



DIPLOMA DE POSTÍTULO

DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

DISEÑO DE ENVOLVENTE DE ALTA EFICIENCIA

Miguel Bustamante S.
miguel.bustamante@idiem.cl



DIPLOMA DE POSTÍTULO



DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES



FÍSICA DE LA CONSTRUCCIÓN

“ ES LA CIENCIA QUE ESTUDIA LOS FENÓMENOS FÍSICOS Y QUÍMICOS RELACIONADOS CON EL SER HUMANO, LOS EDIFICIOS Y EL MEDIO AMBIENTE.”



DIPLOMA DE POSTÍTULO



DISEÑO DE EDIFICACIONES
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES



FÍSICA DE LA CONSTRUCCIÓN

GERMÁN FRICK

ANGELO FILIPPONI

CONSTANTINO JACOBI

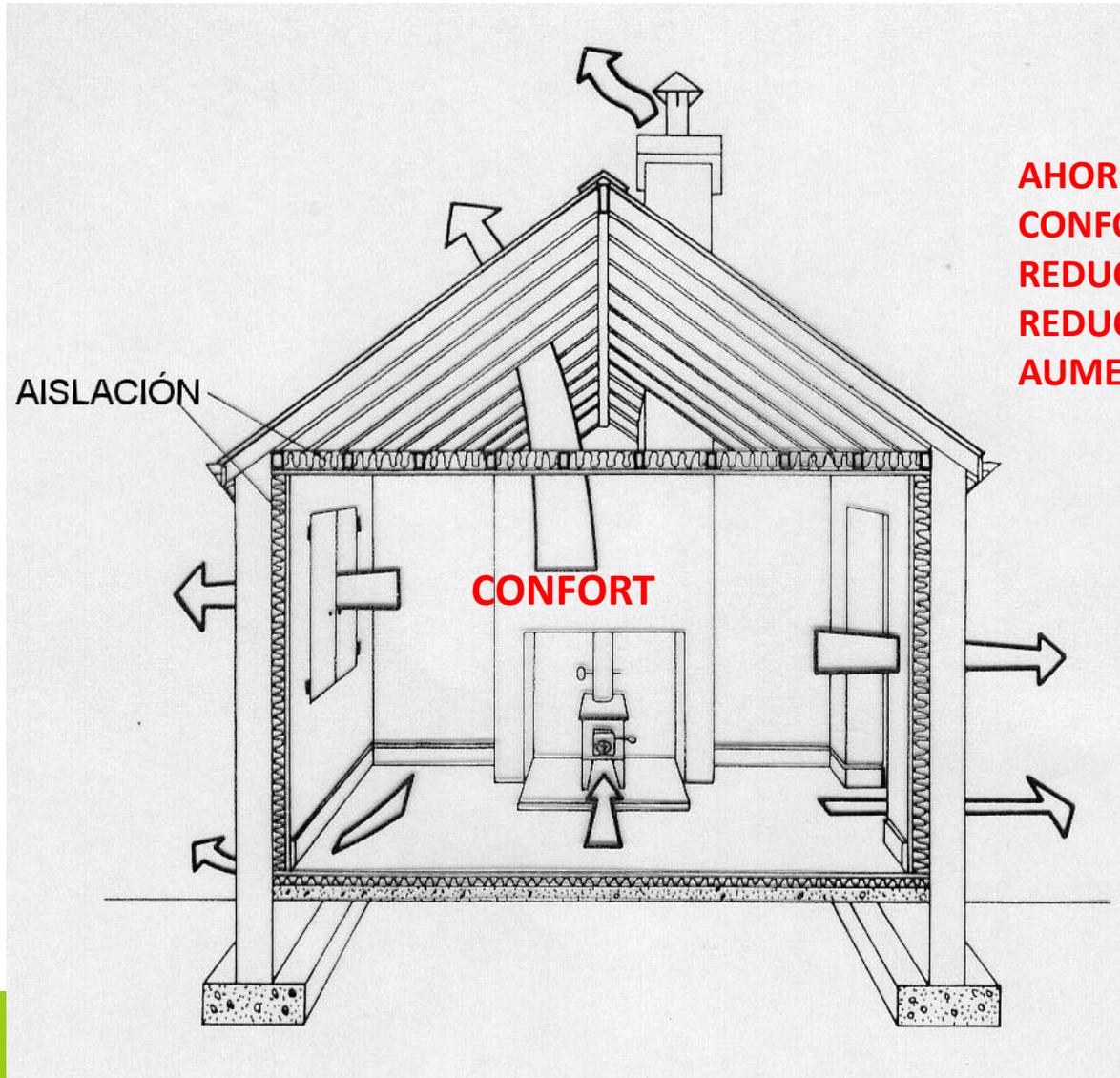
GABRIEL RODRÍGUEZ



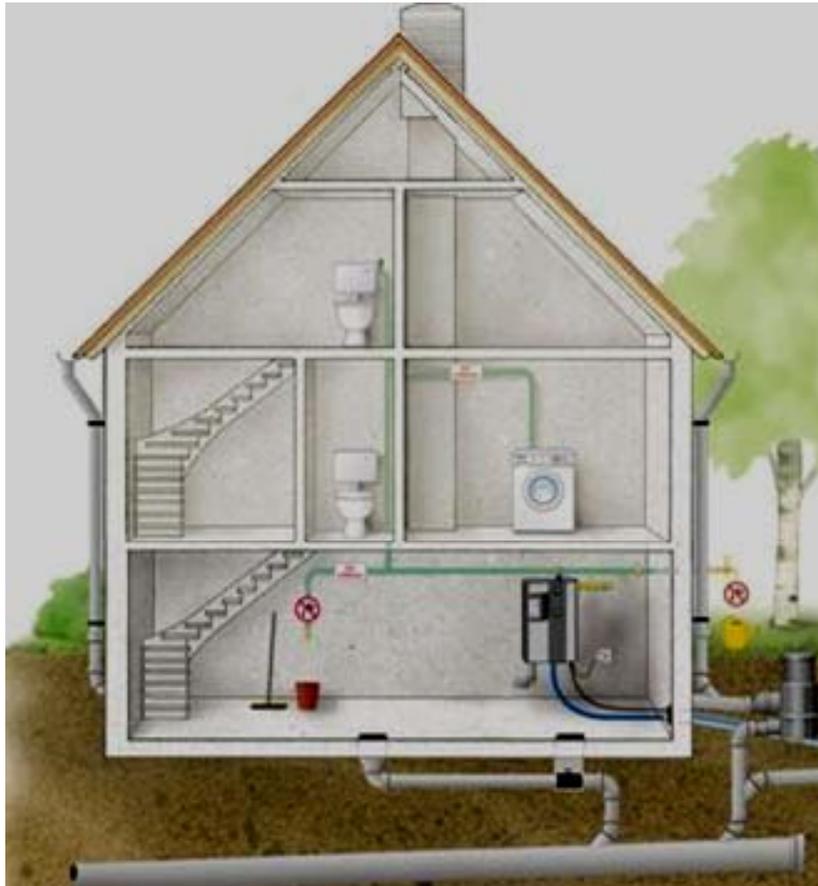




EFICIENCIA ENERGÉTICA

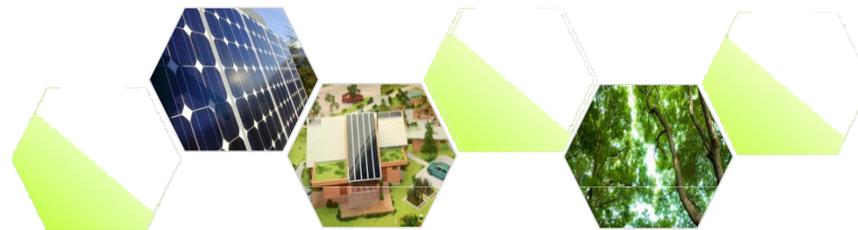


AHORRO DE ENERGÍA
CONFORT HABITACIONAL
REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES
REDUCCIÓN DE GASTOS POR MANTENCIÓN
AUMENTO DE LA VIDA ÚTIL DEL EDIFICIO

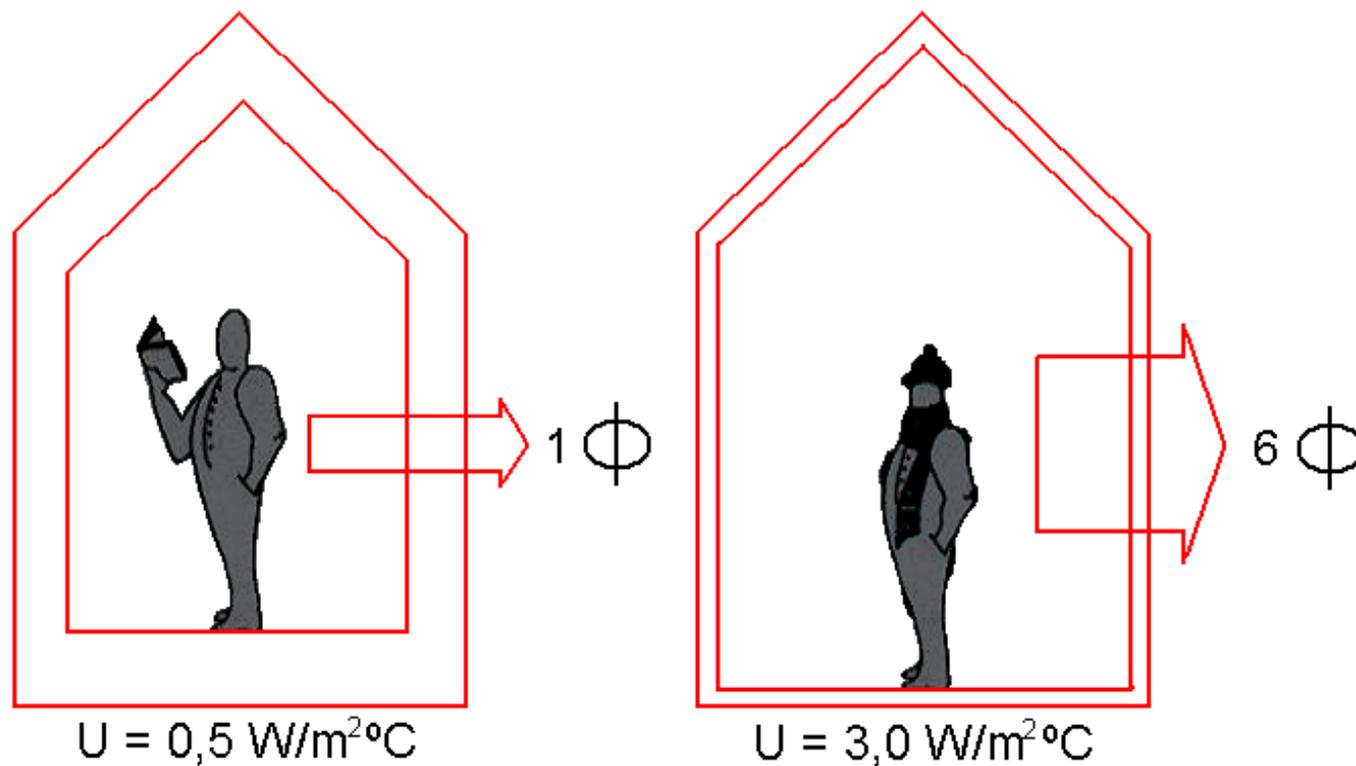


CONFORT

La palabra confort se refiere. En términos generales, a un estado ideal del ser humano que supone una situación de bienestar, salud y comodidad en la cual no existe en el ambiente ninguna distracción o molestia que perturbe física o mentalmente a los usuarios



RELACIÓN ENTRE EL CONSUMO DE ENERGÍA Y EL COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CALOR.



