

COAC

arquitectes.cat  
Girona

ObRE

Observatori de la  
Rehabilitació i  
Renovació Urbana  
Comarques de Girona

**Jornada Rehabilitació Conscient**

**COMPORTAMENT DELS FLUXOS  
ENERGÈTICS I SOLUCIONS  
PRÀCTIQUES DE REHABILITACIÓ**

Anna Casas Portet  
Dra. Arquitecta





# FLUX DE CALOR

El flux de calor és la mesura de la transferència d'energia, que és causada per una diferència de temperatura i condueix a l'equilibri de temperatures entre les substàncies.





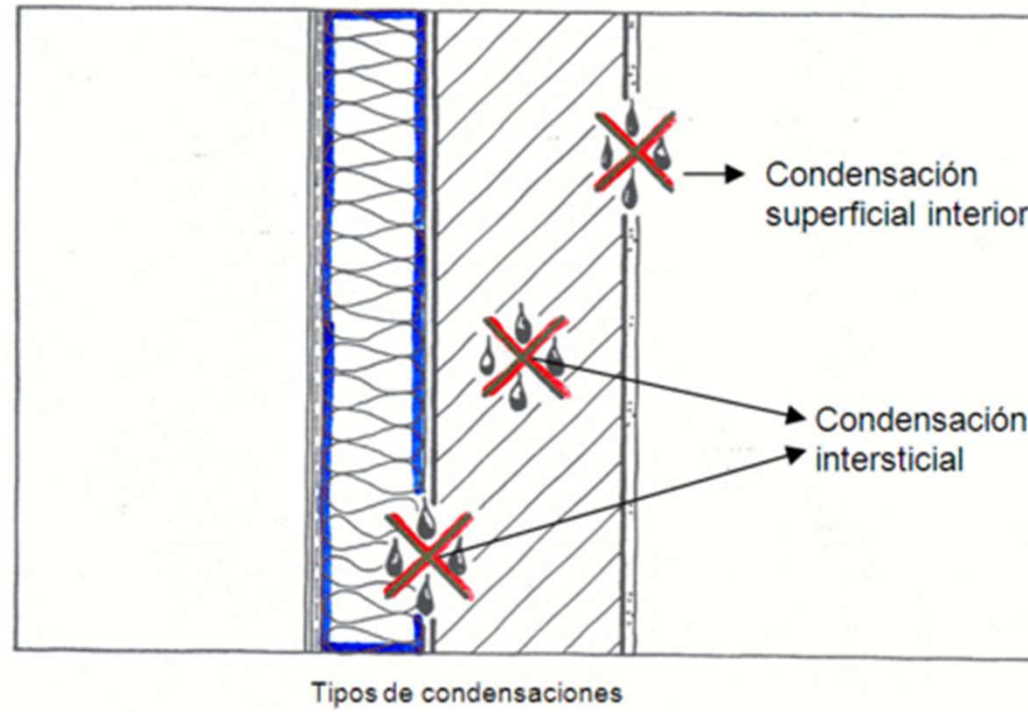
# COST ENERGÈTIC i ECONÒMIC





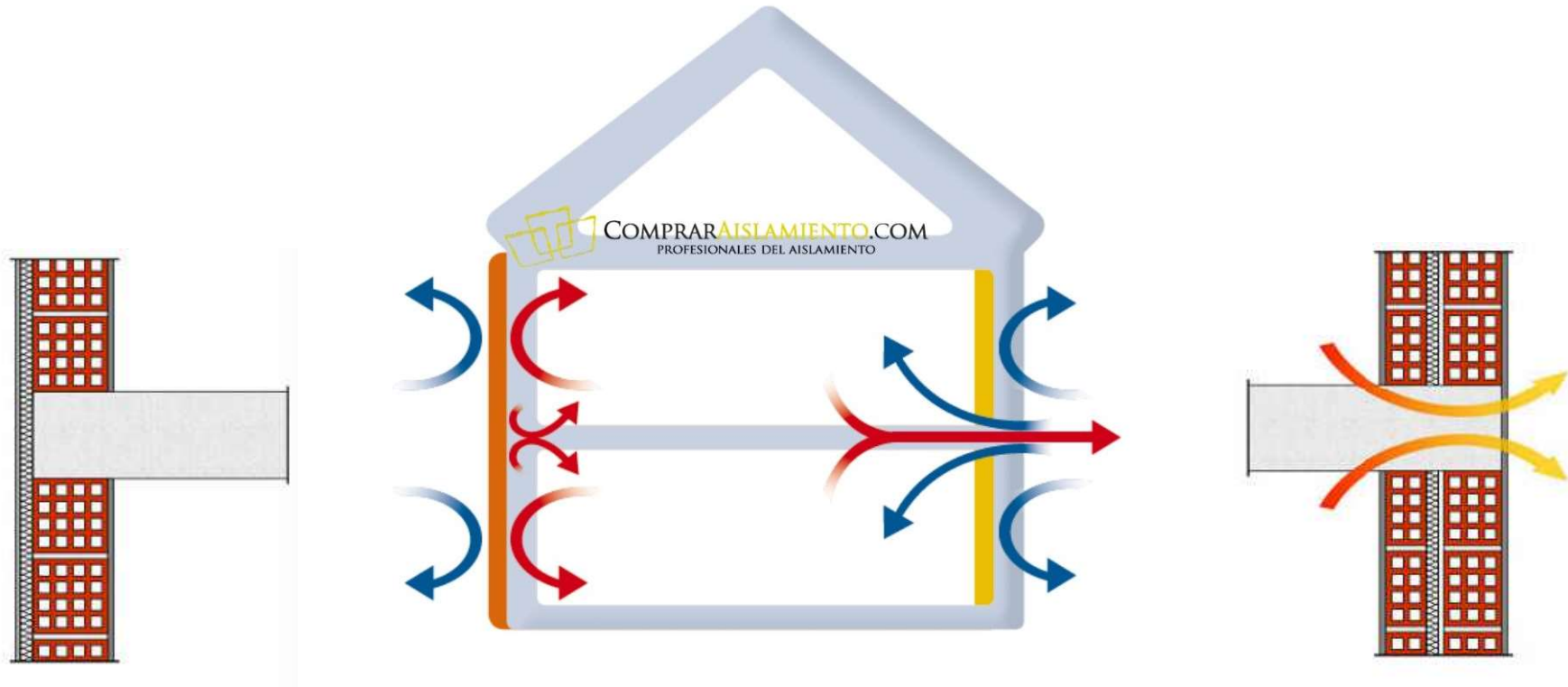
# CONDENSACIONS







# SOLUCIONS PRÀCTIQUES



# CONSUM PER USOS

## Estructura del consumo por usos





# LES VIES DE LA REDUCCIÓ DE CONSUMS

$$CE = f(D * \eta * Ge_s * Ge_d) - A_p$$

- **CE** és el consum energètic: energia que realment es consumeix a un edifici, externa a ell o al seu entorn immediat (*no auto produïda*).
- **D** és la demanda energètica: energia teòricament necessària per tal de proporcionar unes determinades condicions d'habitabilitat d'un edifici.
- **$\eta$**  representa el rendiment dels sistemes: relació entre l'energia consumida i la cedida pels sistemes – aprofitada – (ex: el rendiment d'una caldera).
- **$Ge_s$** : factor de gestió dels sistemes entès com la possibilitat de gestionar correctament els sistemes (ex: existència de termòstats a la calefacció).
- **$Ge_d$** : factor de gestió de la demanda, entès com la possibilitat d'incidir sobre la demanda de l'edifici (ex: aïllament nocturn de les finestres, pujar o baixar tendals, ...)
- **$A_p$** : energia auto produïda, es a dir produïda per mitjans propis al mateix edifici o el seu entorn proper.

# LES VIES DE LA REDUCCIÓ DE CONSUMS

$$CE = f(D * \eta * Ge_s * Ge_d) - A_p$$

- **Disminució** de la demanda.
- **Augment** del rendiment energètic de les instal·lacions i sistemes de condicionament.
- **Millora** de la gestió de la demanda i dels sistemes de condicionament.
- **Augment** de l'autoproducció energètica.

( Nota: En aquesta fórmula el símbol “\*” no representa directament el producte.)



# DISMINUCIÓ DE LA DEMANDA TÈRMICA DELS TANCAMENTS

## QUANTIFICACIÓ DELS FLUXOS

*Demanda per radiació solar per les obertures:*

$$\Delta E_r \text{ (Wh/període)} = \sum (S_i * I_i * F_s)$$

*Demanda per transmissió:*

$$\Delta E_t \text{ (Wh/període)} = \sum [(U_i * S_i * \Delta T_s) + (\Psi_i * L_{pti} * \Delta T_s)]$$

*Demanda per convecció:*

$$\Delta E_c \text{ (Wh/període)} = \sum [(S_{fi} * I_f * \Delta T * C_{e \text{ aire}}) + (R * \Delta T * C_{e \text{ aire}})]$$

# DISMINUCIÓ DE LA DEMANDA TÈRMICA

**BALANÇ ENERGÈTIC** [  $\Delta E_r + \Delta E_t + \Delta E_c + \text{Ocupants} + \text{Aparells} + \text{Climatització}$  ]

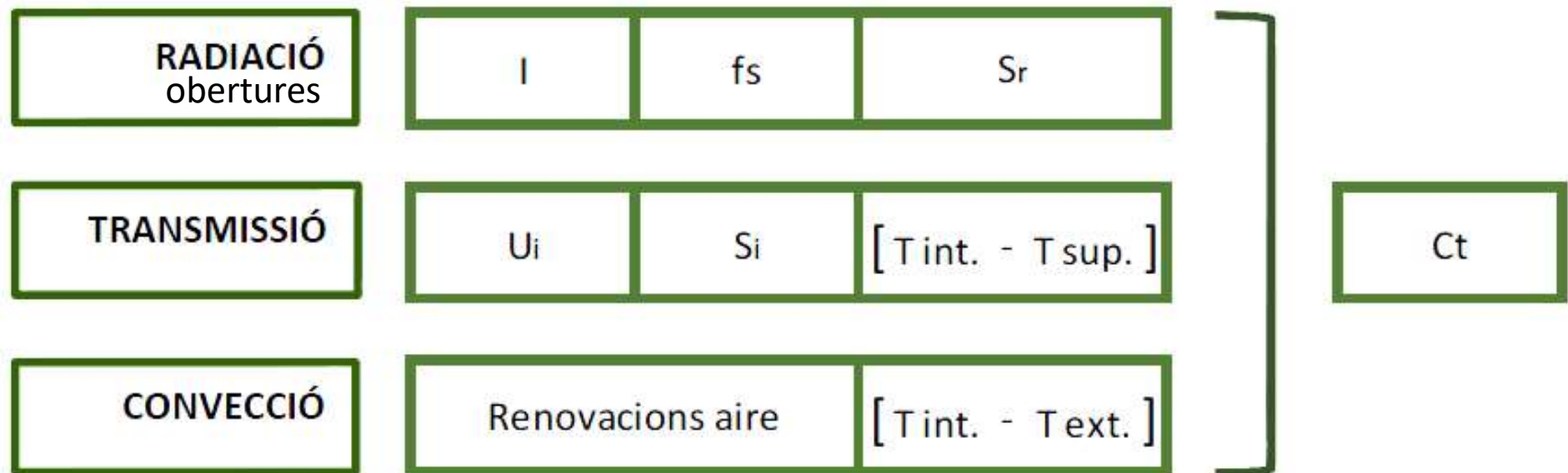
$$\Delta E_T \text{ (Wh/periode)} = \Sigma \Delta E_{Gi}$$

**INCREMENT TÈRMIC**

$$\Delta T \text{ (°K)} = \frac{\Delta E_T}{C_t}$$

# DISMINUCIÓ DE LA DEMANDA TÈRMICA DELS TANCAMENTS

## REPRESENTACIÓ GRÀFICA DEL CONJUNT DE VARIABLES TÈRMiques





# DISMINUCIÓ DE LA DEMANDA TÈRMICA DELS TANCAMENTS

## VARIABLES QUE HI INTERVENEN

### ***Demanda per radiació solar:***

*Irradiància solar, factor solar, superfície irradiada,  
coeficient de reflexió*

### ***Demanda per transmissió:***

*Transmitància tèrmica superficial, superfície,  
transmitància tèrmica lineal, longitud de ponts tèrmics,  $\Delta T$ s*

### ***Demanda per convecció:***

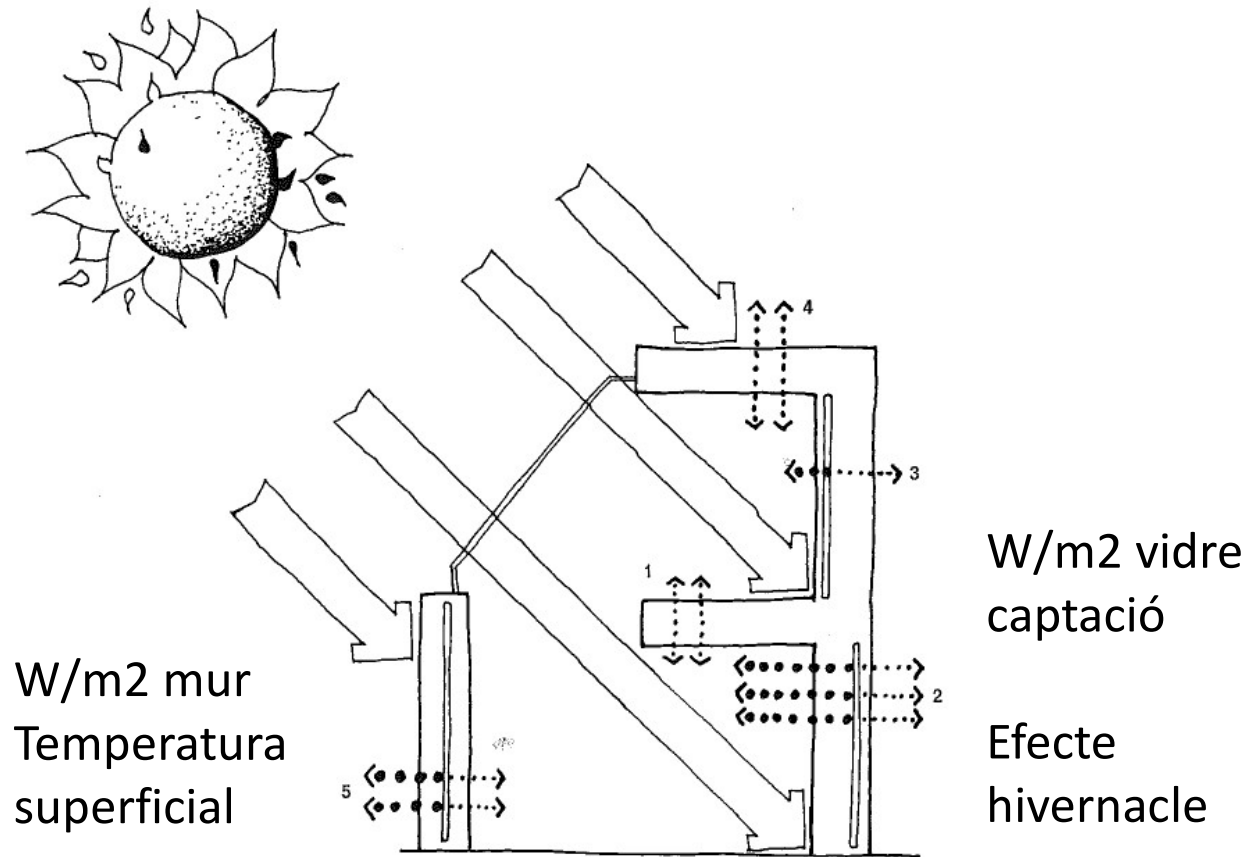
*Infiltracions, superfície de fusteries, renovacions,  $\Delta T$*

# CLIMATOLOGIA

	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007
<b>Gener</b>	7,6	9,3	7,3	10,3	6,9	10,9	8,6	9,7	8,1	8,2	8,1	7,3	6,7	8,8	9
<b>Febrer</b>	11,9	12,3	10,9	6,8	11,8	10,7	7,7	10,1	7,8	6,3	10,1	8,3	7,8	9,3	11
<b>Març</b>	11,8	12,2	12,9	11,4	13,7	11,5	12,2	12,1	11,9	12,6	11,8	10,6	10,9	10,2	12,2
<b>Abril</b>	13,3	15,1	14,1	15,9	14,9	14,7	15,4	16,2	13,9	13,7	17,2	14,7	12,9	13,4	16,3
<b>Maig</b>	17,8	20,5	16,6	18,1	19,7	17,3	19,8	17,6	16,1	19	19,8	16,8	19,4	16,9	19,1
<b>Juny</b>	24,1	21,2	23,2	23,1	25,2	22,3	24,2	23	21,2	23,9	21,9	22,1	22,9	20,8	22
<b>Juliol</b>	25,6	26	26,9	26,5	25,1	26,1	27,5	23,7	26,1	24,7	23,3	26,9	24,5	24,1	23,8
<b>Agost</b>	25,3	26,3	26,5	26,3	26,2	25,4	24,8	23,9	24,9	27	25,5	25,2	25,8	24,3	22,7
<b>Setembre</b>	23	21,9	22,3	23,3	20,1	23	20,6	22,8	21,8	21,6	23,1	21,3	20,6	19,8	20,2
<b>Octubre</b>	17,5	16,1	19,1	17,6	19,1	17,6	16,8	19,8	19,3	17,7	17,9	16,5	16,8	16,2	15,6
<b>Novembre</b>	11,1	13,6	11,5	12,8	11,2	12,6	13,6	14	10,7	12,5	14,3	10,8	12,1	9,7	9,4
<b>Desembre</b>	9,9	9,2	11	10,4	7,1	9,7	10,7	8,7	8,8	9,2	9,7	8,4	8,2	6,7	6,5
<b>Mitjana Anual</b>	16,6	17	16,9	16,9	16,8	16,8	16,8	16,8	15,9	16,4	16,9	15,7	15,8	15,1	15,6

	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007
<b>Humitat relativa mitjana</b>	66	69	64	68	64	67	67	70	69	67	70	66	67,1	74	71

# RADIACIÓ SOLAR



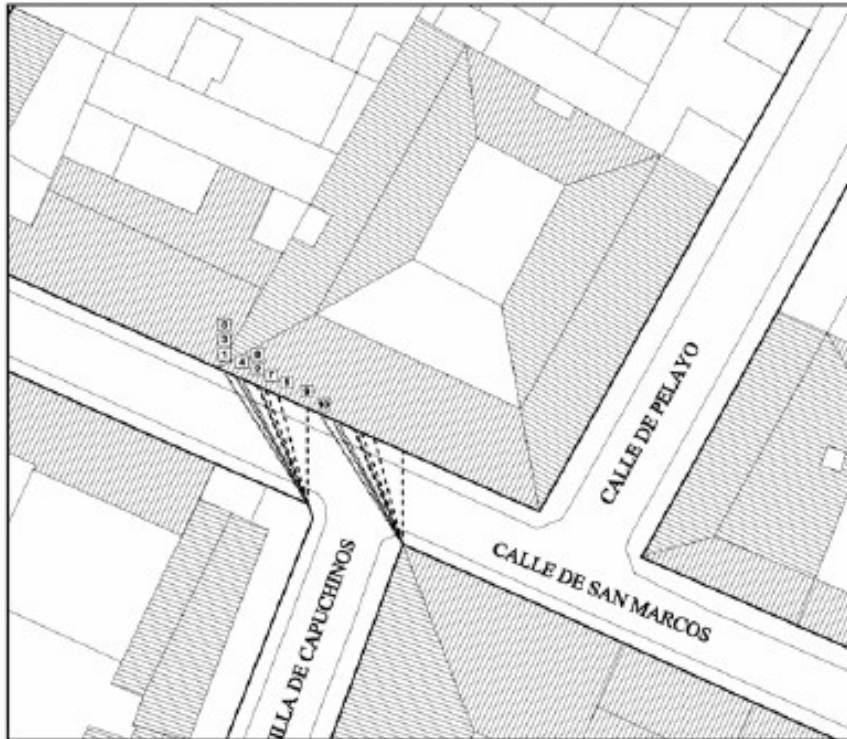


## EXEMPLES D'ESTUDI DE RADIACIÓ

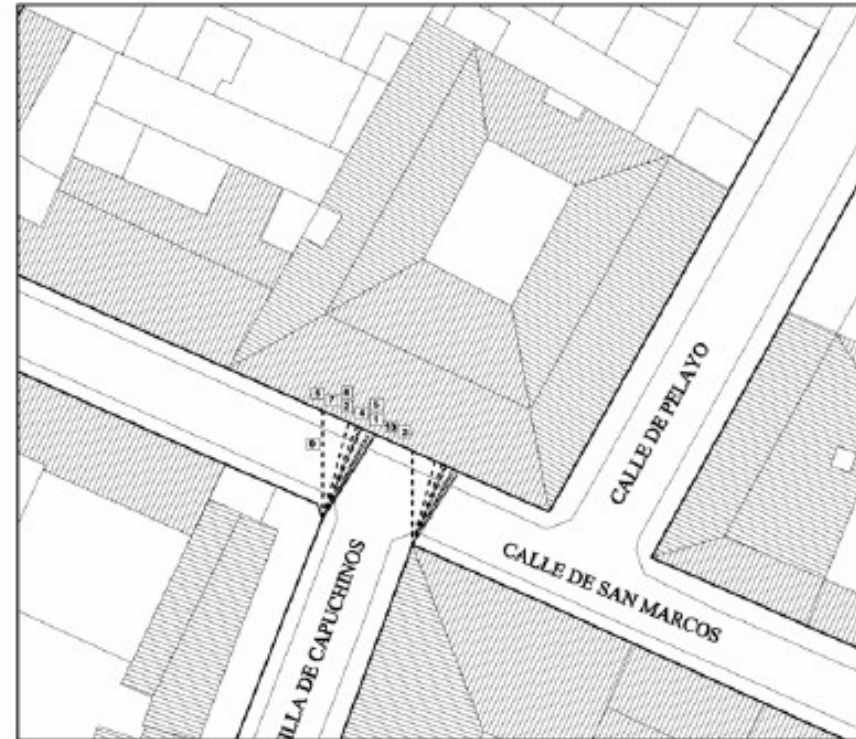


## EXEMPLES D'ESTUDI DE RADIACIÓ

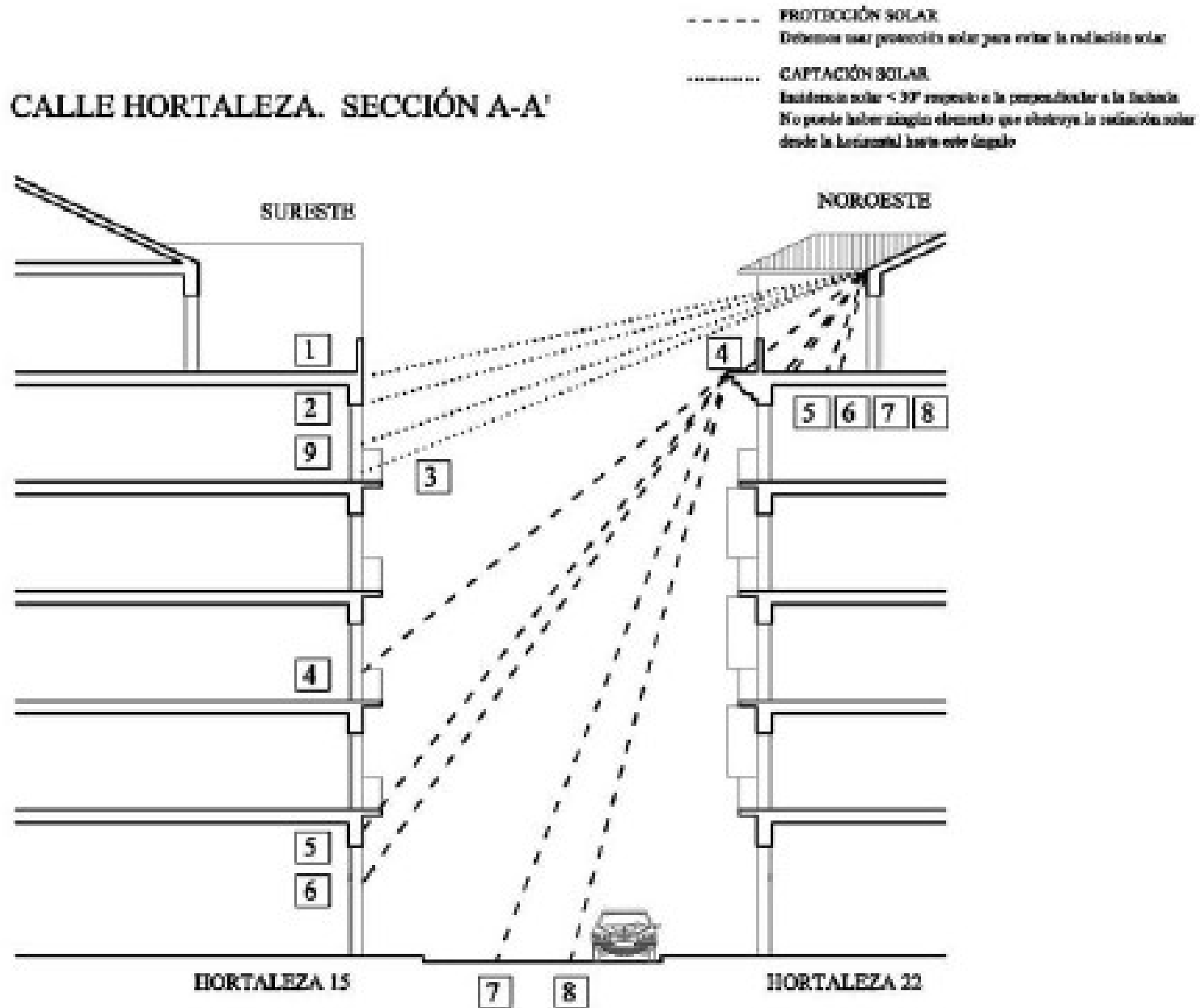
COSTANILLA DE CAPUCHINOS-SAN MARCOS. PLANTA 1/350. MAÑANA



