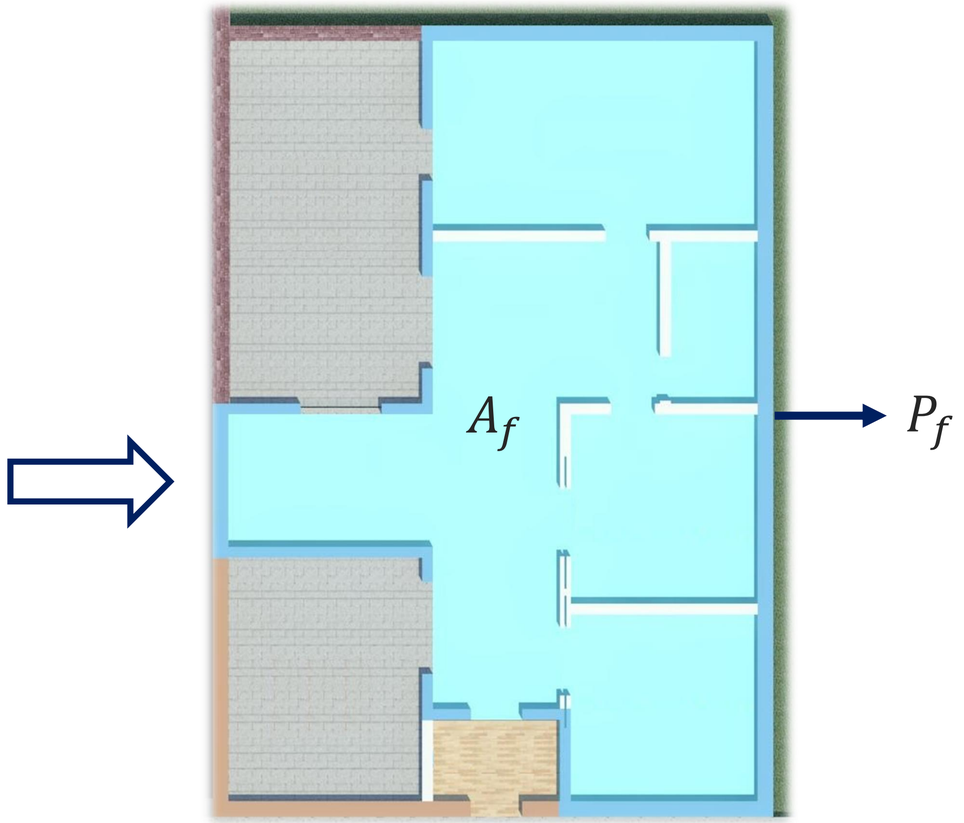
$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Parámetros característicos
  - Relación Área – Perímetro:

$$B' = \frac{A_f}{0{,}5\ P_f}$$





CALEFACCIÓN EN INVIERNO

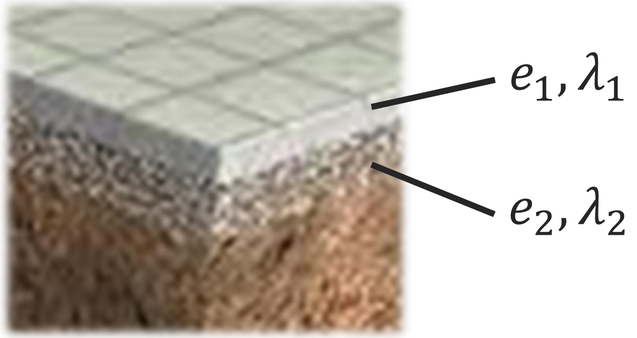
REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

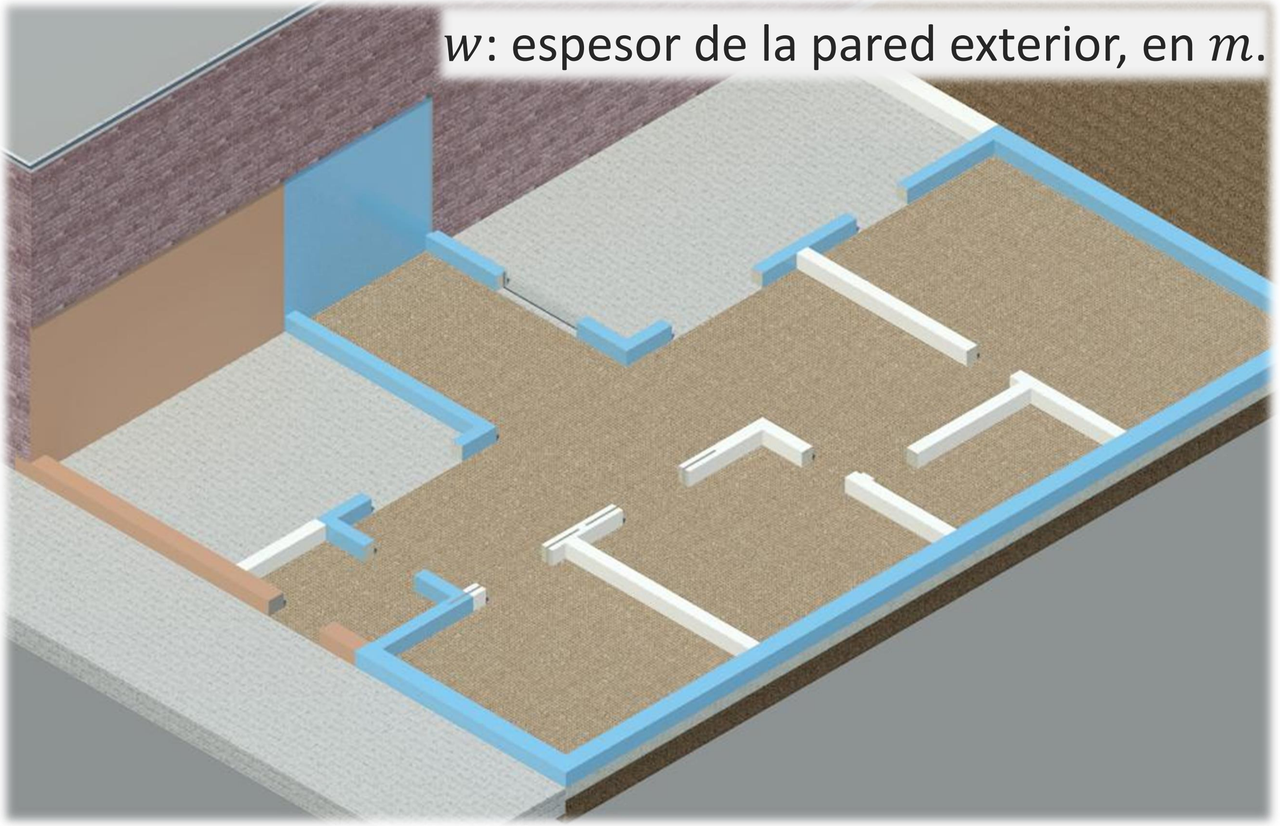
ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Parámetros característicos
  - Espesor equivalente:

$$d_t = w + \lambda_s\left(R_{si} + R_f + R_{se}\right) \quad [m]$$



$$R_f = \sum_{i=1}^{N} \frac{e_i}{\lambda_i} \quad \left[\frac{m^2 K}{W}\right]$$



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Parámetros característicos
  - Profundidad de penetración para período anual:

$$\delta = \sqrt{\frac{3{,}15.10^7\ \lambda_s}{\pi \rho_s c_s}} \quad [m]$$

Tabla D.4: Propiedades de suelos y rocas, que constituyen el terreno.

DESCRIPCIÓN	$\lambda_s \left[\frac{W}{mK}\right]$	$\rho_s c_s \left[\frac{J}{m^3 K}\right]$	$\delta\ [m]$
ARCILLA / LIMO	1,50	$3{,}0.10^6$	2,20
ARENA / GRAVA	2,00	$2{,}0.10^6$	3,20
ROCA HOMOGÉNEA	3,50	$2{,}0.10^6$	4,20

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Flujo de energía térmica por transmisión a través del terreno *(ANEXO D)*:

$$\Phi_{terr} = H_g\left(\theta_{int,m} - \theta_{ext,m}\right) - H_{pi}\frac{\Delta\theta_{int}}{2}\cos\left[2\pi\frac{(m-n+\alpha)}{12}\right] + H_{pe}\frac{\Delta\theta_{ext}}{2}\cos\left[2\pi\frac{(m-n-\beta)}{12}\right]\ [W]$$

Coeficiente de intercambio térmico a través del terreno en régimen estacionario

$$H_g = A_f K_f \quad \left[\frac{W}{K}\right]$$

$$K_f = \begin{cases} \dfrac{2\lambda_s}{\pi B' + d_t}\, ln\left(\dfrac{\pi B'}{d_t} + 1\right) & si\ d_t < B' \\ \dfrac{\lambda_s}{0{,}457B' + d_t} & si\ d_t \geq B' \end{cases} \quad \left[\frac{W}{m^2 K}\right]$$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Flujo de energía térmica por transmisión a través del terreno *(ANEXO D)*:

$$\Phi_{terr} = H_g\left(\theta_{int,m} - \theta_{ext,m}\right) - H_{pi}\,\frac{\Delta\theta_{int}}{2}\,cos\left[2\pi\,\frac{(m-n+\alpha)}{12}\right] + H_{pe}\,\frac{\Delta\theta_{ext}}{2}\,cos\left[2\pi\,\frac{(m-n-\beta)}{12}\right]\,[W]$$

Coeficiente de intercambio térmico interno periódico a través del terreno

$$H_{pi} = A_f\,\frac{\lambda_s}{d_t}\,\sqrt{\frac{2}{\left(1+\frac{\delta}{d_t}\right)^2+1}} \quad \left[\frac{W}{K}\right]$$

Coeficiente de intercambio térmico externo periódico a través del terreno

$$H_{pe} = 0{,}37\;P_f\;\lambda_s\;\ln\left(1+\frac{\delta}{d_t}\right) \quad \left[\frac{W}{K}\right]$$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Flujo de energía térmica por transmisión a través del terreno *(ANEXO D)*:

$$\Phi_{terr} = H_g\left(\theta_{int,m} - \theta_{ext,m}\right) - H_{pi}\,\frac{\Delta\theta_{int}}{2}\,cos\left[2\pi\,\frac{(m-n+\alpha)}{12}\right] + H_{pe}\,\frac{\Delta\theta_{ext}}{2}\,cos\left[2\pi\,\frac{(m-n-\beta)}{12}\right]\,[W]$$

$\theta_{int,m}$: Temperatura interior media anual → $\theta_{int,m} = 23℃$

$\theta_{ext,m}$: Temperatura exterior media anual → $\theta_{ext,m} = 17{,}7℃$ *(Zona 6)*

$\Delta\theta_{int}$: Diferencia entre la temperatura de confort de invierno y verano → $\Delta\theta_{int} = 6℃$

$\Delta\theta_{ext}$: Amplitud térmica anual → $\Delta\theta_{ext} = 15℃$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Flujo de energía térmica por transmisión a través del terreno *(ANEXO D)*:

$$\Phi_{terr} = H_g\left(\theta_{int,m} - \theta_{ext,m}\right) - H_{pi}\,\frac{\Delta\theta_{int}}{2}\,cos\left[2\pi\,\frac{(m-n+\alpha)}{12}\right] + H_{pe}\,\frac{\Delta\theta_{ext}}{2}\,cos\left[2\pi\,\frac{(m-n-\beta)}{12}\right]\,[W]$$

n: Número de mes en el cual la temperatura media es mínima → $n = 7$ (Julio) *(Zona 6)*

m: Número del mes considerado

α: Adelanto del flujo de calor en relación a la temperatura interior

β: Retraso del flujo de calor en relación a la temperatura exterior

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Parámetros de desfasaje
  - Adelanto del flujo de calor en relación a la temperatura interior (α):

$$\alpha = 1{,}5 - \frac{12}{2\pi} arctan\left(\frac{d_t}{d_t + \delta}\right)$$

  - Retraso del flujo de calor en relación a la temperatura exterior (β):

$$\beta = 1{,}5 - 0{,}42\ \ln\left(\frac{\delta}{d_t + 1}\right)$$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad}} + Q_{ve} \quad [kWh]$$

- **Energía térmica intercambiada por transmisión y radiación hacia la bóveda celeste:**

$$\boldsymbol{Q_{tr;\,rad}} = \frac{1}{1000}[H_{tr}(\theta_{int} - \theta_{ext})T + \Phi_{rad}T + \Phi_{terr}T] \quad [kWh]$$

Coeficiente de intercambio térmico por transmisión

ANEXO B

ANEXO C

Flujo de energía térmica por radiación a la bóveda

Flujo de energía térmica a través del terreno

ANEXO D

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad}} + Q_{ve} \quad [kWh]$$

- **Energía térmica intercambiada por transmisión y radiación hacia la bóveda celeste:**

$$\boldsymbol{Q_{tr;\,rad}} = \frac{1}{1000}\left[H_{tr}(\theta_{int} - \theta_{ext})T + \Phi_{rad}T + \Phi_{terr}T\right] \quad [kWh]$$

θ_{int}: Temperatura interna de confort → ***EN INVIERNO*** $\boldsymbol{\theta_{int} = 20℃}$

θ_{ext}: Temperatura media del mes considerado, en ℃ → *Tabla 3.2*

T: Intervalo de tiempo analizado, expresado en horas → $T = días\ del\ mes\ x\ 24\ h$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

Tabla 3.2: Temperatura media mensual (θ_{ext}) para cada zona climática de la provincia, en °C.

MES	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
ENERO	SD	SD	SD	SD	SD	25,0	SD
FEBRERO	SD	SD	SD	SD	SD	23,6	SD
MARZO	SD	SD	SD	SD	SD	21,6	SD
ABRIL	SD	SD	SD	SD	SD	17,5	SD
MAYO	SD	SD	SD	SD	SD	13,8	SD
JUNIO	SD	SD	SD	SD	SD	11,0	SD
JULIO	SD	SD	SD	SD	SD	10,0	SD
AGOSTO	SD	SD	SD	SD	SD	12,0	SD
SEPTIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	15,0	SD
OCTUBRE	SD	SD	SD	SD	SD	18,5	SD
NOVIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	21,5	SD
DICIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	23,6	SD

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = Q_{tr;\,rad} + Q_{ve} \quad [kWh]$$

Energía térmica intercambiada por transmisión y radiación hacia la bóveda

Energía térmica intercambiada por ventilación e infiltraciones

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = Q_{tr;\,rad} + \boldsymbol{Q_{ve}} \quad [kWh]$$

- **Energía térmica intercambiada por ventilación e infiltraciones:**

$$\boldsymbol{Q_{ve}} = \frac{1}{1000} H_{ve}(\theta_{int} - \theta_{ext})T \qquad [kWh]$$

Coeficiente de intercambio térmico por ventilación

ANEXO E

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Coeficiente de intercambio térmico por ventilación e infiltraciones *(ANEXO E)*:

$$H_{ve} = \rho_a c_a q_{tot} \quad \left[\frac{W}{K}\right]$$

$\rho_a c_a$: Capacidad térmica volumétrica del aire $= 1200\ J/m^3K$

q_{tot}: Caudal total de aire que ingresa a la zona térmica debido a ventilación e infiltraciones

$$q_{tot} = \underbrace{q_{ve}}_{\text{Caudal de ingreso de aire debido a ventilación en verano}} + \underbrace{q_{inf}}_{\text{Caudal de ingreso de aire debido a infiltraciones}} \quad \left[\frac{m^3}{s}\right]$$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Caudal de ingreso de aire debido a ***VENTILACIÓN***:

$$q_{ve} = \frac{\eta V_{neto}}{3600}\, f_{ve} \qquad \left[\frac{m^3}{s}\right]$$

η: Tasa de renovaciones de aire, en $1/\mathrm{h}$ → *Tabla E.1*

Tabla E.1: Tasa de renovaciones de aire por ventilación en verano (n), en $1/h$.