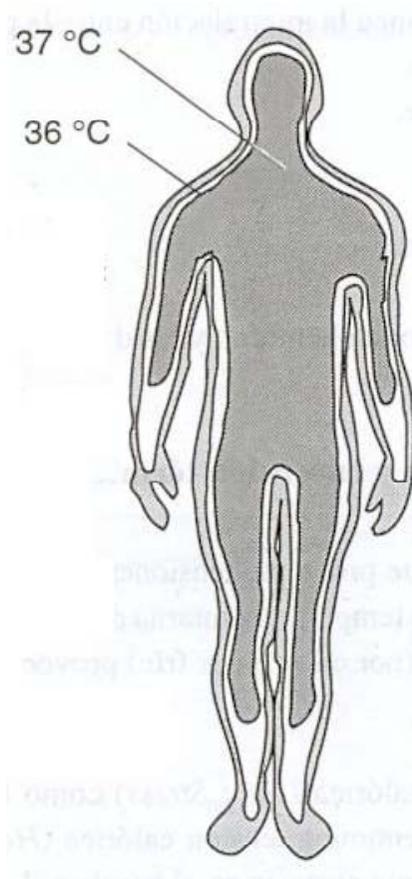


El cuerpo gana calor por:

- **Metabolismo**
- **Radiación del entorno**
- **Convección del aire**
- **Conducción**

El cuerpo pierde calor por:

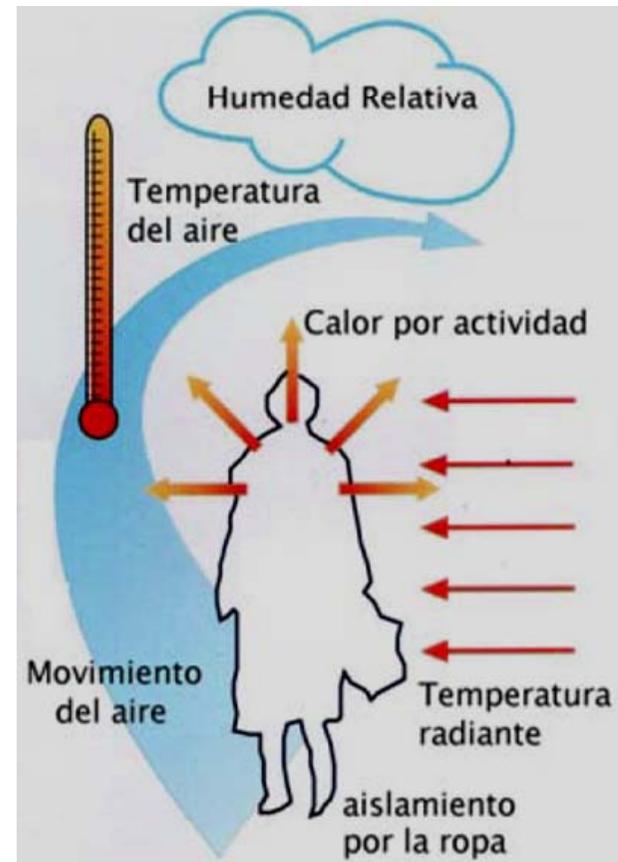
- **Radiación**
- **Trabajo externo**
- **Convección**
- **Respiración**
- **Evaporación del sudor**
- **Conducción**





PRINCIPALES FACTORES Y PARÁMETROS QUE AFECTAN EL CONFORT TÉRMICO

- Temperatura del aire
- Temperatura media radiante
- Humedad relativa
- Velocidad del aire
- Tasa metabólica
- La ropa





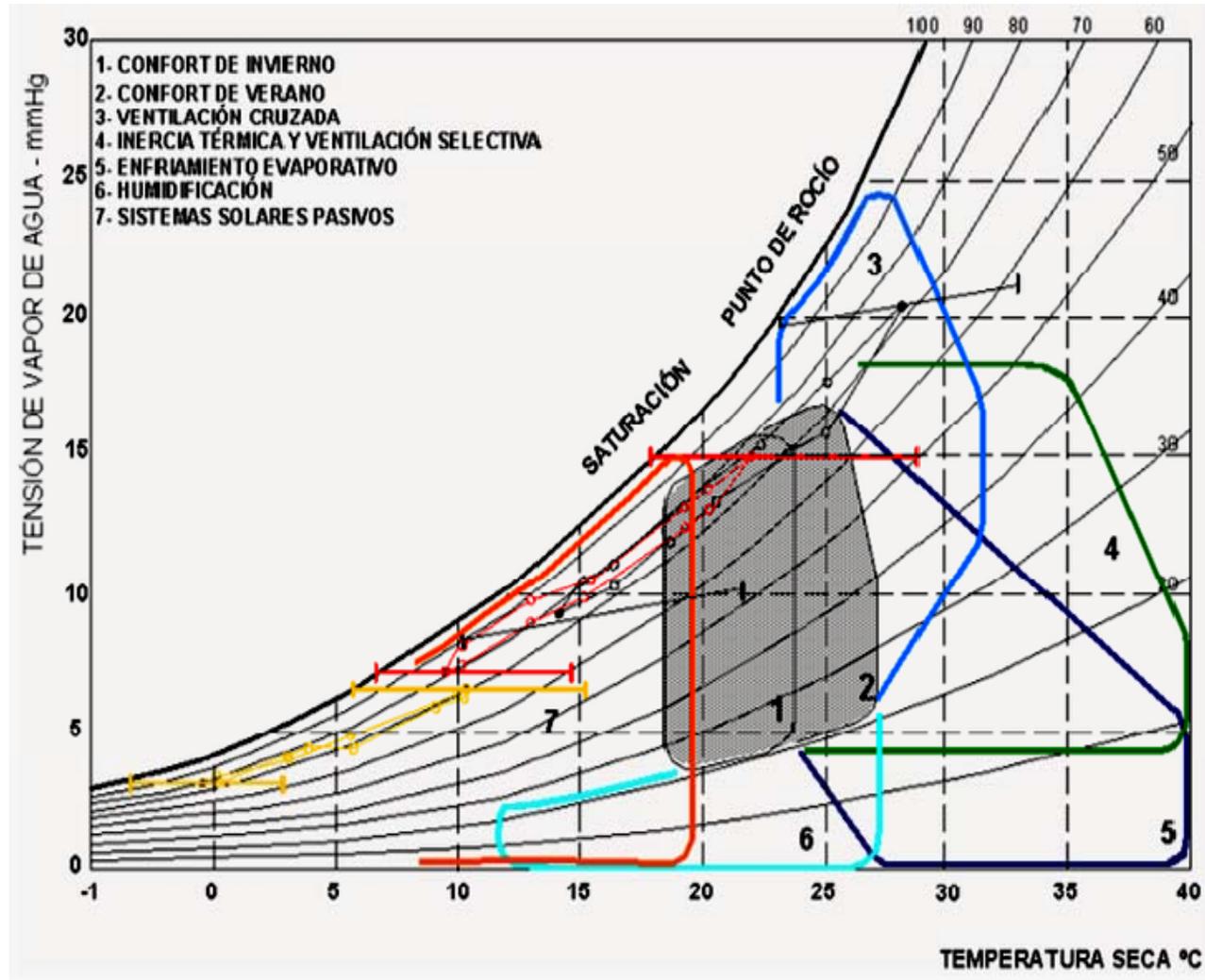
EL CONFORT

El término confort es un tema de actualidad, muy complejo dado que depende de factores tales como : Físicos, Fisiológicos, Sociológicos y, Psicológicos.

Puppo . Define los parámetros ambientales, temperatura del aire, temperatura de radiación, movimiento del aire y la humedad. Año 1980.

Baruch Givoni: En la actualidad es uno de los especialistas en arquitectura bioclimática más reconocido en el mundo , principalmente a partir de la publicación “Man, Climate and Architecture”. Año 1969.

DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES



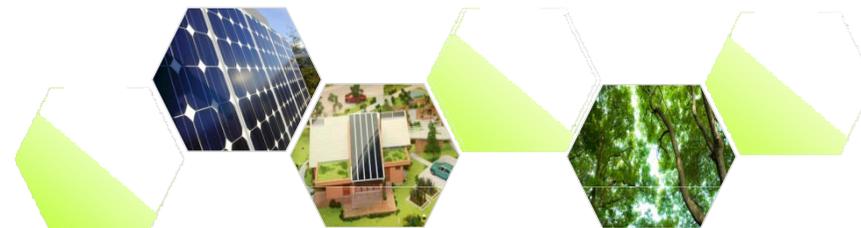
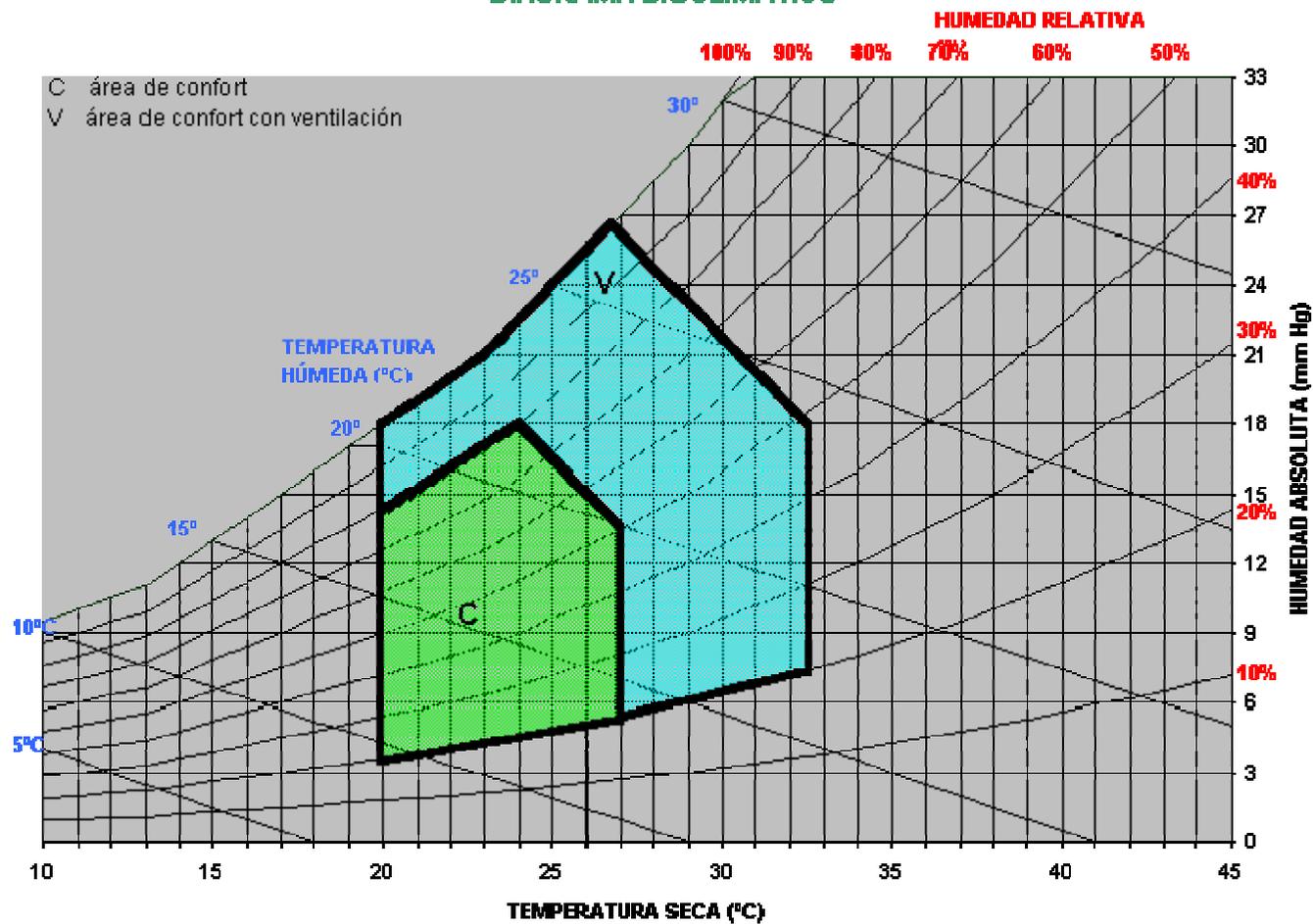


DIAGRAMA BIOCLIMÁTICO



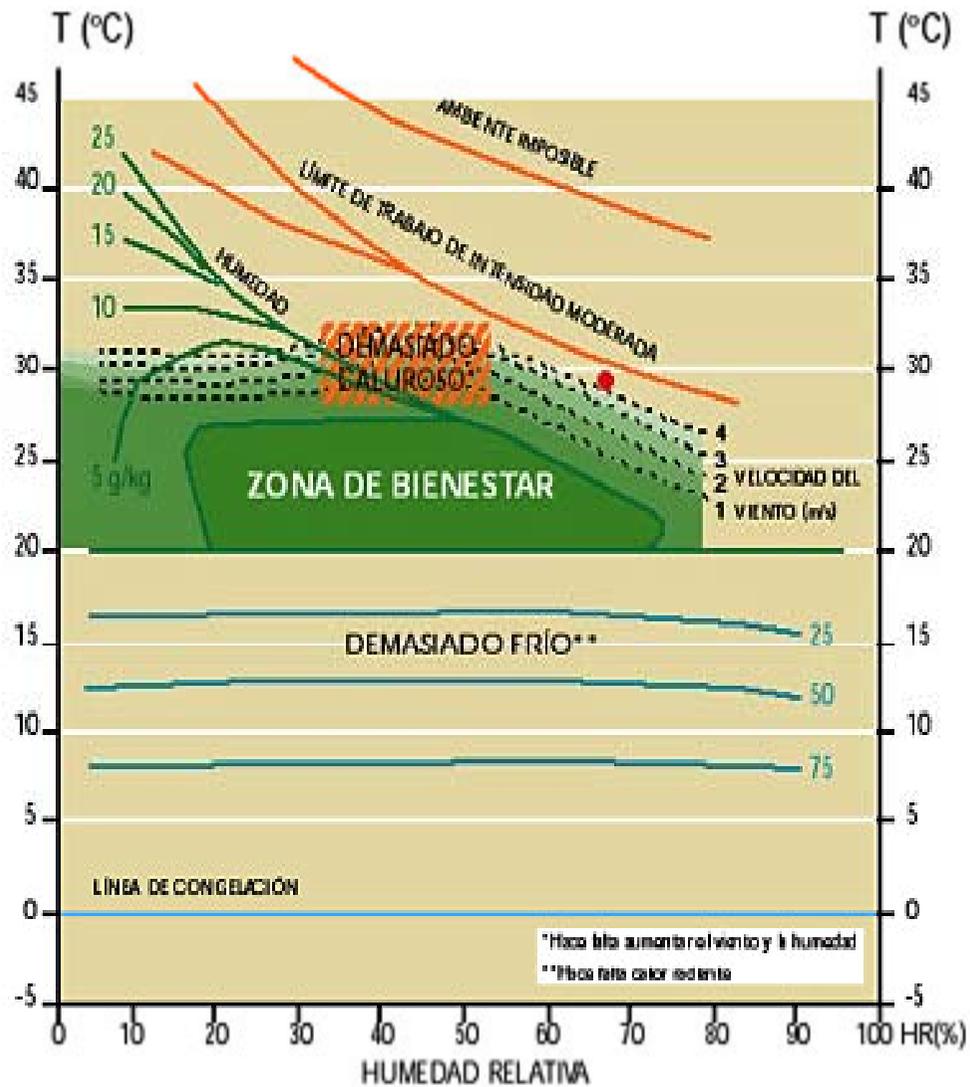
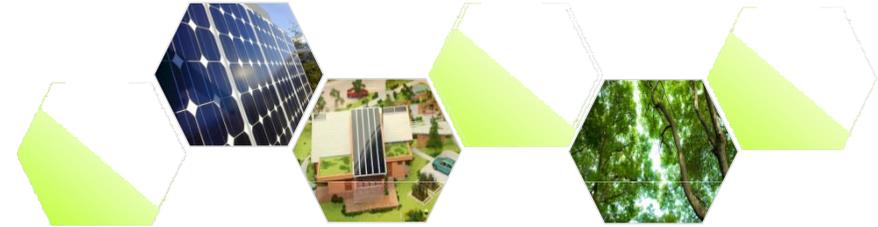