COSTANILLA DE CAPUCHINOS-SAN MARCOS. PLANTA 1/350. TARDE



## EXEMPLES D'ESTUDI DE RADIACIÓ

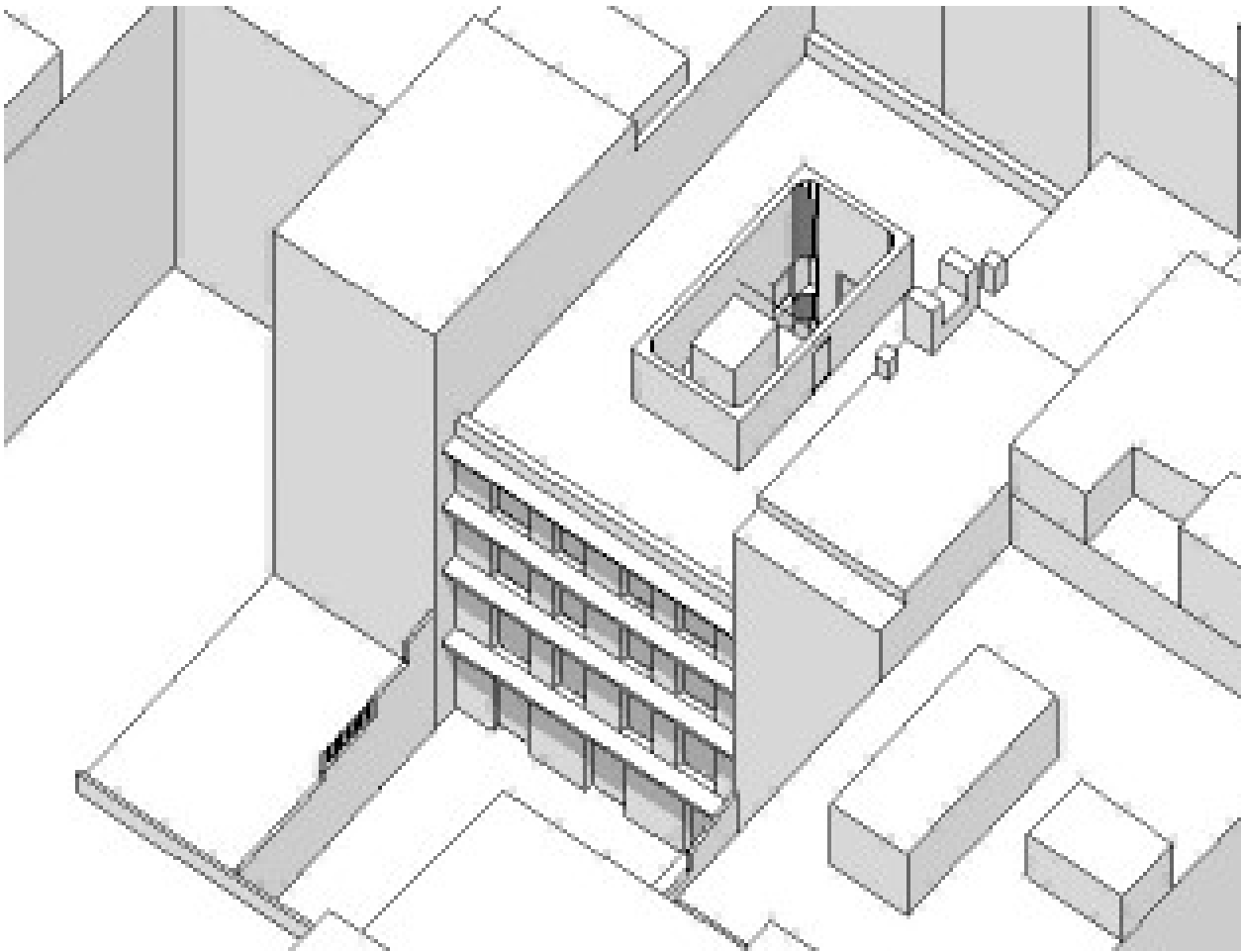




## EXEMPLES D'ESTUDI DE RADIACIÓ

Assolellament

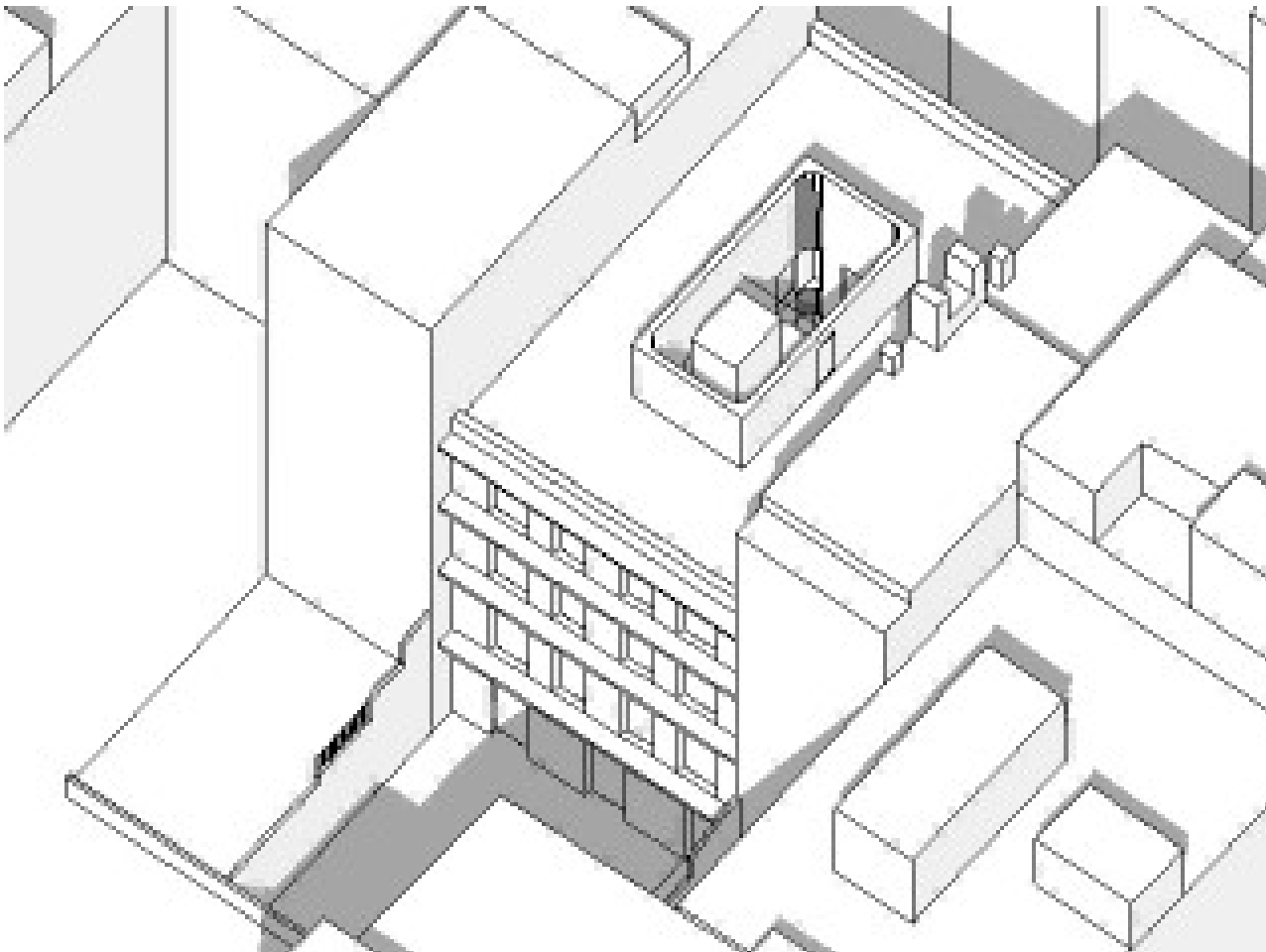
21 juny



## EXEMPLES D'ESTUDI DE RADIACIÓ

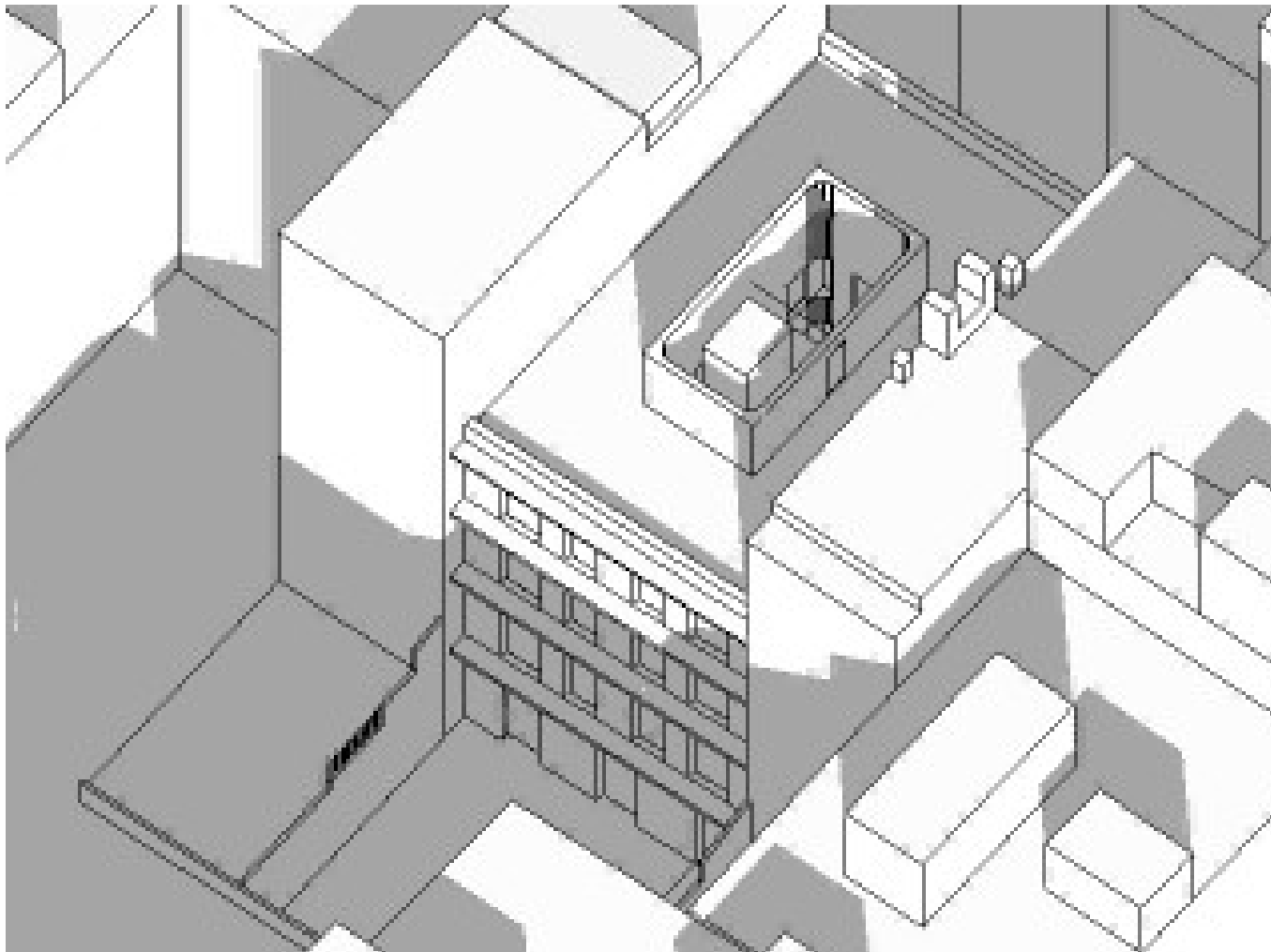
Assolellament

21 setembre i 21 març



## EXEMPLES D'ESTUDI DE RADIACIÓ

Assolellament  
21 desembre

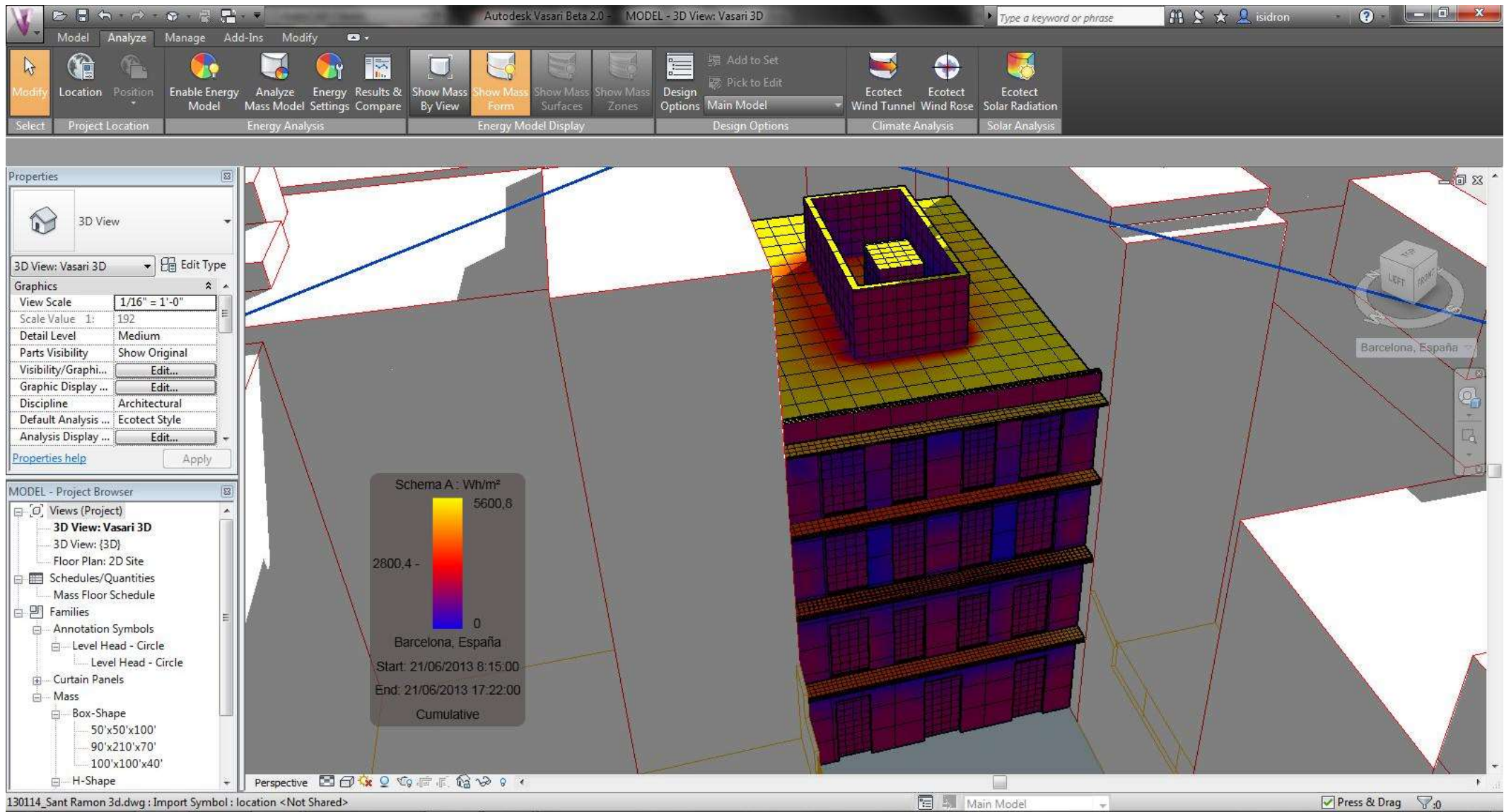




# EXEMPLES D'ESTUDI DE RADIACIÓ

## Radiació

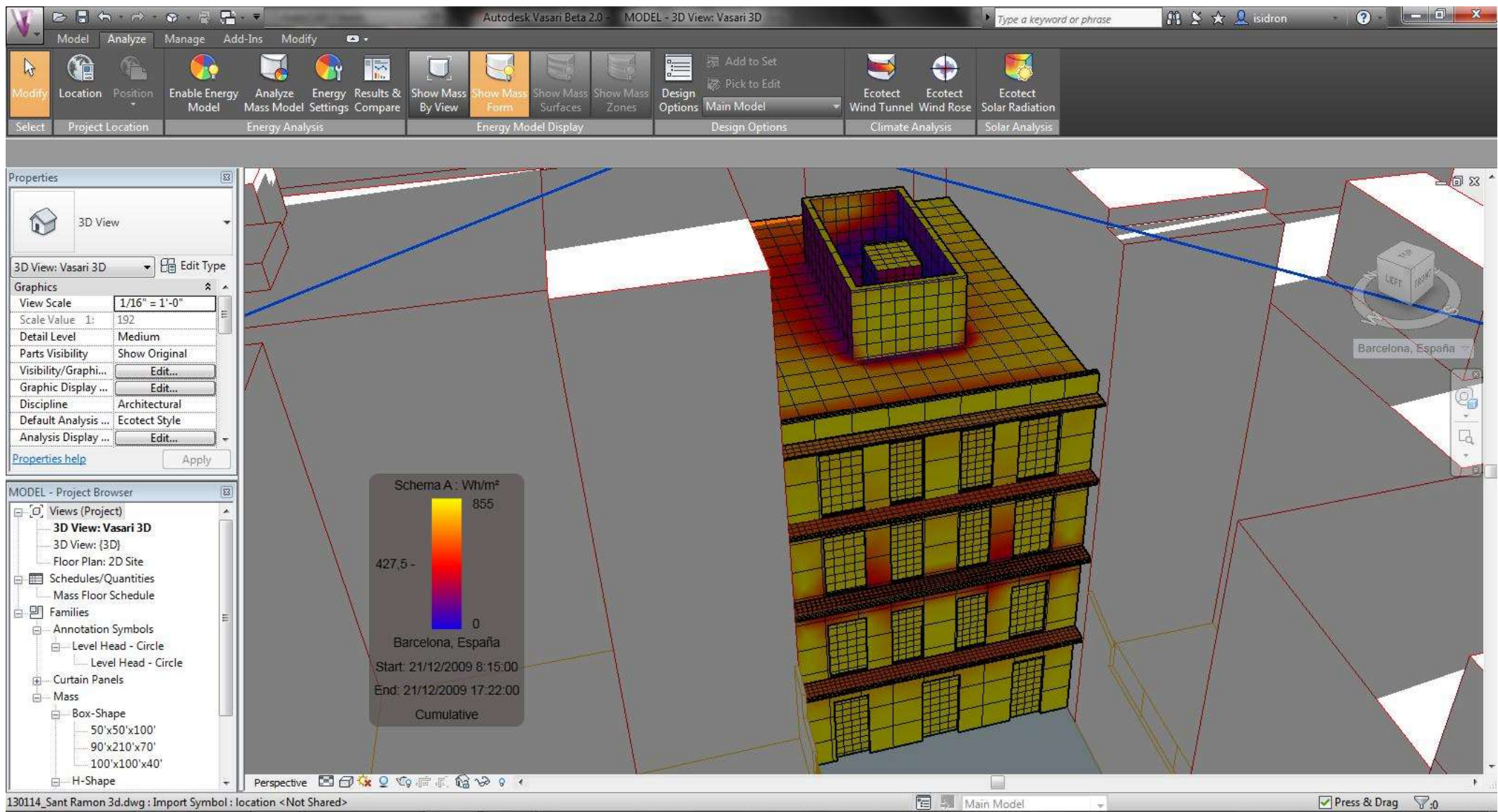
### 21 juny

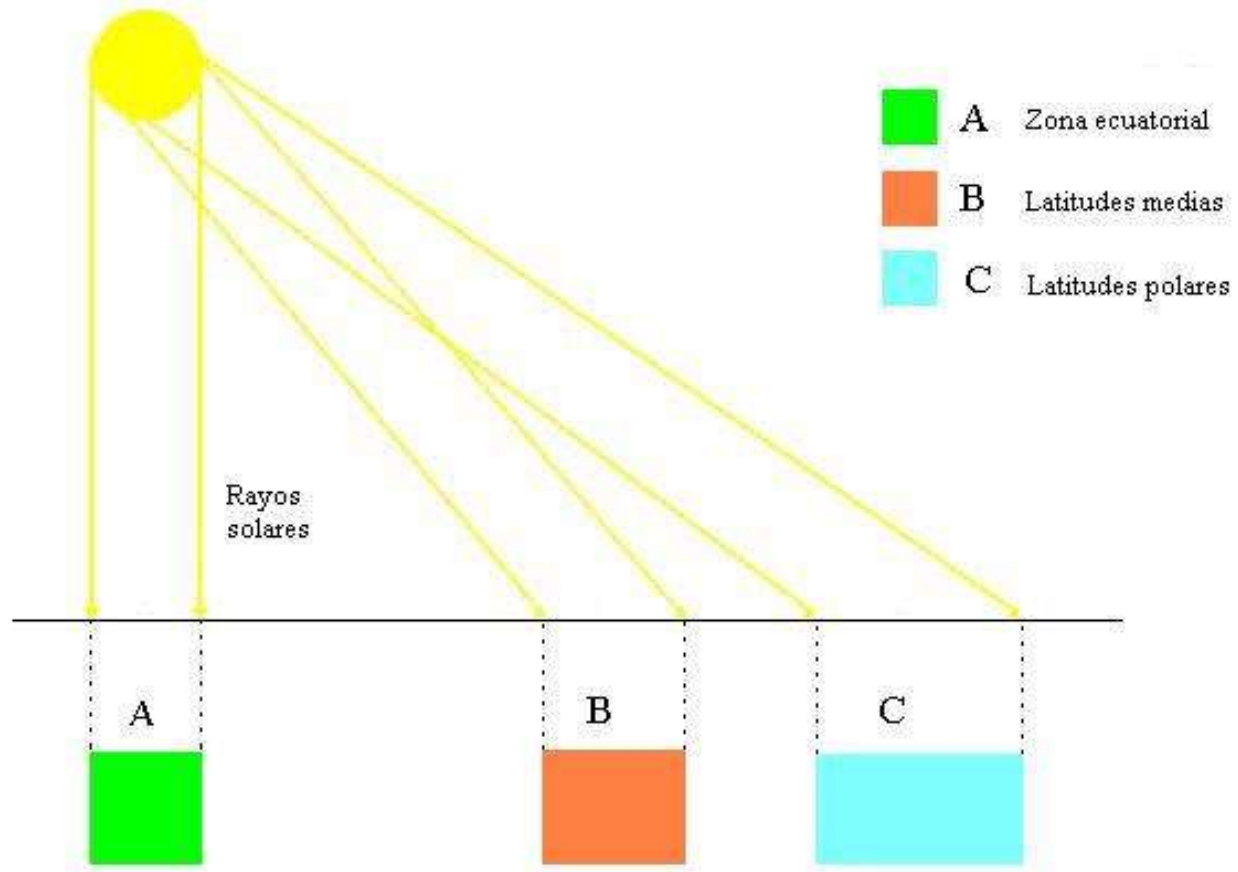


# EXEMPLES D'ESTUDI DE RADIACIÓ

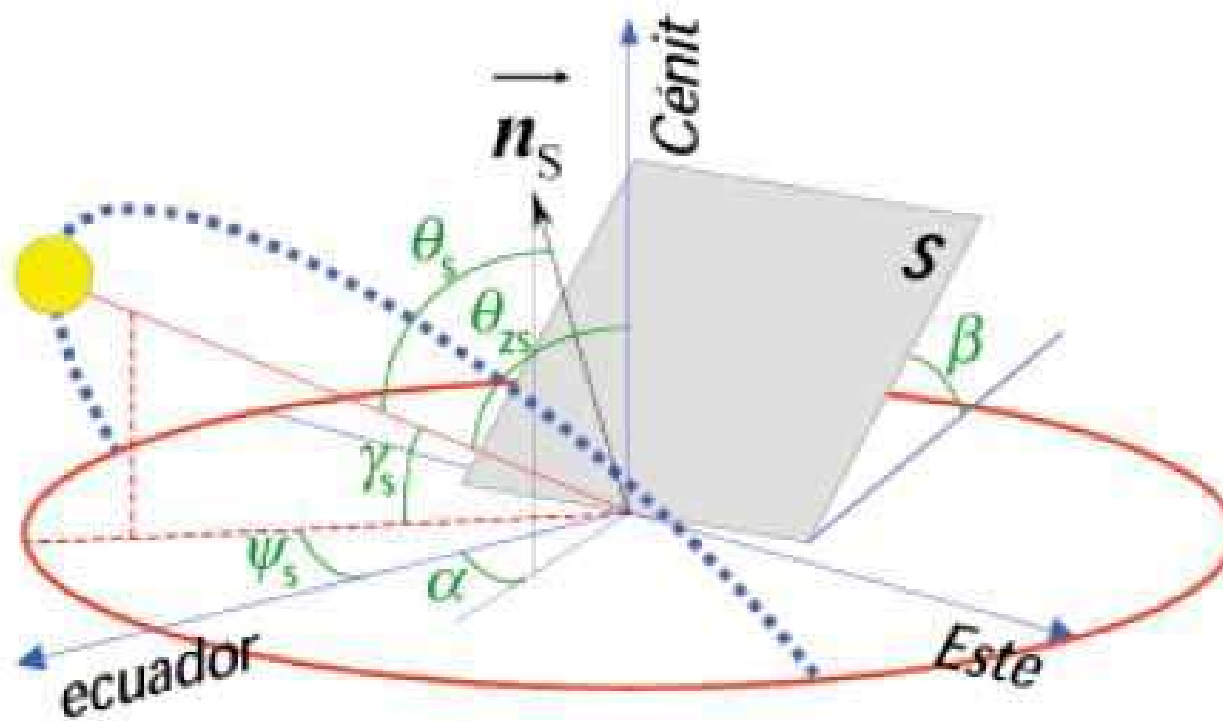
## Radiació

### 21 de desembre

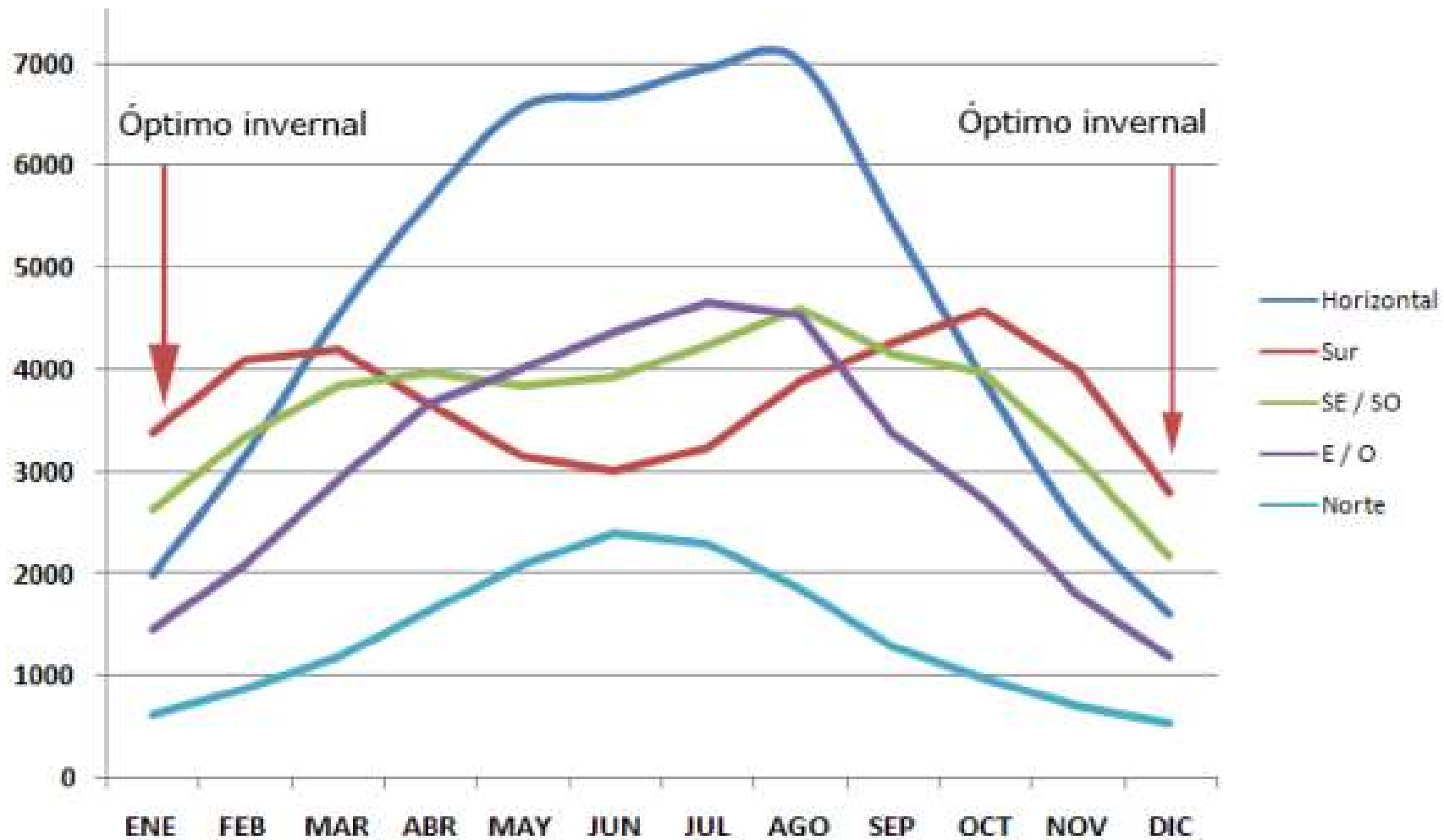








## Radiació sobre diferents façanes ( Wh / m<sup>2</sup> dia )





## RADIACIÓ SOBRE ELEMENTS OPACS

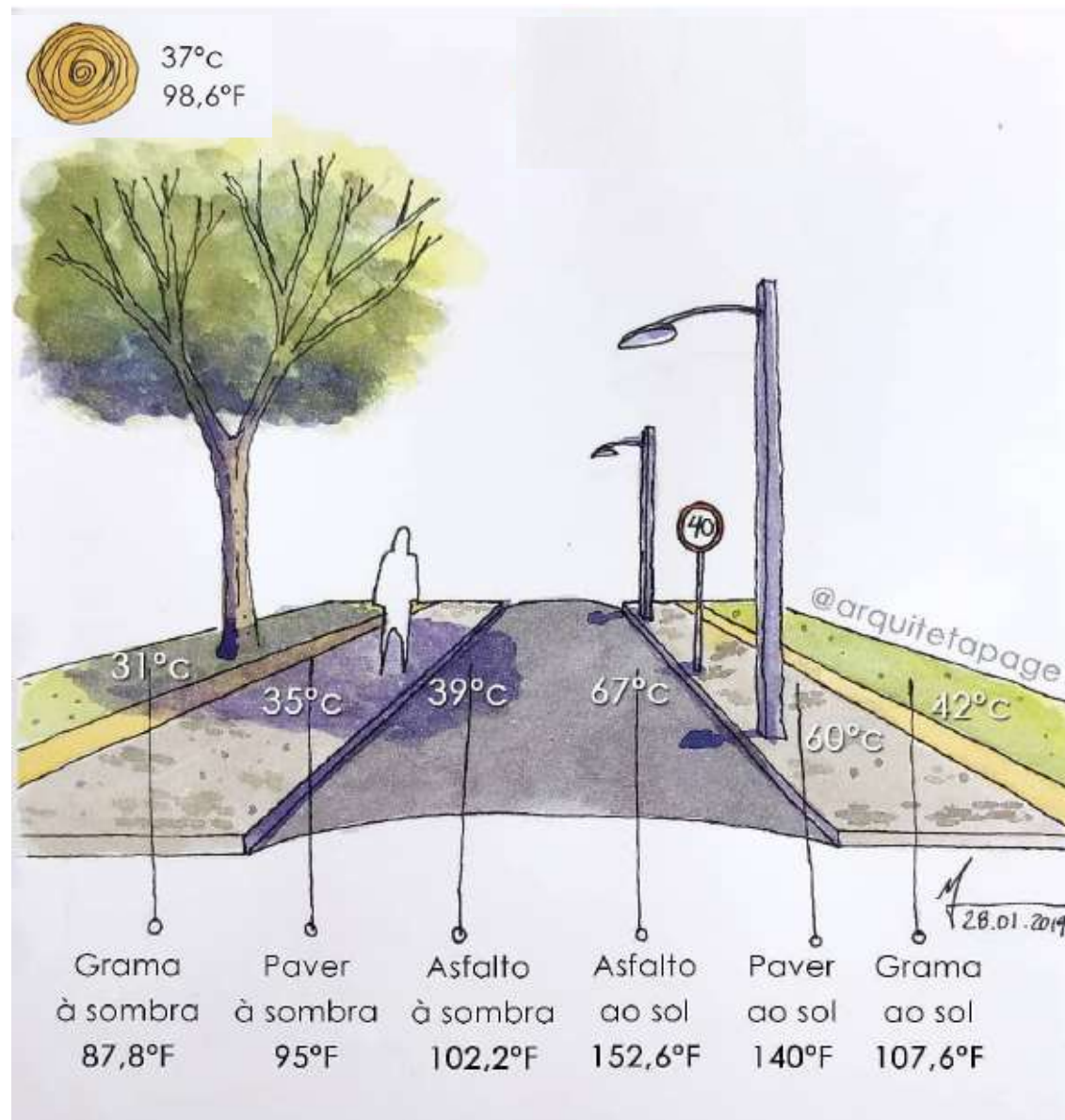