VENTILACIÓN	n
Ventilación simple	25
Ventilación cruzada, en altura inferior a 20 m	55
Ventilación cruzada, en altura superior a 20 m	80

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Caudal de ingreso de aire debido a ***VENTILACIÓN***:

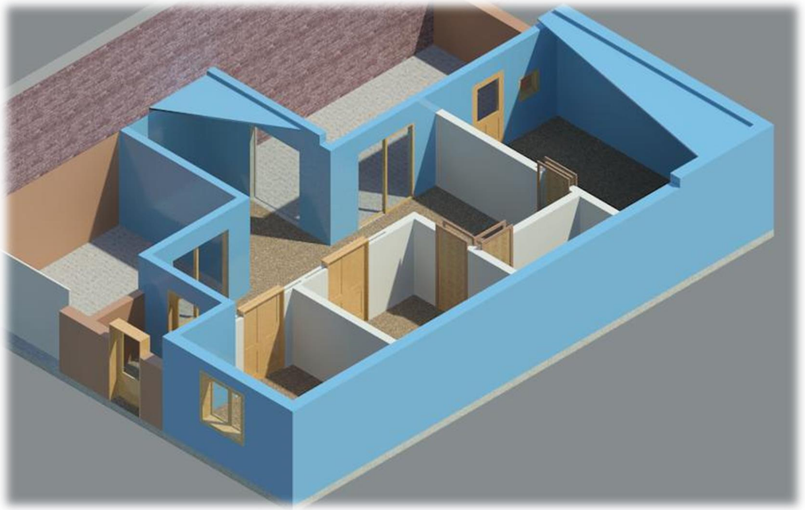
$$q_{ve} = \frac{\eta V_{neto}}{3600}\, f_{ve} \qquad \left[\frac{m^3}{s}\right]$$

η: Tasa de renovaciones de aire, en $1/\mathrm{h}$.

V_{neto}: Volumen neto de la zona térmica considerada, en m^3

f_{ve}: Fracción de tiempo en que se considera la existencia de un flujo de aire nocturno para ventilación.

→ ***EN INVIERNO,*** $f_{ve} = 0 \implies \boldsymbol{q_{ve} = 0}$



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Caudal de ingreso de aire debido a ***INFILTRACIONES***:

$$q_{inf} = 2{,}5\, A_L(10^{-4}) \quad \left[\frac{m^3}{s}\right]$$

A_L: Área de fuga equivalente, en cm^2.

$$A_L = \sum_{i=1}^{N} a_{v,i} l_i + \sum_{j=1}^{M} A_{rv,j} \quad [cm^2]$$

Área total de fuga a través de las aberturas presentes en la zona térmica

Área total de fuga de los elementos de la envolvente a través de los cuales pudieran producirse fugas de aire

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Caudal de ingreso de aire debido a ***INFILTRACIONES***:

Tabla E.2: Área de fuga por metro lineal de junta de abertura (a_v), en cm^2/m.

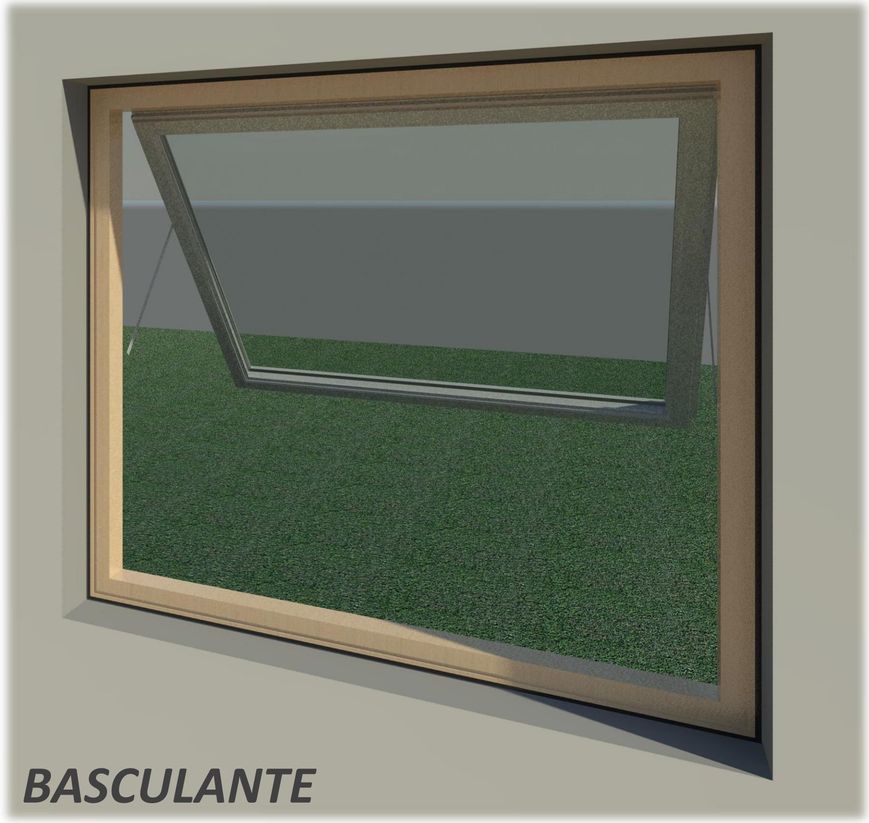
TIPO DE APERTURA	NIVEL DE HERMETICIDAD		
	BUENO	REGULAR	MALO
FIJA	0	0	0
BATIENTE	2,54	3,81	6,35
BASCULANTE	2,54	3,81	6,35
OSCILANTE	2,54	3,81	6,35
CORREDIZA	6,35	9,53	15,88
GUILLOTINA	6,35	9,53	15,88

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

OSCILANTE

CORREDIZA

GUILLOTINA

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Caudal de ingreso de aire debido a ***INFILTRACIONES***:

$$q_{inf} = 2{,}5\, A_L(10^{-4}) \quad \left[\frac{m^3}{s}\right]$$

El valor de q_{inf} deberá ser mayor o igual al valor de caudal definido por la tasa mínima de renovaciones de aire debido a condiciones de higiene y salubridad para la habitabilidad de los ambientes, adoptada como $\eta_{mín} = 0{,}30\ 1/h$.

$$q_{inf} \leq \frac{\eta_{mín} V_{neto}}{3600} \qquad \left[\frac{m^3}{s}\right]$$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Coeficiente de intercambio térmico por ventilación e infiltraciones *(ANEXO E)*:

$$H_{ve} = \rho_a c_a \boldsymbol{q_{tot}} \quad \left[\frac{W}{K}\right]$$

$\rho_a c_a$: Capacidad térmica volumétrica del aire $= 1200\ J/m^3K$

q_{tot}: Caudal total de aire que ingresa a la zona térmica debido a ventilación e infiltraciones

$$\boldsymbol{q_{tot}} = \underbrace{q_{ve}}_{\text{Caudal de ingreso de aire debido a ventilación en verano}} + \underbrace{q_{inf}}_{\text{Caudal de ingreso de aire debido a infiltraciones}} \quad \left[\frac{m^3}{s}\right]$$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = Q_{tr;\,rad} + \boldsymbol{Q_{ve}} \quad [kWh]$$

- **Energía térmica intercambiada por ventilación e infiltraciones:**

$$\boldsymbol{Q_{ve}} = \frac{1}{1000} H_{ve}(\theta_{int} - \theta_{ext})T \qquad [kWh]$$

Coeficiente de intercambio térmico por ventilación

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = Q_{tr;\,rad} + \boldsymbol{Q_{ve}} \quad [kWh]$$

- **Energía térmica intercambiada por ventilación e infiltraciones:**

$$\boldsymbol{Q_{ve}} = \frac{1}{1000} H_{ve}(\theta_{int} - \theta_{ext})T \qquad [kWh]$$

θ_{int}: Temperatura interna de confort → ***EN INVIERNO*** $\boldsymbol{\theta_{int} = 20℃}$

θ_{ext}: Temperatura media del mes considerado, en ℃ → *Tabla 3.2*

T: Intervalo de tiempo analizado, expresado en horas → $T = días\ del\ mes\ x\ 24\ h$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = Q_{tr;\,rad} + Q_{ve} \quad [kWh]$$

- Energía térmica intercambiada por transmisión y radiación hacia la bóveda
- Energía térmica intercambiada por ventilación e infiltraciones

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\, Q_{gr} \qquad [kWh]$$

Energía térmica intercambiada por transmisión, radiación y ventilación

Aportes térmicos gratuitos totales

Factor de utilización de los aportes térmicos gratuitos

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

$$Q_{gr} = Q_{int} + Q_{sol} \qquad [kWh]$$

Aportes gratuitos de energía térmica de origen interno

Aportes gratuitos de energía térmica de origen solar

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

$$Q_{gr} = \boldsymbol{Q_{int}} + Q_{sol} \qquad [kWh]$$

- **Aportes gratuitos de energía térmica de origen interno:**

$$\boldsymbol{Q_{int}} = \frac{1}{1000}\,\Phi_{int}\,T \qquad [kWh]$$

Flujo de energía térmica debido a aportes internos

ANEXO F

T: Intervalo de tiempo analizado, expresado en horas.

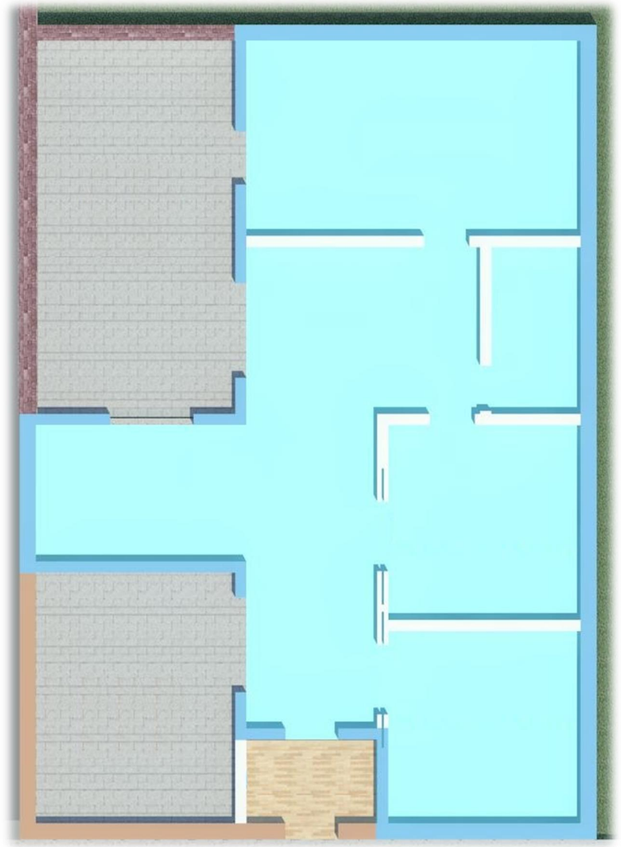
CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

$$Q_{gr} = \boldsymbol{Q_{int}} + Q_{sol} \qquad [kWh]$$



- **Aportes gratuitos de energía térmica de origen interno:**

$$\boldsymbol{Q_{int}} = \frac{1}{1000}\,\Phi_{int}\,T \qquad [kWh]$$

$$\Phi_{int} = \begin{cases} \left[5{,}294\,A_u - 0{,}01557\,{A_u}^2\right]\dfrac{A_{zona}}{A_u} & si \quad A_u \le 170m^2 \\ 450\,\dfrac{A_{zona}}{A_u} & si \quad A_u > 170m^2 \end{cases} \qquad [W]$$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

$$Q_{gr} = Q_{int} + Q_{sol} \qquad [kWh]$$

Aportes gratuitos de energía térmica de origen interno

Aportes gratuitos de energía térmica de origen solar

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

$$Q_{gr} = Q_{int} + \boldsymbol{Q_{sol}} \qquad [kWh]$$

- **Aportes gratuitos de energía térmica de origen solar:**

$$\boldsymbol{Q_{sol}} = \frac{1}{1000}\,\Phi_{sol}\,T \qquad [kWh]$$

Flujo de energía térmica debido a aportes solares

ANEXO G

T: Intervalo de tiempo analizado, expresado en horas.

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

- Flujo de energía térmica de origen solar *(ANEXO G)*:

$$\Phi_{sol} = \sum_{i=1}^{N} \Phi_{sol,i} + \sum_{j=1}^{M} \left[(1 - b_{tr,j}) \sum_{k=1}^{L} \Phi_{sol,k} \right] \quad [W]$$

$\Phi_{sol,i}$: Flujo térmico medio de origen solar incidente sobre el i-ésimo elemento de la envolvente térmica de la zona considerada, en W;

$\Phi_{sol,k}$: Flujo térmico medio de origen solar incidente sobre el k-ésimo elemento de la envolvente de un ambiente no climatizado adyacente a la zona térmica considerada, en W;

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

- Flujo de energía térmica de origen solar *(ANEXO G)*:

$$\Phi_{sol} = \sum_{i=1}^{N} \Phi_{sol,i} + \sum_{j=1}^{M} \left[(1 - b_{tr,j}) \sum_{k=1}^{L} \Phi_{sol,k} \right] \quad [W]$$

$b_{tr,j}$: Factor de corrección del intercambio térmico del j-ésimo elemento de la envolvente térmica de la zona considerada, que es adyacente a un ambiente no climatizado en cuya envolvente incide la radiación solar → *Tabla B.1*

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

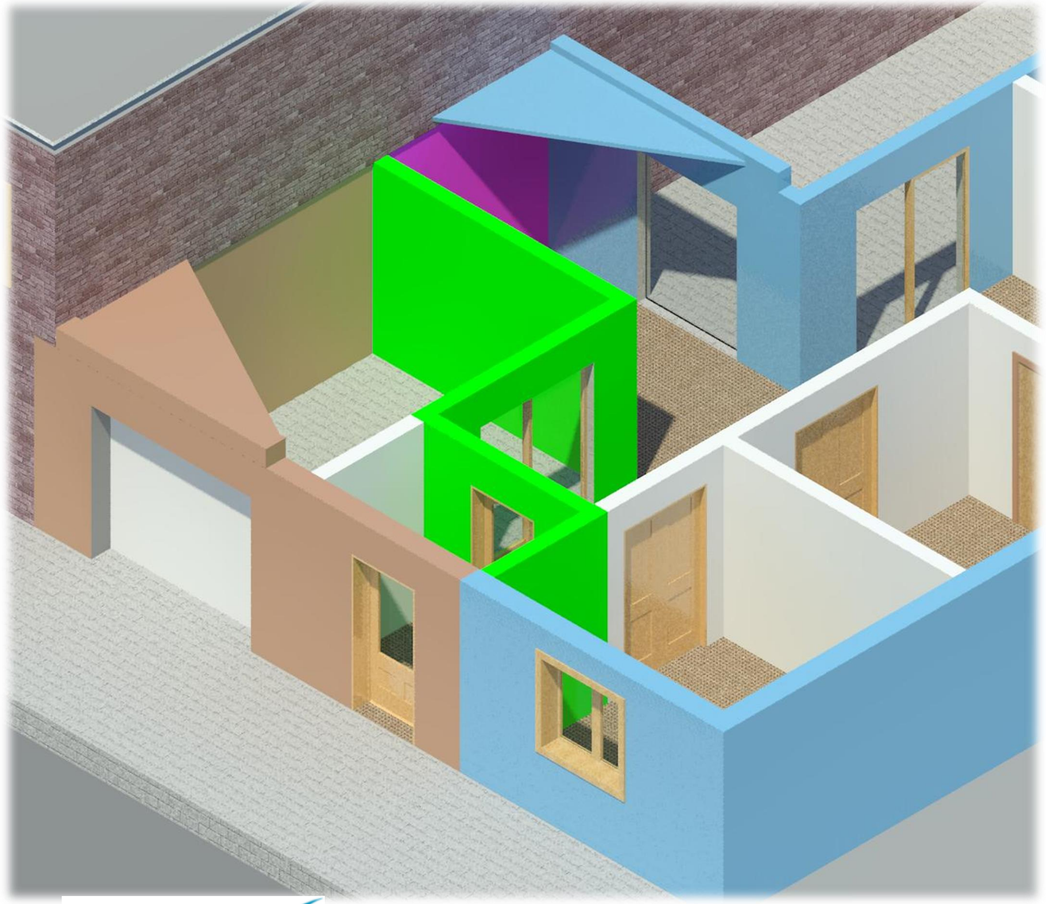
$$\Phi_{sol} = \sum_{i=1}^{N} \Phi_{sol,i} + \sum_{j=1}^{M} \left[(1 - b_{tr,j}) \sum_{k=1}^{L} \Phi_{sol,k} \right] \quad [W]$$

Φ_{sol}: Flujo térmico medio de origen solar incidente sobre:

…el i-ésimo elemento de la envolvente térmica de la zona considerada.