Diagrama de Olgay



El organismo humano está en equilibrio con el medio ambiente cuando pierde aproximadamente 50 W/m^2 de superficie corporal, lo cual ocurre a temperaturas entre 17 y $24 \text{ }^\circ\text{C}$. (Temperatura de confort).

Condición ambiental	Compensación
<p>$< 17^\circ\text{C}$, se empieza a sentir frío</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abrigo • Ejercicio • Alimentación
<p>$> 24^\circ\text{C}$, se empieza a sentir calor</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sudoración • Ropa ligera • Reducción de actividad física



FACTORES CLIMÁTICOS QUE AFECTAN EL DISEÑO



HUMEDAD ABSOLUTA

Cantidad de vapor de agua presente en el aire.
Se expresa en gramos de agua por unidad de volumen (g/m^3).

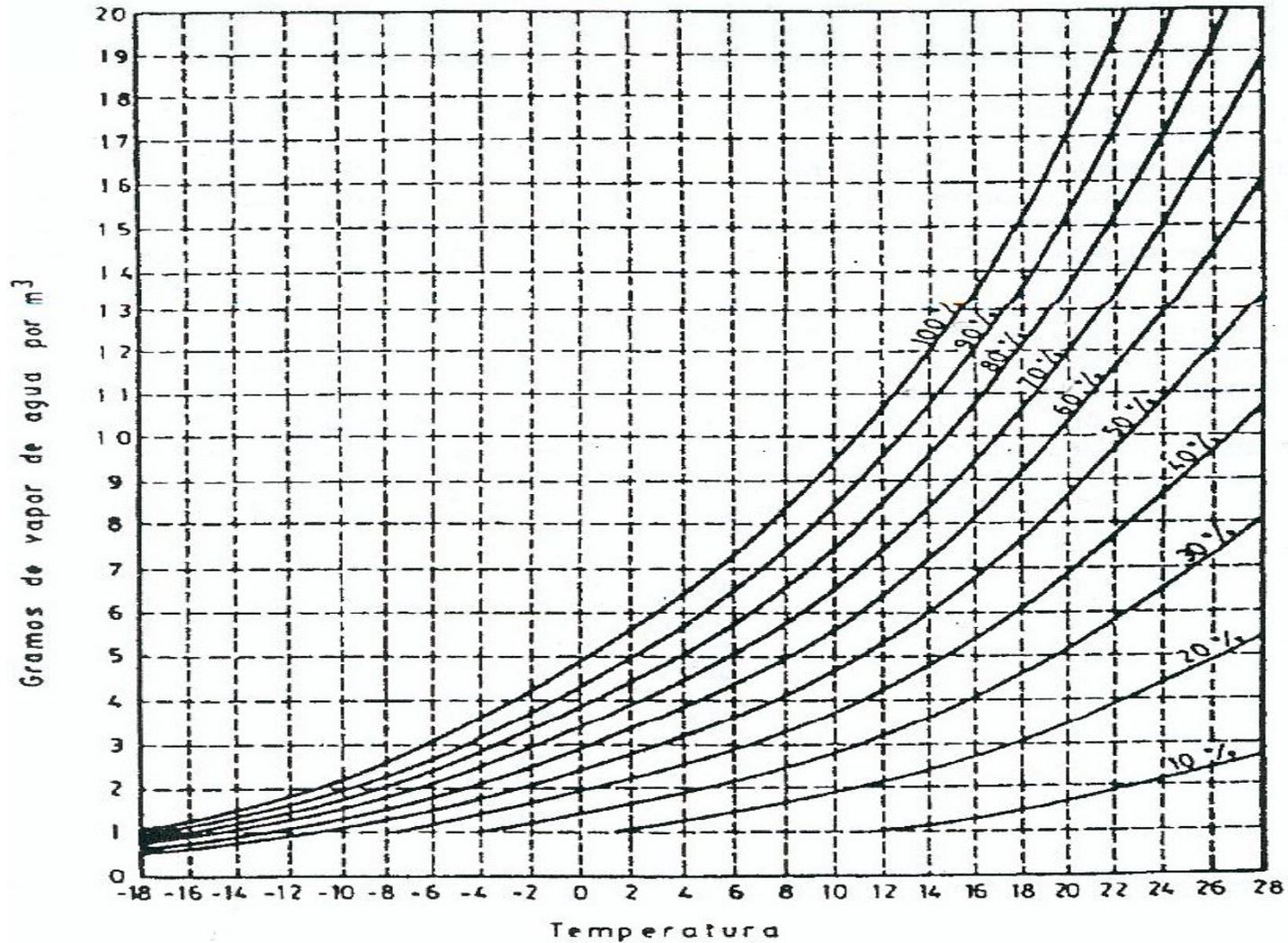
HUMEDAD RELATIVA

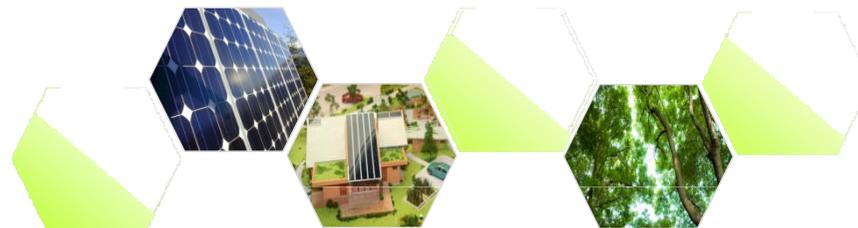
La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura, por ejemplo, una humedad relativa del 70% quiere decir que de la totalidad de vapor de agua (el 100%) que podría contener el aire a esta temperatura, solo tiene el 70%.

Se expresa en %

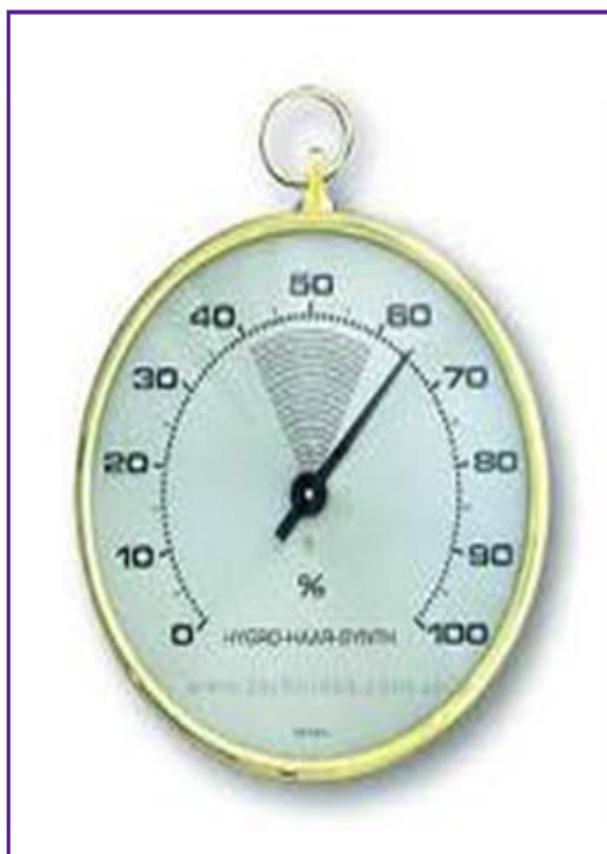


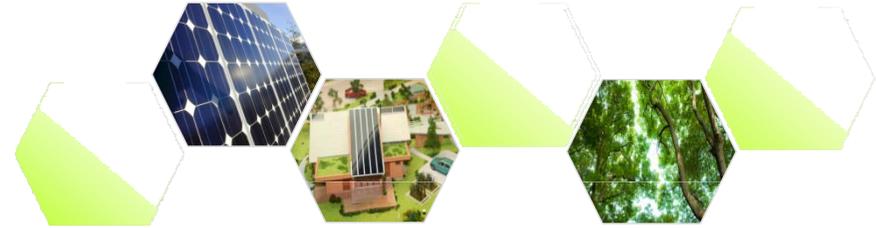
DIAGRAMA DE AIRE HÚMEDO



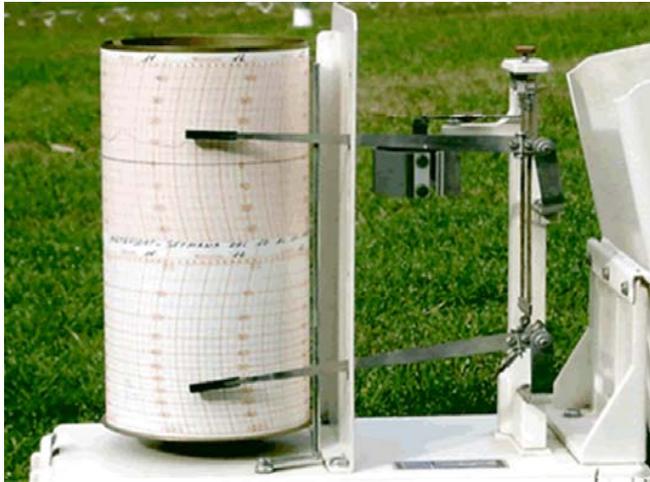


HIGRÓMETROS





Termohigrógrafo



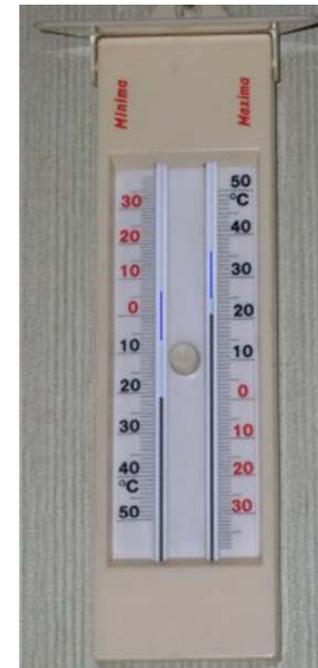
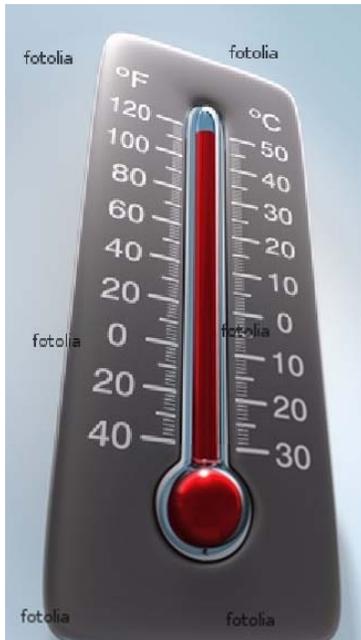
Psicrómetro Tipo Assman

Psicrometría es una rama de la ciencia que estudia las propiedades termodinámicas del aire húmedo y del efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y sobre el confort humano.