# QUANTIFICACIÓ DELS FLUXOS

*(La  $T_{SA}$  afectarà a la Demanda per transmissió)*

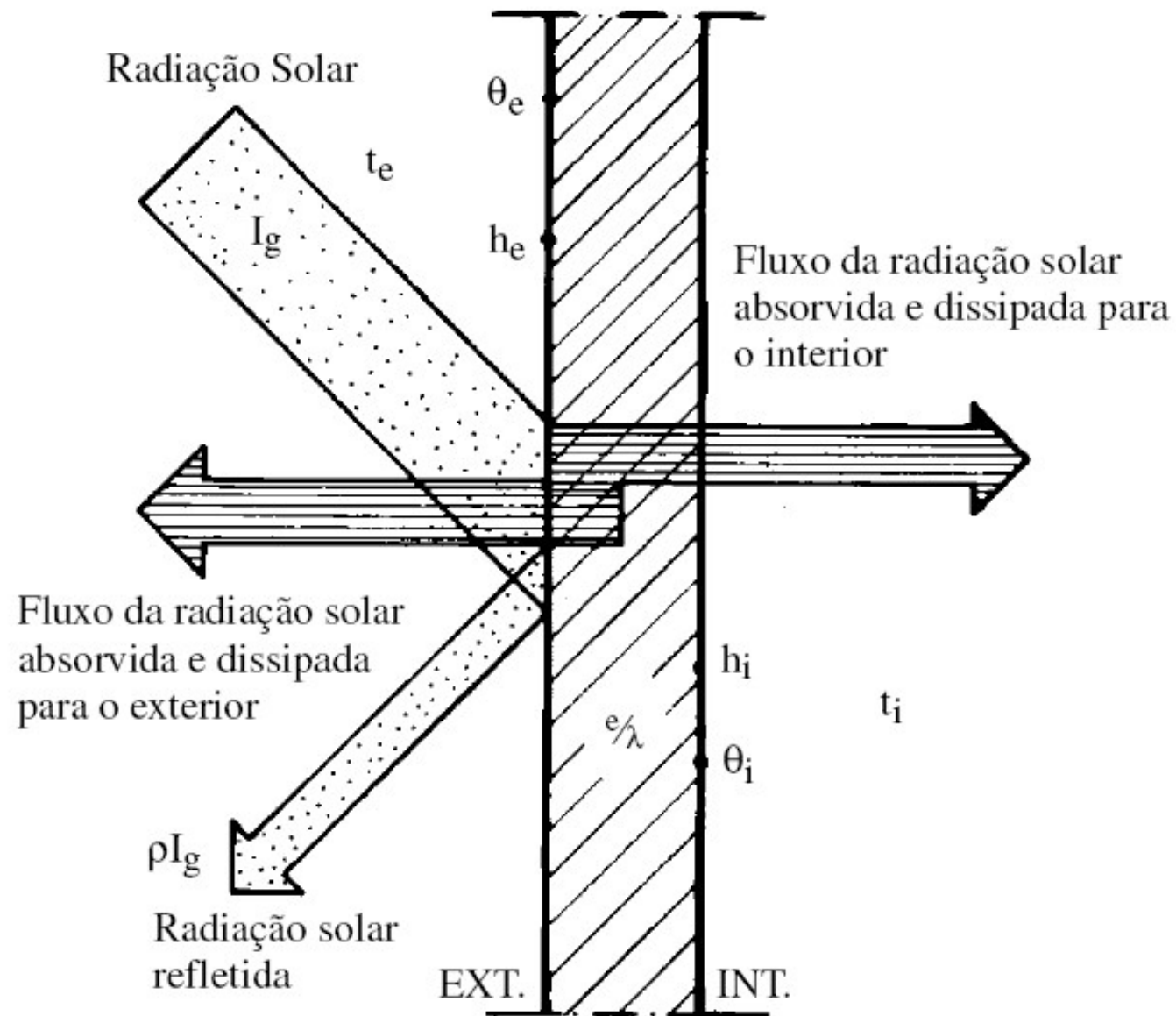
$$T_{SA} = \frac{1}{h_e} \cdot (\alpha \cdot I_W - \varepsilon \cdot I_L) + T_e$$

	m <sup>2</sup> °C/W			W/m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup>	
	RSUPEXT	$\alpha$		$I_w$	$\varepsilon$	$I_l$	
	0,06	0,9		500	0,9	0	
VERT	0,06	0,1	MOLT CLAR		0,9	0	VERT
HORIT	0,05	0,5	CLAR		TOTES SUP	100	HORIT
		0,8	MIG				
		0,9	FOSC		0,2		
		0,95	MOLT FOSC		MATE		
					0,05		
					PULIT		
					ALUMINI		

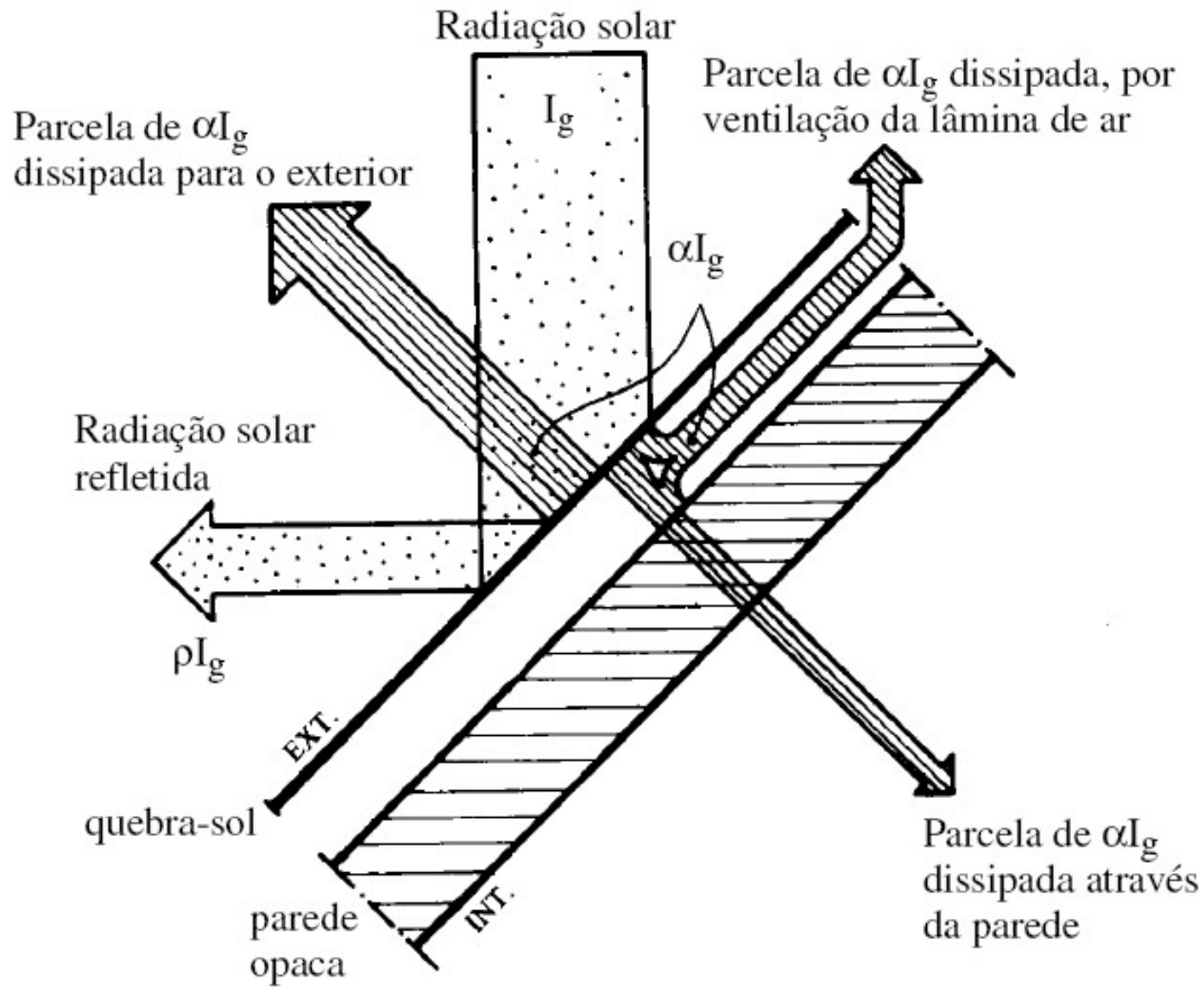
## RADIACIÓ SOBRE ELEMENTS OPACS



## RADIACIÓ SOBRE ELEMENTS OPACS

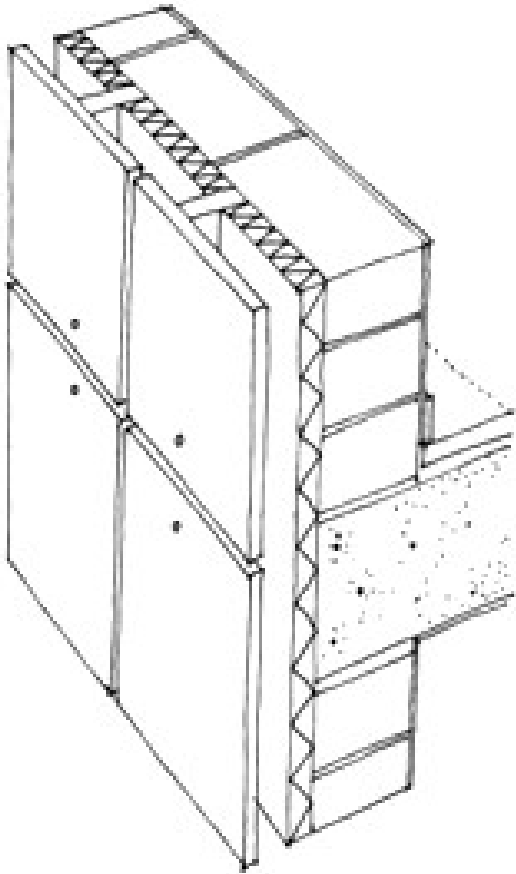


## RADIACIÓ SOBRE ELEMENTS OPACS





## RADIACIÓ SOBRE ELEMENTS OPACS



## RADIACIÓ SOBRE OBERTURES

# QUANTIFICACIÓ DELS FLUXOS

*Demanda per radiació solar per les obertures:*

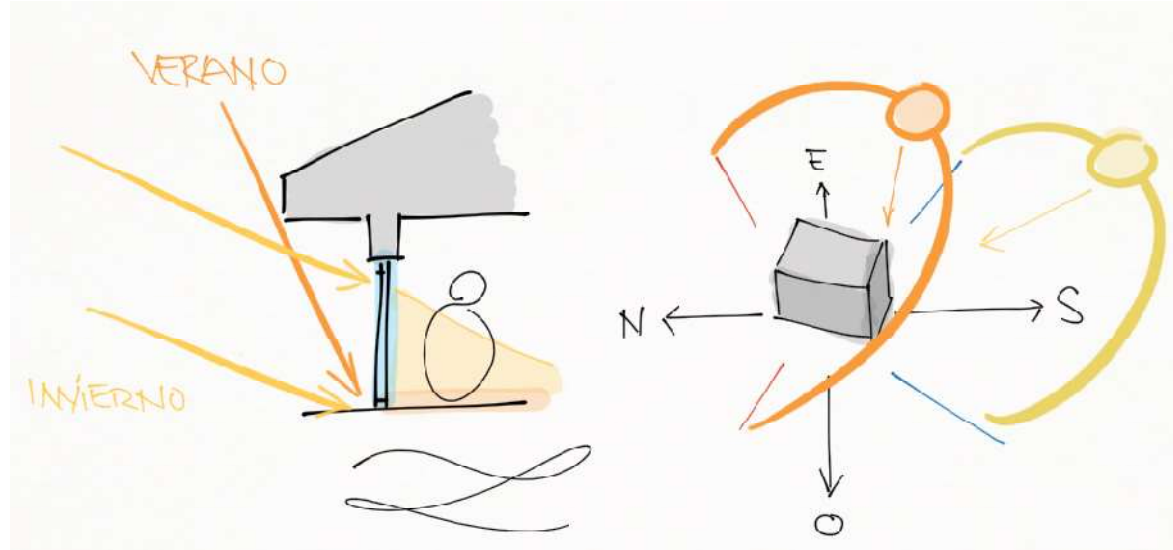
$$\Delta E_r \text{ (Wh/ període)} = \Sigma (S_i * I_i * F_s)$$