…el k-ésimo ***elemento de la envolvente de un ambiente no climatizado adyacente*** a la zona térmica.

$b_{tr,j}$: Factor de corrección del intercambio térmico del j-ésimo elemento de la envolvente térmica de la zona considerada, que es adyacente a un ambiente no climatizado en cuya envolvente incide la radiación solar.



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

- Flujo térmico medio de origen solar

$$\Phi_{sol} = A_{sol}\,\boldsymbol{I_{sol}}\,F_s \qquad [W]$$

I_{sol}: Irradiancia solar media mensual sobre la superficie, con orientación y ángulo de inclinación respecto del plano horizontal definidos, en W/m^2 → *Tabla G.1.*

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

Tabla G.1: Irradiancia solar media mensual (I_{sol}), en W/m^2.

MES	90°								60°							
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
ENERO	58	95	110	81	39	81	110	94	176	190	191	160	141	158	188	188
FEBRERO	81	102	100	63	26	63	100	102	186	185	168	124	90	124	168	185
MARZO	116	111	87	44	21	43	86	110	197	180	142	86	39	86	141	180
ABRIL	138	111	69	27	18	27	69	111	192	164	109	53	27	53	109	164
MAYO	144	110	56	20	17	20	56	109	180	149	87	36	25	35	87	148
JUNIO	132	99	45	16	15	16	45	99	159	129	70	27	23	27	70	129
JULIO	151	113	54	19	17	19	54	114	185	151	84	33	26	33	85	152
AGOSTO	147	116	65	25	18	25	65	116	196	165	103	46	28	46	104	165
SEPTIEMBRE	124	110	79	36	20	36	78	109	194	173	128	71	30	71	127	172
OCTUBRE	91	103	93	55	23	54	92	102	186	180	156	108	69	108	155	179
NOVIEMBRE	64	99	112	80	36	77	109	99	181	192	189	154	131	153	188	191
DICIEMBRE	48	91	114	89	44	89	115	92	167	183	192	167	155	168	194	185

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

Tabla G.1: Irradiancia solar media mensual (I_{sol}), en W/m^2.

MES	45°								30°								0°
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
ENERO	226	231	228	206	199	205	226	230	264	264	259	248	244	247	258	263	289
FEBRERO	224	219	199	163	146	163	199	218	249	243	225	203	194	203	226	243	252
MARZO	220	204	166	117	87	116	166	204	231	218	187	152	136	152	187	217	208
ABRIL	202	178	127	73	38	73	127	178	199	182	143	101	80	101	143	182	158
MAYO	182	156	101	49	29	48	100	156	172	154	112	70	47	69	111	154	123
JUNIO	158	133	81	36	26	36	81	133	147	130	90	52	33	52	90	130	99
JULIO	185	157	97	45	29	45	99	158	173	154	109	65	42	66	110	154	120
AGOSTO	203	176	121	64	33	65	121	177	197	178	135	91	68	91	136	178	150
SEPTIEMBRE	212	193	150	98	64	98	149	192	217	202	168	131	112	130	168	202	187
OCTUBRE	219	210	184	144	123	144	183	209	239	230	209	182	171	182	208	230	233
NOVIEMBRE	229	233	225	200	189	198	223	231	264	263	255	241	236	240	253	262	285
DICIEMBRE	219	226	228	214	211	215	230	227	259	261	260	255	255	256	261	262	293

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

- Flujo térmico medio de origen solar

$$\Phi_{sol} = \boldsymbol{A_{sol}}\, I_{sol}\, F_s \qquad [W]$$

A_{sol}: Área de captación solar efectiva (área de incidencia de la radiación solar) del elemento de la envolvente térmica adyacente al exterior, con orientación y ángulo de inclinación respecto del plano horizontal definidos, en m^2;

→ **Se calcula de manera diferente según se trate de un elemento opaco o transparente.**

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

- Si el ***elemento de la envolvente*** sobre el que incide la radiación solar es ***OPACO***:

$$A_{sol} = (\alpha_{sol}\, R_{se}\, K_e)\, A_c \quad [m^2]$$

R_{se}: Resistencia superficial externa, en m^2K/W;

K_e: Transmitancia térmica del elemento de la envolvente considerado, en W/m^2K;

A_c: Área opaca proyectada sobre el plano según el cual se adoptó la irradiancia solar media mensual, en m^2;

α_{sol}: Coeficiente de absorción de la radiación solar de la superficie del elemento de la envolvente considerado → *Tabla G.2*

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

Tabla G.2: Coeficiente de absorción de la radiación solar (α_{sol}) para distintos tipos de superficie.

SUPERFICIE	α_{sol}
Ladrillo común	0,70
Ladrillos negros oscuros	0,80
Ladrillos rojos claros	0,55
Hormigón a la vista	0,70
Hormigón a la vista texturado	0,80
Hormigón con agregado y cemento blanco	0,50
Revoque	0,55
Revoque claro	0,40
Marfil blanco	0,45
Baldosas rojas	0,85
Fibrocemento	0,85
Aluminio anonizado (natural)	0,45
Aluminio envejecido	0,80
Chapa galvanizada	0,50

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

- Si el ***elemento de la envolvente*** sobre el que incide la radiación solar es ***TRANSPARENTE***:

$$A_{sol} = \tau_v\, A_v\, F_{pr}\, (1 - F_{marco}) \quad [m^2]$$

τ_v: Coeficiente de transmisión solar directa a través del elemento transparente considerado → *Tabla G.3*

A_v: Área total del cerramiento proyectada sobre el plano según el cual se adoptó la irradiancia solar media mensual, en m^2

F_{marco}: Factor de marco, que representa la fracción opaca del área total del cerramiento;

F_{pr}: Factor de reducción de los aportes solares debido a la utilización de protecciones móviles paralelas a la superficie transparente.

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

$$F_{pr} = \frac{\tau_v\left(1 - f_{pr}\right) + \tau_p f_{pr}}{\tau_v}$$

τ_v: Coeficiente de transmisión solar directa a través del elemento transparente → *Tabla G.3*

τ_p: Coeficiente de transmisión solar directa del cerramiento, es decir, del conjunto conformado por el elemento transparente y la protección correspondiente;

f_{pr}: Fracción de tiempo en que la protección es utilizada, ponderada sobre la radiación solar incidente → *Tabla G.4.*

Tabla G.3: Coeficiente de transmisión de la radiación solar (τ_v) para distintos tipos de vidrio.

TIPO DE VIDRIO	τ_v
Vidrio simple	0,85
Vidrio doble	0,75
Vidrio doble bajo emisivo	0,67
Vidrio triple	0,70
Vidrio triple bajo emisivo	0,50
Ventana doble	0,75

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

Tabla G.4: Fracción de tiempo en que se utilizan las protecciones solares (f_{pr}).

MES	90°								60°							
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
ENERO	0,00	0,42	0,50	0,41	0,00	0,39	0,50	0,38	0,59	0,61	0,62	0,56	0,35	0,55	0,57	0,60
FEBRERO	0,13	0,44	0,47	0,22	0,00	0,22	0,49	0,46	0,58	0,59	0,59	0,48	0,00	0,48	0,56	0,59
MARZO	0,41	0,50	0,40	0,00	0,00	0,00	0,45	0,45	0,55	0,57	0,50	0,33	0,00	0,29	0,53	0,55
ABRIL	0,56	0,54	0,38	0,00	0,00	0,00	0,38	0,54	0,58	0,59	0,52	0,02	0,00	0,02	0,52	0,56
MAYO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JUNIO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JULIO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AGOSTO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SEPTIEMBRE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OCTUBRE	0,25	0,47	0,52	0,10	0,00	0,12	0,45	0,48	0,59	0,62	0,59	0,46	0,00	0,46	0,59	0,60
NOVIEMBRE	0,00	0,45	0,54	0,43	0,00	0,44	0,54	0,49	0,64	0,65	0,62	0,58	0,25	0,60	0,68	0,64
DICIEMBRE	0,00	0,37	0,51	0,41	0,00	0,41	0,51	0,36	0,61	0,63	0,60	0,57	0,47	0,57	0,61	0,63

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

Tabla G.4: Fracción de tiempo en que se utilizan las protecciones solares (f_{pr}).

MES	45°								30°								0°
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
ENERO	0,64	0,61	0,64	0,62	0,59	0,61	0,60	0,63	0,65	0,64	0,66	0,64	0,62	0,63	0,64	0,65	0,64
FEBRERO	0,60	0,58	0,60	0,56	0,46	0,56	0,59	0,62	0,62	0,60	0,60	0,58	0,58	0,59	0,61	0,64	0,61
MARZO	0,58	0,56	0,53	0,45	0,09	0,43	0,56	0,58	0,58	0,59	0,56	0,52	0,46	0,51	0,57	0,56	0,57
ABRIL	0,59	0,60	0,54	0,19	0,00	0,18	0,51	0,60	0,59	0,58	0,54	0,42	0,13	0,41	0,53	0,57	0,58
MAYO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JUNIO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JULIO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AGOSTO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SEPTIEMBRE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OCTUBRE	0,63	0,63	0,62	0,55	0,35	0,55	0,58	0,61	0,65	0,65	0,64	0,61	0,58	0,59	0,61	0,64	0,64
NOVIEMBRE	0,68	0,68	0,65	0,65	0,63	0,68	0,70	0,66	0,71	0,71	0,69	0,69	0,67	0,70	0,71	0,68	0,69
DICIEMBRE	0,68	0,65	0,62	0,64	0,62	0,64	0,63	0,66	0,67	0,68	0,68	0,66	0,63	0,66	0,68	0,68	0,66

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

- Flujo térmico medio de origen solar

$$\Phi_{sol} = A_{sol}\, I_{sol}\, \boldsymbol{F_s} \quad [W]$$

F_s: Factor de reducción del área de captación solar efectiva, debido a sombras generadas por elementos externos.

$$F_s = f'_{hor}\, f_{alero}\, f_{izq}\, f_{der}$$

Contempla una reducción del área de captación solar de un elemento de la envolvente, debido a la presencia de obstáculos externos que se interponen a la radiación directa del sol (obstáculos en el horizonte (f'_{hor}), aleros superiores (f_{alero}) y obstáculos laterales $(f_{izq}\ f_{der})$).

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

- Factor de reducción por sombras debido a ***OBSTÁCULOS EN EL HORIZONTE***

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

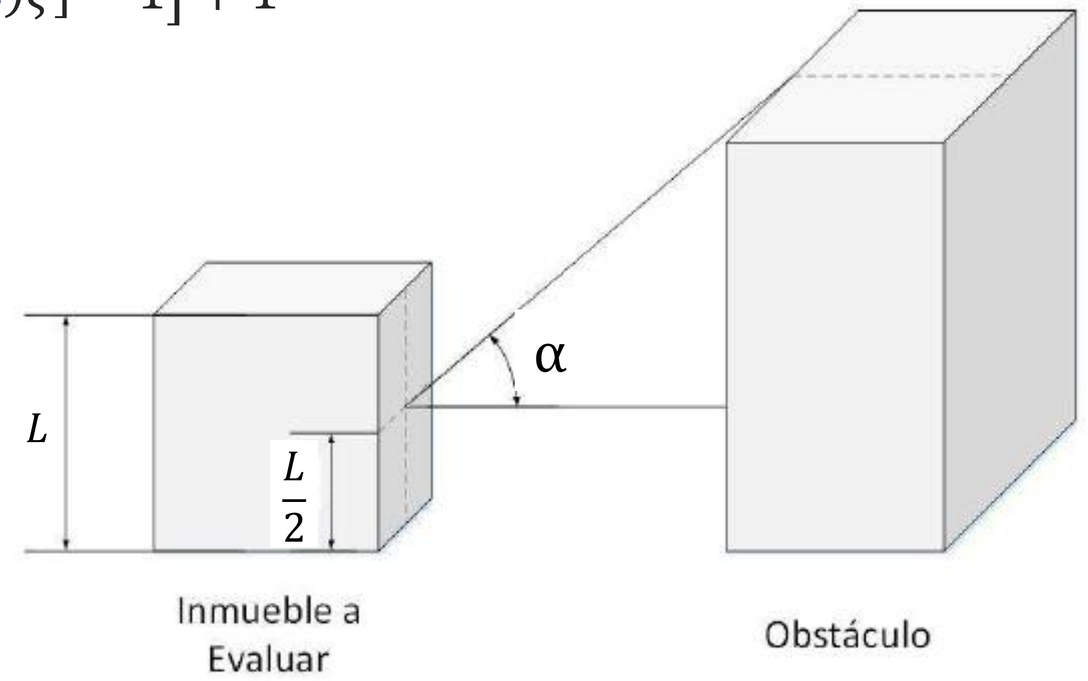
$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

- Factor de reducción por sombras debido a ***OBSTÁCULOS EN EL HORIZONTE*** corregido (f'_{hor}):

$$f'_{hor} = \delta\left[\left[\boldsymbol{f_{hor}} + (1 - \boldsymbol{f_{hor}})\xi\right] - 1\right] + 1$$

$\boldsymbol{f_{hor}}$: Factor de reducción por sombras debido a obstáculos en el horizonte → Tabla G.5, para cada orientación y en función del ángulo (α) que queda comprendido entre la horizontal y el segmento que une la mitad de la superficie del elemento considerado y el extremo superior del obstáculo;



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

Tablas G.5: Factor de reducción por sombras debido a obstáculos en el horizonte (f_{hor}).