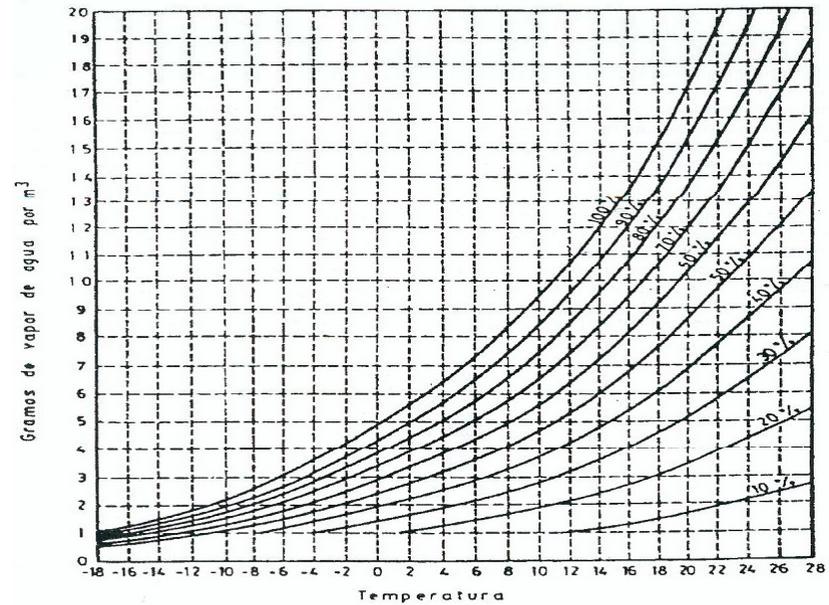
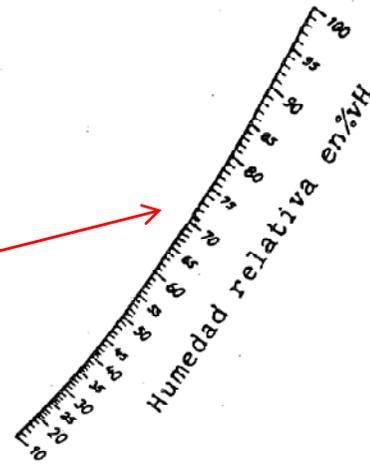
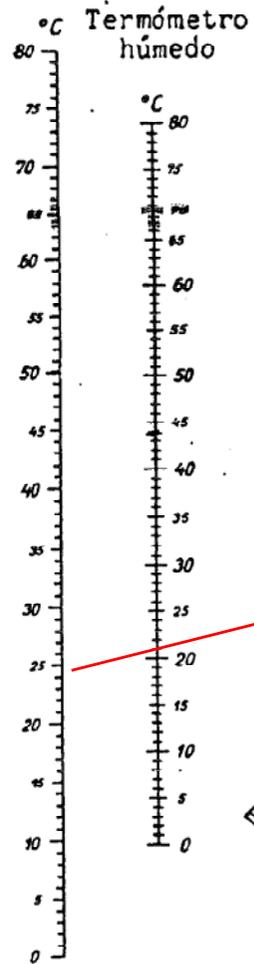


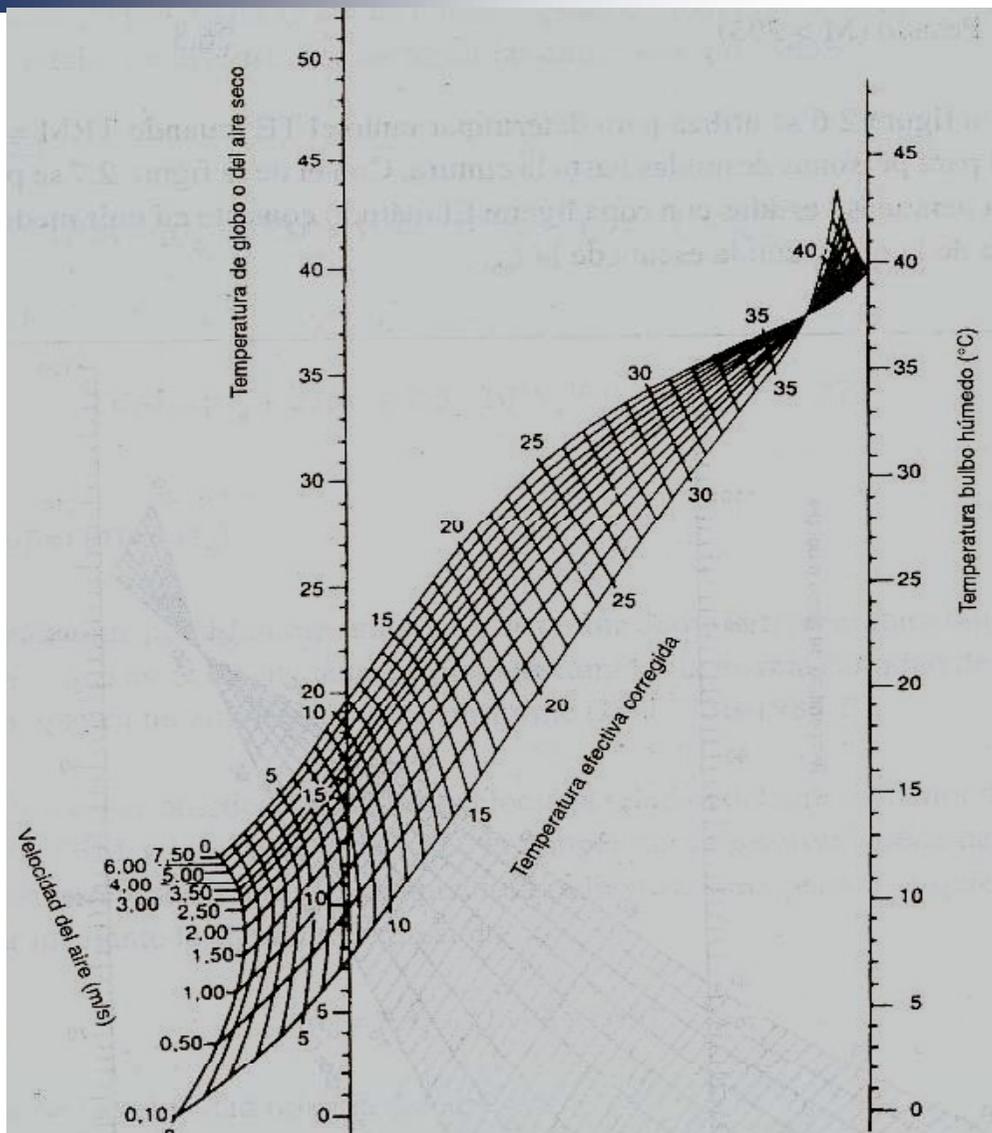
Termometría





Termómetro
seco

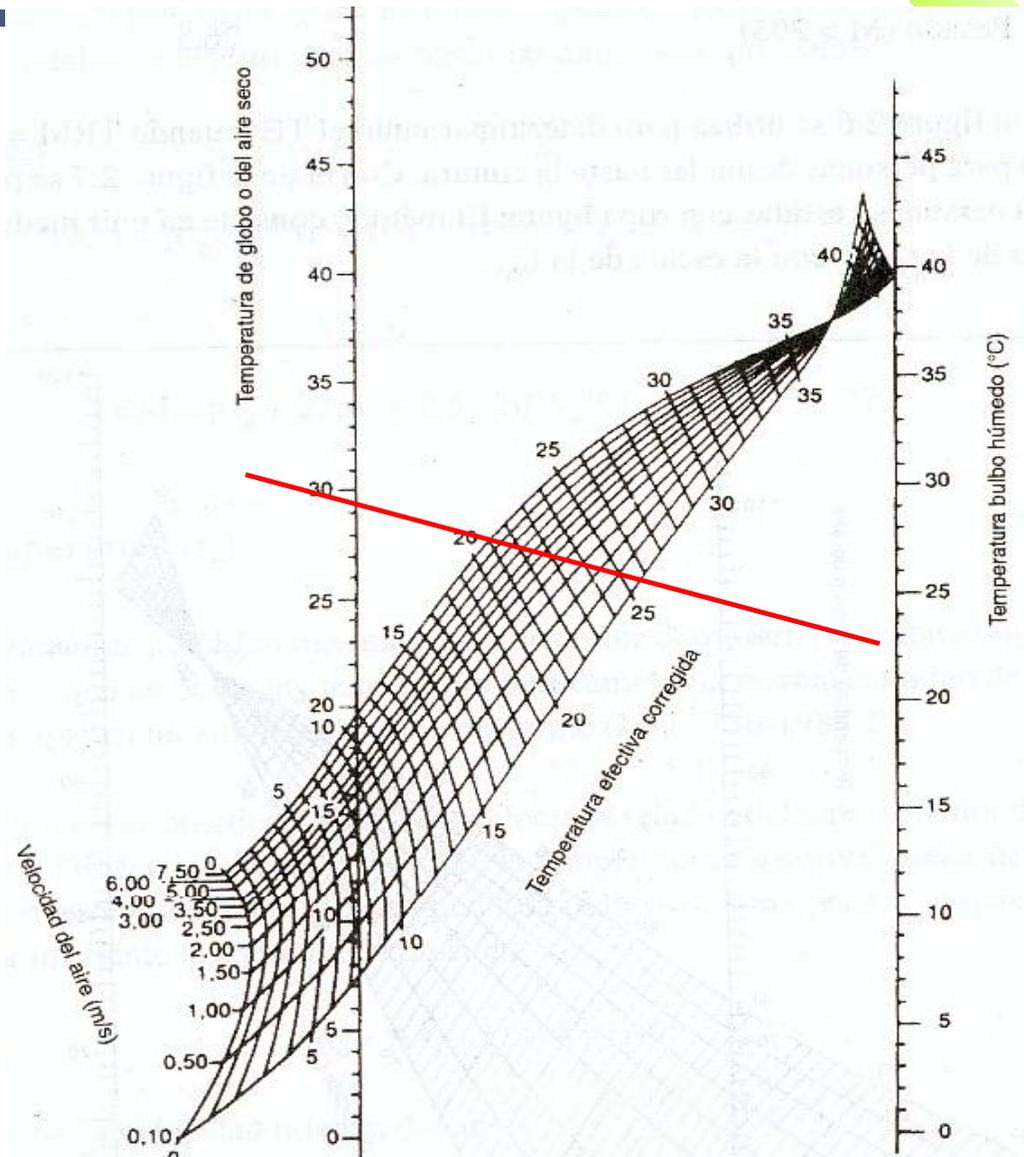




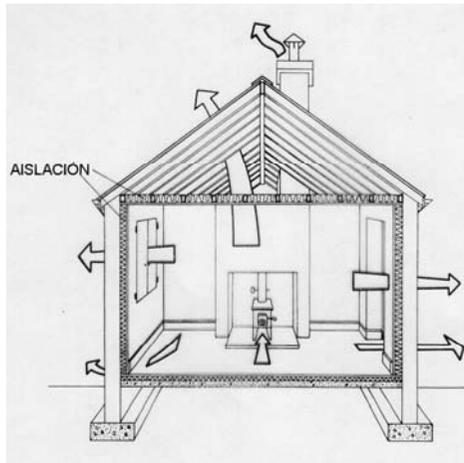
TEMPERATURA EFECTIVA

Se define como un índice arbitrario que combina en un único valor el efecto de la temperatura, humedad y movimiento del aire en relación con la sensación de calor o frío sentida por el cuerpo humano.

DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES



La temperatura efectiva, en rigor es una sensación térmica que no sólo depende de la temperatura , sino también de la humedad del aire y de su movimiento



CONFORTABLE

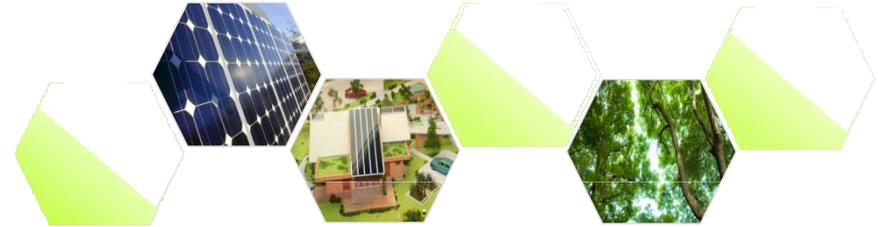
Edificio o vivienda energéticamente eficiente.

Es el que recurriendo al diseño, minimiza el empleo de energía convencional. La tecnología actual, sumado a un uso responsable de la energía, permiten un considerable ahorro. Esto permite mejorar la calidad de vida de los ocupantes de estos edificios, y también, para el caso de empresas, las vuelve más rentables al reducir los gastos.