**S**  
radiada

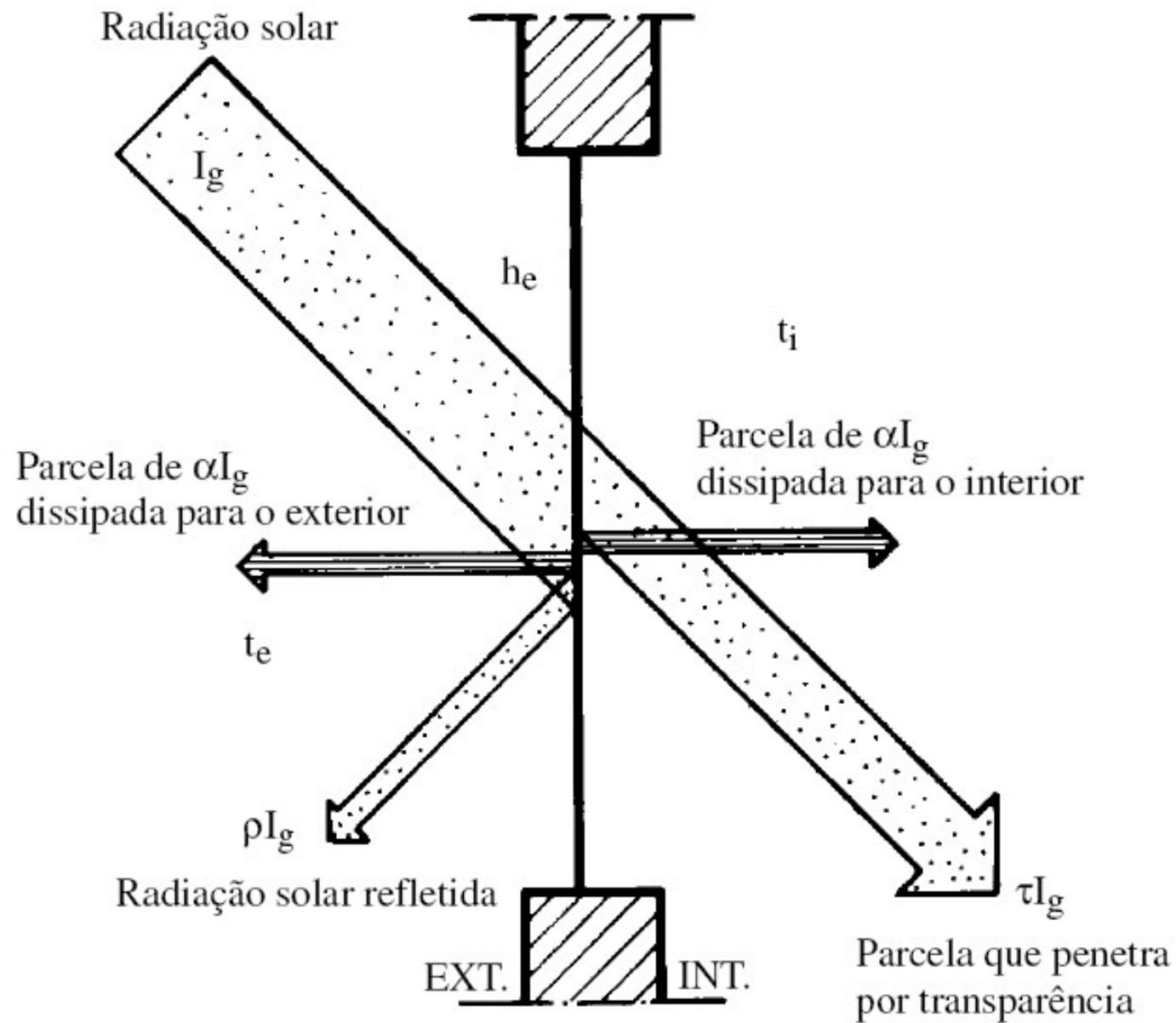
**I**

**F**  
<sub>s</sub>

# RADIACIÓ



## RADIACIÓ SOBRE OBERTURES

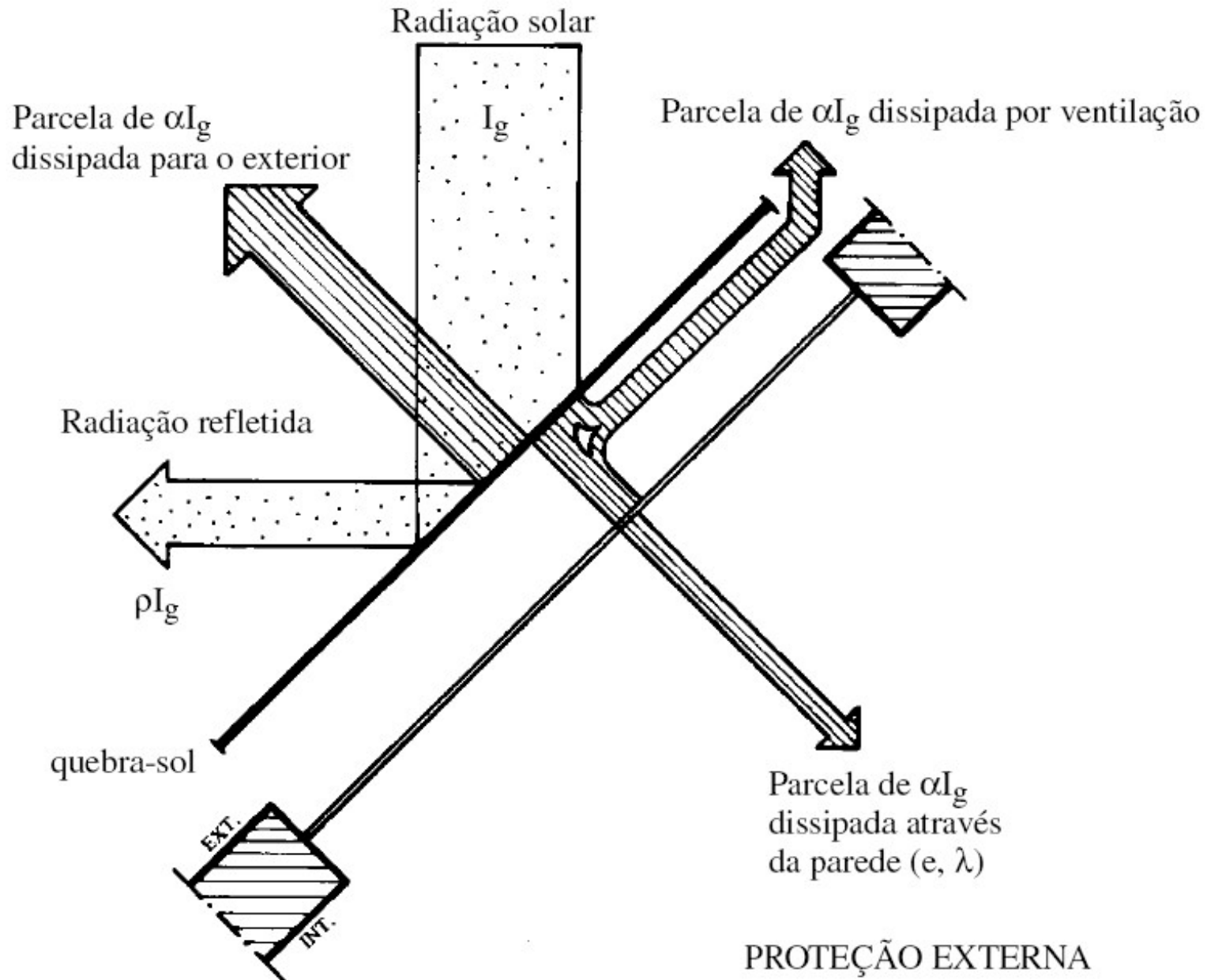




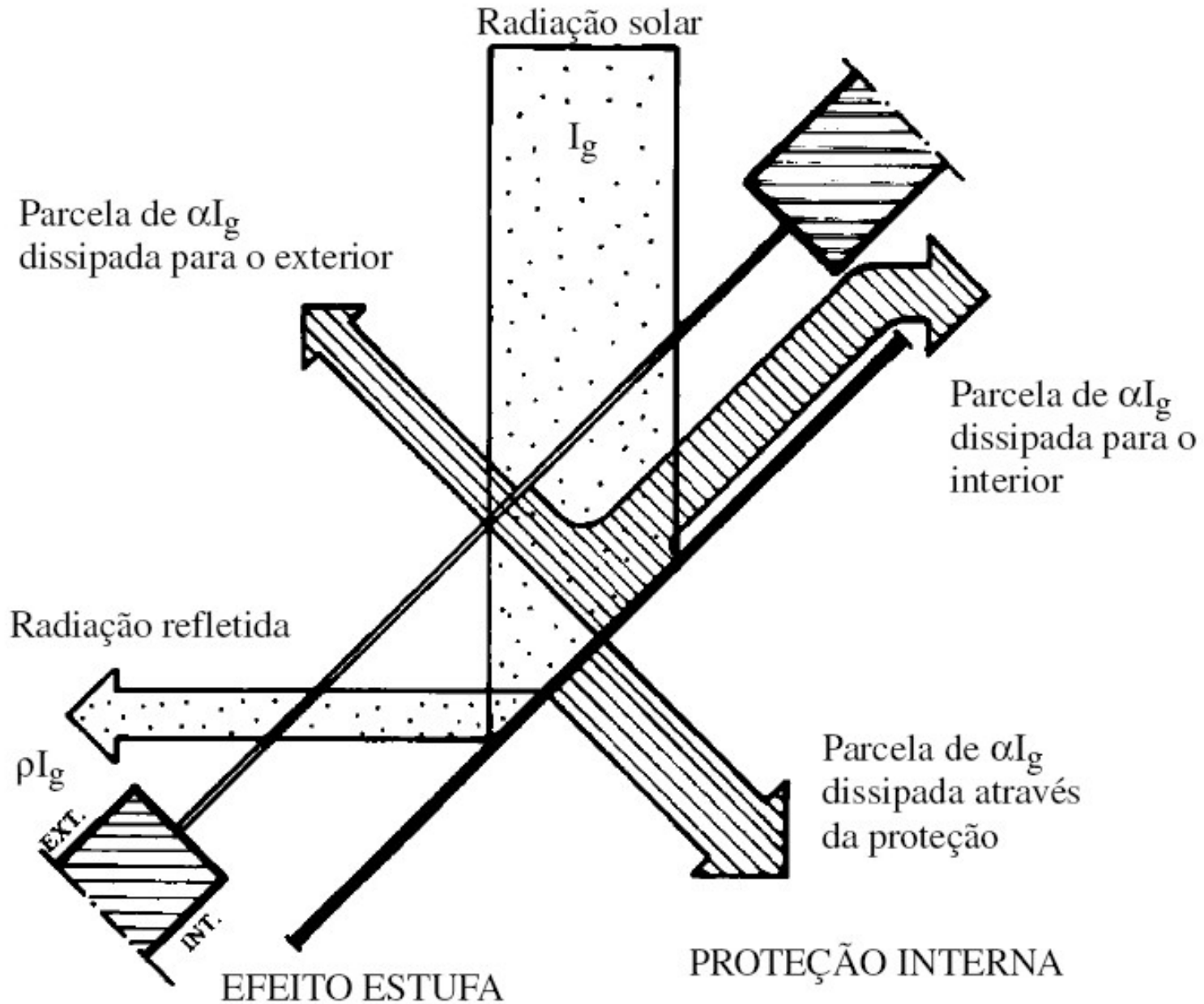
## RADIACIÓ SOBRE OBERTURES



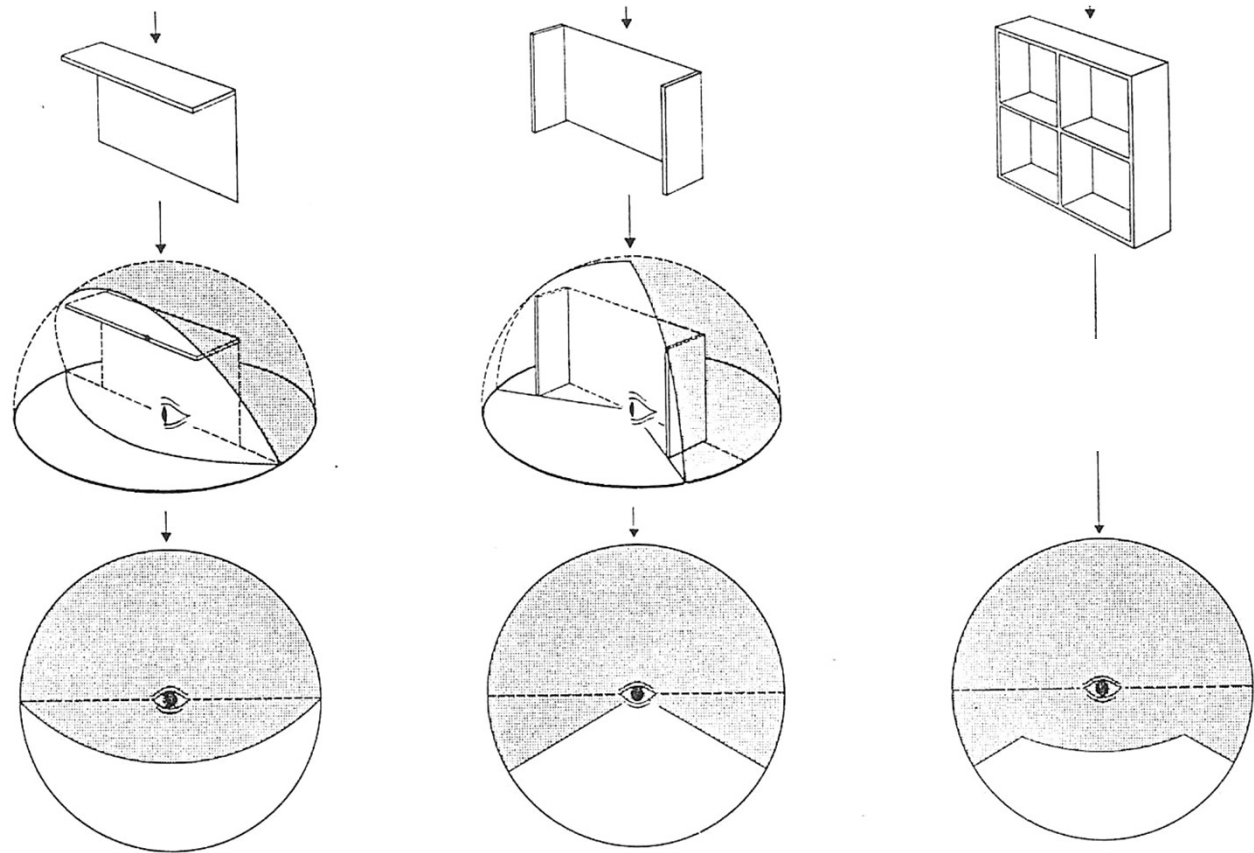
## RADIACIÓ SOBRE OBERTURES



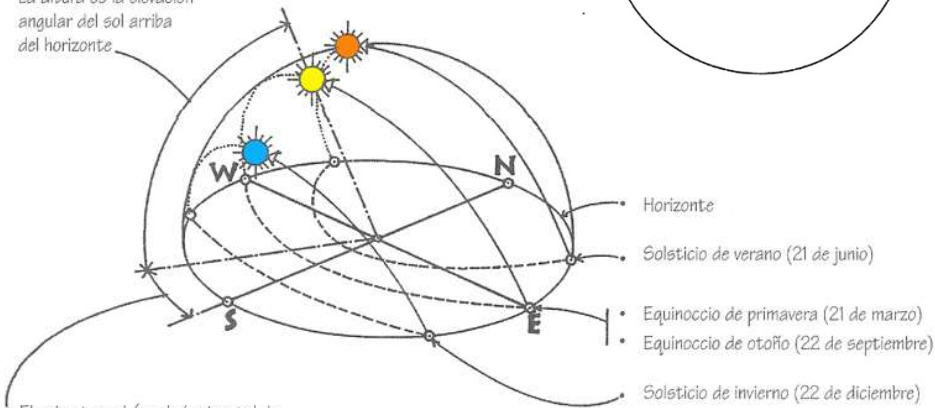
## RADIACIÓ SOBRE OBERTURES



# RADIACIÓ SOBRE OBERTURES

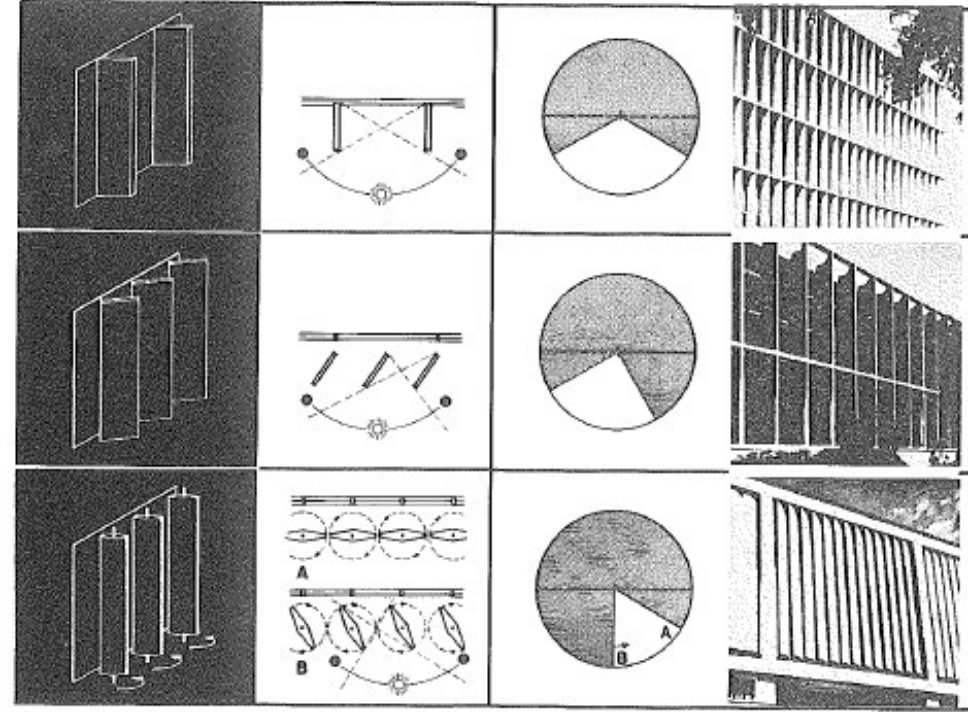
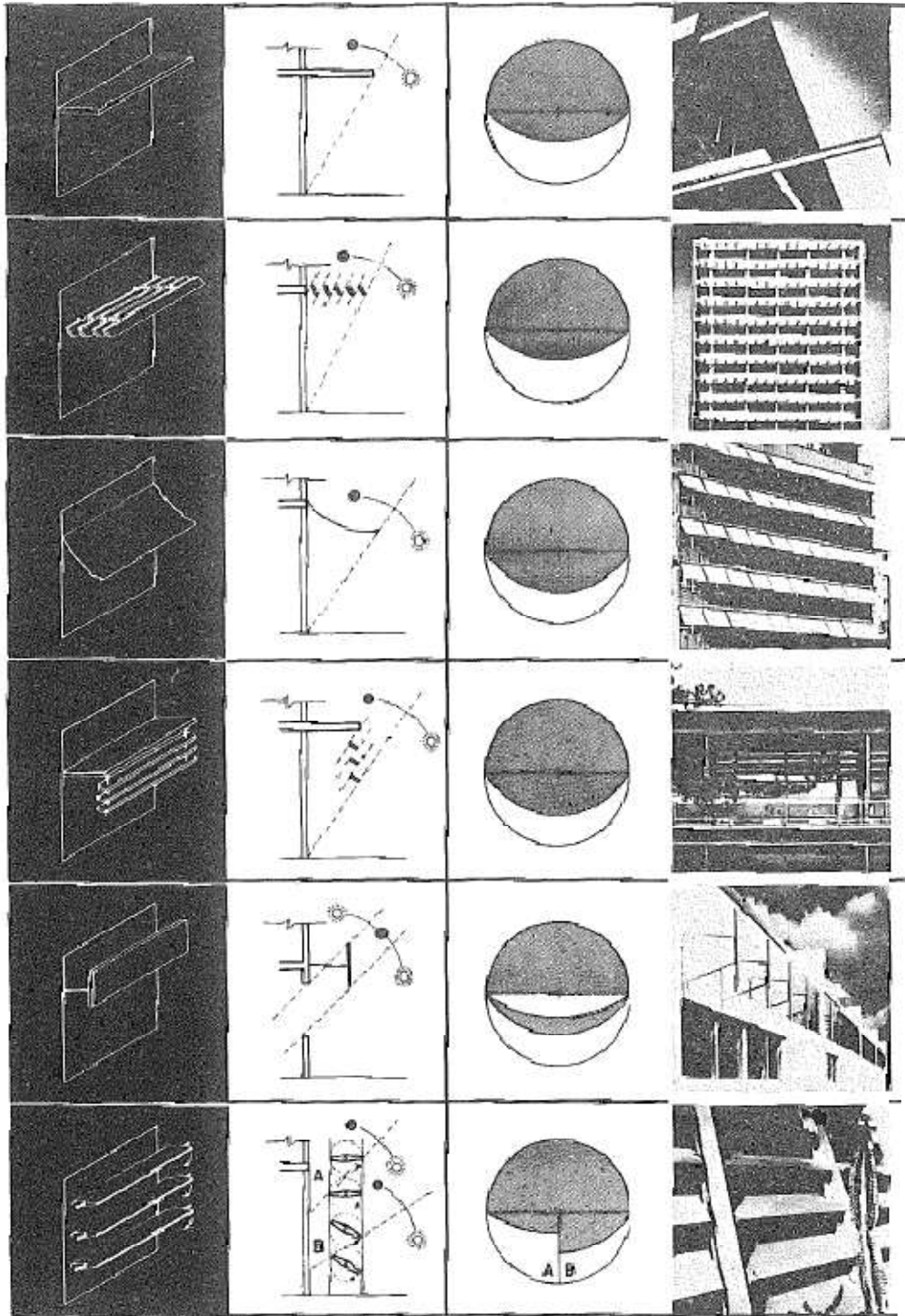


• La altura es la elevación angular del sol arriba del horizonte

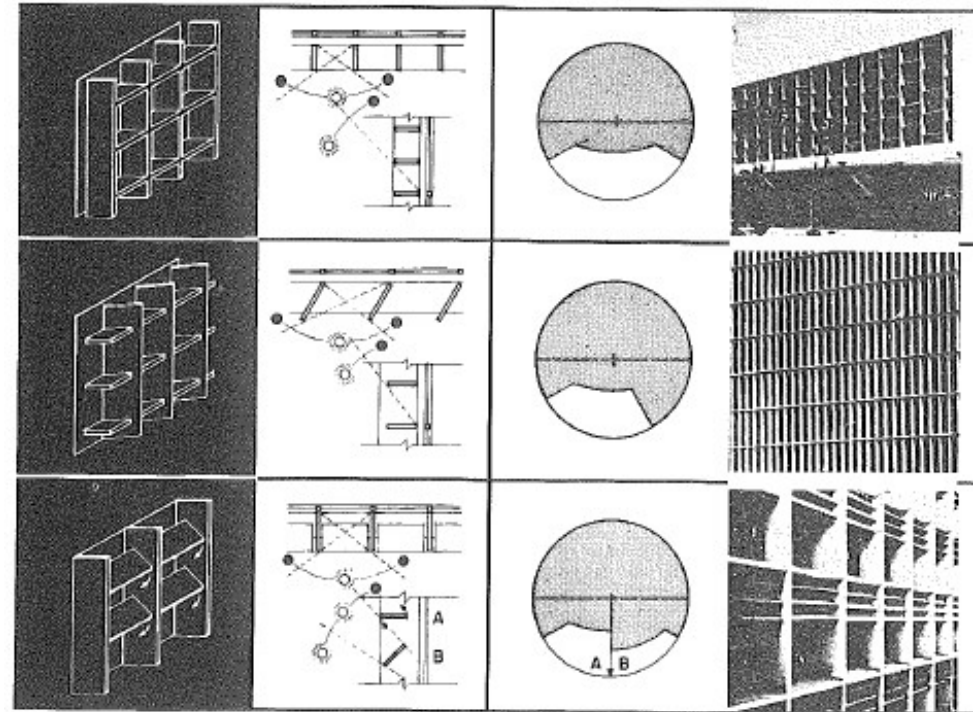


• El azimut es el ángulo horizontal de desviación, medido en el sentido de las manecillas del reloj, de un rumbo a partir de una dirección estándar hacia el sur.