NORTE									
α [°C]	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**
ENERO	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,973	0,888	0,733	0,444
FEBRERO	1,000	1,000	1,000	0,987	0,946	0,836	0,680	0,372	0,285
MARZO	1,000	0,997	0,980	0,919	0,788	0,595	0,255	0,181	0,181
ABRIL	1,000	0,986	0,930	0,812	0,593	0,175	0,133	0,133	0,133
MAYO	1,000	0,994	0,925	0,656	0,151	0,118	0,118	0,118	0,118
JUNIO	1,000	0,998	0,799	0,542	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
JULIO	1,000	0,996	0,894	0,604	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
AGOSTO	1,000	0,988	0,914	0,765	0,423	0,125	0,125	0,125	0,125
SEPTIEMBRE	1,000	0,990	0,977	0,895	0,741	0,453	0,165	0,157	0,157
OCTUBRE	1,000	1,000	0,994	0,963	0,900	0,790	0,559	0,260	0,240
NOVIEMBRE	1,000	1,000	1,000	1,000	0,992	0,919	0,840	0,672	0,400
DICIEMBRE	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,975	0,975	0,850	0,538

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

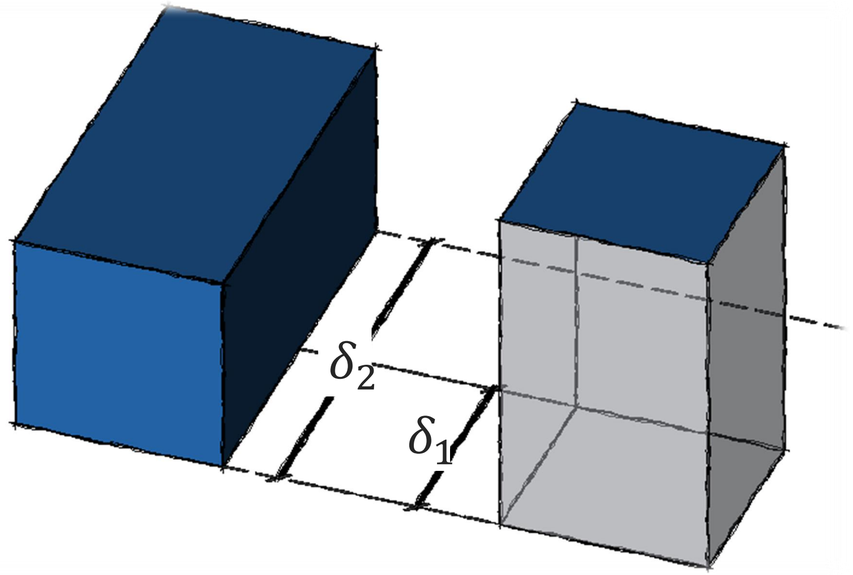
$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

- Factor de reducción por sombras debido a ***OBSTÁCULOS EN EL HORIZONTE*** corregido (f'_{hor}):

$$f'_{hor} = \boldsymbol{\delta}\left[[f_{hor} + (1 - f_{hor})\xi] - 1\right] + 1$$

$\boldsymbol{\delta}$: Relación entre el ancho medio del área proyectada del obstáculo sobre la superficie del elemento de la envolvente considerado, y el ancho de dicho elemento; es decir $\delta = \delta_1/\delta_2$;



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

- Factor de reducción por sombras debido a ***OBSTÁCULOS EN EL HORIZONTE*** corregido (f'_{hor}):

$$f'_{hor} = \delta\left[[f_{hor} + (1 - f_{hor})\boldsymbol{\xi}] - 1\right] + 1$$

$\boldsymbol{\xi}$: Factor característico del tipo de obstáculo, que contempla el grado de obstrucción que el mismo provoca sobre la radiación solar directa.

- Si el obstáculo en el horizonte es un árbol, o un conjunto de ellos:

$$\xi = (1 - \varepsilon)(1 - \chi)$$

- Si el obstáculo en el horizonte es un edificio o un elemento de características similares:

$$\xi = 0$$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

Tabla G.6: Índice de follaje (ε).

TIPO DE FOLLAJE	ε
Muy tupido hoja grande	1,00
Muy tupido hoja pequeña	0,95
Intermedio hoja grande	0,60
Intermedio hoja pequeña	0,50
Pocas hojas grandes	0,20
Pocas hojas pequeñas	0,15

Tabla G.7: Factor de persistencia (χ).

MES	HOJA PERENNE	HOJA CADUCA
ENERO	1,00	1,00
FEBRERO	1,00	0,95
MARZO	1,00	0,85
ABRIL	1,00	0,75
MAYO	1,00	0,40
JUNIO	1,00	0,20
JULIO	1,00	0,25
AGOSTO	1,00	0,40
SEPTIEMBRE	1,00	0,60
OCTUBRE	1,00	0,70
NOVIEMBRE	1,00	0,90
DICIEMBRE	1,00	1,00

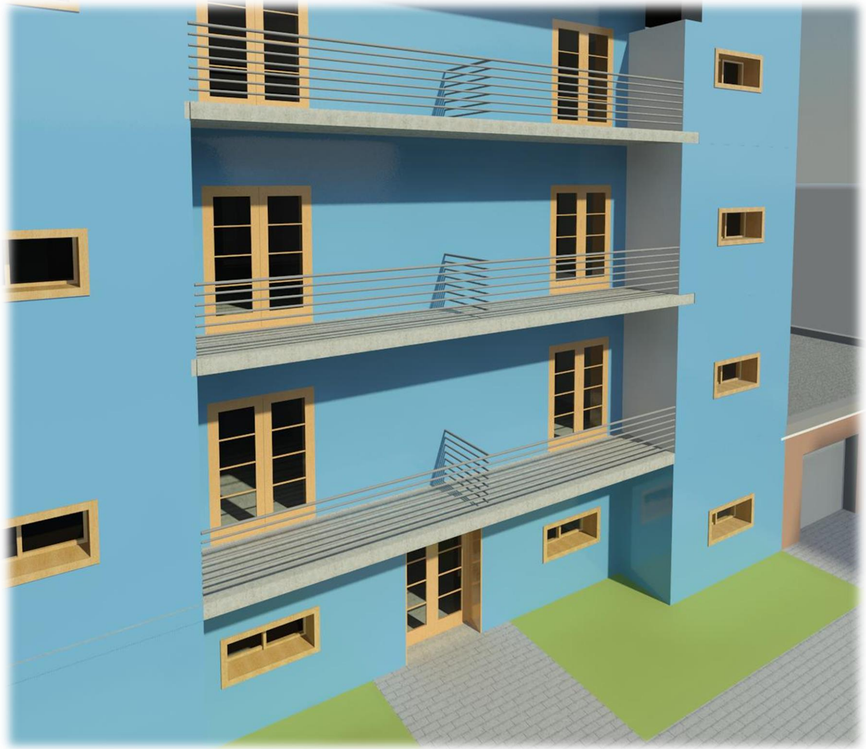
CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

- Factor de reducción por sombras debido a ***OBSTÁCULOS SUPERIORES (ALEROS)***



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

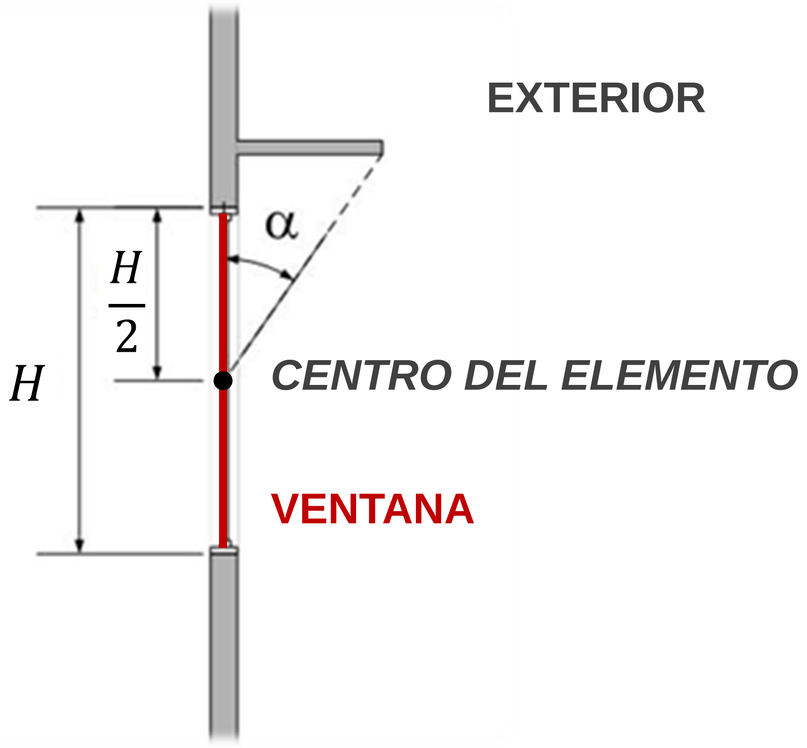
$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

- Factor de reducción por sombras debido a ***OBSTÁCULOS SUPERIORES (ALEROS)*** (f_{alero}):

  Sólo se consideran aleros horizontales superiores o las proyecciones de aleros oblicuos sobre elementos verticales de la envolvente.

  $\boldsymbol{f_{alero}}$ → *Tabla G.8,* para cada orientación y en función del ángulo (α) que queda comprendido entre la vertical y el segmento que une la mitad de la superficie del elemento considerado y el extremo del alero u obstáculo superior.



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

Tablas G.8: Factor de reducción por sombras debido a aleros u obstáculos superiores (f_{aleros}).

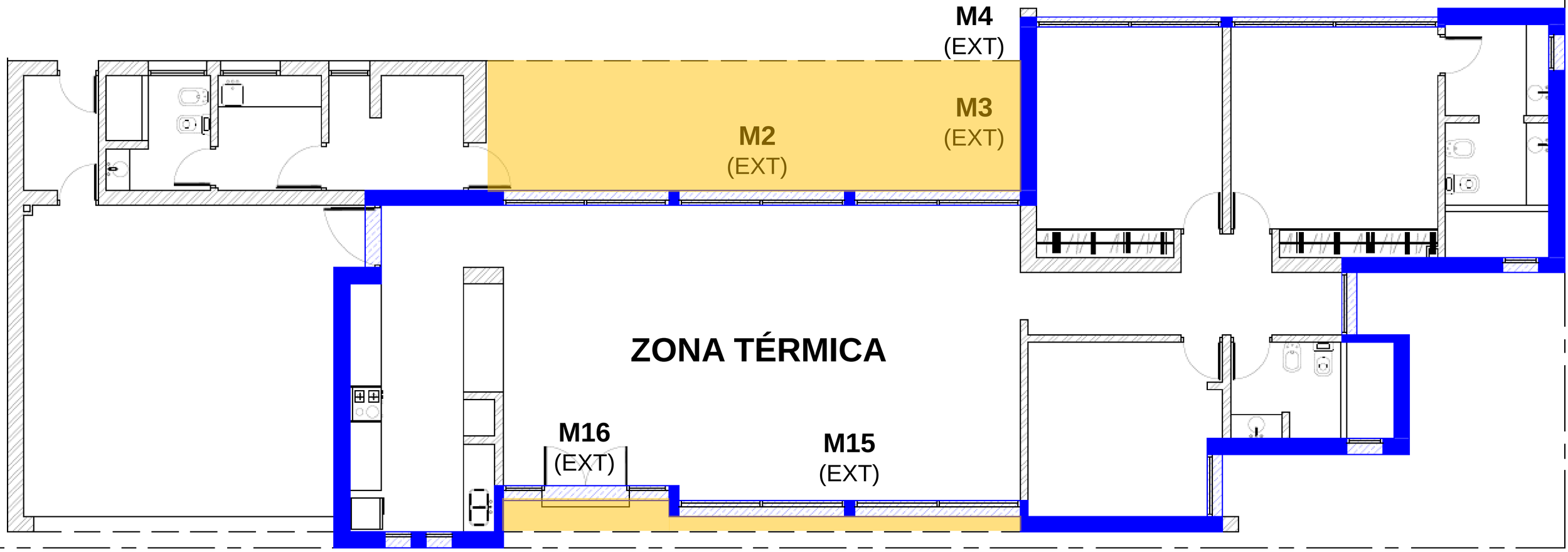
NORTE									
α [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ENERO	1,000	0,811	0,613	0,432	0,311	0,219	0,151	0,099	0,049
FEBRERO	1,000	0,852	0,697	0,524	0,350	0,226	0,133	0,069	0,032
MARZO	1,000	0,895	0,785	0,662	0,516	0,337	0,181	0,081	0,026
ABRIL	1,000	0,924	0,843	0,754	0,648	0,510	0,310	0,121	0,031
MAYO	1,000	0,940	0,877	0,808	0,725	0,619	0,463	0,202	0,042
JUNIO	1,000	0,946	0,890	0,828	0,755	0,660	0,522	0,273	0,044
JULIO	1,000	0,943	0,884	0,818	0,740	0,639	0,492	0,230	0,043
AGOSTO	1,000	0,930	0,857	0,776	0,679	0,554	0,369	0,144	0,035
SEPTIEMBRE	1,000	0,907	0,808	0,699	0,569	0,400	0,212	0,094	0,027
OCTUBRE	1,000	0,868	0,728	0,574	0,398	0,246	0,141	0,068	0,027
NOVIEMBRE	1,000	0,822	0,634	0,446	0,314	0,213	0,143	0,089	0,044
DICIEMBRE	1,000	0,809	0,609	0,452	0,343	0,247	0,180	0,119	0,060

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

- Factor de reducción por sombras debido a ***OBSTÁCULOS LATERALES***

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

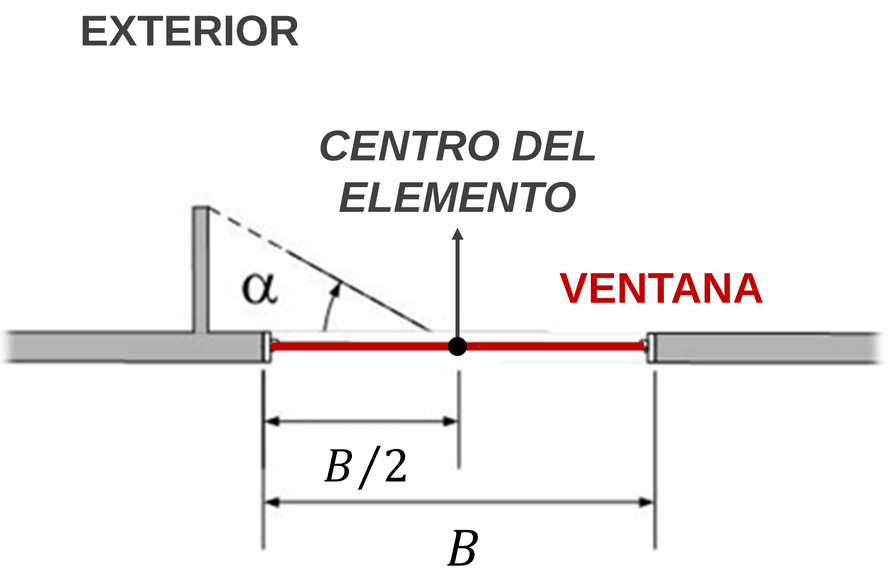
$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

- Factor de reducción por sombras debido a ***OBSTÁCULOS LATERALES*** (f_{izq}, f_{der}):

  La distinción entre obstáculos laterales a izquierda o a derecha, se realiza mirando desde el elemento de la envolvente considerado, hacia el exterior.

  $\boldsymbol{f_{izq}, f_{der}}$ → *Tablas G.9 y G.10,* para cada orientación y en función del ángulo (α) que queda comprendido entre la superficie del elemento considerado y el segmento que une la mitad de dicha superficie con el extremo del obstáculo lateral.



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

Tablas G.9: Factor de reducción por sombras debido a obstáculos laterales a la derecha (f_{der}).

NORTE									
α [°C]	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**
ENERO	1,000	0,890	0,799	0,710	0,634	0,553	0,481	0,416	0,323
FEBRERO	1,000	0,908	0,827	0,752	0,680	0,619	0,552	0,492	0,430
MARZO	1,000	0,931	0,863	0,797	0,731	0,666	0,603	0,537	0,482
ABRIL	1,000	0,953	0,904	0,851	0,793	0,729	0,659	0,587	0,520
MAYO	1,000	0,963	0,925	0,883	0,834	0,774	0,702	0,622	0,535
JUNIO	1,000	0,967	0,933	0,896	0,854	0,801	0,733	0,649	0,556
JULIO	1,000	0,966	0,931	0,893	0,849	0,794	0,726	0,645	0,555
AGOSTO	1,000	0,958	0,915	0,868	0,814	0,752	0,684	0,610	0,534
SEPTIEMBRE	1,000	0,941	0,880	0,818	0,756	0,691	0,628	0,564	0,501
OCTUBRE	1,000	0,916	0,839	0,768	0,700	0,635	0,572	0,514	0,449
NOVIEMBRE	1,000	0,899	0,813	0,736	0,659	0,591	0,524	0,443	0,389
DICIEMBRE	1,000	0,888	0,786	0,699	0,618	0,537	0,463	0,392	0,319

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

Tablas G.10: Factor de reducción por sombras debido a obstáculos laterales a la izquierda (f_{izq}).