DIPLOMA DE POSTÍTULO

DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

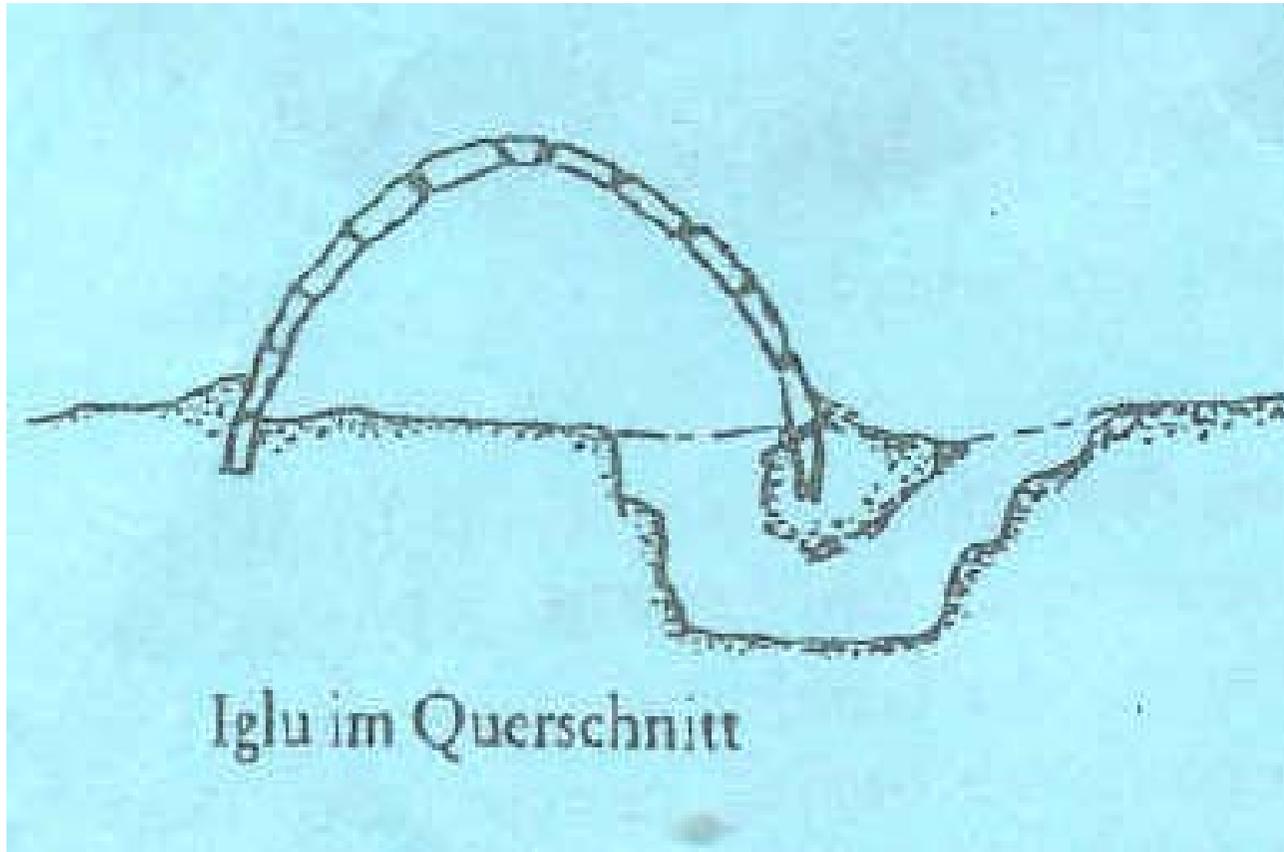


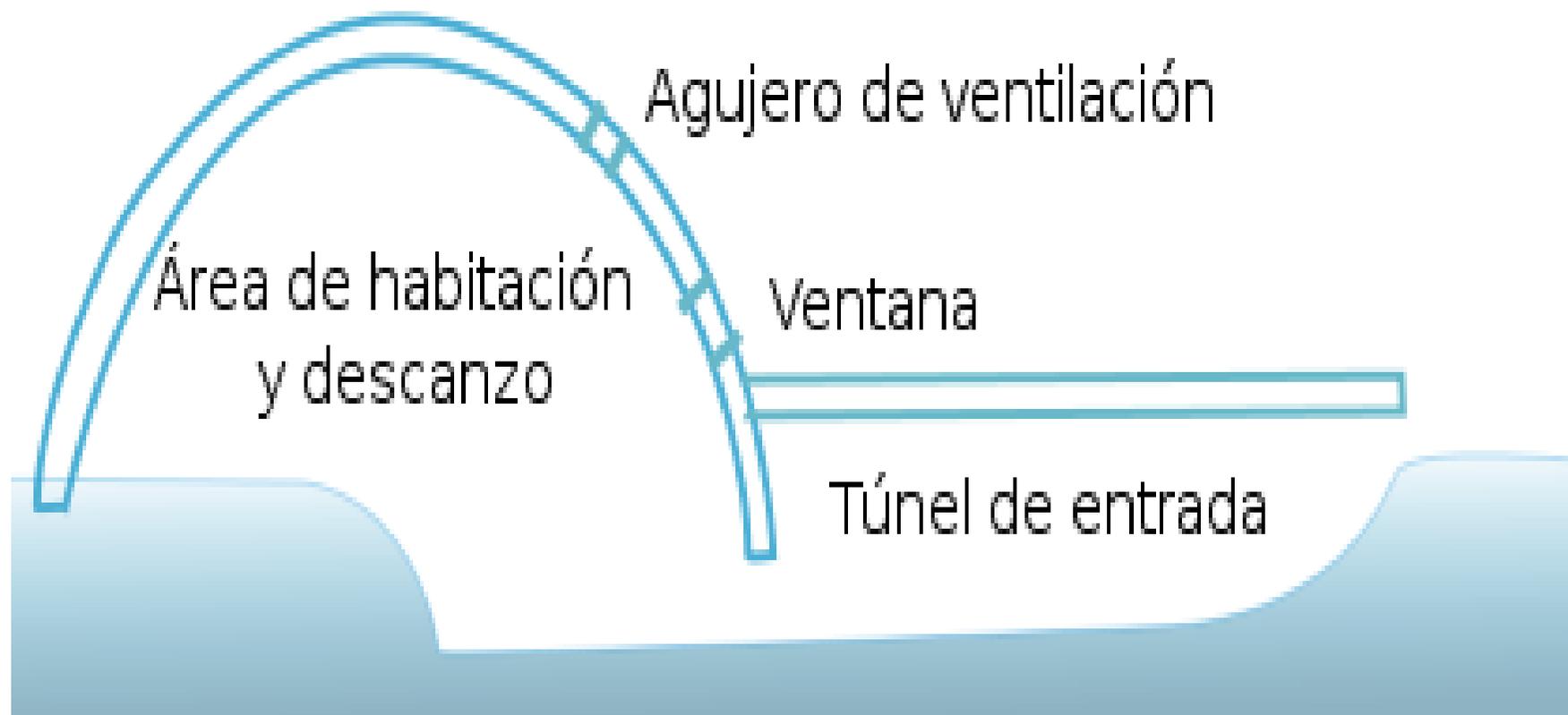
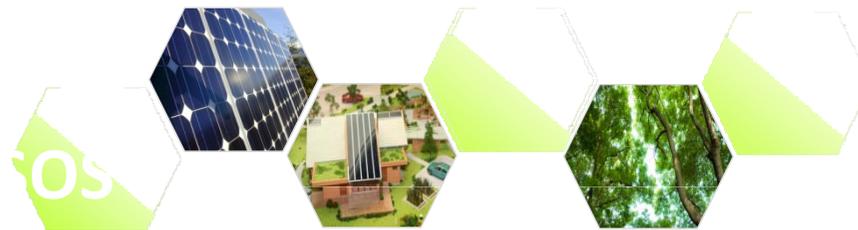


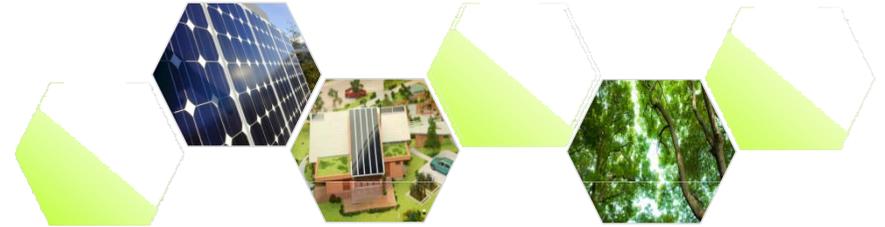
TEMPERATURAS EXTREMAS

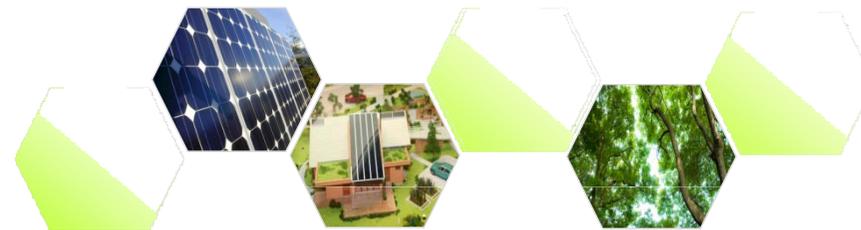
LUGAR	T. máx. °c	FECHA
Libia	57,8	13 / 09 / 1922
California	56,7	10 / 07 / 1913
Israel	53,9	21 / 06 / 1942
Australia	53,3	16 / 01 / 1889
España, Sevilla	50,0	04 / 08 / 1881
Argentina, Rivadavia	48,9	11 / 12 / 1905
Filipinas	42,2	29 / 04 / 1912
Antartida	14,4	20 / 10 / 1956

LUGAR	T. min. °C	FECHA
Base Vostok, Antartida	-88,3	24 / 08 / 1960
Canadá	-62,8	03 / 02 / 1947
Argentina, Sarmiento	-32,8	01 / 06 / 1907
Marruecos	-23,9	11 / 02 / 1935
Australia	-22,2	22 / 07 / 1947









VALORES DEL COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA, λ

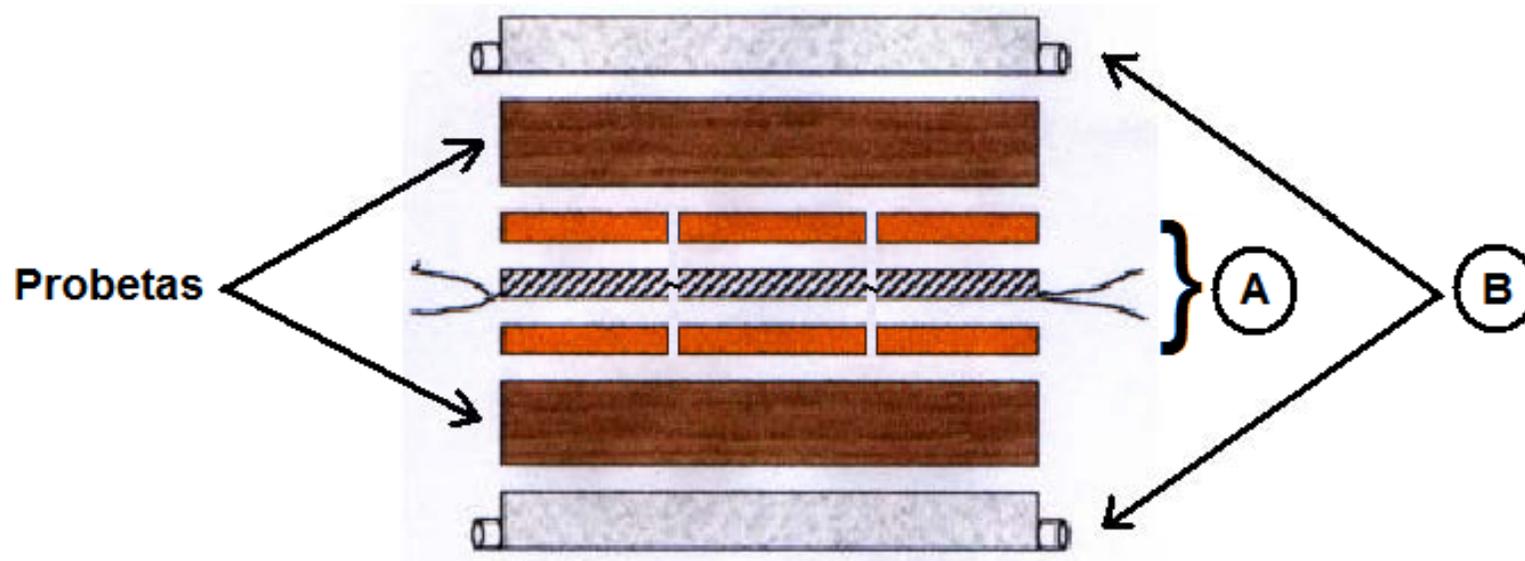
Material	λ [W/m°C]
Cobre	380
Aluminio	210
Acero	58
Hormigón (2400 kg/m ³)	1.60
Vidrio	1.20
Agua	0.60
Yeso	0.25
Maderas	0.11
Espumas, fibras alveolares	0.04
Aire quieto	0.024



CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

$$\phi = \lambda \cdot S \cdot \frac{\Delta t}{\Delta e}$$

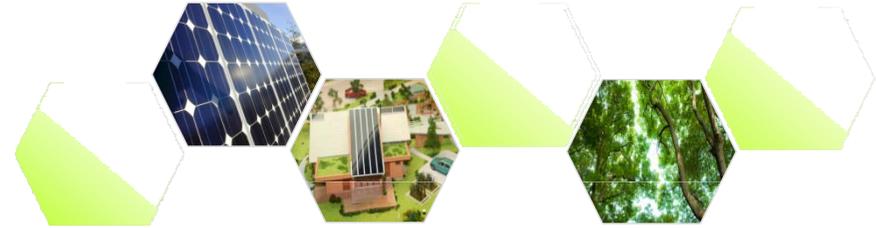
$$\text{Luego: } \lambda = \frac{\phi \cdot \Delta e}{S \cdot \Delta t} \Rightarrow \left[\frac{W \cdot m}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$