TIPOS PROTECTORES





Radiació solar global diària sobre superfícies verticals (MJ/m<sup>2</sup>/dia). Estació: Girona

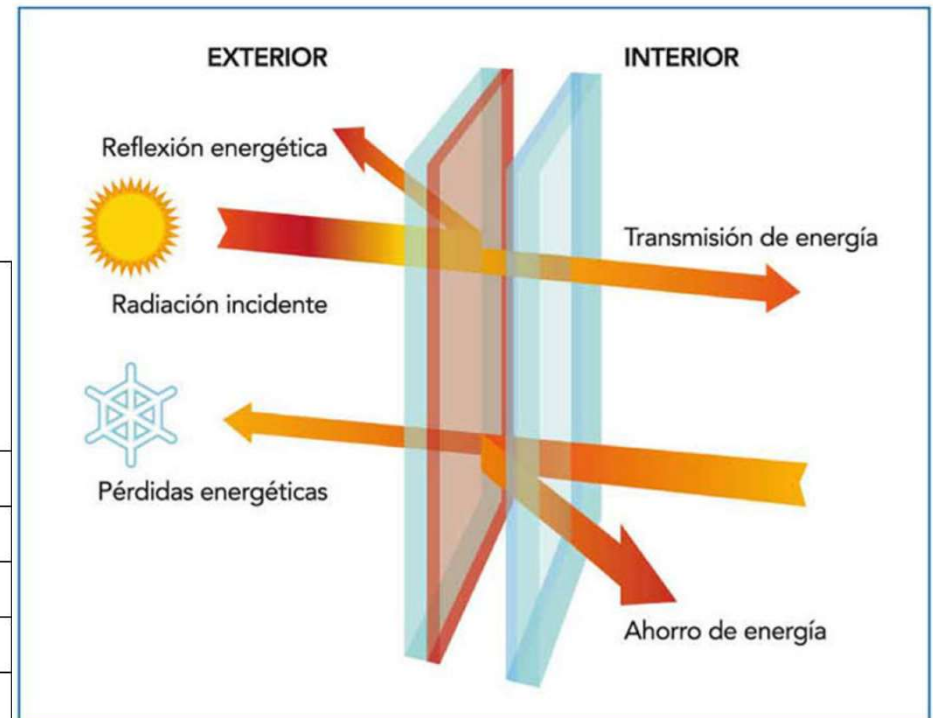
Sense vidre													
Orientació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Anual
0°	12,79	13,29	13,20	11,80	10,16	9,37	9,70	11,08	12,53	12,96	12,62	12,35	11,81
15°	12,43	12,93	13,01	12,00	10,57	9,77	10,11	11,31	12,48	12,62	12,27	11,99	11,78
30°	11,36	11,97	12,58	12,34	11,45	10,83	11,09	11,90	12,31	11,78	11,25	10,94	11,65
45°	9,91	10,76	11,98	12,54	12,21	12,08	12,02	12,39	11,96	10,74	9,92	9,45	11,33
60°	8,33	9,42	11,16	12,47	12,77	13,04	12,68	12,59	11,38	9,58	8,45	7,85	10,81
75°	6,75	8,02	10,18	12,02	12,85	13,56	12,91	12,35	10,57	8,34	6,97	6,25	10,07
90°	5,26	6,62	9,03	11,34	12,61	13,66	12,78	11,88	9,59	7,06	5,55	4,78	9,19
105°	3,97	5,30	7,73	10,27	11,88	13,21	12,15	10,93	8,38	5,79	4,29	3,53	8,13
120°	2,96	4,16	6,43	9,09	10,88	12,36	11,22	9,84	7,14	4,64	3,27	2,58	7,06
135°	2,31	3,33	5,30	7,76	9,55	11,12	9,94	8,49	5,97	3,76	2,58	2,01	6,02
150°	2,05	2,87	4,40	6,48	8,19	9,66	8,55	7,13	4,98	3,24	2,26	1,82	5,15
165°	2,05	2,78	3,87	5,47	6,94	8,46	7,28	5,98	4,30	3,09	2,24	1,82	4,53
180°	2,05	2,78	3,75	5,04	6,39	8,01	6,77	5,56	4,06	3,09	2,24	1,82	4,30

## RADIACIÓ SOBRE OBERTURES

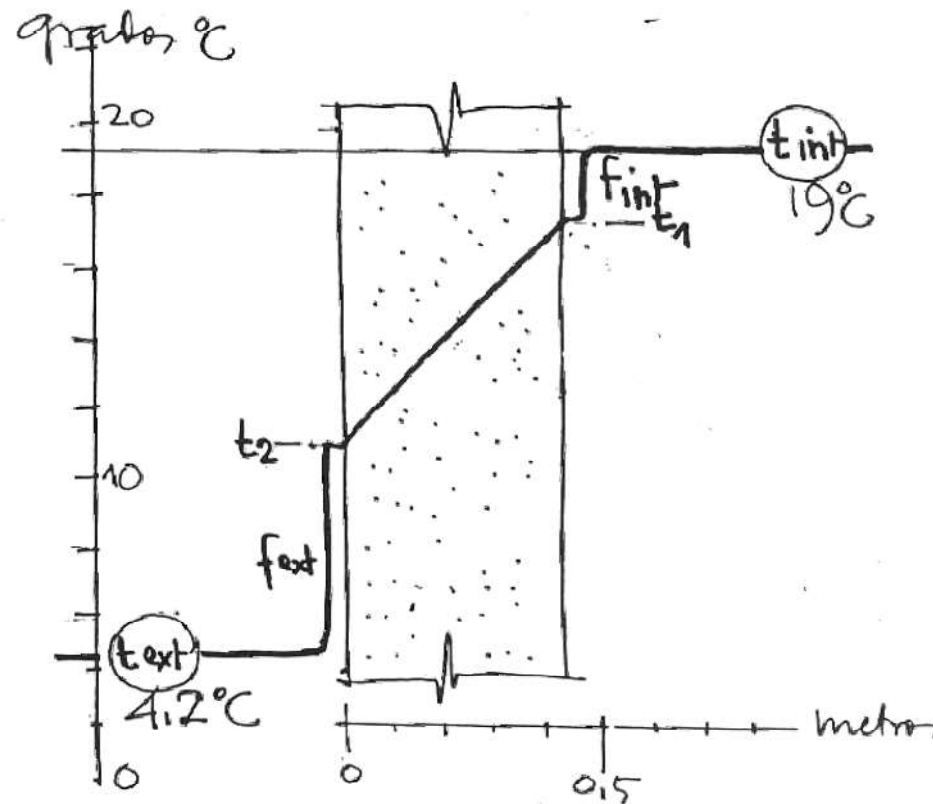
GRUIX en mm.	U (W/m <sup>2</sup> *°K)	Factor solar g (coef.)	Transm. Iluminosa (%)
4	5,8	0,87	90
6	5,7	0,85	89
10	5,6	0,80	88

COMPOSICIÓ (gruix vidre+gruix cambra+gruix vidre), en mm.	U (W/m <sup>2</sup> *°K) AIRE	U (W/m <sup>2</sup> *°K) ARGÓN 100%
6+6+6	3,2	3,0
6+10+6	2,9	2,7
6+14+6	2,8	2,6
6+20+6	2,7	2,6
6+30+6	2,8	2,6

COMPOSICIÓ (gruix vidre+gruix cambra+gruix vidre), en mm.	U (W/m <sup>2</sup> *°K) AIRE	Factor solar g (coef.)	Transm. Iluminosa (%)
6+6+6	2,4	0,28	49
6+10+6	1,8	0,27	49
6+14+6	1,4	0,27	49
6+20+6	1,4	0,27	49
6+30+6	1,4	0,27	49



# TRANSMITÀNCIA





**Tabla 3.1.1.a - HE1** Valores límite de *transmitancia térmica*,  $U_{lim}$  [W/m<sup>2</sup>K]

Elemento	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior ( $U_S$ , $U_M$ )	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior ( $U_C$ )	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno ( $U_T$ ) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la <i>envolvente térmica</i> ( $U_{MD}$ )	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
<i>Huecos</i> (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) ( $U_H$ )*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%					5,7	

\*Los *huecos* con uso de escaparate en *unidades de uso* con actividad comercial pueden incrementar el valor de  $U_H$  en un 50%.



- 2 En el caso de reformas, el valor límite ( $U_{lim}$ ) de la tabla 3.1.1.a-HE1 será de aplicación únicamente a aquellos elementos de la *envolvente térmica*:
- a) que se sustituyan, incorporen, o modifiquen sustancialmente;
  - b) que vean modificadas sus condiciones interiores o exteriores como resultado de la intervención, cuando estas supongan un incremento de las necesidades energéticas del edificio.

Asimismo, en reformas se podrán superar los valores de la tabla 3.1.1.a-HE1 cuando el *coeficiente global de transmisión de calor* (K) obtenido considerando la *transmitancia térmica* final de los elementos afectados no supere el obtenido aplicando los valores de la tabla.

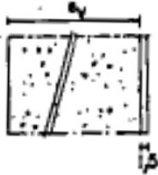
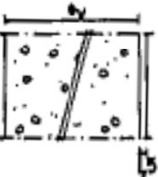
**Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite  $K_{lim}$  [W/m<sup>2</sup>K] para uso residencial privado**

	<b>Compacidad V/A [m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Zona climática de invierno</b>					
		<b>α</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>Edificios nuevos y ampliaciones</b>	V/A ≤ 1	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	V/A ≥ 4	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
<b>Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio</b>	V/A ≤ 1	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	V/A ≥ 4	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

Los valores límite de las *compacidades* intermedias ( $1 < V/A < 4$ ) se obtienen por interpolación.





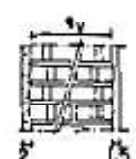

En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.



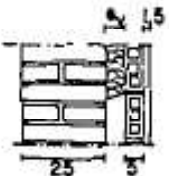
**TABLA 6.7**  
**TABLA DE VALORES DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISION,**  
**AMORTIGUACION Y RETARDO DE DIVERSOS CERRAMIENTOS (\*)**

CERRAMIENTO	$e$ , cm	$\lambda_{gc,r}$	$K$ Kcal/h m °C	Amortig. V/K	Retardo horas	
	Hormigón armado o en masa	20,0	590,65	2,50	0,41	7,01
	vibrado, enlucido interior en	25,0	628,34	2,29	0,30	8,50
	yeso.	30,0	656,13	2,12	0,22	9,97
		40,0	694,38	1,84	0,12	12,89
		50,0	719,45	1,63	0,06	15,79
	Hormigón árido ligero, 1.000	20,0	68,52	1,03	0,46	7,53
	kg/m <sup>3</sup> , enlucido interior en	25,0	68,80	0,87	0,32	9,60
	yeso.	30,0	68,99	0,75	0,21	11,67
		40,0	69,23	0,59	0,09	15,80
		50,0	69,38	0,49	0,04	19,93


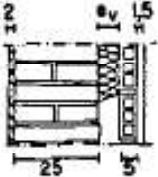

(\*) Tabla elaborada por Ricardo Urech. Trabajo dirigido por Guillermo Yáñez, realizado en el Seminario de Arquitectura Solar, E.T.S. Arquitectura de Madrid, 1981.



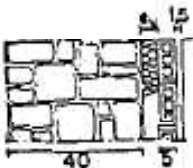
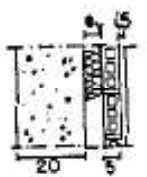
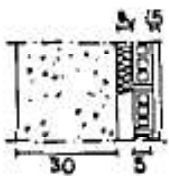
	CERRAMIENTO	e, cm	$\lambda_{ge}$	K Kcal/h m °C	Amortig. V/K	Retardo horas
	Bloque hormigón hueco, 1.200 kg/m <sup>3</sup> , enlucido interior en yeso.	15,0	114,68	1,63	0,66	5,14
		20,0	117,20	1,36	0,49	7,03
		30,0	119,92	1,03	0,24	10,75
		40,0	121,35	0,83	0,12	14,45
	Ladrillo macizo visto, enlucido interior en yeso.	11,5	223,32	2,43	0,76	3,79
		24,0	255,83	1,73	0,38	7,98
		36,0	268,08	1,36	0,18	11,82
		49,0	275,13	1,10	0,08	15,98
	Ladrillo macizo, enfoscado exterior, enlucido interior en yeso.	11,5	234,50	2,34	0,71	4,31
		24,0	273,47	1,68	0,33	8,69
		36,0	288,83	1,33	0,15	12,73
		49,0	297,85	1,08	0,06	17,09
	Ladrillo perforado visto, enlucido interior en yeso.	11,5	180,98	2,30	0,78	3,64
		24,0	202,52	1,60	0,40	7,85
		36,0	210,45	1,23	0,19	11,74
		49,0	214,97	0,99	0,08	15,93
	Ladrillo perforado enfoscado exterior, enlucido interior en yeso.	11,5	190,34	2,22	0,74	4,12
		24,0	216,93	1,55	0,35	8,53
		36,0	227,14	1,21	0,16	12,62
		49,0	233,07	0,97	0,06	17,02
	Ladrillo hueco enfoscado exterior, enlucido interior en yeso.	11,5	105,40	1,82	0,78	3,85
		24,0	113,03	1,18	0,37	8,52
		36,0	115,77	0,88	0,16	12,90
		49,0	117,32	0,69	0,06	17,63

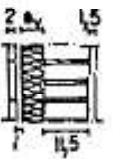
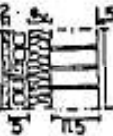
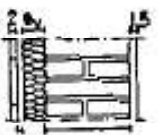
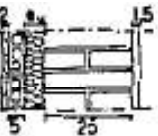
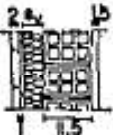

	Mampostería, granito o basalto, 2.800 kg/m <sup>3</sup> , enlucido interior en yeso.	25,0	1.039,80	2,93	0,37	7,00
		30,0	1.125,22	2,80	0,29	8,07
		40,0	1.251,24	2,56	0,19	10,16
		50,0	1.339,99	2,36	0,12	12,22
		60,0	1.405,70	2,18	0,07	14,25
	½ pie ladrillo macizo, cámara o aislamiento, tabique y enlucido interior.					
	—cámara .....	5,0	96,05	1,35	0,56	6,21
	—aislamiento .....	3,0	25,51	0,69	0,54	6,79
	(f. vid. III) (*)	5,0	10,10	0,49	0,63	7,00
		7,0	7,74	0,38	0,53	7,10
	1 pie ladrillo macizo, cámara o aislamiento, tabique y enlucido interior.					
	—cámara .....	5,0	146,28	1,09	0,22	11,25
	—aislamiento .....	3,0	57,69	0,62	0,15	13,35
	(f. vid. III)	5,0	31,53	0,45	0,14	13,87
		7,0	17,48	0,35	0,17	14,11



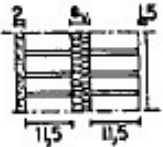
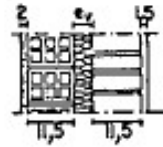
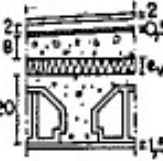
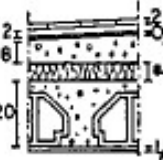
CERRAMIENTO	$e$ , cm	$\lambda \rho c_{v,4}$	$K$ Kcal/h m °C	Amortig. V/K	Retardo horas	
 <p>½ pie ladrillo macizo, enfoscado exterior, aislamiento o cámara y enlucido interior.</p>	—cámara .....	5,0	121,99	1,32	0,44	7,58
	—aislamiento .....	3,0	54,47	0,69	0,23	11,37
	(f. vid. III)	5,0	36,92	0,48	0,14	13,98
		7,0	27,99	0,37	0,09	16,24
 <p>1 pie ladrillo macizo, enfoscado exterior, aislamiento o cámara y enlucido interior.</p>	—cámara .....	5,0	172,00	1,07	0,16	12,68
	—aislamiento .....	3,0	88,60	0,61	0,06	17,54
	(f. vid. III)	5,0	62,46	0,45	0,03	20,94
		7,0	48,29	0,35	0,02	23,92
 <p>½ pie ladrillo hueco enfoscado exterior, aislamiento o cámara y enlucido interior.</p>	—cámara .....	5,0	75,63	1,14	0,51	6,89
	—aislamiento .....	3,0	37,57	0,63	0,30	10,01
	(f. vid. III)	5,0	26,25	0,46	0,20	12,21
		7,0	20,23	0,36	0,14	14,14



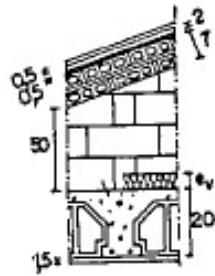
CERRAMIENTO	e, cm	$\lambda_{gc}$	K Kcal/h m °C	Amortig. V/K	Retardo horas	
 <p>40 cm mamposteria granito o basalto, cámara o aislante, tabique y enlucido.</p>	—cámara .....	5,0	555,29	1,39	0,05	17,15
	—aislamiento .....	3,0	237,28	0,70	0,01	25,52
	(f. vid III)	5,0	158,67	0,49	0,003	31,04
		7,0	119,26	0,38	0,001	35,76
 <p>20 cm hormigón visto, cámara o aislante, tabique y enlucido.</p>	—cámara .....	5,0	282,77	1,37	0,17	12,00
	—aislamiento .....	3,0	122,28	0,70	0,06	17,86
	(f. vid. III)	5,0	82,07	0,49	0,02	21,78
		7,0	61,83	0,38	0,01	25,16
 <p>30 cm hormigón visto, cámara o aislante, tabique y enlucido.</p>	—cámara .....	5,0	358,98	1,25	0,08	15,62
	—aislamiento .....	3,0	166,33	0,67	0,02	22,47
	(f. vid. III)	5,0	116,66	0,47	0,01	27,12
		7,0	86,34	0,37	0,003	31,11

	1/2 pie ladrillo macizo, aislante exterior con recubrimiento cerámico y enlucido interior.	3,0	51,94	0,74	0,30	9,92
		5,0	34,13	0,51	0,19	12,43
		7,0	25,49	0,39	0,12	14,59
	1/2 pie ladrillo macizo, aislante exterior con tabique enfoscado y enlucido interior.	3,0	54,47	0,69	0,23	11,37
		5,0	36,92	0,48	0,14	13,98
		7,0	27,99	0,37	0,09	16,24
	1 pie ladrillo macizo, aislante exterior con recubrimiento cerámico y enlucido interior.	3,0	89,31	0,66	0,08	16,15
		5,0	61,43	0,47	0,04	19,53
		7,0	46,88	0,37	0,02	22,46
	1 pie ladrillo macizo, aislante exterior con tabique enfoscado y enlucido anterior.	3,0	88,60	0,61	0,06	17,54
		5,0	62,46	0,45	0,03	20,94
		7,0	48,29	0,35	0,02	23,93
	1/2 pie ladrillo hueco aislante exterior con recubrimiento cerámico y enlucido interior.	3,0	33,78	0,68	0,41	8,45
		5,0	23,01	0,48	0,28	10,51
		7,0	17,51	0,37	0,20	12,31
	1/2 pie ladrillo hueco aislante exterior con tabique enfoscado y enlucido interior.	3,0	37,57	0,63	0,30	10,01
		5,0	26,25	0,46	0,20	12,21
		7,0	20,23	0,36	0,14	14,14



	CERRAMIENTO	$e$ , cm	$\lambda_{gc,v}$	$K$ Kcal/h m °C	Amortig. V/K	Retardo horas
	Dos ½ pies ladrillo macizo,	3,0	80,60	0,67	0,11	14,81
	aislante intermedio, enfosca-	5,0	55,01	0,48	0,06	18,00
	do exterior y enlucido inte-	7,0	41,82	0,37	0,03	20,77
	Dos ½ pies ladrillo, macizo	3,0	61,88	0,62	0,14	13,97
	al int., hueco al ext., aislan-	5,0	43,45	0,45	0,08	16,80
	te intermedio, enfoscado ex-	7,0	33,53	0,35	0,05	19,28
	CUBIERTA plana, solado	3,0	48,11	0,56	0,15	13,66
	con mortero, impermeabili-	5,0	34,85	0,42	0,09	16,17
	zante, hormigón ligero form.	7,0	27,37	0,33	0,06	18,40
	CUBIERTA plana, solado	3,0	55,53	0,60	0,14	13,73
	con mortero, impermeabili-	5,0	38,22	0,45	0,08	16,34
	zante, hormigón ligero	7,0	30,56	0,35	0,05	18,73
	form. pendiente, aislante,					
	forjado semivigueta a 65 cm					
	bov. cerám. y enlucido.					
	bov. hormigón y enlucido.					



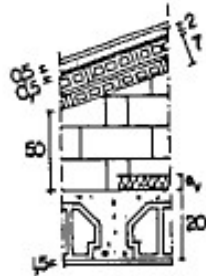


CUBIERTA inclinada teja árabe o fibrocemento, mortero, impermeabilizante, doble rasilla, forjado semivig. a 65 cm b6v. cerám. y enluc.

—con aislante .....

(sobre forjado)

—	101,81	1,06	0,33	9,17
3,0	45,29	0,54	0,14	13,74
5,0	33,15	0,41	0,09	16,19
7,0	26,20	0,33	0,06	18,37



CUBIERTA inclinada teja árabe o fibrocemento, mortero, impermeabilizante, doble rasilla, forjado semivig. a 65 cm b6v. horm. y enluc.

—con aislante .....

(sobre forjado)

—	129,26	1,21	0,34	8,88
3,0	52,50	0,58	0,14	13,84
5,0	37,46	0,43	0,08	16,45
7,0	29,27	0,34	0,05	18,75

## QUANTIFICACIÓ DELS FLUXOS

*Demanda per transmissió:*

$$\Delta E_t (\text{Wh/periode}) = \Sigma [(U_i * S_i * \Delta T_s) + (\Psi_i * L_{pti} * \Delta T_s)]$$

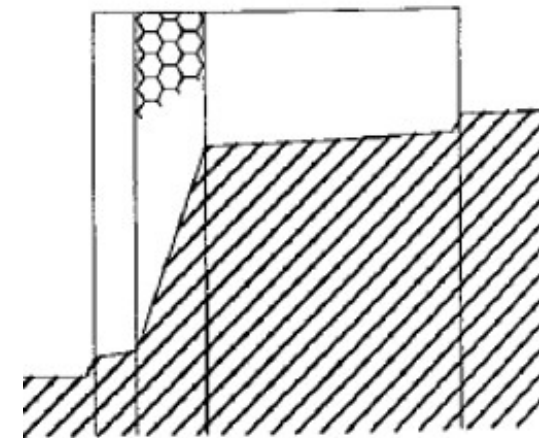
**U**

**S**

**$\Delta T$**

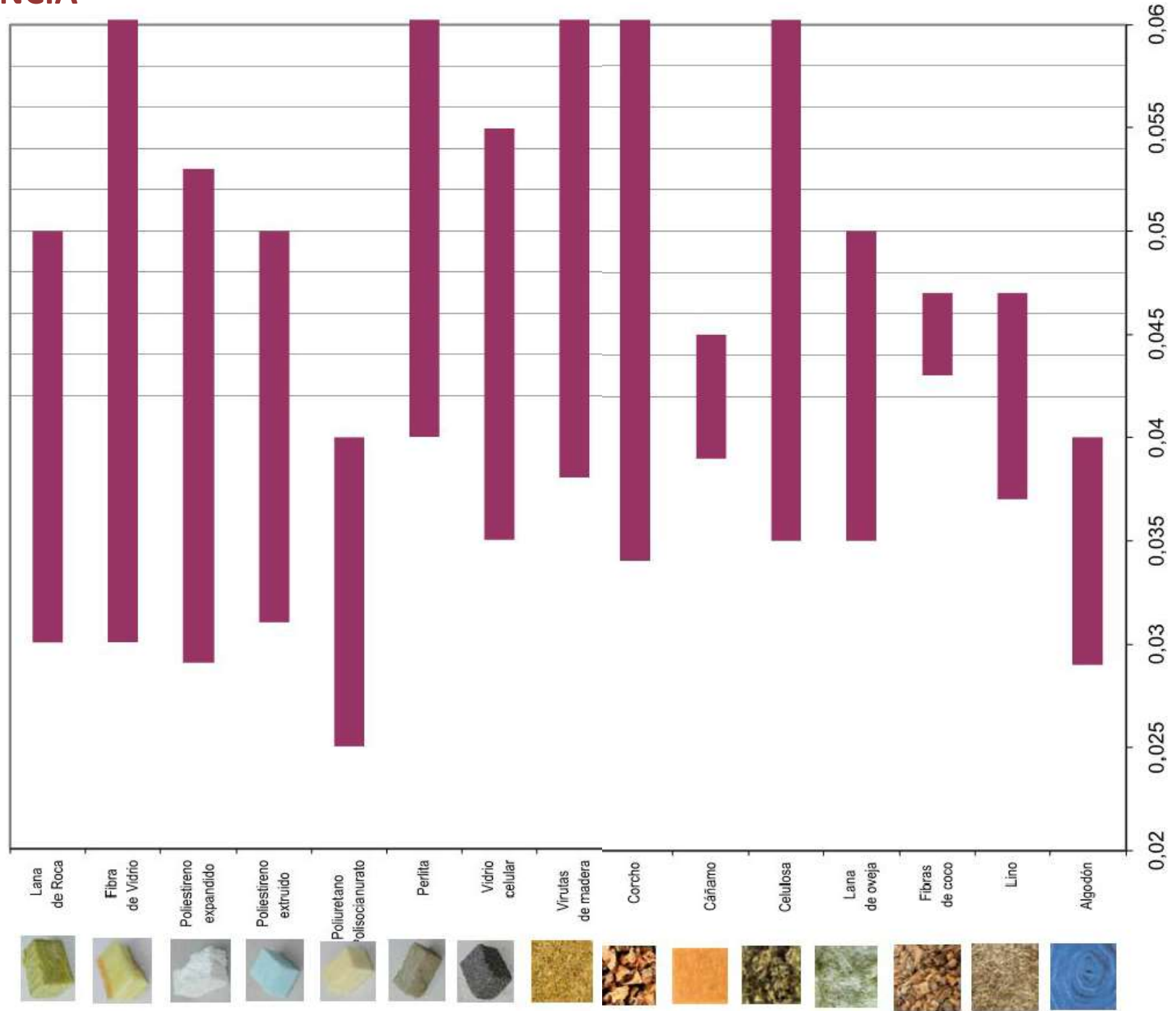
## Aïllament dels materials:

- **Resistiu** (impedir que l'aire es mogui)
- **Reflectant** (por ex. una làmina d'alumini)
- **Capacitatiu** (disminució del flux de calor en acumular en ells part del calor)











$\lambda = 0,03 \text{ W/m}^\circ\text{C}$   
 $\rho = 40 \text{ kg/m}^3$



$\lambda = 2,50 \text{ W/m}^\circ\text{C}$   
 $\rho = 2.500 \text{ kg/m}^3$






$\lambda = 0,32 \text{ W/m}^\circ\text{C}$   
 $\rho = 770 \text{ kg/m}^3$



$\lambda = 1,57 \text{ W/m}^\circ\text{C}$   
 $\rho = 2.800 \text{ kg/m}^3$





# TRANSMITÀNCIA

Nombre del material aislante		Origen	Conductividad ( $\lambda$ ) W/(m.K)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua ( $\mu$ )	Inflamable <sup>1</sup>	Precio aproximado €/m <sup>2</sup>	Formato	Necesidad de protección en la instalación	Coste energético de producción MJ/kg <sup>2</sup>	Contenido de producto reciclado (0-3) <sup>3</sup>	Biodegradable <sup>4</sup>
	Lanas minerales (MW) Lana de roca (SW)	Mineral	0,03 -	1	NO	<5	Panel, rollo y a granel	Ojos, sistema respiratorio y piel	15	1	No
			0,05						25		
	Lana de vidrio (GW)	Mineral	0,03 -	1 -	NO	<5	Panel, rollo y a granel	Ojos, sistema respiratorio y piel	15 -	2	No
	Poliestireno expandido (EPS)	Sintético	0,029 -	20 -	SI	<5	Panel y a granel	No	75 -	1	No
	Poliestireno extruido (XPS)	Sintético	0,025 -	100 -	SI	<15	Panel	Guantes	75 -	1	No
	Poliuretano o Polisocianurato (PUR)	Sintético	0,025 -	60 -	SI	<10	Panel y espuma	Ojos, sistema respiratorio y piel	70 -	1	No



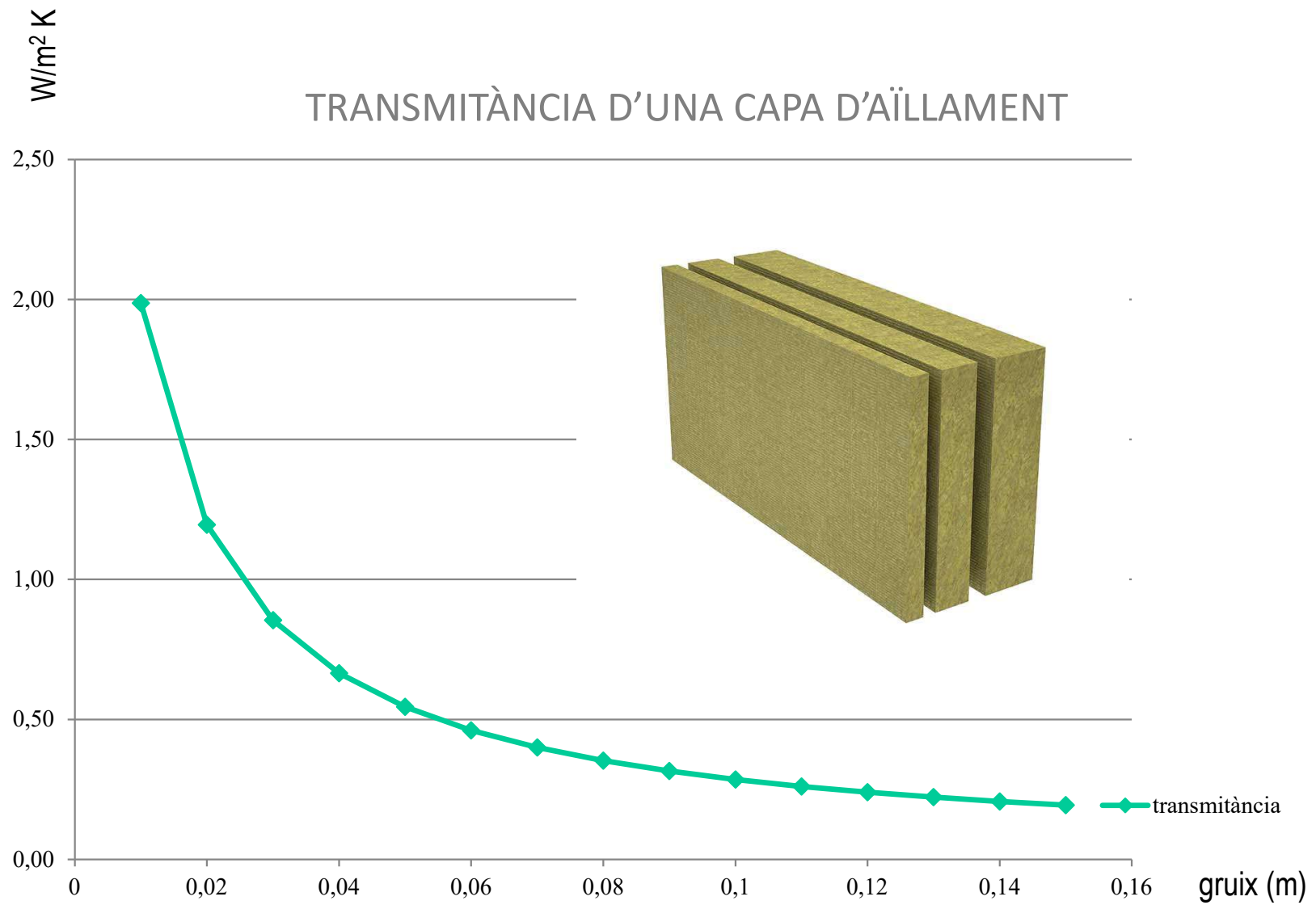
# TRANSMITÀNCIA

Nombre del material aislante	Origen	Conductividad ( $\lambda$ )	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua ( $\mu$ )	Inflamable <sup>1</sup>	Precio aproximado €/m <sup>2</sup>	Formato	Necesidad de protección en la instalación	Coste energético de producción MJ/kg <sup>2</sup>	Contenido de producto reciclado (0-3) <sup>3</sup>	Biodegradable <sup>4</sup>
		W/(m.K)								
 Perlita Expandida (EPB)	Mineral	0,040 - 0,060	3 - 8	NO	<5	Panel, rollo, espuma y a granel	Protección frente al polvo	5 - 20	0	No
 Vidrio celular (CG)	Mineral	0,035 - 0,055	Infinita	NO	<60	Panel y espuma	No	10 - 75	3	Si
 Virutas de madera (WF)	Vegetal	0,038 - 0,107	1 - 10	SI	<40	Panel, proyectado y a granel	No	5 - 25	0-2	Si
 Corcho (ICB)	Vegetal	0,034 - 0,100	5 - 30	NO	<25	Panel, rollo y a granel	No	1 - 25	0	Si
 Cáñamo (HM)	Vegetal	0,039 - 0,045	1 - 2	NO	<25	Panel, rollo, proyectado y a granel	No	1 - 40	0	Si

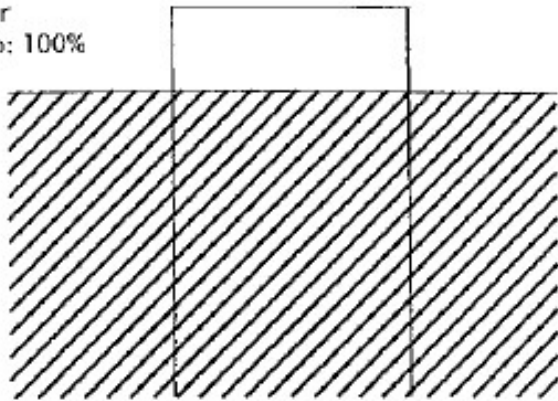
# TRANSMITÀNCIA

Nombre del material aislante	Origen	Conductividad ( $\lambda$ ) W/(m.K)		Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua ( $\mu$ )	Inflamable <sup>1</sup>	Precio aproximado €/m <sup>2</sup>	Formato	Necesidad de protección en la instalación	Coste energético de producción MJ/kg <sup>2</sup>	Contenido de producto reciclado (0-3) <sup>3</sup>	Biodegradable <sup>4</sup>
		1	2								
 Celulosa (CL)	Vegetal	0,035	1	1	Autoextingible	<25	Panel, rollo, proyectado y a granel	Protección frente al polvo	1	3	Si
		-	-								
 Lana de oveja (SHW)	Animal	0,035	1	1	SI	<25	Rollo y a granel	No	10	0	Si
		-	-								
 Fibras de coco (CF)	Vegetal	0,043	1	1	NO	<40	Panel y rollo	No	1	0	Si
		-	-								
 Lino (FLX)	Vegetal	0,037	1	1	NO	<25	Panel, rollo y proyectado	No	25	0	Si
		-	-								
 Algodón (CO)	Vegetal	0,029	1	1	Autoextingible	<10	Rollo	No	40	0-3	Si
		-	-								
		0,047	2						10		
		0,047	2						40		
		0,040	2						50		

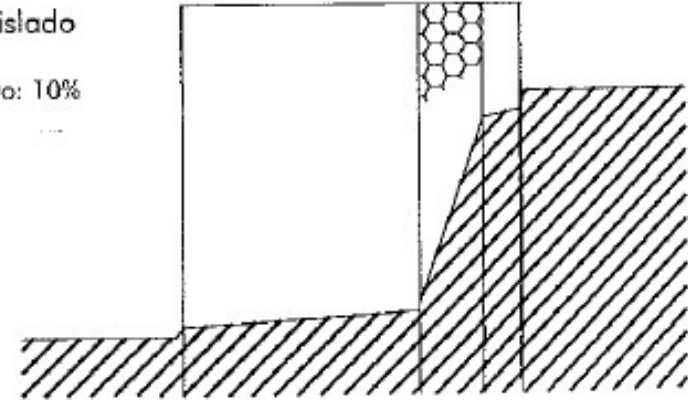




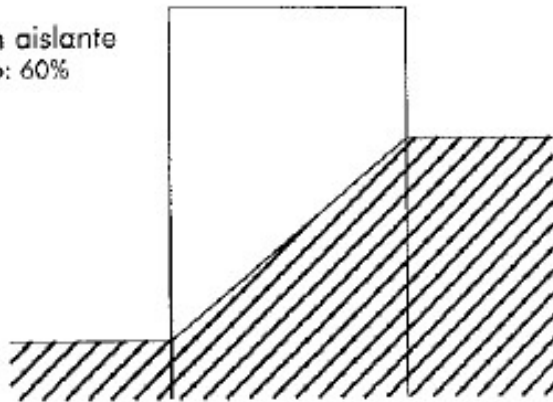
Partición interior  
aporte efectivo: 100%



Cerramiento aislado  
por el interior  
aporte efectivo: 10%



Cerramiento sin aislante  
aporte efectivo: 60%



Cerramiento aislado  
por el exterior  
aporte efectivo: 95%

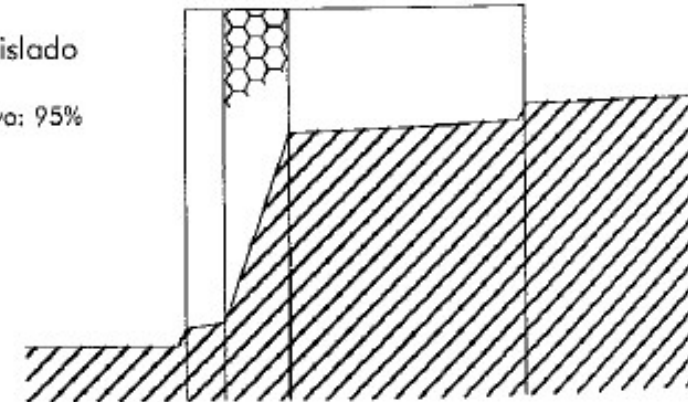


Fig. 7.8 Porcentaje de acumulación térmica efectiva en diferentes cerramientos.







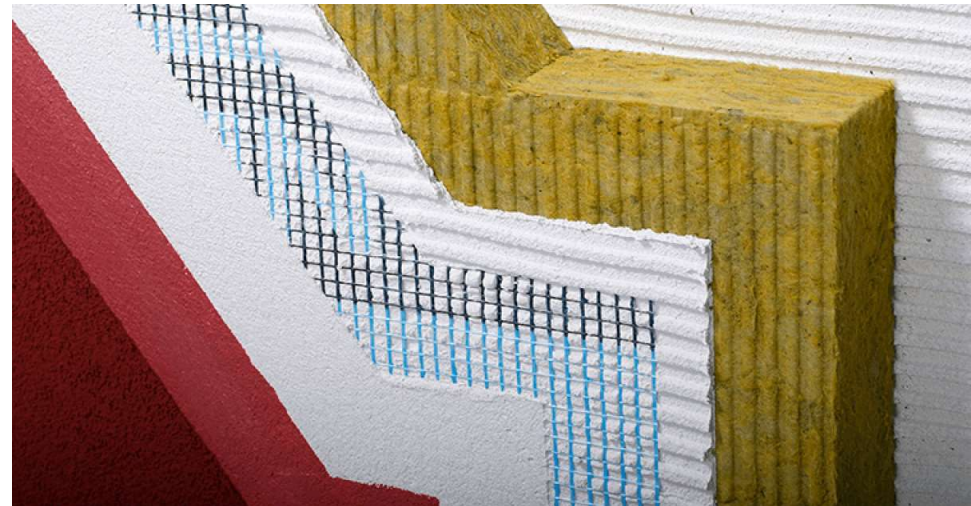
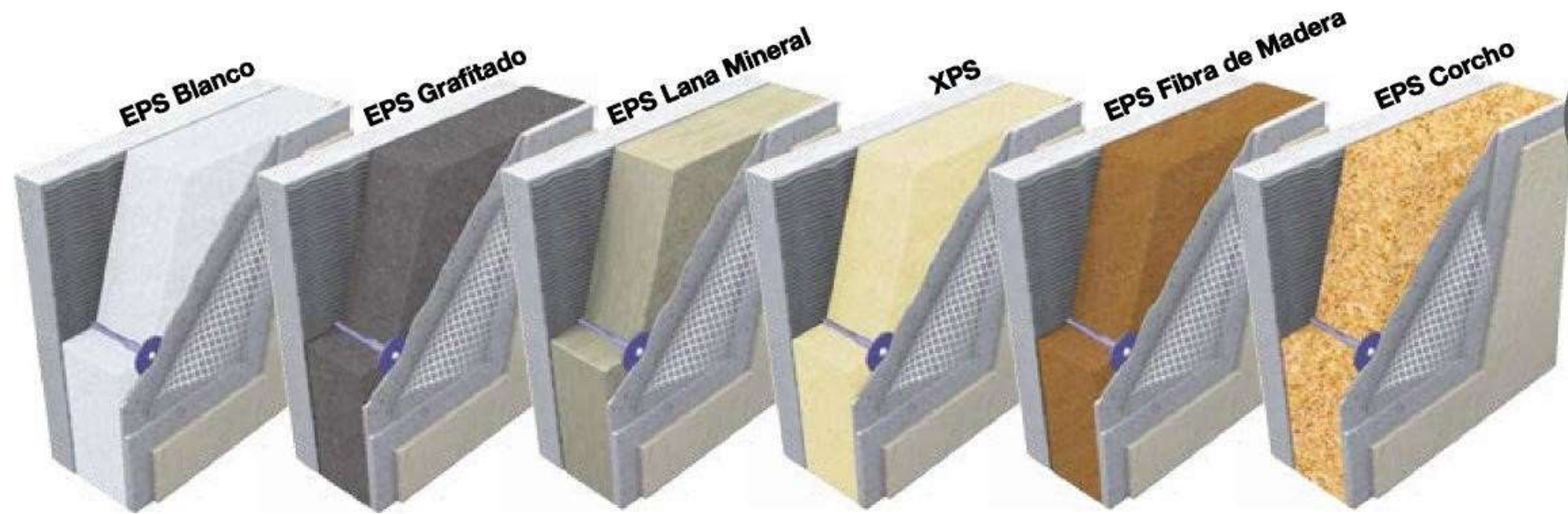


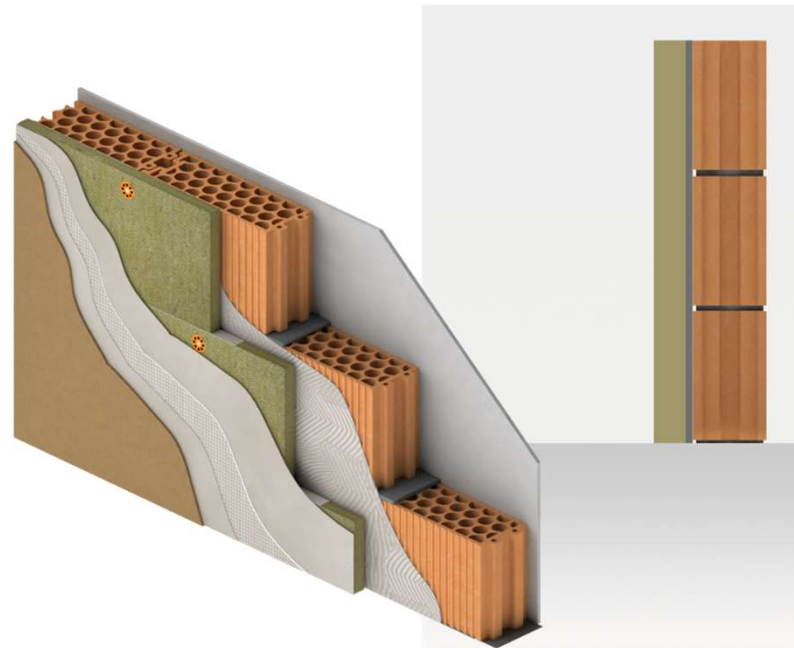
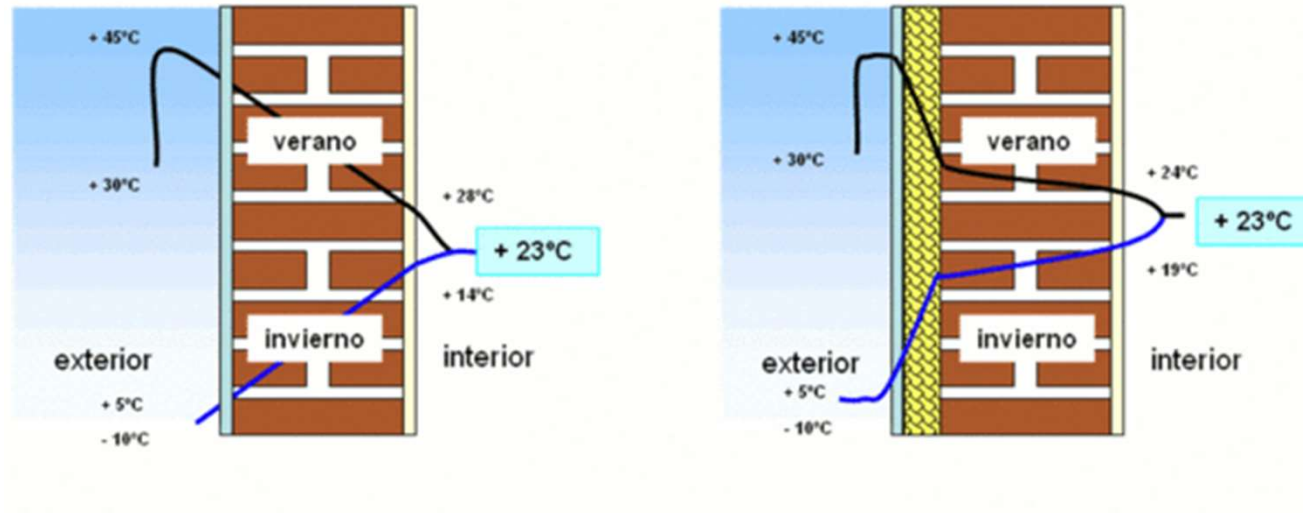


## RADIACIÓ SOBRE ELEMENTS OPACS









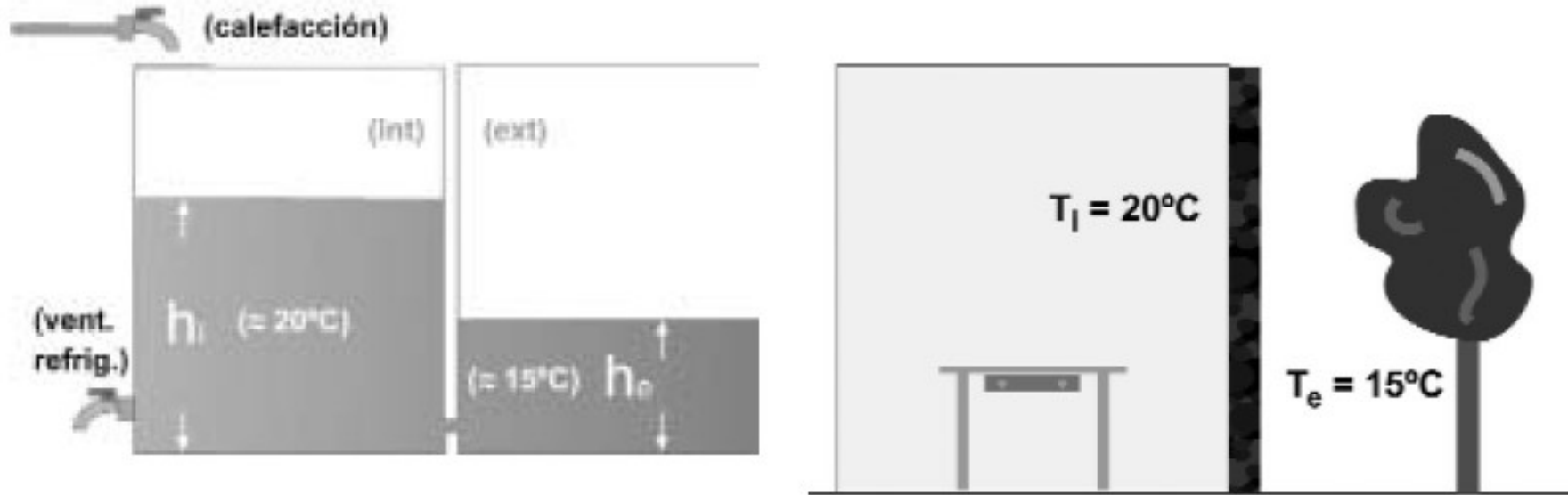








## Analogia hidràulica:

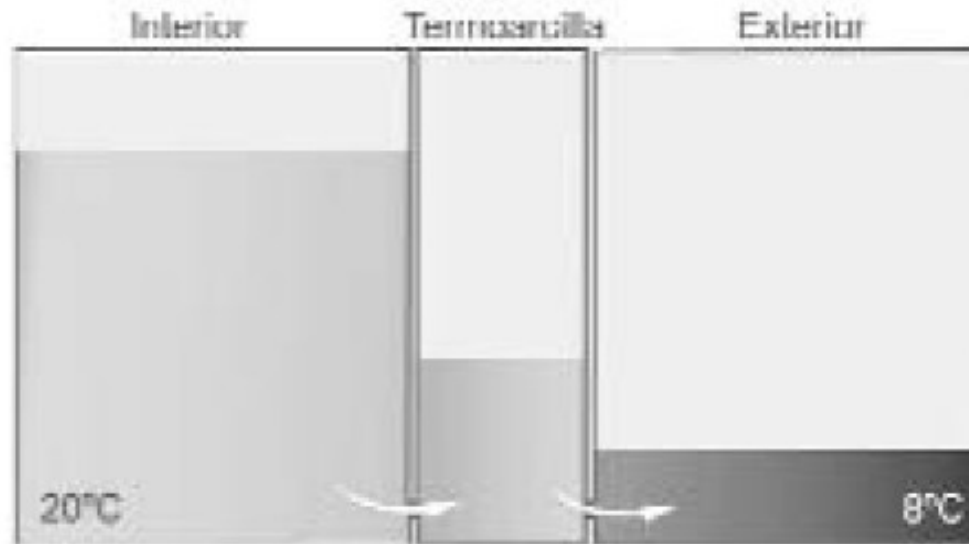


si estam protegidos del exterior por uno u otro de modo que en el interior haya 20° C constantes por aportes auxiliares y en el exterior 15°C, tendremos un perfil de temperaturas en el interior del cerramiento con una pendiente constante –olvidando el pequeño efecto que provoca la convección en las superficies- desde 20°C hasta 15°C. El flujo de calor hacia el exterior tendrá el mismo valor: si el cerramiento al exterior tiene 12 m<sup>2</sup>, cada hora se perderán:

$$Q = K \text{ (W/m}^2\text{°C)} \cdot A \text{ (m}^2\text{)} \cdot (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}) \text{ (°C)} \cdot 1 \text{ h} = 0,7 \cdot 12 \cdot 5 \text{ Wh} = 42 \text{ Wh} \quad (1)$$