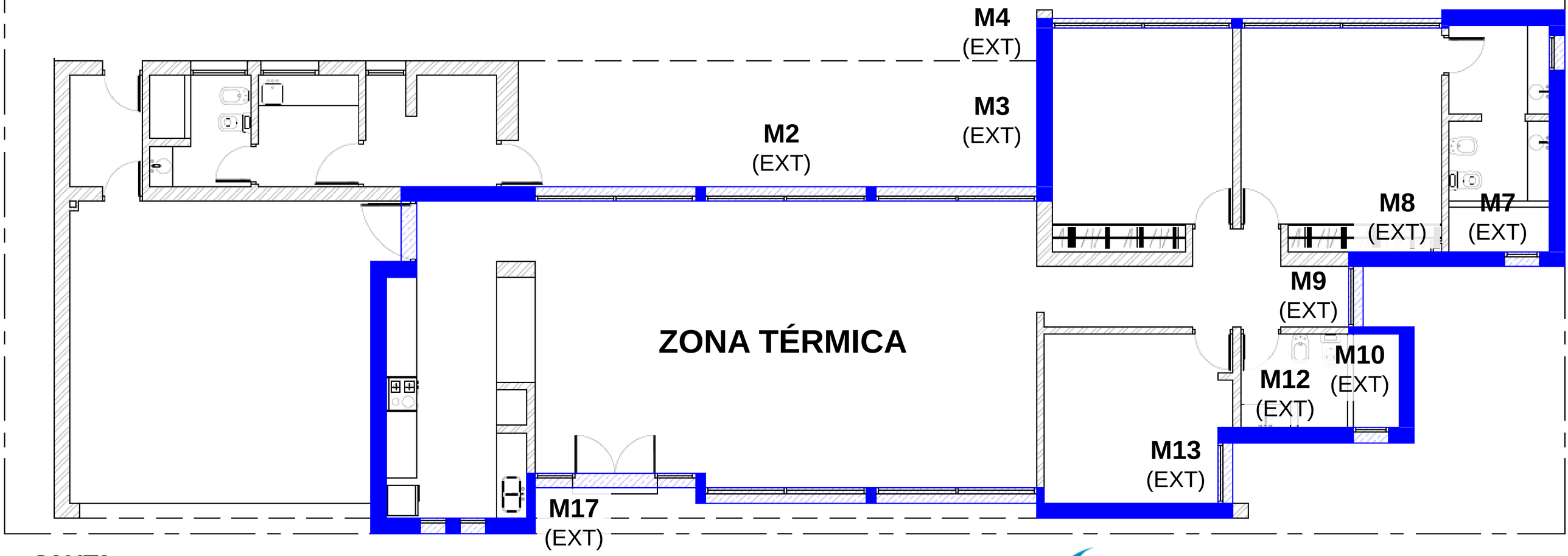
NORTE									
α [°C]	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**
ENERO	1,000	0,899	0,808	0,725	0,645	0,571	0,497	0,416	0,365
FEBRERO	1,000	0,909	0,828	0,751	0,684	0,616	0,550	0,487	0,417
MARZO	1,000	0,932	0,865	0,798	0,734	0,668	0,603	0,544	0,469
ABRIL	1,000	0,953	0,904	0,851	0,792	0,729	0,660	0,585	0,509
MAYO	1,000	0,963	0,925	0,884	0,836	0,777	0,705	0,625	0,539
JUNIO	1,000	0,967	0,933	0,896	0,854	0,801	0,733	0,649	0,556
JULIO	1,000	0,966	0,930	0,891	0,846	0,791	0,721	0,637	0,543
AGOSTO	1,000	0,958	0,914	0,867	0,813	0,751	0,681	0,604	0,520
SEPTIEMBRE	1,000	0,941	0,882	0,820	0,758	0,694	0,631	0,567	0,502
OCTUBRE	1,000	0,917	0,841	0,771	0,703	0,638	0,575	0,503	0,443
NOVIEMBRE	1,000	0,894	0,806	0,720	0,642	0,568	0,492	0,430	0,345
DICIEMBRE	1,000	0,885	0,780	0,695	0,612	0,526	0,456	0,389	0,306

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

- Flujo térmico medio de origen solar

$$\Phi_{sol} = A_{sol}\, I_{sol}\, F_s \qquad [W]$$

A_{sol}: Área de captación solar efectiva del elemento de la envolvente térmica adyacente al exterior, con orientación y ángulo de inclinación respecto del plano horizontal definidos, en m^2;

I_{sol}: Irradiancia solar media mensual sobre la superficie, con orientación y ángulo de inclinación respecto del plano horizontal definidos, en W/m^2;

F_s: Factor de reducción del área de captación solar efectiva, debido a sombras generadas por elementos externos.

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

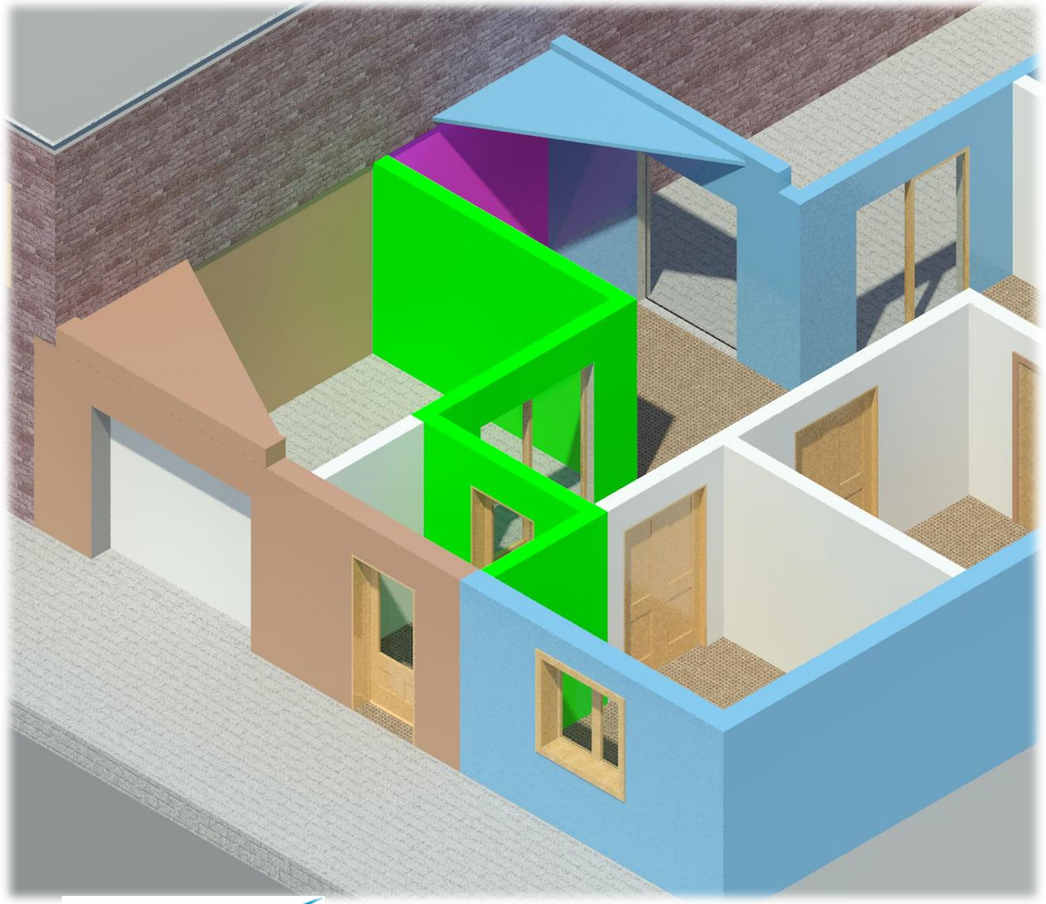
$$\Phi_{sol} = \sum_{i=1}^{N} \Phi_{sol,i} + \sum_{j=1}^{M} \left[(1 - b_{tr,j}) \sum_{k=1}^{L} \Phi_{sol,k} \right] \quad [W]$$

Φ_{sol}: Flujo térmico medio de origen solar incidente sobre:

…el i-ésimo elemento de la envolvente térmica de la zona considerada.

…el k-ésimo ***elemento de la envolvente de un ambiente no climatizado adyacente*** a la zona térmica.

$b_{tr,j}$: Factor de corrección del intercambio térmico del j-ésimo elemento de la envolvente térmica de la zona considerada, que es adyacente a un ambiente no climatizado en cuya envolvente incide la radiación solar.



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

$$Q_{gr} = Q_{int} + \boldsymbol{Q_{sol}} \qquad [kWh]$$

- **Aportes gratuitos de energía térmica de origen solar:**

$$\boldsymbol{Q_{sol}} = \frac{1}{1000}\,\Phi_{sol}\,T \qquad [kWh]$$

Flujo de energía térmica debido a aportes solares

T: Intervalo de tiempo analizado, expresado en horas.

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\,\boldsymbol{Q_{gr}}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

$$Q_{gr} = Q_{int} + Q_{sol} \qquad [kWh]$$

- Aportes gratuitos de energía térmica de origen interno
- Aportes gratuitos de energía térmica de origen solar

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\, Q_{gr} \qquad [kWh]$$

Energía térmica intercambiada por transmisión, radiación y ventilación

Aportes térmicos gratuitos totales

Factor de utilización de los aportes térmicos gratuitos

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

FACTOR DE UTILIZACIÓN DE LOS APORTES TÉRMICOS GRATUITOS

No todos los aportes gratuitos que ingresan a una zona térmica durante un mes pueden aprovecharse para disminuir los requerimientos de energía para calefacción en invierno.

Puede darse la situación de que ingrese calor gratuito en momentos en que no se necesita.

- Resulta necesario definir un factor de utilización de los aportes térmicos gratuitos (η_{gr}), que ***contemple los efectos dinámicos*** en la determinación del requerimiento de energía para calefacción en invierno.

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

FACTOR DE UTILIZACIÓN DE LOS APORTES TÉRMICOS GRATUITOS

$$\eta_{gr} = \begin{cases} \dfrac{1-\gamma_{inv}{}^{\alpha_{inv}}}{1-\gamma_{inv}{}^{(\alpha_{inv}+1)}} & si \quad \gamma_{inv} > 0 \;\; y \;\; \gamma_{inv} \neq 1 \\ \dfrac{\alpha_{inv}}{\alpha_{inv}+1} & si \quad \gamma_{inv} = 1 \end{cases}$$

γ_{inv}: Relación entre los aportes térmicos gratuitos totales y las pérdidas térmicas totales

α_{inv}: Parámetro numérico adimensional de ajuste.

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

- **Relación entre los aportes térmicos gratuitos totales y las pérdidas térmicas totales** (γ_{inv})**:**

$$\gamma_{inv} = \frac{Q_{gr}}{Q_{tr;\,rad;ve}} = \frac{Q_{int} + Q_{sol} \quad [kWh]}{Q_{tr;\,rad} + Q_{ve} \quad [kWh]}$$

- **Parámetro numérico adimensional de ajuste** (α_{inv})**:**

$$\alpha_{inv} = \alpha_{inv,0} + \frac{\tau}{\tau_{inv,0}}$$

$\alpha_{inv,0}$: Parámetro numérico adimensional de referencia → ***EN INVIERNO,*** $\boldsymbol{\alpha_{inv,0} = 0}$

τ: Constante de tiempo de la zona térmica considerada

$\tau_{inv,0}$: Constante de tiempo de referencia → ***EN INVIERNO,*** $\boldsymbol{\tau_{inv,0} = 11}$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

- ***CONSTANTE DE TIEMPO*** **de la zona térmica considerada** (τ)**:**

$$\tau = \frac{C}{H_{inv}}\,(10^3) \quad [h]$$

C: Capacidad térmica interna de la zona térmica considerada, en $kWh/K;$

H_{inv}: Coeficiente global de intercambio térmico de la zona térmica considerada, en W/K

$$H_{inv} = H_{tr} + H_{ve} + H_g$$

Coeficiente de intercambio térmico por transmisión ***(ANEXO B)***	+	Coeficiente de intercambio térmico por ventilación ***(ANEXO E)***	+	Coeficiente de intercambio térmico a través del terreno en régimen estacionario ***(ANEXO D)***

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

CAPACIDAD TÉRMICA INTERNA

La capacidad térmica interna de una determinada zona térmica brinda una estimación de la ***energía que pueden acumular los elementos constructivos*** que conforman la envolvente térmica que la delimita, y aquellos interiores a la misma.

Representa el grado de insensibilidad de la zona térmica a las variaciones de temperatura.

- *Para el cálculo, resulta necesario **identificar los elementos constructivos a considerar**. Se excluyen todos los cerramientos transparentes y aberturas de cualquier tipo, ya que no tendrán incidencia en el cálculo de la capacidad térmica interna de la zona, dado que su masa es despreciable en comparación con la del resto de los elementos constructivos.*

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

CAPACIDAD TÉRMICA INTERNA

En primer lugar, se deberán identificar los elementos constructivos a considerar en el cálculo de acuerdo a la siguiente diferenciación:

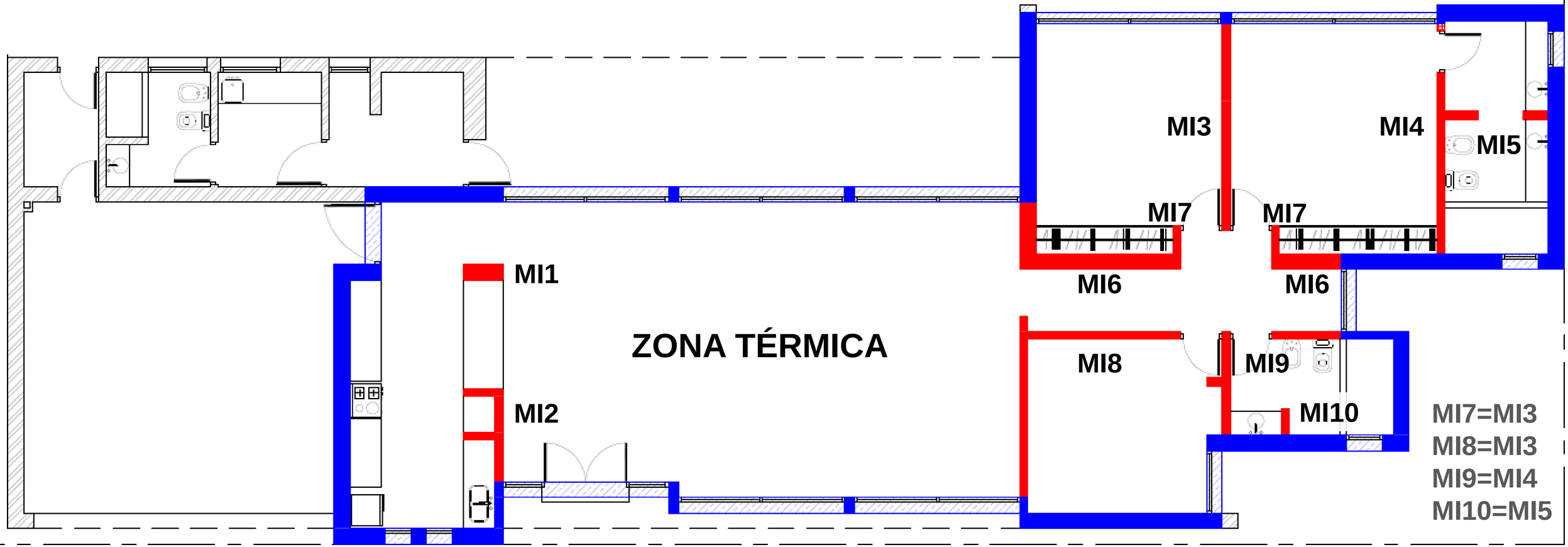
- En el caso de ***zonas térmicas compuestas por un único ambiente climatizado*** (sin elementos de separación internos) se deberán considerar únicamente los elementos que componen la envolvente térmica que delimita la zona en cuestión.
- En el caso de ***zonas térmicas compuestas por más de un ambiente climatizado***, se deberán considerar, además de los elementos que componen la envolvente térmica que delimita la zona, aquellos que materializan la división entre los distintos ambientes.