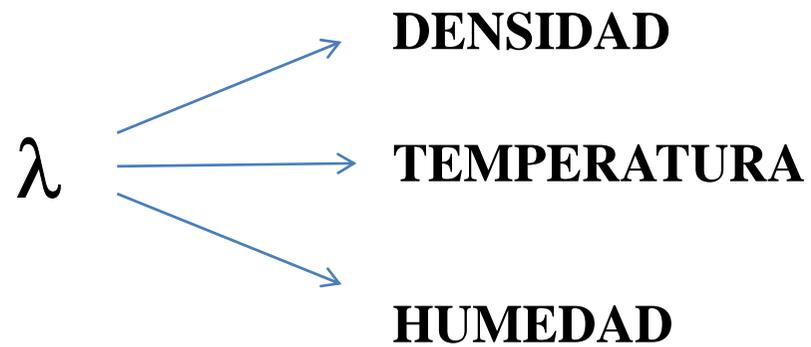
A: Unidad de calentamiento

B: Unidad de refrigeración

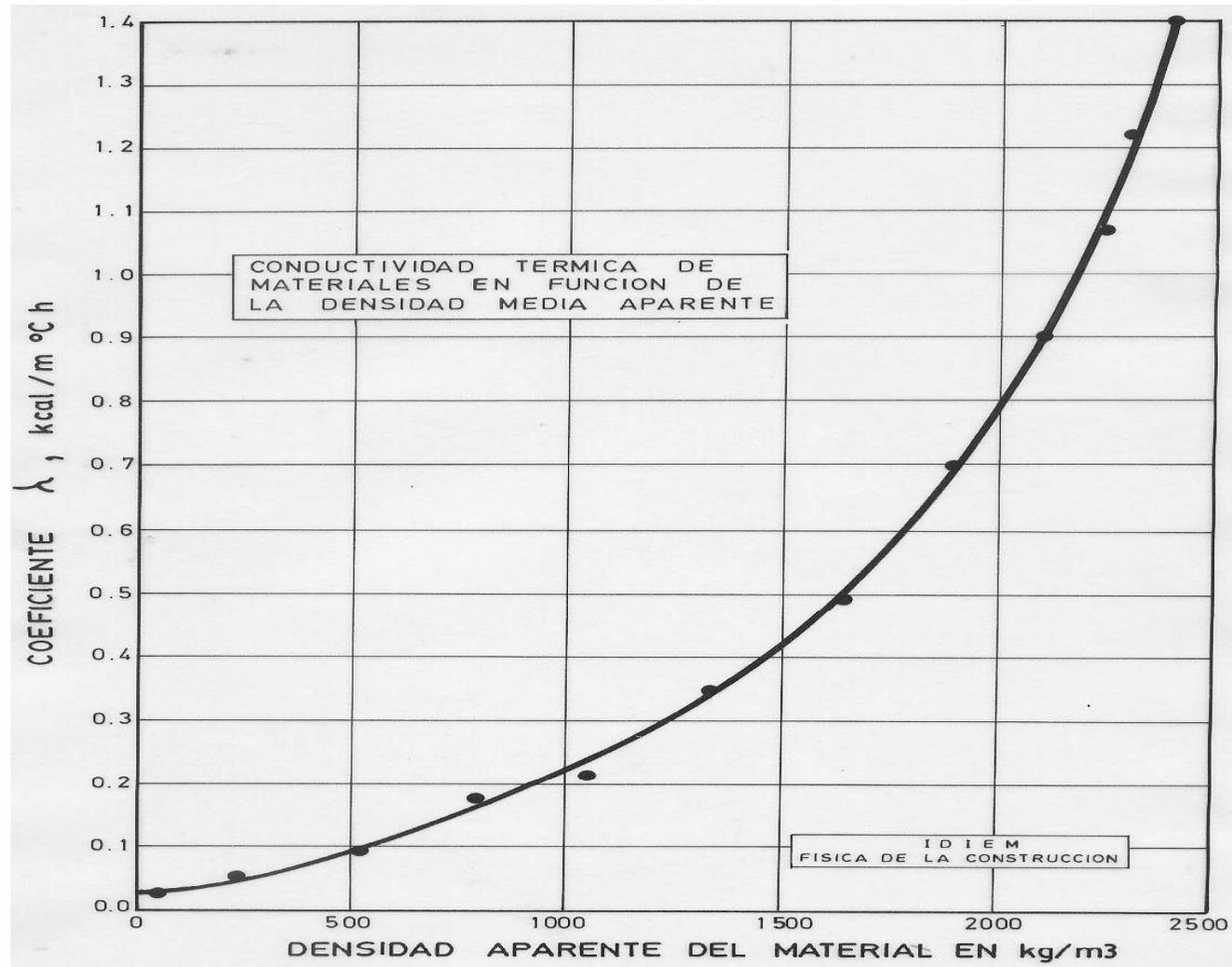
$$\lambda = \frac{\Phi \cdot e}{2 \cdot A \cdot (T_2 - T_1)}$$



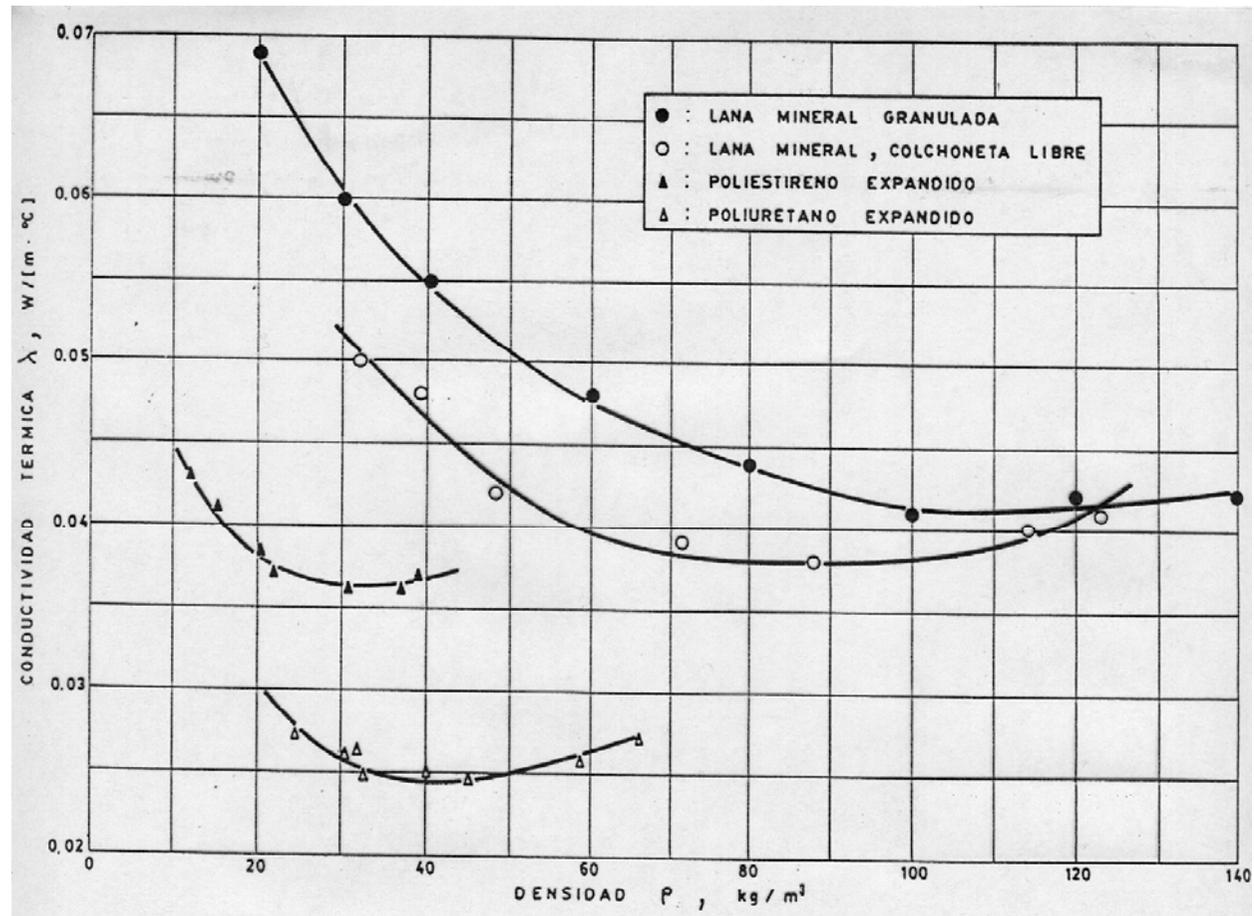
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA, λ



DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES



DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES



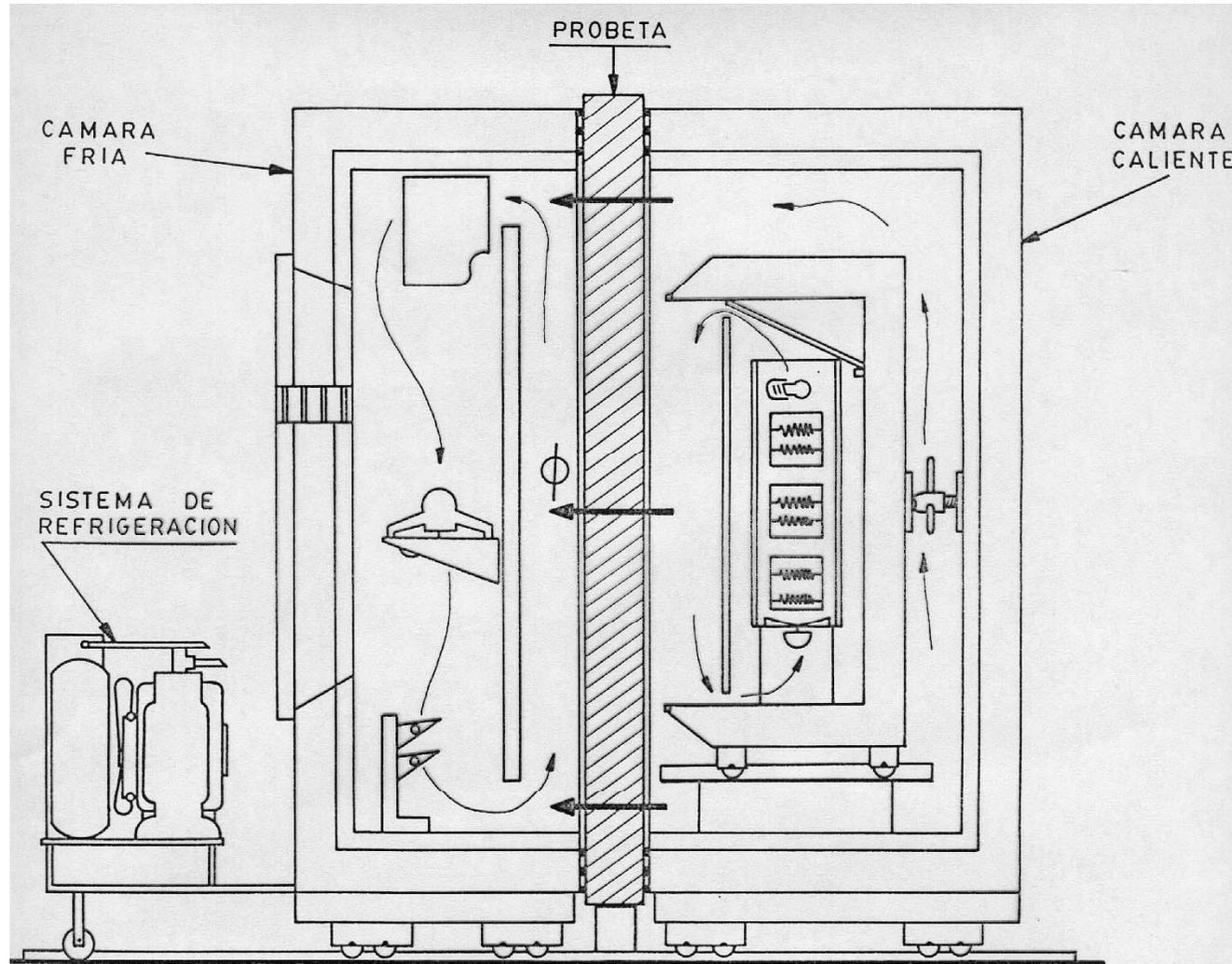
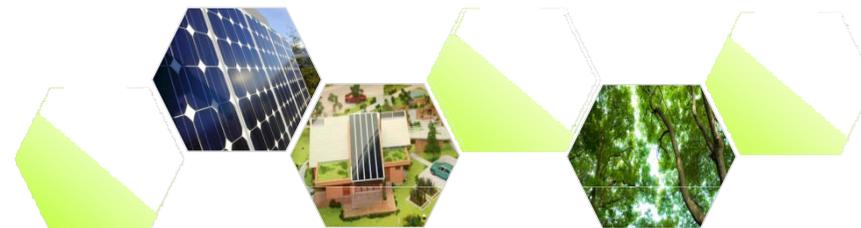