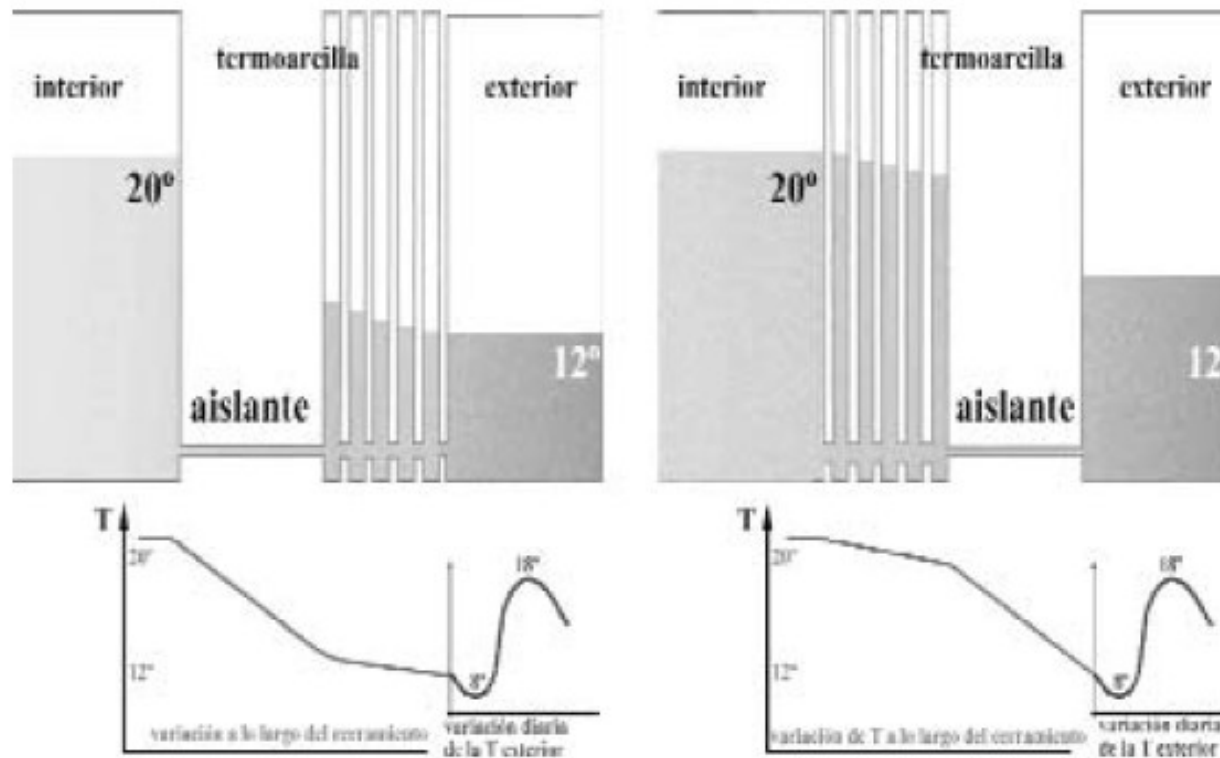
Font: J.A. Turégano, M.A. Hernández, F. García (Grupo Energía y Edificación). La inercia térmica de los edificios y su incidencia en las condiciones de confort como refuerzo de los aportes solares de carácter pasivo.

## Capacitat d'emmagatzemament d'energia del tancament





## Comportament en funció de l'ordre de les capes



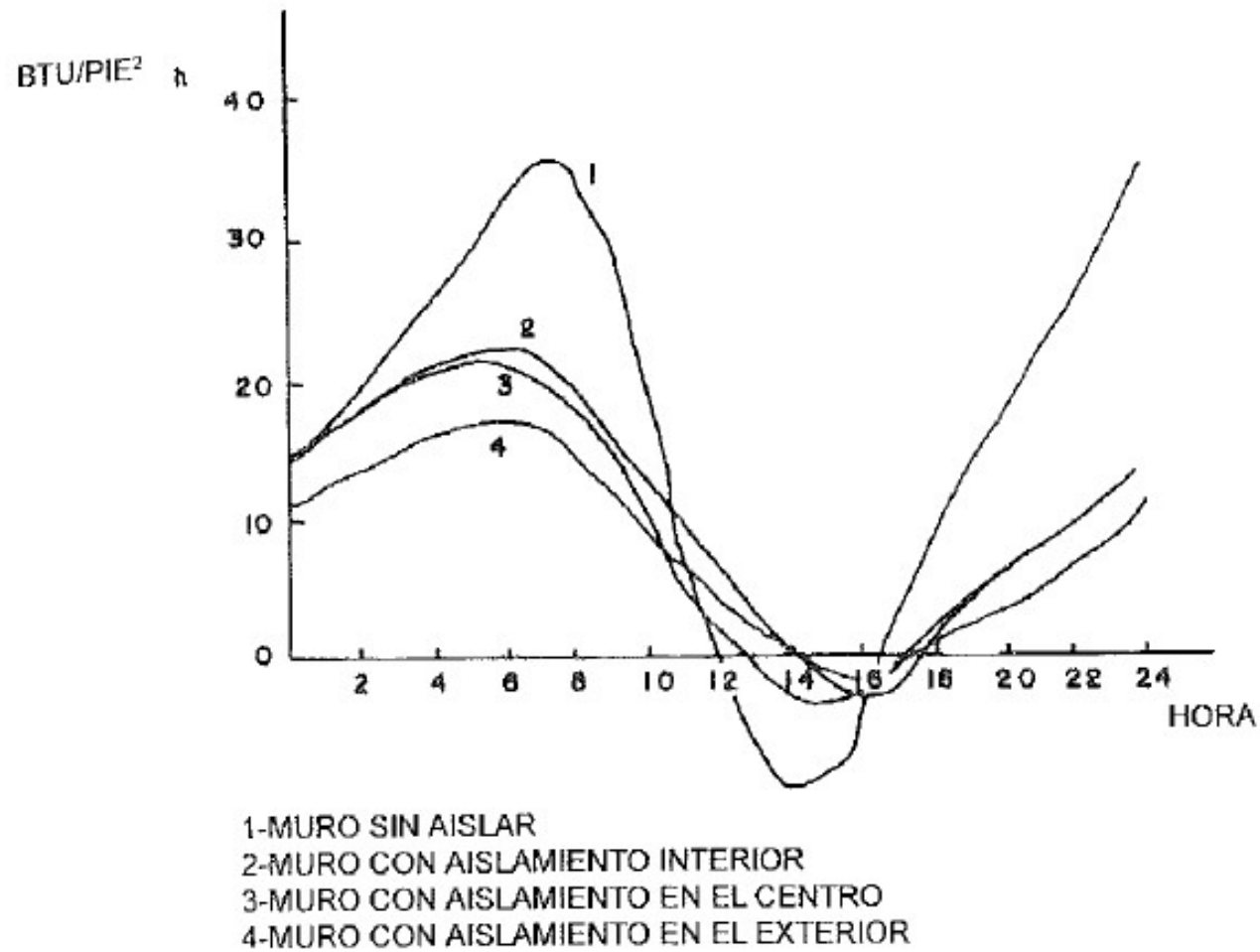
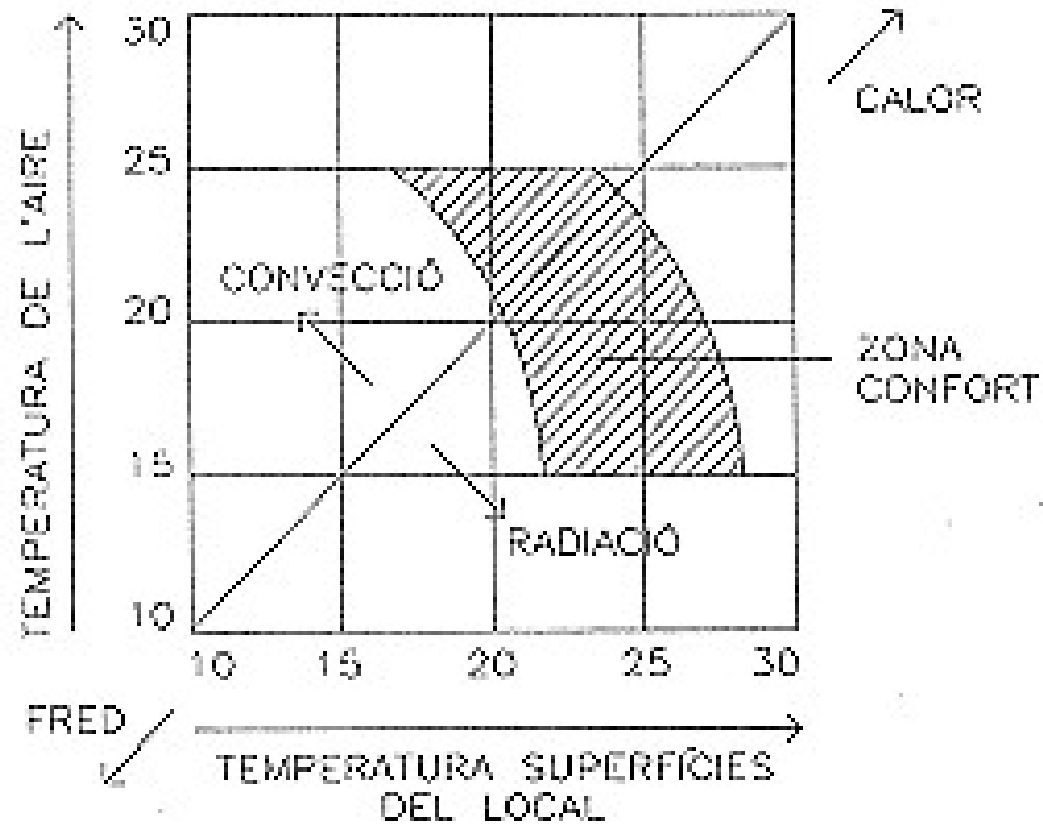


Fig.2.3. Pèrdues de calor a lo largo del dia en un muro según la posición del aislamiento (Arumi).

## Àbac de Missenard



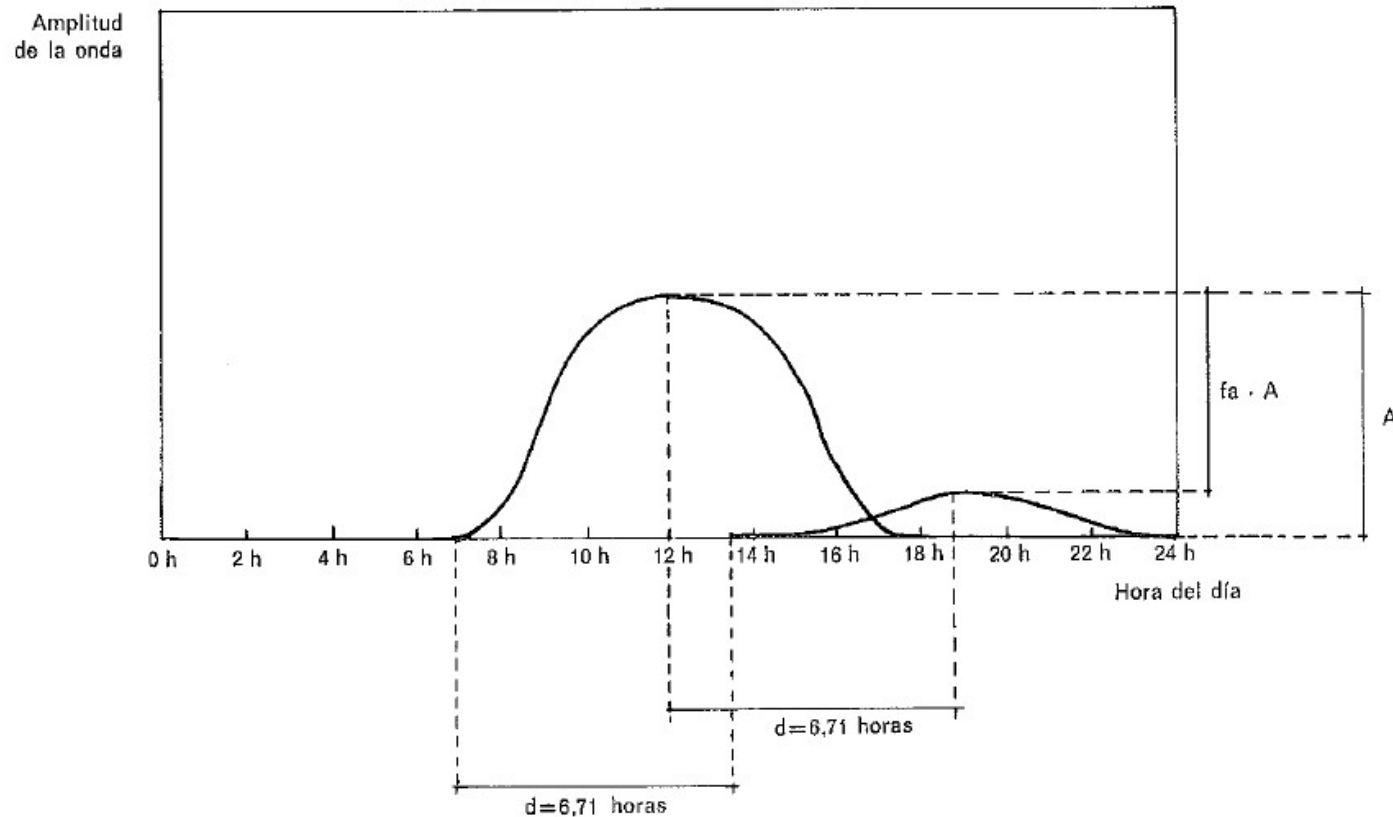
Paràmetres que influeixen en el comportament termodinàmic dels materials:

$\lambda$  conductivitat tèrmica

$\rho$  densitat

$c_e$  calor específic

## Oscil·lació





## Difusivitat i efusivitat tèrmica:

	DENSITAT	CONDUCTIVITAT	CALOR ESPECÍFIC	DIFUSIVITAT	EFUSIVITAT
aigua 10 °C	1000	0,59	4,18	0,14	1570
formigó	2400	1,63	1,06	0,64	2036
totxo massís	1800	0,87	0,84	0,58	1147
totxo perforat	1400	0,605	0,84	0,51	843
placa guix laminat	900	0,18	1,05	0,19	412
argila	2100	0,93	1,67-2,5	0,18-0,27	1806-2210
granet	2500-3000	3,372	0,8	1,41-1,69	2597-2845
vidre 6+12+6	1250	0,162	1	0,13	450
acer	7850	58	0,45	16,42	14314
fusta lleuger	200	0,064	1,61	0,2	144
fusta densa	700	0,174	1,61	0,15	505
llana de roca	80	0,043	1,03	0,52	60

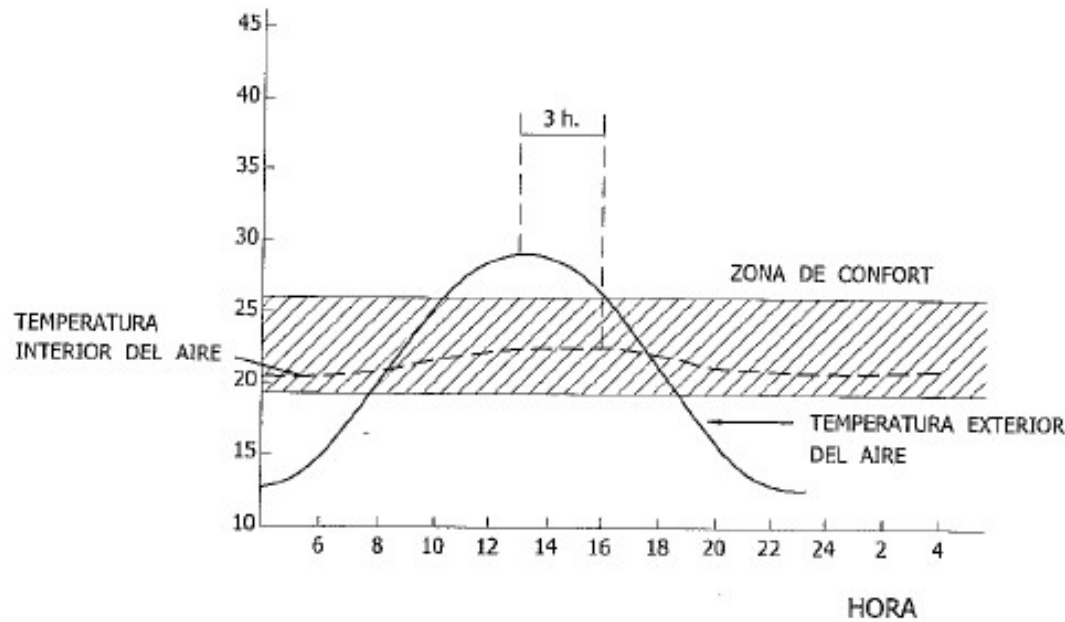


Fig.8.9. Resposta tèrmica, indicant la amortiguació i el desfase en una construcció de adobe.

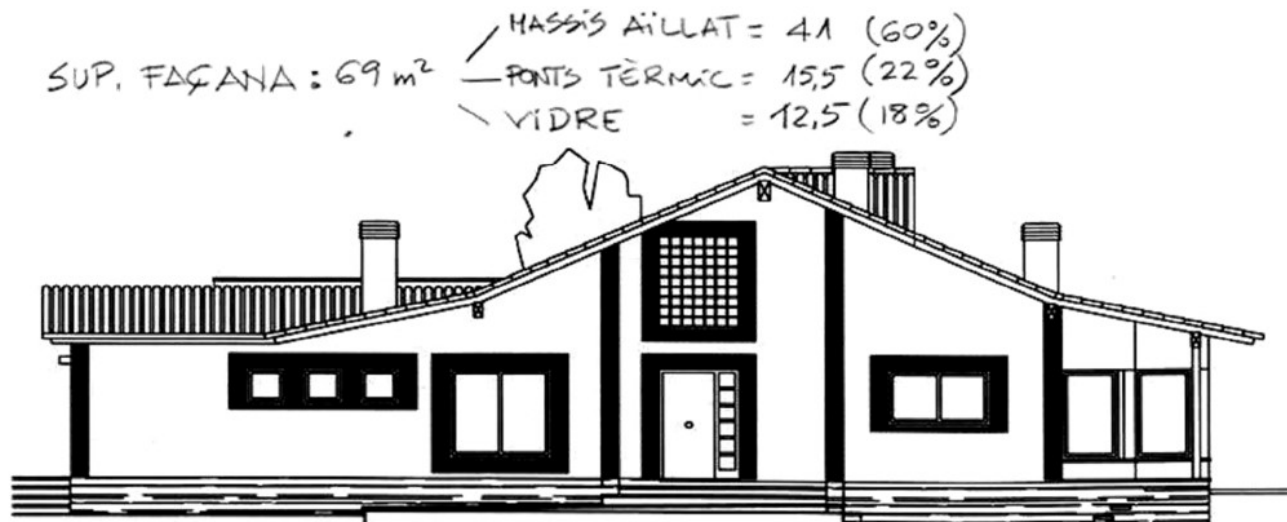
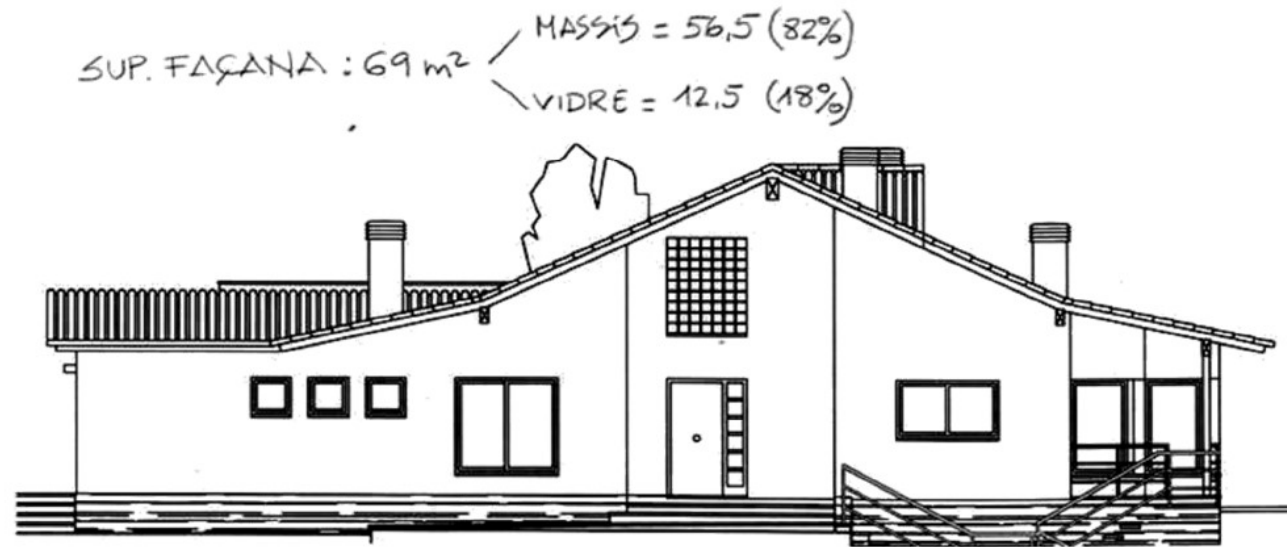


## Amortiguación y desfase en distintos cerramientos

Módulo	Muro base	Amortiguamiento %	Desfase h
I	Ladrillo macizo de un pie	64.7	7.28
II	Ladrillo macizo de medio pie	26	4.59
III	Ladrillo hueco doble	22	3.33
IV	Panel Sandwich de yeso cartón-poliuretano-yeso cartón	10.8	0.2

Font: ranez Parareda, Guillermo "Arquitectura solar e iluminación natural". Edit. Munilla-Iería. Madrid, marzo 2004

## Ponts tèrmics (línies de flux, camí de menor resistència tèrmica i amb major gradient de temperatures)

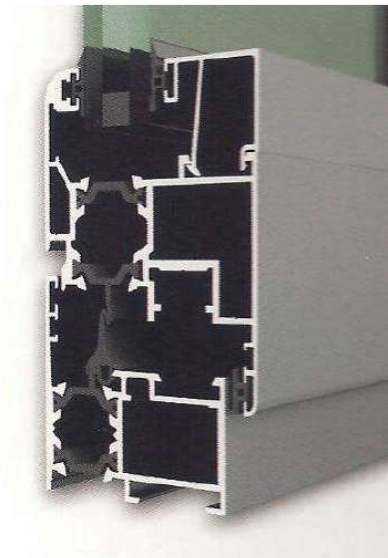


COMPOSICIÓ	U (W/m <sup>2</sup> *°K)
Metà·lic, sense RPT	5,7
Metà·lic, amb RPT 4mm ≤ d < 12mm	4
Metà·lic, amb RPT d ≥ 12mm	3,3
De fusta de densitat 500 kg/m <sup>3</sup>	2,2
De PVC, amb dues cambres	2,2
De PVC, amb tres cambres	1,8

Font: Catálogo de elementos constructivos del CTE.