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

CAPACIDAD TÉRMICA INTERNA



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

- ***CAPACIDAD TÉRMICA*** interna de la zona térmica considerada (C):

$$C = \left[\frac{1}{3{,}6}\sum_{i=1}^{N} A_i \kappa_{m,i}\right](10^{-6}) \quad \left[\frac{kWh}{K}\right]$$

A_i: Área interna del i-ésimo elemento considerado, en m^2;

$\kappa_{m,i}$: Capacidad térmica por unidad de superficie del i-ésimo elemento, en J/m^2K;

N: Número total de elementos que se contabilizan para el cálculo.

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

- **Capacidad térmica por unidad de superficie** (κ_m):

La capacidad térmica interna por unidad de superficie se calcula de manera diferente para cada elemento constructivo, según su tipología:

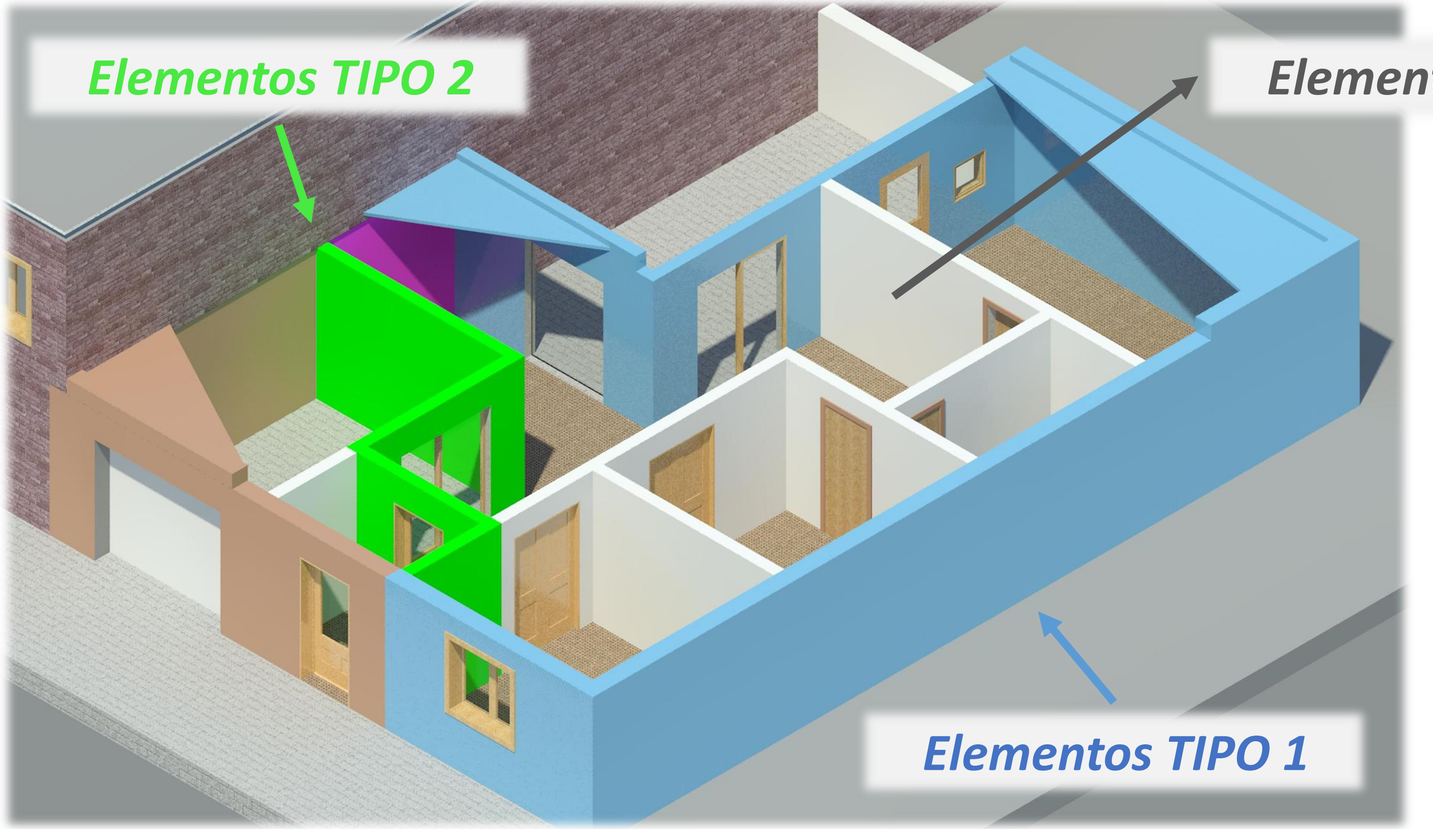
- ***TIPO 1***: Elementos de la envolvente térmica adyacentes al exterior.
- ***TIPO 2***: Elementos de la envolvente térmica adyacentes a un ambiente climatizado de otra zona térmica, a un ambiente no climatizado, o a una construcción lindera.
- ***TIPO 3***: Elementos internos a la zona térmica considerada.

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

- **Capacidad térmica por unidad de superficie (κ_m):**



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

- **Capacidad térmica por unidad de superficie (κ_m) en *elementos TIPO 1*:**

Para el caso de un elemento constructivo adyacente al exterior, resulta necesario definir previamente parámetros que caractericen el comportamiento dinámico del mismo y que condensen en un único valor las propiedades térmicas de las distintas capas que lo conforman.

Siendo: e_j: Espesor de la j-ésima capa del elemento constructivo considerado, en m;

e_T: Espesor total del elemento constructivo considerado, en m;

M: Cantidad total de capas que componen el elemento constructivo considerado;

ρ_j: Densidad del material de la j-ésima capa que conforma el elemento, en kg/m^3;

c_j: Calor específico del material de la j-ésima capa que conforma el elemento, en J/kgK;

λ_j: Conductividad térmica del material de la j-ésima capa que conforma el elemento, en W/mK.

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

- **Capacidad térmica por unidad de superficie (κ_m) en *elementos TIPO 1*:**

  - Densidad equivalente:

$$\rho_{eq} = \frac{1}{e_T}\sum_{j=1}^{M} \rho_j\, e_j \qquad \left[\frac{kg}{m^3}\right]$$

  - Conductividad equivalente:

$$\lambda_{eq} = \frac{1}{e_T}\sum_{j=1}^{M} \lambda_j\, e_j \qquad \left[\frac{W}{mK}\right]$$

  - Calor específico equivalente:

$$c_{eq} = \frac{1}{e_T}\sum_{j=1}^{M} c_j\, e_j \qquad \left[\frac{J}{kgK}\right]$$

  - Difusividad equivalente:

$$\alpha_{eq} = \frac{\lambda_{eq}}{\rho_{eq}\, c_{eq}} \qquad \left[\frac{m^2}{s}\right]$$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

- **Capacidad térmica por unidad de superficie (κ_m) en *elementos TIPO 1*:**

  - Espesor equivalente:

$$e_{eq} = \frac{1}{\rho_{eq}\, c_{eq}} \sum_{j=1}^{M} \rho_j\, c_j\, e_j \qquad [m]$$

  - Profundidad de penetración periódica:

$$\delta = 166\sqrt{\alpha_{eq}} \qquad [m]$$

  - Relación entre el espesor equivalente y la profundidad de penetración periódica:

$$\zeta = \frac{e_{eq}}{\delta}$$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

- **Capacidad térmica por unidad de superficie (κ_m) en *elementos TIPO 1*:**

➢ Factor de corrección dinámico:

$$\Psi = \alpha\, c_{eq}\, \rho_{eq}\, \zeta\, (10^{-6}) + \beta\, e_{int}\, \rho_{int}\, c_{int}\, (10^{-6}) + \gamma$$

e_{int}: Espesor de la primera capa de la cara interna del elemento considerado, en m;

ρ_{int}: Densidad del material de la primera capa de la cara interna del elemento, en kg/m^3;

c_{int}: Calor específico del material de la primera capa de la cara interna del elemento constructivo considerado, en J/kgK;

α, β, γ: Coeficientes de ajuste del factor de corrección periódico estacionario, que contemplan la distribución de las capas que conforman el elemento → *Tabla H.1*

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

- **Capacidad térmica por unidad de superficie (κ_m) en *elementos TIPO 1*:**

Tabla H.1: Coeficientes de ajuste del factor de corrección periódico – estacionario (α, β, γ).

COMPOSICIÓN DEL ELEMENTO (Desde el interior hacia el exterior)	α	β	γ
Macizo	1,797	0,053	0,141
Macizo – Hueco	1,744	0,168	-0,003
Macizo – Aislante – Macizo	2,067	-2,581	0,229
Macizo – Aislante – Hueco	1,462	0,593	0,235
Hueco	2,494	0,101	0,098
Hueco – Macizo	3,063	-5,658	0,013
Hueco – Aislante – Macizo	3,402	0,059	0,235
Hueco – Aislante – Hueco	2,756	-3,993	0,389

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

- **Capacidad térmica por unidad de superficie (κ_m) en *elementos TIPO 1*:**

$$\kappa_m = \frac{1}{\Psi}\, c_{eq}\, \rho_{eq}\, e_T \qquad \left[\frac{J}{m^2 K}\right]$$

c_{eq}: el calor específico equivalente del elemento constructivo considerado, en J/kgK;

ρ_{eq}: la densidad equivalente del elemento constructivo considerado, en kg/m^3;

e_T: el espesor total del elemento constructivo considerado, expresado en m;

Ψ: el factor de corrección dinámico.

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

- **Capacidad térmica por unidad de superficie (κ_m) en *elementos TIPO 2*:**

Para el caso de un elemento constructivo adyacente a otra zona térmica o a un ambiente no climatizado, es necesario identificar si el mismo presenta una capa de material aislante, o no.

- Si el elemento presenta ***al menos una capa de material aislante*** $(\lambda < 0{,}05\ W/mK)$:

$$\kappa_m = \sum_{j=1}^{M} \rho_j\ c_j\ e_j \qquad \left[\frac{J}{m^2 K}\right]$$

- Si el elemento ***no posee capas compuestas por material aislante***:

$$\kappa_m = \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{M} \rho_j\ c_j\ e_j \qquad \left[\frac{J}{m^2 K}\right]$$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

- **Capacidad térmica por unidad de superficie (κ_m) en *elementos TIPO 3*:**

Para el caso de un elemento constructivo que es interno a la zona térmica, es decir, que divide ambientes climatizados dentro de la misma, resulta:

$$\kappa_m = \sum_{j=1}^{M} \rho_j \; c_j \; e_j \qquad \left[\frac{J}{m^2 K}\right]$$

e_j: Espesor de la j-ésima capa del elemento constructivo considerado, en m;

ρ_j: Densidad del material de la j-ésima capa que conforma el elemento, en kg/m^3;

c_j: Calor específico del material de la j-ésima capa que conforma el elemento, en J/kgK;

M: Cantidad total de capas que componen el elemento constructivo considerado.

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

- **Capacidad térmica por unidad de superficie (κ'_m) corregida:**

En los casos que el elemento constructivo considerado posea revestimientos livianos, es decir, de masa despreciable pero una resistencia térmica importante —madera —, se deberá corregir el valor de la capacidad térmica por unidad de superficie:

$$\kappa'_m = \sqrt{\frac{{\kappa_m}^2}{1 + \omega^2\, {\kappa_m}^2\, (R + R_{si})^2}} \qquad \left[\frac{J}{m^2 K}\right]$$

R: Resistencia térmica del revestimiento liviano, en m^2K/W;

ω: Frecuencia angular que para variaciones diarias toma el valor de $73 \times 10^{-6}\ 1/s$.

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

- ***CAPACIDAD TÉRMICA*** interna de la zona térmica considerada (C):

$$C = \left[\frac{1}{3{,}6}\sum_{i=1}^{N} A_i \kappa_{m,i}\right](10^{-6}) \quad \left[\frac{kWh}{K}\right]$$

A_i: Área interna del i-ésimo elemento considerado, en m^2;

$\kappa_{m,i}$: Capacidad térmica por unidad de superficie del i-ésimo elemento, en J/m^2K;

N: Número total de elementos que se contabilizan para el cálculo.

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

- ***CONSTANTE DE TIEMPO*** **de la zona térmica considerada** (τ)**:**

$$\tau = \frac{C}{H_{inv}}\,(10^3) \quad [h]$$

C: Capacidad térmica interna de la zona térmica considerada, en $kWh/K;$

H_{inv}: Coeficiente global de intercambio térmico de la zona térmica considerada, en W/K

$$H_{inv} = H_{tr} + H_{ve} + H_g$$

Coeficiente de intercambio térmico por transmisión ***(ANEXO B)***	+	Coeficiente de intercambio térmico por ventilación ***(ANEXO E)***	+	Coeficiente de intercambio térmico a través del terreno en régimen estacionario ***(ANEXO D)***

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

FACTOR DE UTILIZACIÓN DE LOS APORTES TÉRMICOS GRATUITOS

$$\eta_{gr} = \begin{cases} \dfrac{1-\gamma_{inv}{}^{\alpha_{inv}}}{1-\gamma_{inv}{}^{(\alpha_{inv}+1)}} & si \quad \gamma_{inv} > 0 \;\; y \;\; \gamma_{inv} \neq 1 \\ \dfrac{\alpha_{inv}}{\alpha_{inv}+1} & si \quad \gamma_{inv} = 1 \end{cases}$$

γ_{inv}: Relación entre los aportes térmicos gratuitos totales y las pérdidas térmicas totales

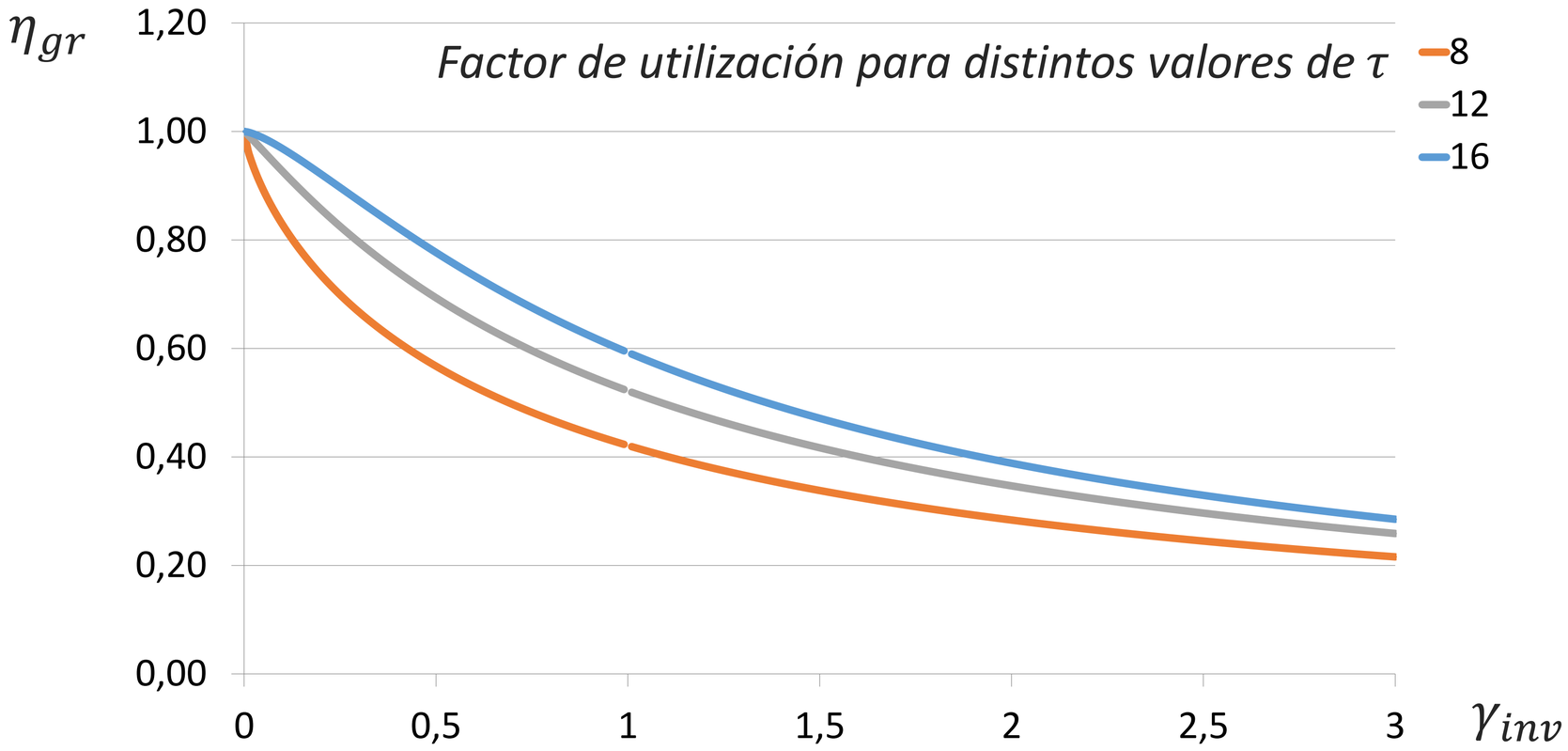
α_{inv}: Parámetro numérico adimensional de ajuste.