FIG. 2 ESQUEMA GENERAL DE LA CAMARA TERMICA

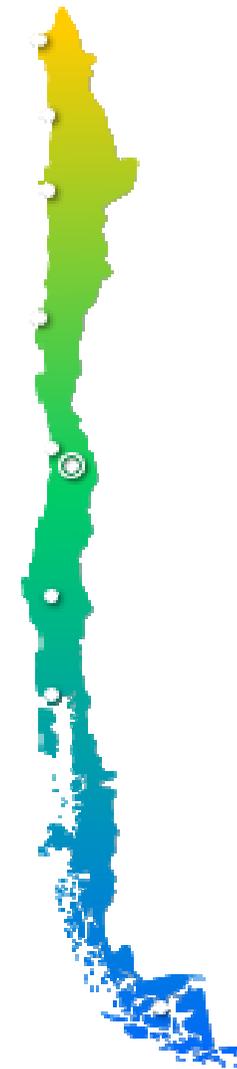


CÁMARA TÉRMICA





- NL NORTE LITORAL**
- ND NORTE DESERTICA**
- NVT NORTE VALLE TRANSVERSAL**
- CL CENTRAL LITORAL**
- CI CENTRAL INTERIOR**
- SL SUR LITORAL**
- SI SUR INTERIOR**
- SE SUR EXTREMO**
- AN ANDINA**



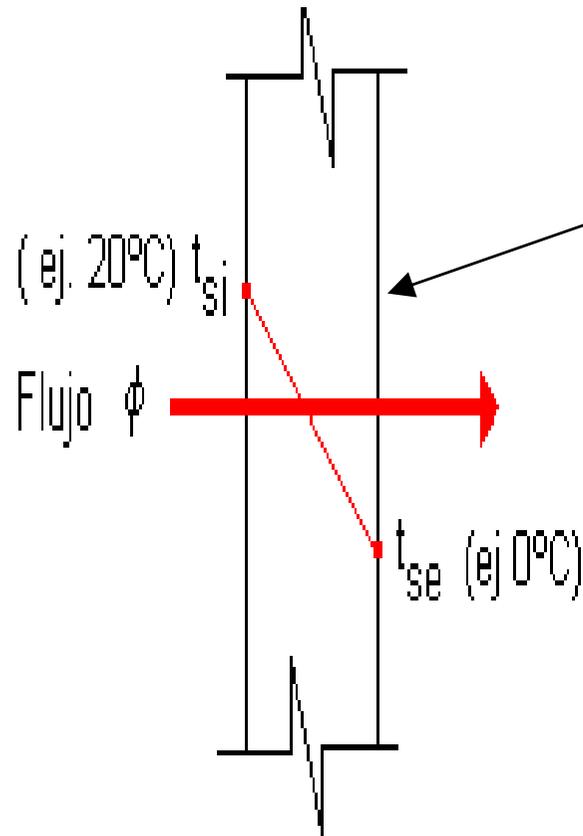


DATOS

- **Temperatura**
- **Insolación**
- **Soleamiento**
- **Humedad relativa**
- **Nubosidad**
- **Precipitación**
- **Vientos predominantes**
- **Heladas**
- **Orientación de muros que requieren protección contra el sol**
- **Pendiente de cubierta, valores mínimos**



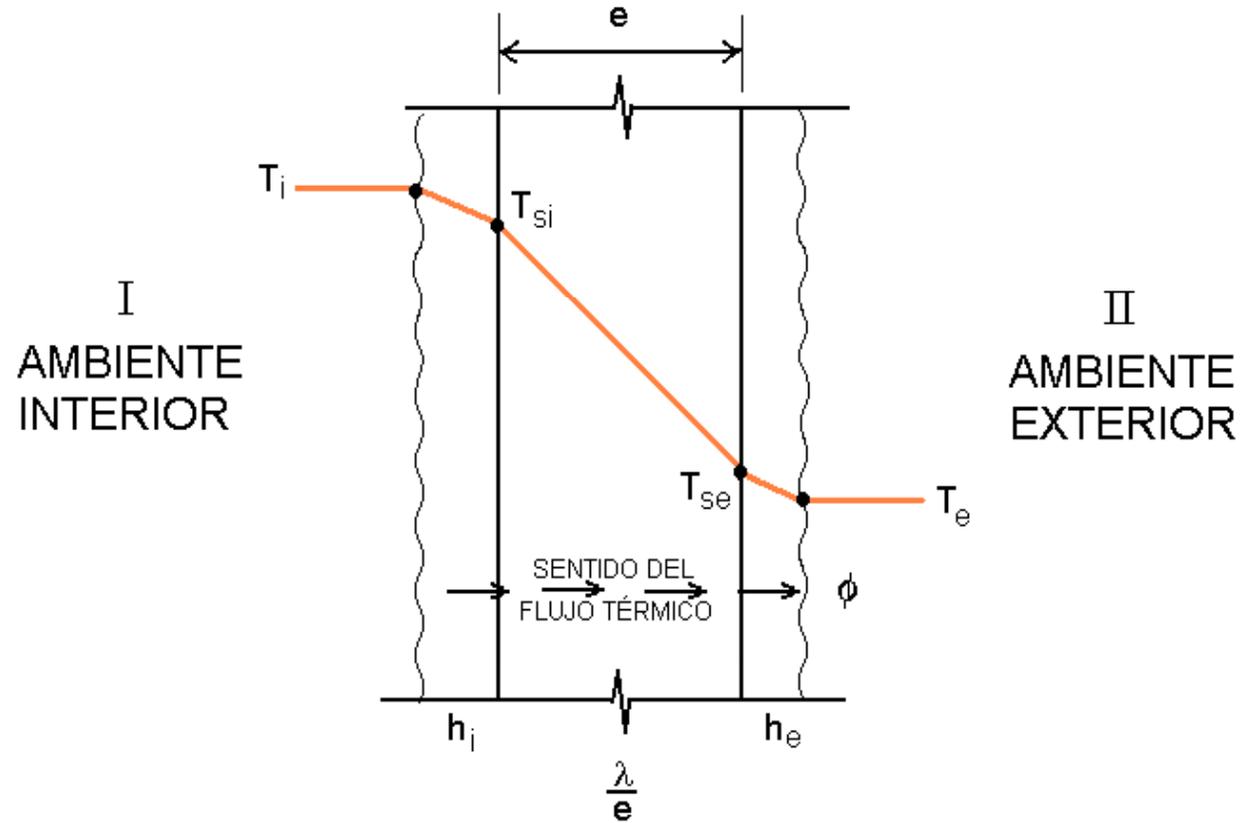
$$\Phi = U \cdot S \cdot (T_i - T_e)$$



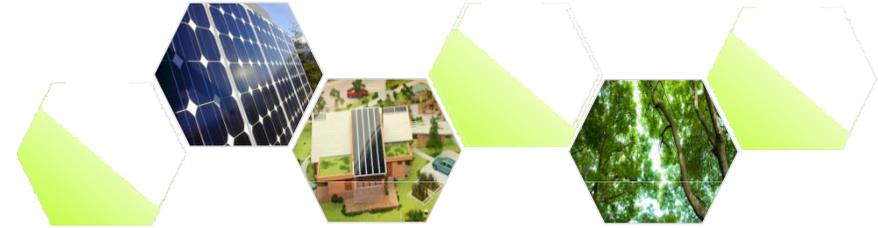
**Elemento
simple**

$$\phi = \frac{\text{calor}}{\text{tiempo}} \Rightarrow \left[\frac{\text{kcal}}{h} \right];$$

$$[W]; \text{ watt}$$



$$U = \frac{\phi}{A(T_2 - T_1)}$$



$$R = 1/U \quad (\text{m}^2\text{K})/\text{W}$$

$$U = 1/R \quad \text{W}/(\text{m}^2\text{K})$$

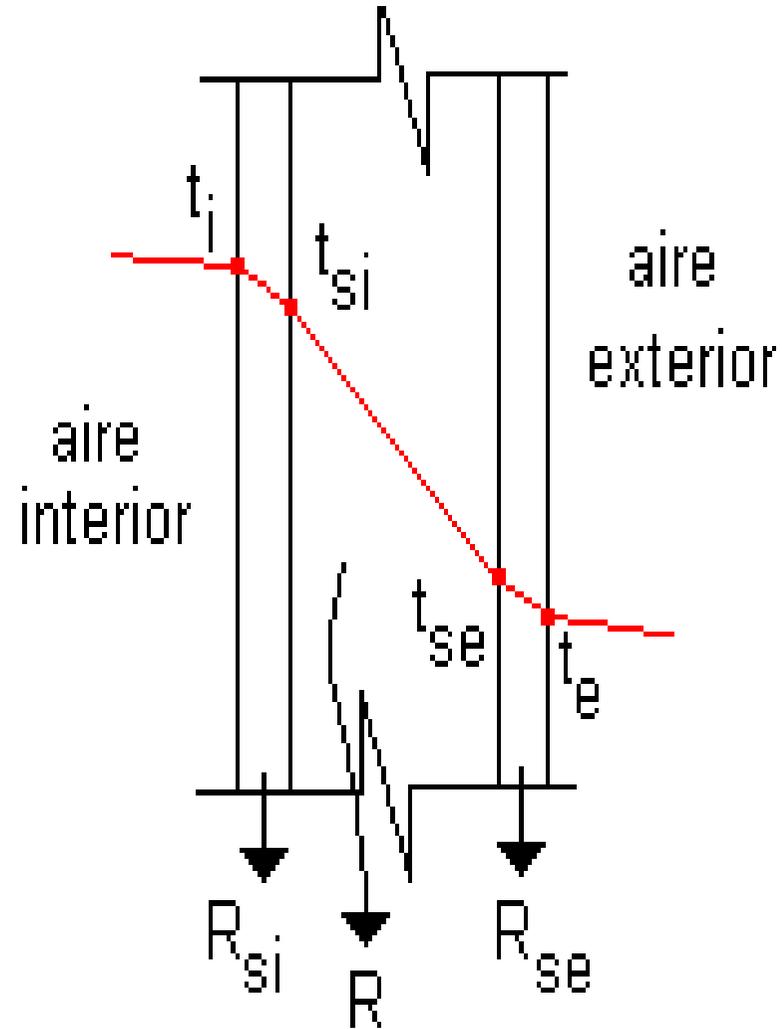
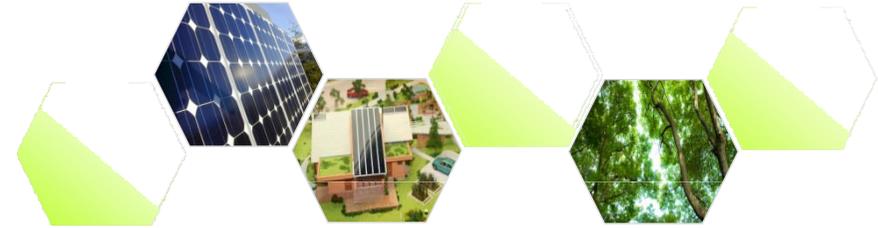
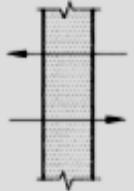
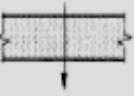


Tabla 2

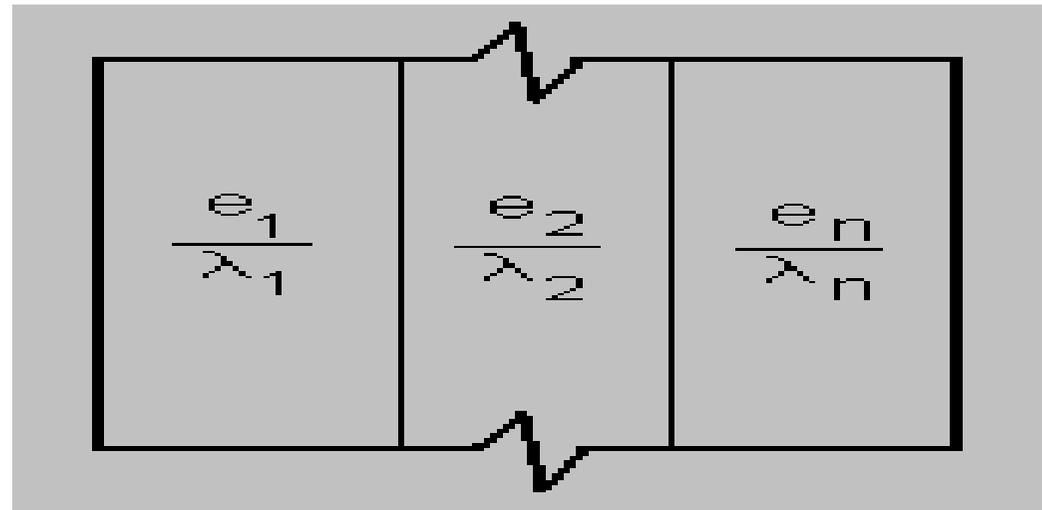
Resistencias térmicas de superficie en $m^2 \times K/W$							
Posición del elemento y sentido del flujo de calor		Situación del elemento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
		R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$	R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$
Flujo horizontal en elementos verticales o con pendiente mayor que 60° respecto a la horizontal		0,12	0,05	0,17	0,12	0,12	0,24
Flujo ascendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que 60° respecto a la horizontal		0,09	0,05	0,14	0,10	0,10	0,20
Flujo descendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que 60° respecto a la horizontal		0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

NOTAS

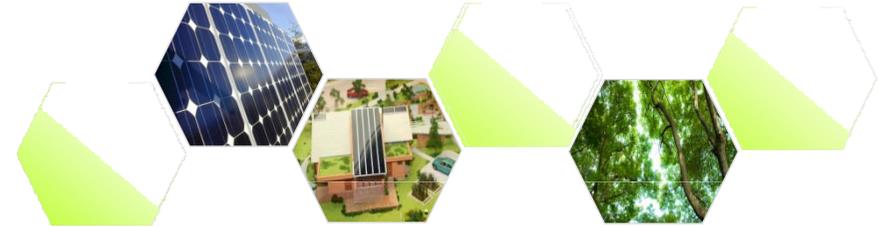
- Estos valores se han obtenido experimentalmente por el método de NCh851.
- Los valores de esta tabla corresponden a velocidades del viento en el exterior menores que 10 km/h. Para velocidades superiores se debe considerar $R_{se} = 0$.
- Bajo condiciones de pérdidas térmicas por parte del local (invierno), en general, el flujo de calor es ascendente a través de techumbres y descendente a través de los pisos.
- Bajo condiciones de ganancias térmicas por parte del local (verano), en general, el flujo de calor es ascendente a través de los pisos y descendente a través de las techumbres.