Fusteria d'alumini sense RPT.



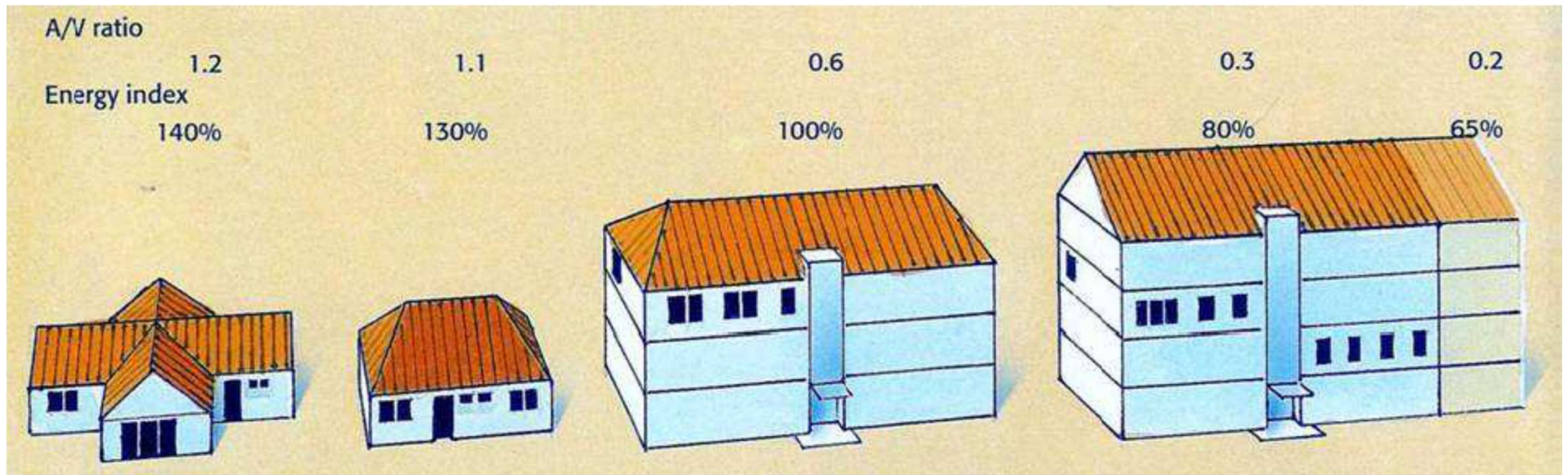
Fusteria d'alumini amb RPT.



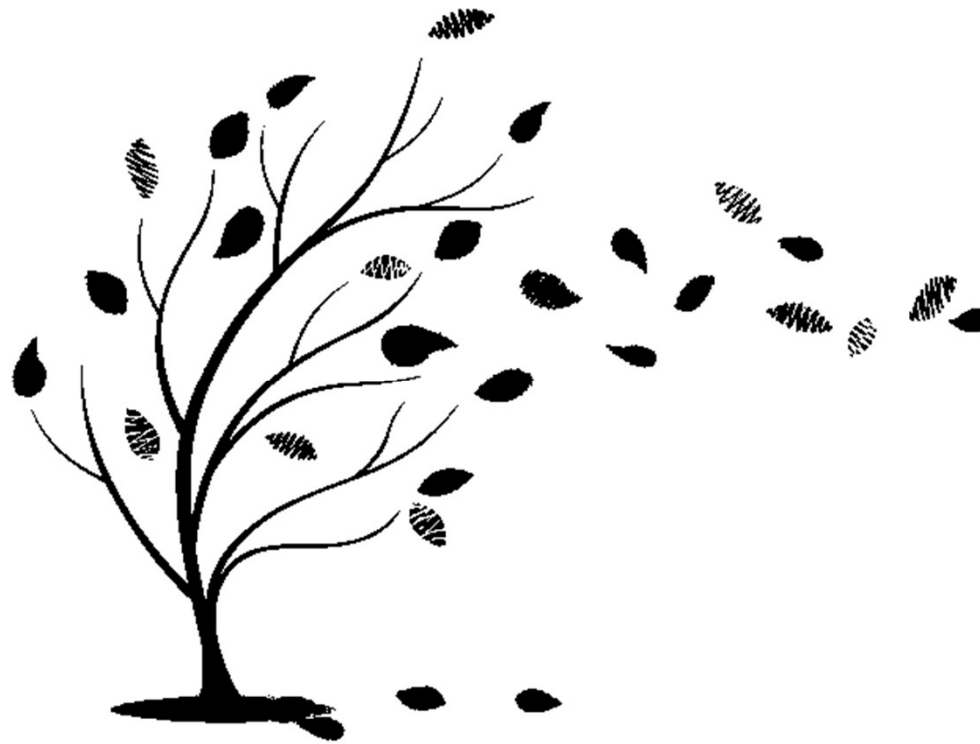
# TRANSMITÀNCIA

FAMÍLIA	COMPOSICIÓ	Transm. tèrmica U (W/m <sup>2</sup> *°K)	Factor solar g (coef.)	Transm. lluminosa (%)	Preu del material (€/m <sup>2</sup> )	Emissions de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Energia continguda (kWh/m <sup>2</sup> )
MONOLÍTICS	Incolor, 4mm	5.8	0.87	90	7.60	9.77	45.93
	Incolor, 6mm	5.7	0.85	89	10.88	14.66	60.90
	Incolor, 10mm	5.6	0.80	88	18.98	24.43	114.83
DOBLE INCOLOR	6 + 6 + 6	3.2	0.75	80	33.58	32.32	146.67
	6+ 12 + 6	2.8	0.75	80	35.04	32.32	146.67
DOBLE AMB BAIX EMISSIU	6 + 6 + 6	2.4	0.40	51	35.27	32.22	146.11
	6 + 12 + 6	1.5	0.42	51	37.45	32.46	147.27
DOBLE AMB BAIX EMISSIU I CONTROL SOLAR	6 + 6 + 6	2.4	0.20	20	57.49	32.54	147.62
	6 + 12 + 6	1.5	0.21	20	61.04	32.78	148.79
FUSTERIES	Alumini lacat, sense RPT	5.7	-	-	131.50	556.51	1051.06
	Alumini lacat, amb RPT 4mm≤d<12mm	4.0	-	-	166.26	558.63	1054.68
	Alumini lacat, amb RPT d≥12mm	3.3	-	-	222.98	558.63	1054.68
	De fusta de densitat 500 kg/m <sup>3</sup>	2.2	-	-	77.80	1.99	10.73
	De PVC, amb dues cambres	2.2	-	-	172.60	233.51	477.62
	De PVC, amb tres cambres	1.8	-	-	209.24	233.51	477.62

Font: Calumen® + Banc BEDEC



# CONVECCIÓ



## QUANTIFICACIÓ DELS FLUXOS

*Demanda per convecció:*

$$\Delta E_c \text{ (Wh/periode)} = \Sigma [(S_{fi} * I_f * \Delta T * C_{e \text{ aire}}) + (R * \Delta T * C_{e \text{ aire}})]$$

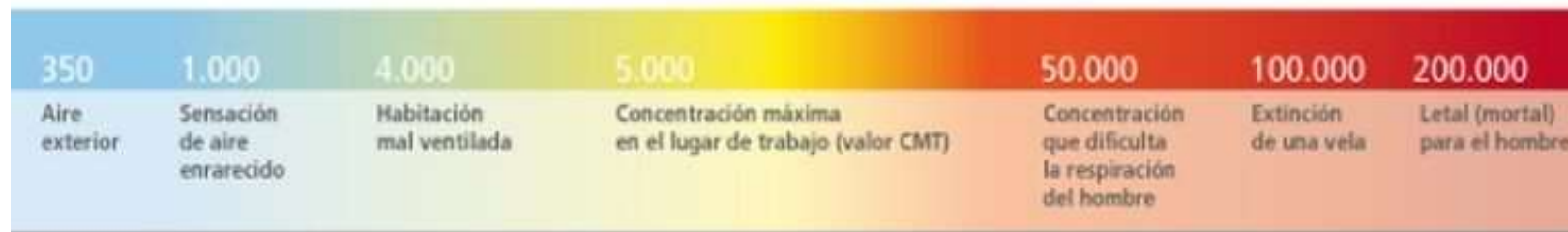
**R**enovacions

**$\Delta T$**

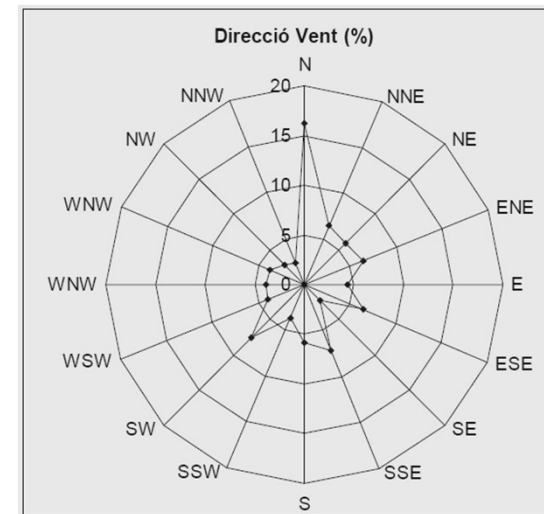
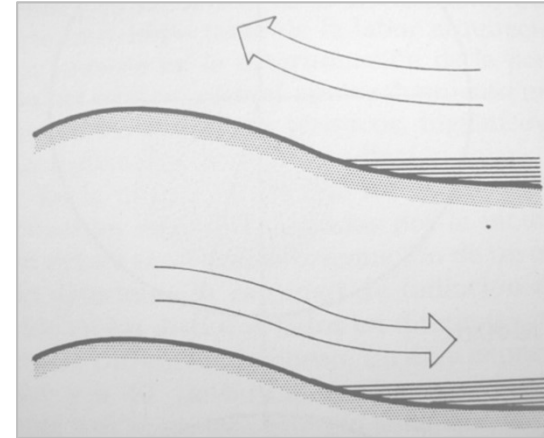
**C<sub>e</sub>** aire



CO2 [ppm]	Air Quality
2100	<b>MALO</b> Ambiente altamente contaminado. Se requiere ventilación.
2000	
1900	
1800	
1700	
1600	
1500	<b>MEDIOCRE</b> Ambiente contaminado. Se recomienda ventilación.
1400	
1300	
1200	
1100	<b>NORMAL</b>
1000	
900	<b>BUENO</b>
800	
700	
600	<b>EXCELENTE</b>
500	
400	



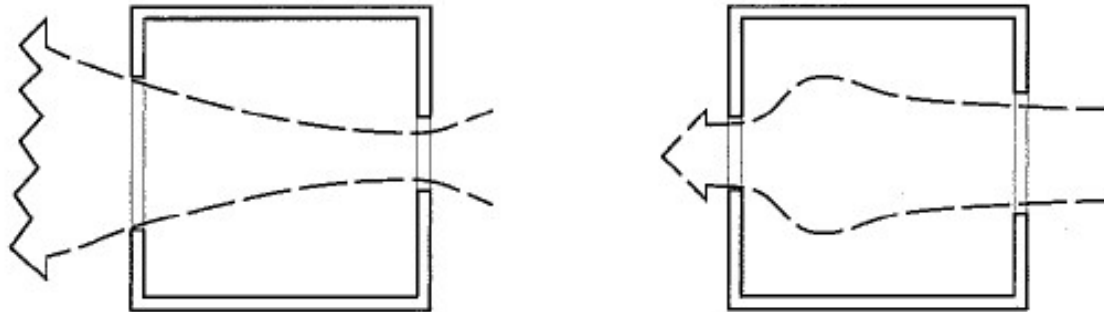
Mes	Velocitat mitjana	Ràfega màxima	Dies de vent fort >55 Km/h
<b>Gener</b>	16	70	9
<b>Febrer</b>	12	71	2
<b>Març</b>	15	76	8
<b>Abril</b>	16	63	6
<b>Maig</b>	13	71	3
<b>Juny</b>	14	66	1
<b>Juliol</b>	14	48	0
<b>Agost</b>	13	47	0
<b>Setembre</b>	15	56	1
<b>Octubre</b>	16	67	2
<b>Novembre</b>	16	74	6
<b>Desembre</b>	17	85	6



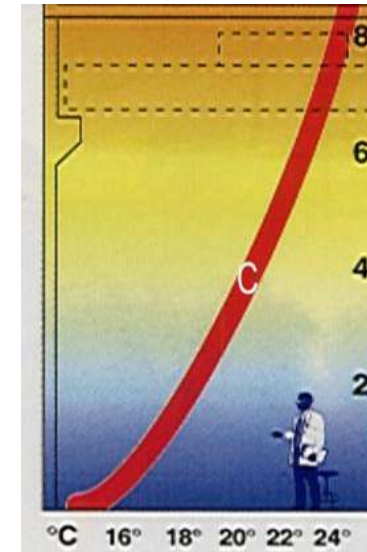
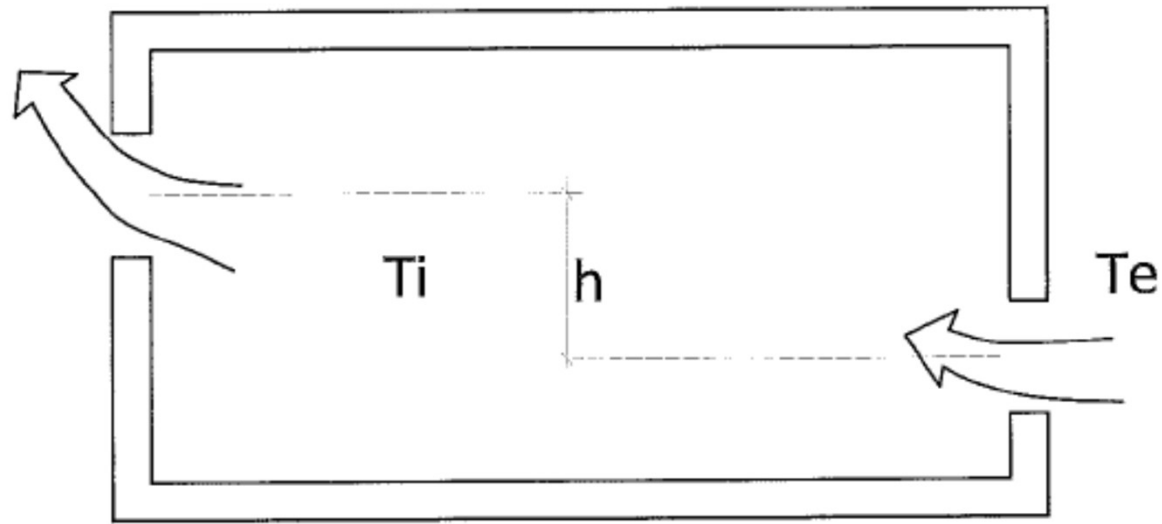
## Proporció finestres entrada-sortida:

En una ventilació creuada, les diferències de grandària entre els forats d'entrada i sortida condicionen la velocitat mitja interior de l'aire.

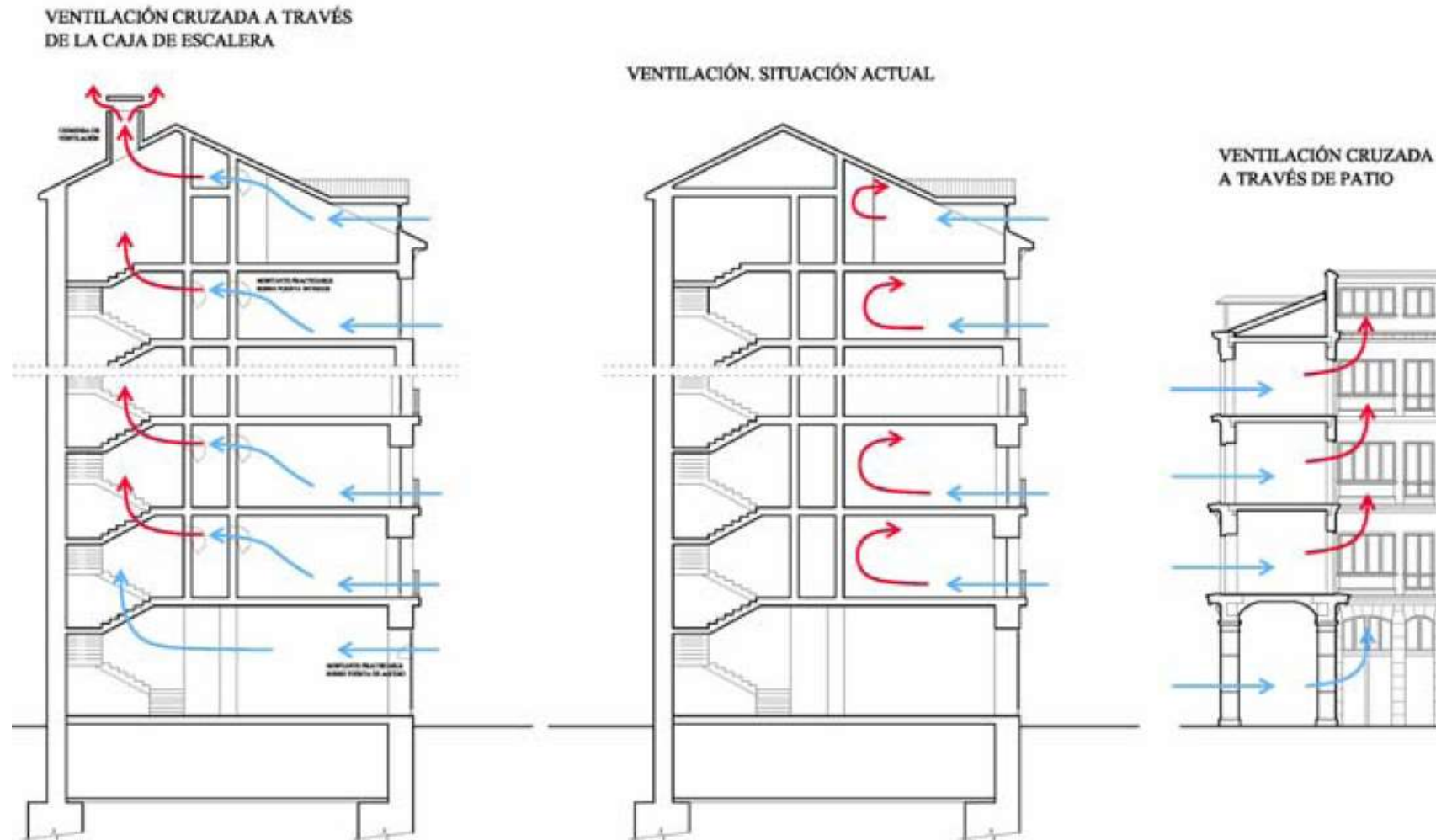
I el cabal de ventilació dependrà del forat menor.



## Efecte tèrmic







## Sensació de calor a l'estiu

Quan la humitat és alta, el valor de sensació excedeix a la de la temperatura de l'aire.

Si la humitat és baixa, la sensació tèrmica és menor que la temperatura de l'aire.

Quan la temperatura és menor que 32°C (temperatura de la pell), el vent disminueix la sensació tèrmica. En canvi, si la temperatura supera els 32°C l'augmenta.

- 2 La permeabilitat al aire ( $Q_{100}$ ) de los huecos que pertenezcan a la *envolvente térmica* no superarà el valor límit de la tabla 3.1.3.a-HE1:

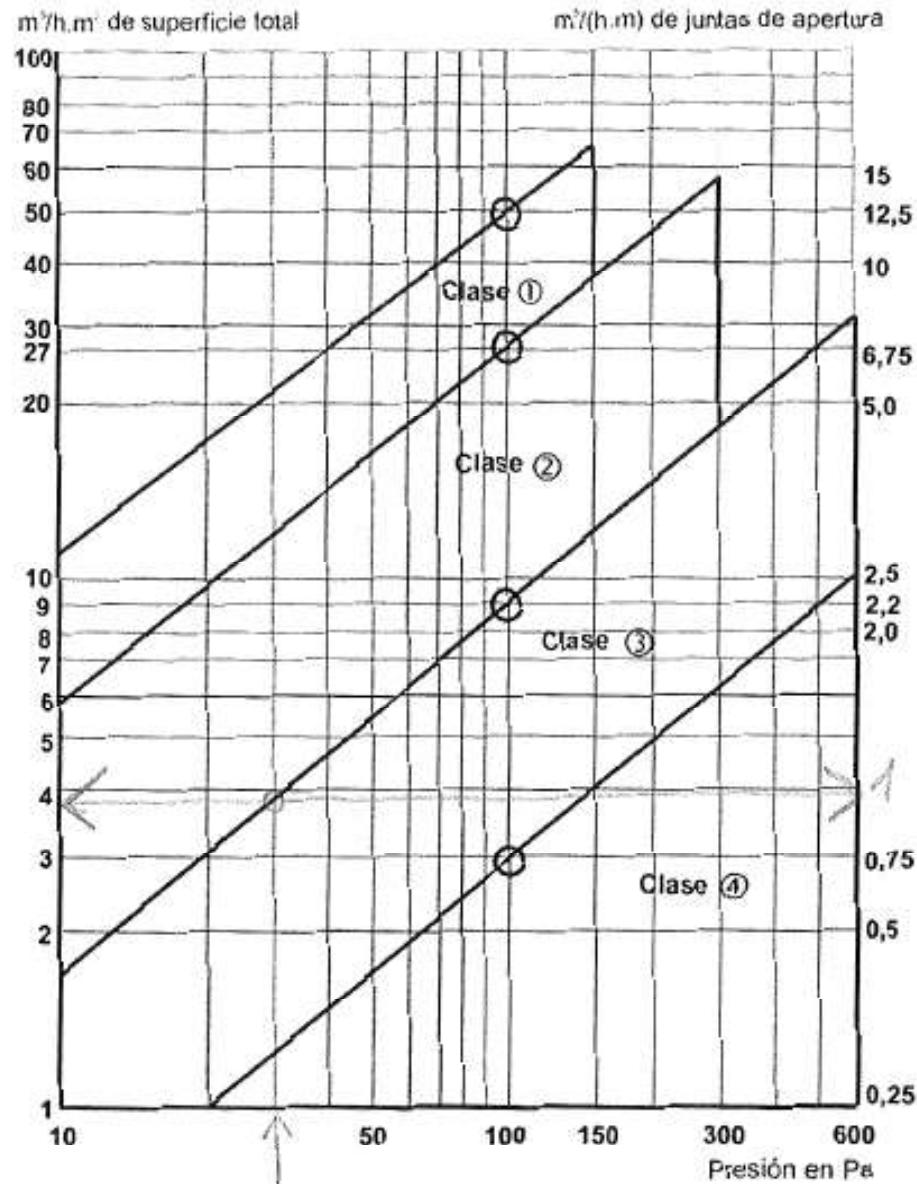
**Tabla 3.1.3.a-HE1 Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la *envolvente térmica*,  $Q_{100,lim}$  [ $m^3/h \cdot m^2$ ]**

	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Permeabilidad al aire de huecos ( $Q_{100,lim}$ ) <sup>*</sup>	$\leq 27$	$\leq 27$	$\leq 27$	$\leq 9$	$\leq 9$	$\leq 9$

\* La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa,  $Q_{100}$ .  
 Los valores de permeabilidad establecidos se corresponden con los que definen la clase 2 ( $\leq 27 m^3/h \cdot m^2$ ) y clase 3 ( $\leq 9 m^3/h \cdot m^2$ ) de la UNE-EN 12207:2017.  
 La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana.

- 3 En el caso de reformas, la anterior tabla 3.1.3.a-HE1 solo será de aplicación a aquellos elementos de la *envolvente térmica* que se sustituyan, incorporen, o modifiquen sustancialmente.

Infiltracions



Grau de permeabilitat a l'aire de les finestres. UNE EN 12207:2000



**ada Rehabilitació Conscient**

**Moltes gràcies!**

Anna Casas Portet  
annacp@coac.cat