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

FACTOR DE UTILIZACIÓN DE LOS APORTES TÉRMICOS GRATUITOS



CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \eta_{gr}\, Q_{gr} \qquad [kWh]$$

Energía térmica intercambiada por transmisión, radiación y ventilación

Factor de utilización de los aportes térmicos gratuitos

Aportes térmicos gratuitos totales

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO TOTAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$E_{U;I} = \sum_{j=1}^{M} \left[\sum_{i=1}^{N} Q_{I;i;j} \right] \quad [kWh]$$

$Q_{I;i;j}$: Requerimiento mensual de energía térmica para calefacción de la i-ésima zona térmica en el j-ésimo mes, en kWh.

ENERGÍA TÉRMICA

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

$$E_{U;I}$$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO TOTAL DE ENERGÍA SECUNDARIA

$$E_{S;I} = \frac{E_{U;I}}{\eta_{c;i;j}} \quad [kWh]$$

$\eta_{c;i;j}$: Rendimiento medio ponderado de los sistemas activos de calefacción instalados en la i-ésima zona térmica, funcionando durante el j-ésimo mes → *Tabla 3.3*

Tabla 3.3: Rendimientos medios (η_c) de distintos equipos de calefacción.

TIPO DE CALEFACTOR	η_c / COP
Calefacción central con radiadores en pared (gas)	0,65
Calefacción central con radiadores en pared, circulación forzada (gas)	0,70
Calefacción central con radiadores en pared (eléctrico)	1,00
Calefacción central con losa radiante (gas)	SD
Calefacción central con losa radiante (eléctrico)	1,00
Estufa a gas convencional	SD
Estufa a gas de tiro balanceado Etiqueta A	0,71
Estufa a gas de tiro balanceado Etiqueta B	0,69
Estufa a gas de tiro balanceado Etiqueta C	0,65
Estufa a gas de tiro balanceado Etiqueta D	0,61
Estufa a gas de tiro balanceado Etiqueta E	0,59
Radiador eléctrico	1,00
Aire acondicionado clase A tipo Split	3,60
Aire acondicionado clase B tipo Split	3,50

ENERGÍA SECUNDARIA
CALEFACCIÓN EN INVIERNO

$E_{S;I}$

RENDIMIENTO η_c

ENERGÍA TÉRMICA
CALEFACCIÓN EN INVIERNO

$E_{U;I}$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO TOTAL DE ENERGÍA PRIMARIA

$$E_{P;I} = E_{S;I}\, \boldsymbol{f_{P;i}} \quad [kWh]$$

$f_{P;i}$: Factor de conversión a energía primaria, del vector energético que alimenta los sistemas activos de calefacción instalados en la i-ésima zona térmica. → *Tabla 3.4*

ENERGÍA PRIMARIA
CALEFACCIÓN EN INVIERNO

$E_{P;I}$

FACTOR DE CONVERSIÓN f_P

ENERGÍA SECUNDARIA
CALEFACCIÓN EN INVIERNO

$E_{S;I}$

RENDIMIENTO η_c

ENERGÍA TÉRMICA
CALEFACCIÓN EN INVIERNO

$E_{U;I}$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO TOTAL DE ENERGÍA PRIMARIA

$$E_{P;I} = E_{S;I}\, \boldsymbol{f_{P;i}} \quad [kWh]$$

$f_{P;i}$: Factor de conversión a energía primaria, del vector energético que alimenta los sistemas activos de calefacción instalados en la i-ésima zona térmica. → *Tabla 3.4*

Tabla 3.4: Factor de conversión de energía neta a energía primaria (f_P).

VECTOR ENERGÉTICO	f_P
Gas Distribuido por Redes	1,25
Gas Licuado de Petróleo	1,10
Electricidad	3,30
Carbón de Leña	1,60

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO ESPECÍFICO DE ENERGÍA PRIMARIA

$$EP_I = \frac{E_{P;I}}{A_u} \quad \left[\frac{kWh}{m^2 año}\right]$$

$E_{P;I}$: Requerimiento anual de energía primaria para calefacción en invierno, en kWh

A_u: Superficie útil del inmueble, en m^2

El **requerimiento específico global de energía primaria**, se calcula como la suma de los requerimientos anuales de energía primaria para cada uno de los usos considerados.

$$EP_{GL} = EP_I + EP_V + EP_{ACS} + EP_{IL} \quad \left[\frac{kWh}{m^2 año}\right]$$

REFRIGERACIÓN EN VERANO

SANTA FE
Secretaría de Estado de la Energía
Gobierno de la provincia de Santa Fe

eficiencia energética
Ministerio de Energía y Minería
Presidencia de la Nación

REFRIGERACIÓN EN VERANO

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

1. Definición de zonas térmicas
2. Definición del período de refrigeración
3. Cálculo del requerimiento mensual de energía térmica $(Q_{V;i})$
4. Cálculo del requerimiento **total (anual)** de **energía térmica** $(E_{U;V})$
5. Cálculo del requerimiento **total (anual)** de **energía secundaria** $(E_{S;V})$
6. Cálculo del requerimiento **total (anual)** de **energía primaria** $(E_{P;V})$
7. **Cálculo del requerimiento específico de energía primaria** (EP_V)

REFRIGERACIÓN EN VERANO

PERÍODO DE REFRIGERACIÓN

Se define como el período de tiempo durante el cual se asume que los sistemas activos de refrigeración garantizan una ***temperatura de confort constante y uniforme*** en el interior de cada una de las zonas térmicas definidas del inmueble.

Tabla 4.1: Inicio y finalización de los períodos de refrigeración, para cada zona climática.

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
Inicio período refrigeración	SD	SD	SD	SD	SD	15-nov	SD
Fin período refrigeración	SD	SD	SD	SD	SD	15-mar	SD

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \eta_{disp}\, Q_{tr;\, rad;\, ve} \quad [kWh]$$

Aportes térmicos gratuitos totales

Energía térmica intercambiada por transmisión, radiación y ventilación

Factor de utilización de las dispersiones térmicas

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \eta_{disp}\, \boldsymbol{Q_{tr;\, rad;\, ve}}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\, rad;\, ve} = Q_{tr;\, rad} + Q_{ve} \quad [kWh]$$

Energía térmica intercambiada por transmisión y radiación hacia la bóveda

Energía térmica intercambiada por ventilación e infiltraciones

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \eta_{disp}\, \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad}} + Q_{ve} \quad [kWh]$$

- **Energía térmica intercambiada por transmisión y radiación hacia la bóveda celeste:**

$$\boldsymbol{Q_{tr;\,rad}} = \frac{1}{1000}[H_{tr}(\theta_{int} - \theta_{ext})T + \Phi_{rad}T + \Phi_{terr}T] \quad [kWh]$$

Coeficiente de intercambio térmico por transmisión

ANEXO B

ANEXO C

Flujo de energía térmica por radiación a la bóveda

Flujo de energía térmica a través del terreno

ANEXO D

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \eta_{disp}\, \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad}} + Q_{ve} \quad [kWh]$$

- **Energía térmica intercambiada por transmisión y radiación hacia la bóveda celeste:**

$$\boldsymbol{Q_{tr;\,rad}} = \frac{1}{1000}[H_{tr}(\theta_{int} - \theta_{ext})T + \Phi_{rad}T + \Phi_{terr}T] \qquad [kWh]$$

θ_{int}: Temperatura interna de confort → ***EN VERANO*** $\boldsymbol{\theta_{int} = 26}$℃

θ_{ext}: Temperatura media del mes considerado, en ℃ → *Tabla 4.2*

T: Intervalo de tiempo analizado, expresado en horas → $T = días\ del\ mes\ x\ 24\ h$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

Tabla 4.2: Temperatura media mensual (θ_{ext}) para cada zona climática de la provincia, en °C.

MES	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
ENERO	SD	SD	SD	SD	SD	25,0	SD
FEBRERO	SD	SD	SD	SD	SD	23,6	SD
MARZO	SD	SD	SD	SD	SD	21,6	SD
ABRIL	SD	SD	SD	SD	SD	17,5	SD
MAYO	SD	SD	SD	SD	SD	13,8	SD
JUNIO	SD	SD	SD	SD	SD	11,0	SD
JULIO	SD	SD	SD	SD	SD	10,0	SD
AGOSTO	SD	SD	SD	SD	SD	12,0	SD
SEPTIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	15,0	SD
OCTUBRE	SD	SD	SD	SD	SD	18,5	SD
NOVIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	21,5	SD
DICIEMBRE	SD	SD	SD	SD	SD	23,6	SD

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \eta_{disp}\, \boldsymbol{Q_{tr;\, rad;\, ve}}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\, rad;\, ve} = Q_{tr;\, rad} + Q_{ve} \quad [kWh]$$

Energía térmica intercambiada por transmisión y radiación hacia la bóveda

Energía térmica intercambiada por ventilación e infiltraciones

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \eta_{disp}\, \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = Q_{tr;\,rad} + \boldsymbol{Q_{ve}} \quad [kWh]$$

- **Energía térmica intercambiada por ventilación e infiltraciones:**

$$\boldsymbol{Q_{ve}} = \frac{1}{1000} H_{ve}(\theta_{int} - \theta_{ext})T \qquad [kWh]$$

Coeficiente de intercambio térmico por ventilación

ANEXO E

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \eta_{disp}\, \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Caudal de ingreso de aire debido a ***VENTILACIÓN***:

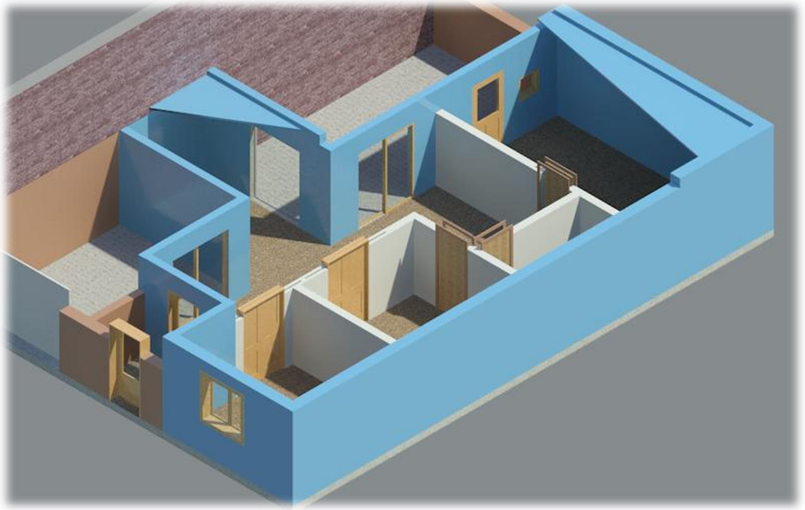
$$q_{ve} = \frac{\eta V_{neto}}{3600}\, f_{ve} \qquad \left[\frac{m^3}{s}\right]$$

η: Tasa de renovaciones de aire, en $1/\mathrm{h}$.

V_{neto}: Volumen neto de la zona térmica considerada, en m^3

f_{ve}: Fracción de tiempo en que se considera la existencia de un flujo de aire nocturno para ventilación.

→ ***EN VERANO,*** $f_{ve} = 0{,}33$ *(entre las* $23{:}00$ *y las* $7{:}00$ *hs)*



REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \eta_{disp}\, \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

- Coeficiente de intercambio térmico por ventilación e infiltraciones *(ANEXO E)*:

$$H_{ve} = \rho_a c_a q_{tot} \quad \left[\frac{W}{K}\right]$$

$\rho_a c_a$: Capacidad térmica volumétrica del aire $= 1200\ J/m^3K$

q_{tot}: Caudal total de aire que ingresa a la zona térmica debido a ventilación e infiltraciones

$$q_{tot} = \underbrace{q_{ve}}_{\text{Caudal de ingreso de aire debido a ventilación en verano}} + \underbrace{q_{inf}}_{\text{Caudal de ingreso de aire debido a infiltraciones}} \quad \left[\frac{m^3}{s}\right]$$

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \eta_{disp}\, \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = Q_{tr;\,rad} + \boldsymbol{Q_{ve}} \quad [kWh]$$

- **Energía térmica intercambiada por ventilación e infiltraciones:**

$$\boldsymbol{Q_{ve}} = \frac{1}{1000} H_{ve}(\theta_{int} - \theta_{ext})T \qquad [kWh]$$

Coeficiente de intercambio térmico por ventilación

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = Q_{tr;\,rad} + \boldsymbol{Q_{ve}} \quad [kWh]$$

- **Energía térmica intercambiada por ventilación e infiltraciones:**

$$\boldsymbol{Q_{ve}} = \frac{1}{1000} H_{ve}(\theta_{int} - \theta_{ext})T \qquad [kWh]$$

θ_{int}: Temperatura interna de confort → ***EN VERANO*** $\boldsymbol{\theta_{int} = 26}$℃

θ_{ext}: Temperatura media del mes considerado, en ℃ → *Tabla 4.2*

T: Intervalo de tiempo analizado, expresado en horas → $T = días\ del\ mes\ x\ 24\ h$

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = \boldsymbol{Q_{tr;\,rad;\,ve}} - \eta_{gr}\, Q_{gr}$$

ENERGÍA TÉRMICA INTERCAMBIADA POR TRANSMISIÓN RADIACIÓN Y VENTILACIÓN

$$Q_{tr;\,rad;\,ve} = Q_{tr;\,rad} + Q_{ve} \quad [kWh]$$

- Energía térmica intercambiada por transmisión y radiación hacia la bóveda
- Energía térmica intercambiada por ventilación e infiltraciones

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \eta_{disp}\, Q_{tr;\, rad;\, ve} \quad [kWh]$$

Aportes térmicos gratuitos totales

Energía térmica intercambiada por transmisión, radiación y ventilación

Factor de utilización de las dispersiones térmicas

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = \boldsymbol{Q_{gr}} - \eta_{disp}\, Q_{tr;\, rad;\, ve}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

$$Q_{gr} = Q_{int} + Q_{sol} \qquad [kWh]$$

Aportes gratuitos de energía térmica de origen interno

Aportes gratuitos de energía térmica de origen solar

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = \boldsymbol{Q_{gr}} - \eta_{disp}\, Q_{tr;\, rad;\, ve}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

$$Q_{gr} = \boldsymbol{Q_{int}} + Q_{sol} \qquad [kWh]$$

- **Aportes gratuitos de energía térmica de origen interno:**

$$\boldsymbol{Q_{int}} = \frac{1}{1000}\,\Phi_{int}\,T \qquad [kWh]$$

Flujo de energía térmica debido a aportes internos

T: Intervalo de tiempo analizado, expresado en horas.