ELEMENTOS COMPUESTOS POR VARIAS CAPAS HOMOGENEAS.

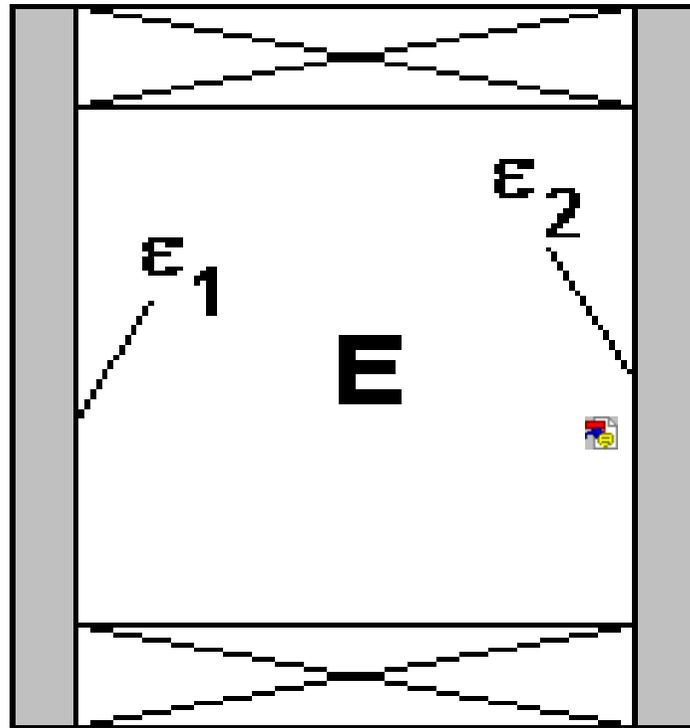


$$R_t = R_{si} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{se}$$



RESISTENCIA TÉRMICA

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (\text{m}^2\text{K})/\text{W}$$



$$\epsilon_1 = 0.9$$

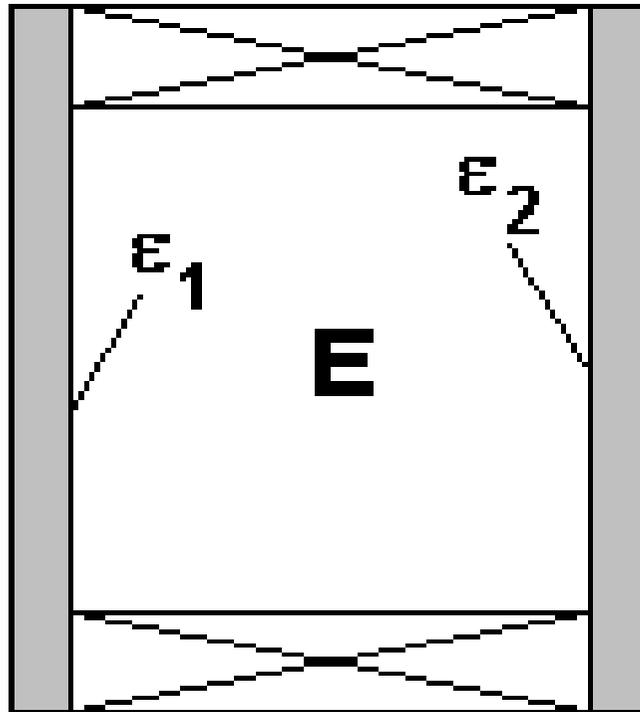
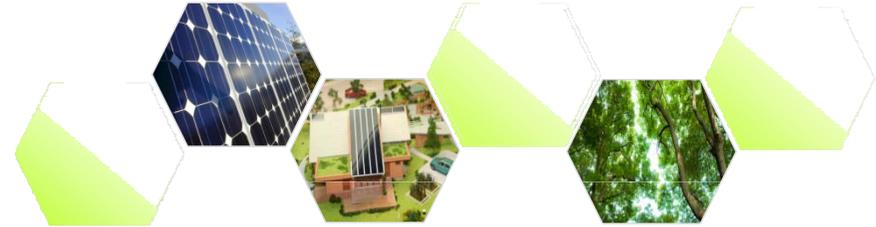
$$\epsilon_2 = 0.9$$

Razón entre la energía emitida por un cuerpo
y la que emitiría un cuerpo negro a la misma
temperatura



Tabla C.1 - Resistencia térmica por unidad de superficie de cámaras de aire no ventiladas -
Cámaras de aire verticales, flujo térmico horizontal

Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
	Resistencia térmica, R_s , m ² x K/W			
5	0,105	0,17	0,20	0,20
10	0,140	0,28	0,32	0,38
15	0,155	0,35	0,43	0,51
20	0,165	0,37	0,46	0,55
25	0,165	0,37	0,46	0,55
30	0,165	0,37	0,46	0,55
35	0,165	0,37	0,46	0,55
e ≥ 40	0,165	0,37	0,46	0,55



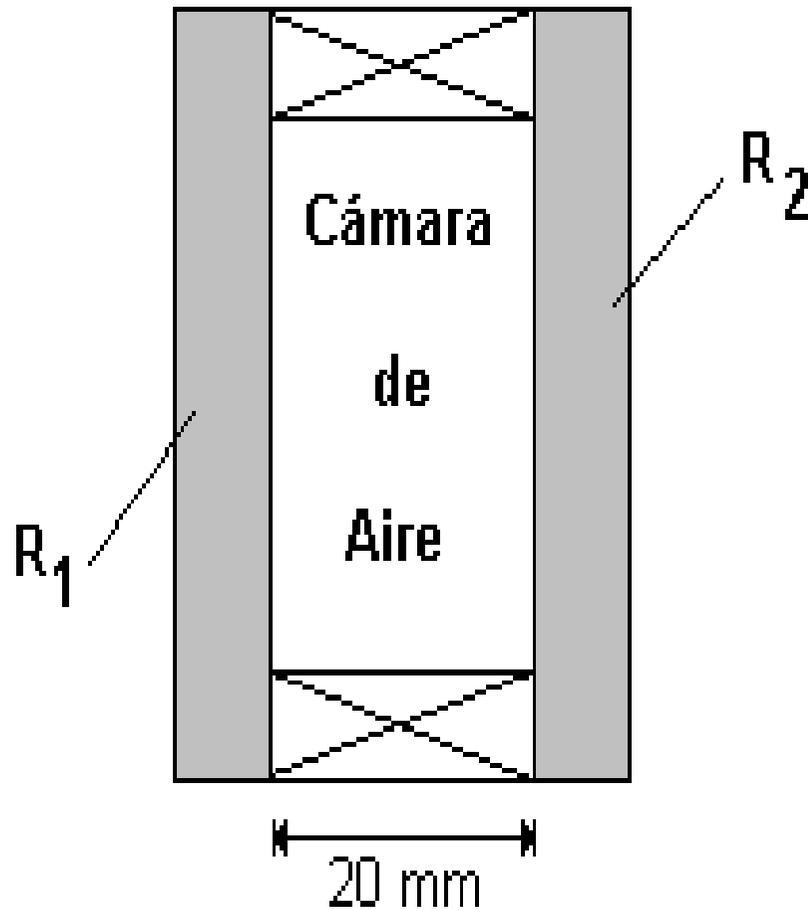
(Tabla 7
NCh 853)

$$E = 0.82$$

$$\frac{1}{E} = \frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \quad (\text{Anexo C NCh 853})$$



CASO I: ELEMENTOS CON CÁMARA DE AIRE NO VENTILADA



$$R_t = R_{si} + R_1 + R_g + R_2 + R_{se}$$

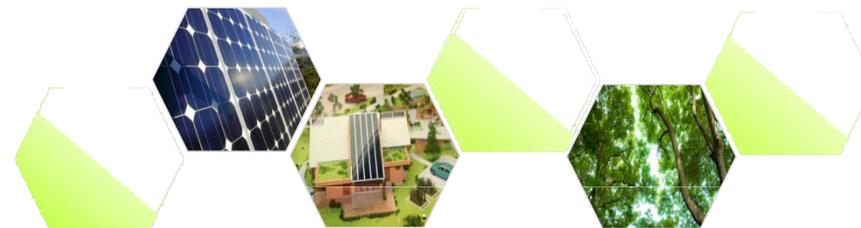


Tabla C.2 - Resistencia térmica por unidad de superficie de cámaras de aire no ventiladas -
Cámaras de aire horizontales, flujo térmico ascendente

Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
	Resistencia térmica, R_s , m ² x K/W			
5	0,10	0,16	0,17	0,19
10	0,13	0,23	0,26	0,29
15	0,13	0,25	0,29	0,32
20	0,14	0,25	0,29	0,33
30	0,14	0,26	0,31	0,35
40	0,14	0,27	0,32	0,36
50	0,14	0,28	0,33	0,37
60	0,14	0,28	0,34	0,38
70	0,14	0,29	0,34	0,39
80	0,15	0,30	0,35	0,40
90	0,15	0,30	0,35	0,40
e ≥ 100	0,15	0,30	0,35	0,40

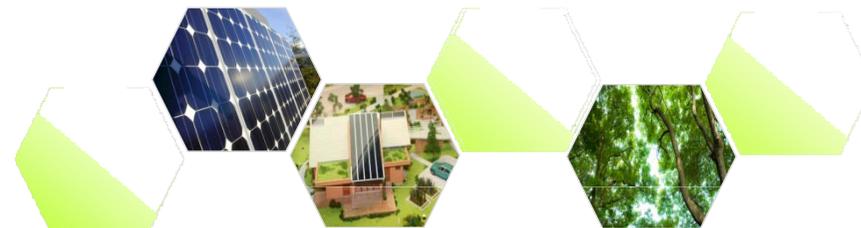


Tabla C.3 - Resistencia térmica por unidad de superficie de cámaras de aire no ventiladas -
Cámaras de aire horizontales, flujo térmico descendente

Espesor de la cámara, mm	Emisividad total, E			
	0,82	0,20	0,11	0,05
	Resistencia térmica, R_g , $m^2 \times K/W$			
5	0,09	0,16	0,20	0,20
10	0,14	0,29	0,34	0,37
15	0,16	0,36	0,45	0,52
20	0,17	0,42	0,55	0,65
25	0,17	0,47	0,63	0,76
30	0,175	0,51	0,68	0,87
40	0,185	0,57	0,77	1,03
50	0,19	0,60	0,84	1,15
60	0,19	0,61	0,89	1,25
70	0,19	0,62	0,94	1,33
80	0,20	0,63	1,00	1,46
90	0,20	0,63	1,00	1,46
$e \geq 100$	0,20	0,63	1,00	1,46



$$\varphi = U \cdot (t_i - t_e)$$

↓ ↓ ↓

Energía Diseño Clima



DIPLOMA DE POSTÍTULO



DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES



Los edificios privados estarán bien dispuestos, si desde el principio se tiene en cuenta el clima de los lugares en que se construye, porque no hay duda de que tienen que ser distintos los edificios que se hacen en Egipto de los que se hacen en España, distinguiendo los de Ponto de los de Roma, y así también en los otros países.

Ponto eran vastas extensiones de tierra del noreste de Asia Menor (la actual Turquía)



DIPLOMA DE POSTÍTULO



DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES



Esto se debe a que una parte de la tierra está bajo el curso del sol, otra queda alejada, y la otra, que queda en el medio es templada.

Siendo así que la constitución del cielo respecto a la tierra, por la inclinación del Zodiaco y por el curso del sol, es poseedora de distintas calidades, es conveniente dar forma a los edificios en relación al carácter del lugar y a los varios aspectos del cielo.



En el septentrión deben hacerse las habitaciones con bóveda, lo más separadas posibles y no abiertas, pero más bien orientadas hacia los lugares cálidos. En lugares meridionales, que, al contrario, están expuestos a la violencia del sol porque ellos se mueren de calor, deben hacerse abiertas y orientadas hacia el oeste o al griego. Esta es la forma con que el ingenio aminora los inconvenientes que trae consigo la naturaleza.

Vitruvio