ANEXO F

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = \boldsymbol{Q_{gr}} - \eta_{disp}\, Q_{tr;\, rad;\, ve}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

$$Q_{gr} = Q_{int} + Q_{sol} \qquad [kWh]$$

Aportes gratuitos de energía térmica de origen interno

Aportes gratuitos de energía térmica de origen solar

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = \boldsymbol{Q_{gr}} - \eta_{disp}\, Q_{tr;\, rad;\, ve}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

$$Q_{gr} = Q_{int} + \boldsymbol{Q_{sol}} \qquad [kWh]$$

- **Aportes gratuitos de energía térmica de origen solar:**

$$\boldsymbol{Q_{sol}} = \frac{1}{1000}\,\Phi_{sol} T \qquad [kWh]$$

Flujo de energía térmica debido a aportes solares

ANEXO G

T: Intervalo de tiempo analizado, expresado en horas.

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = \boldsymbol{Q_{gr}} - \eta_{disp}\, Q_{tr;\, rad;\, ve}$$

APORTES TÉRMICOS GRATUITOS TOTALES

$$Q_{gr} = Q_{int} + Q_{sol} \qquad [kWh]$$

Aportes gratuitos de energía térmica de origen interno

Aportes gratuitos de energía térmica de origen solar

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \eta_{disp}\, Q_{tr;\, rad;\, ve} \quad [kWh]$$

Aportes térmicos gratuitos totales

Energía térmica intercambiada por transmisión, radiación y ventilación

Factor de utilización de las dispersiones térmicas

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \boldsymbol{\eta_{disp}}\, Q_{tr;\,rad;\,ve}$$

FACTOR DE UTILIZACIÓN DE LAS DISPERSIONES TÉRMICAS

No todas las dispersiones térmicas, es decir, las pérdidas de energía térmica por ventilación, transmisión a través de la envolvente y radiación a la bóveda celeste, pueden ser aprovechadas para disminuir los requerimientos de energía para refrigeración. Pues las mismas pueden producirse durante momentos del día en los que no existe una demanda de refrigeración.

- Resulta necesario definir un factor de utilización de las dispersiones térmicas (η_{disp}), que contemple los efectos dinámicos en la determinación del requerimiento de energía para refrigeración en verano.

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \boldsymbol{\eta_{disp}}\, Q_{tr;\,rad;\,ve}$$

FACTOR DE UTILIZACIÓN DE LAS DISPERSIONES TÉRMICAS

$$\eta_{disp} = \begin{cases} \dfrac{1-\gamma_{ver}{}^{-\alpha_{ver}}}{1-\gamma_{ver}{}^{-(\alpha_{ver}+1)}} & si \quad \gamma_{ver} > 0 \;\; y \;\; \gamma_{ver} \neq 1 \\ \dfrac{\alpha_{ver}}{\alpha_{ver}+1} & si \quad \gamma_{ver} = 1 \\ 1 & si \quad \gamma_{ver} < 0 \end{cases}$$

γ_{ver}: Relación entre los aportes térmicos gratuitos totales y las pérdidas térmicas totales

α_{ver}: Parámetro numérico adimensional de ajuste.

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \eta_{disp}\, Q_{tr;\,rad;\,ve}$$

- **Relación entre los aportes térmicos gratuitos totales y las pérdidas térmicas totales** (γ_{ver})**:**

$$\gamma_{ver} = \frac{Q_{gr}}{Q_{tr;\,rad;ve}} = \frac{Q_{int} + Q_{sol} \quad [kWh]}{Q_{tr;\,rad} + Q_{ve} \quad [kWh]}$$

- **Parámetro numérico adimensional de ajuste** (α_{ver})**:**

$$\alpha_{ver} = \alpha_{ver,0} + \frac{\tau}{\tau_{ver,0}}$$

$\alpha_{ver,0}$: Parámetro numérico adimensional de referencia → ***EN VERANO,*** $\alpha_{inv,0} = 0,4$

τ: Constante de tiempo de la zona térmica considerada

$\tau_{ver,0}$: Constante de tiempo de referencia → ***EN VERANO,*** $\tau_{inv,0} = 30$

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \eta_{disp}\, Q_{tr;\, rad;\, ve}$$

- ***CONSTANTE DE TIEMPO*** **de la zona térmica considerada** (τ)**:**

$$\tau = \frac{C}{H_{ver}}\ (10^3) \quad [h]$$

C: Capacidad térmica interna de la zona térmica considerada, en $kWh/K;$

H_{ver}: Coeficiente global de intercambio térmico de la zona térmica considerada, en W/K

$$H_{ver} = H_{tr} + H_{ve} + H_g$$

Coeficiente de intercambio térmico por transmisión ***(ANEXO B)***	+	Coeficiente de intercambio térmico por ventilación ***(ANEXO E)***	+	Coeficiente de intercambio térmico a través del terreno en régimen estacionario ***(ANEXO D)***

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \boldsymbol{\eta_{disp}}\, Q_{tr;\,rad;\,ve}$$

FACTOR DE UTILIZACIÓN DE LAS DISPERSIONES TÉRMICAS

$$\eta_{disp} = \begin{cases} \dfrac{1-\gamma_{ver}{}^{-\alpha_{ver}}}{1-\gamma_{ver}{}^{-(\alpha_{ver}+1)}} & si \quad \gamma_{ver} > 0 \;\; y \;\; \gamma_{ver} \neq 1 \\ \dfrac{\alpha_{ver}}{\alpha_{ver}+1} & si \quad \gamma_{ver} = 1 \\ 1 & si \quad \gamma_{ver} < 0 \end{cases}$$

γ_{ver}: Relación entre los aportes térmicos gratuitos totales y las pérdidas térmicas totales

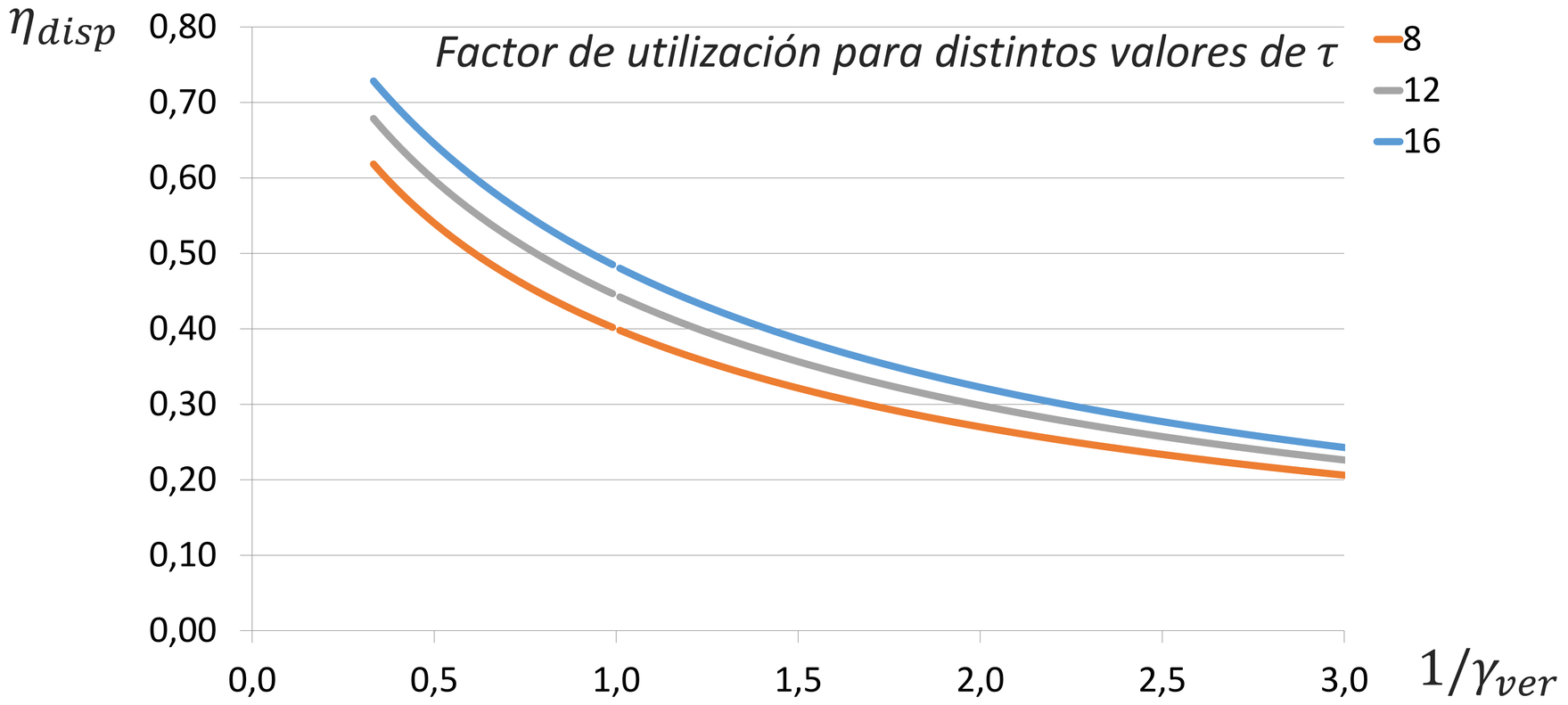
α_{ver}: Parámetro numérico adimensional de ajuste.

CALEFACCIÓN EN INVIERNO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_I = Q_{tr;\,rad;\,ve} - \boldsymbol{\eta_{gr}}\, Q_{gr}$$

FACTOR DE UTILIZACIÓN DE LOS APORTES TÉRMICOS GRATUITOS



REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO MENSUAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$Q_V = Q_{gr} - \eta_{disp}\, Q_{tr;\, rad;\, ve} \quad [kWh]$$

Aportes térmicos gratuitos totales

Energía térmica intercambiada por transmisión, radiación y ventilación

Factor de utilización de las dispersiones térmicas

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO TOTAL DE ENERGÍA TÉRMICA

$$E_{U;V} = \sum_{j=1}^{M} \left[\sum_{i=1}^{N} Q_{V;i;j} \right] \quad [kWh]$$

$Q_{V;i;j}$: Requerimiento mensual de energía útil para refrigeración de la i-ésima zona térmica en el j-ésimo mes, en kWh.

ENERGÍA TÉRMICA

REFRIGERACIÓN EN VERANO

$$E_{U;V}$$

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO TOTAL DE ENERGÍA SECUNDARIA

$$E_{S;V} = \frac{E_{U;V}}{\eta_{r;i;j}} \quad [kWh]$$

$\eta_{r;i;j}$: Rendimiento medio ponderado de los sistemas activos de refrigeración instalados en la i-ésima zona térmica, funcionando durante el j-ésimo mes → *Tabla 4.3*

Tabla 4.3: Rendimientos medios (η_r) de distintos tipos de equipos de refrigeración.

TIPO DE EQUIPO DE REFRIGERACIÓN	η_r / EER
Aire acondicionado clase A tipo Split	3,20
Aire acondicionado clase B tipo Split	3,10
Aire acondicionado clase C tipo Split	2,90
Aire acondicionado clase D tipo Split	2,70
Aire acondicionado clase E tipo Split	2,50
Aire acondicionado clase F tipo Split	2,30
Aire acondicionado clase G tipo Split	2,20
Aire acondicionado clase A tipo compacto	3,00
Aire acondicionado clase B tipo compacto	2,90
Aire acondicionado clase C tipo compacto	2,70
Aire acondicionado clase D tipo compacto	2,50
Aire acondicionado clase E tipo compacto	2,30

ENERGÍA SECUNDARIA
REFRIGERACIÓN EN VERANO

$E_{S;V}$

ENERGÍA TÉRMICA
REFRIGERACIÓN EN VERANO

$E_{U;V}$

RENDIMIENTO η_r

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO TOTAL DE ENERGÍA PRIMARIA

$$E_{P;V} = E_{S;V}\ \boldsymbol{f_{P;i}} \quad [kWh]$$

$f_{P;i}$: Factor de conversión a energía primaria, del vector energético que alimenta los sistemas activos de refrigeración instalados en la i-ésima zona térmica. → *Tabla 4.4*

ENERGÍA PRIMARIA
REFRIGERACIÓN EN VERANO

$E_{P;V}$

FACTOR DE CONVERSIÓN f_P

ENERGÍA SECUNDARIA
REFRIGERACIÓN EN VERANO

$E_{S;V}$

ENERGÍA TÉRMICA
REFRIGERACIÓN EN VERANO

$E_{U;V}$

RENDIMIENTO η_r

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO TOTAL DE ENERGÍA PRIMARIA

$$E_{P;V} = E_{S;V}\, \boldsymbol{f_{P;i}} \quad [kWh]$$

$f_{P;i}$: Factor de conversión a energía primaria, del vector energético que alimenta los sistemas activos de refrigeración instalados en la i-ésima zona térmica. → *Tabla 4.4*

Tabla 4.8: Factor de conversión de energía neta a energía primaria (f_P).

VECTOR ENERGÉTICO	f_P
Gas Distribuido por Redes	1,25
Gas Licuado de Petróleo	1,10
Electricidad	3,30
Carbón de Leña	1,60

REFRIGERACIÓN EN VERANO

REQUERIMIENTO ESPECÍFICO DE ENERGÍA PRIMARIA

$$EP_V = \frac{E_{P;V}}{A_u} \quad \left[\frac{kWh}{m^2 año}\right]$$

$E_{P;V}$: Requerimiento anual de energía primaria para refrigeración en verano, en kWh

A_u: Superficie útil del inmueble, en m^2

El **requerimiento específico global de energía primaria**, se calcula como la suma de los requerimientos anuales de energía primaria para cada uno de los usos considerados.

$$\boldsymbol{EP_{GL} = EP_I + EP_V + EP_{ACS} + EP_{IL}} \quad \left[\frac{kWh}{m^2 año}\right]$$

IV | CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE REFERENCIA

[1] Procedimiento de cálculo del Índice de Prestaciones Energéticas (IPE). Rosario, 2016.
Secretaría de Estado de la Energía de la provincia de Santa Fe.

[2] Flujograma Energético, Balance Energético Nacional de la República Argentina, 2014.
Secretaría de Energía. Presidencia de la Nación.

[3] Documento Metodológico del Balance Energético Nacional de la República Argentina, 2015.
Ministerio de Energía y Minería. Presidencia de la Nación. *http://www.energia.gob.ar*.

[4] Balance Energético Nacional de la República Argentina, 2016.
Ministerio de Energía y Minería. Presidencia de la Nación. *http://www.energia.gob.ar*.

[5] World Energy Outlook, 2017.
International Energy Agency. *https://www.iea.org/weo2017*.

[6] World Energy Outlook, 2014.
International Energy Agency.