

CURSO CONSTRUCCIONES SUSTENTABLES

Módulo II: Envoltentes Eficientes

Sustentabilidad y Economía Energética Edilicia

Arq. Analía Gómez - Profesora Titular
Arq. Jorge Czajkowski - Profesor Titular (3)
Laboratorio de Arquitectura y Habitat Sustentable - FAU - UNLP
Catedra de Instalaciones N°1 :C-G-C

DAC 3: Calidad higrotérmica de cerramientos verticales y horizontales

En este trabajo se realizará la verificación de la calidad térmica edilicia en los componentes tecnológico-constru-
tivos de la envolvente, de acuerdo a los siguientes pasos:

1. Calcular el coeficiente "K" para las soluciones de muros y techos indicadas por el docente.
2. Verificar el cumplimiento de la Norma IRAM 11605: 1996 sintetizada en las Tablas, para las situaciones de invierno y verano
3. Verificar las condiciones de aislación propuesta por la Cátedra, *Nivel Sustentable*.
4. Discutir sobre la conveniencia de usar un nivel de calidad térmica superior.

DAC 4: Calidad higrotérmica de cerramientos verticales y horizontales

Se realizará aquí la verificación de la calidad térmica edilicia del edificio en su totalidad en función del clima, de acuerdo a los siguientes pasos:

1. En primer lugar se determinará a que parte de la vivienda corresponden los dos casos de muro y techo evaluados en el práctico anterior.
2. Luego se realizará el computo de superficies correspondientes a las partes de la envolvente, discriminados en:
 - **Cerramientos OPACOS: Muros** exteriores por tipos (en metros cuadrados) y **Techos** por tipos (en metros cuadrados),
 - **Cerramientos No OPACOS: Aberturas** exteriores por tipos (en metros cuadrados)
 - **Pérdidas de piso en contacto con el terreno:** Pp en W/m°C. Tabla 2
 - En todos los casos se considerará la envolvente externa, descartándose los que se encuentren en el interior como tabiques y entrepisos.
 - La parte de envolvente que se encuentre en contacto o no con un edificio vecino o con locales no calefaccionados se aplicará un factor de corrección de la transmitancia térmica (γ) Tabla 3.
 - Se adoptará:
 - K= 5,8 W/m²°C** para ventanas sin protección
 - K= 3,5 W/m²°C** para puertas de madera, ventanas con doble vidriado o con protección (postigos interiores o cortinas de enrollar)
 - K=** para pisos ver Tabla2: Pérdidas por el piso en contacto con el terreno (Pp) en W/m
 - K= 6,0 W/m²°C** para puertas de chapa o aluminio.
3. Determinar el Volumen interior calefaccionado (en metros cúbicos)
4. Determinar el coeficiente volumétrico de pérdidas térmicas "G" con el procedimiento explicado en la clase teórica, adoptando un valor de 2 renovaciones horaria de aire por infiltración.
5. Con la Tabla 1 determinar el "*G admisible*" para el sitio en que se implantará el edificio en función del volumen calefaccionado del mismo y los grados día de la localidad.
6. Discriminar porcentualmente las pérdidas térmicas en función de muros, techos, puertas, ventanas, pisos e infiltración.
7. En caso de no verificar las condiciones de calidad térmica mínima propuestas por la Norma IRAM, mejorar la aislación del componente de la envolvente con mayor incidencia porcentual en las pérdidas térmicas y rehacer el cálculo.

DAC 5: Economía Energética Edilicia y Sustentabilidad

Se conocerá con este trabajo como, cuanto y por donde se pierde calor en una vivienda, sea esta convencional o con DAC. Esto nos permitirá discutir donde es factible introducir mejoras mediante el uso de aislantes térmicos o el uso de aberturas más herméticas al paso del aire. Para eso primero volcaremos los datos a una tabla y luego realizaremos un gráfico de torta. Luego se determinará la carga térmica mensual y anual en calefacción para posteriormente conocer el dinero gastado en calefacción.

DAC 3: Calidad higrotérmica de cerramientos verticales y horizontales

CONDUCCIÓN TÉRMICA

La conducción térmica es una de las formas de transferencia de calor que tiene lugar cuando la diferencia de temperaturas entre dos porciones contiguas de un sólido opaco y en reposo o de dos sólidos en contacto provoca el pasaje de calor de una zona a otra en el sentido de las temperaturas decrecientes.

Este proceso está asociado a una de las propiedades físicas de los materiales denominada *conductividad térmica*

$\lambda = [W/m^{\circ}C]$ (λ) Esta depende de la temperatura, la presión y la naturaleza del material. La podemos definir como:

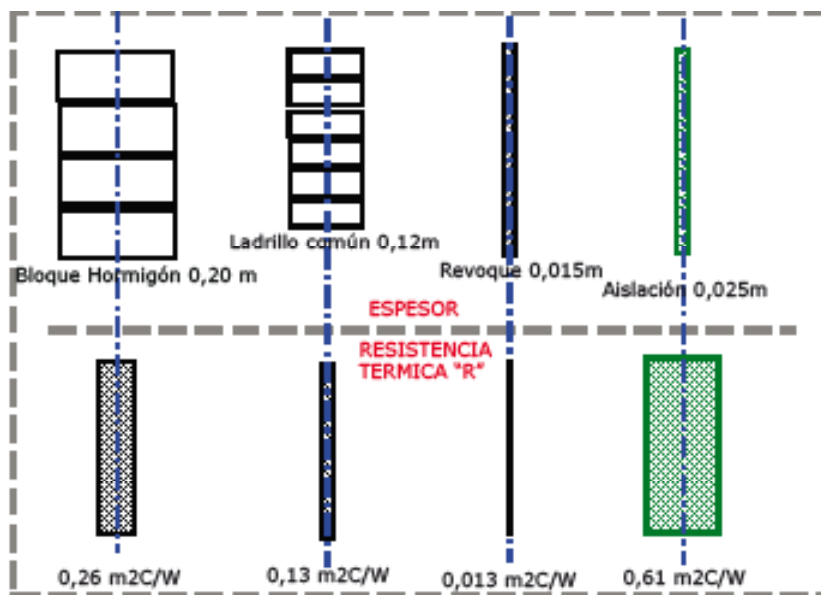
La propiedad de un material que determina el flujo de calor que se transmite en régimen estacionario, en la unidad de tiempo, a través de una unidad de espesor de una unidad de área cuando la diferencia de temperatura entre sus caras es la unidad.

El flujo de calor depende, además de la conductividad térmica, del espesor del elemento que estemos considerando. La relación entre ambas variables es el *coeficiente de transmitancia térmica K*, al que podemos definir como:

$K = \lambda / e [W/m^2^{\circ}C]$

La cantidad de calor que se transmite en régimen estacionario, en la unidad de tiempo, a través de la unidad de superficie por un material o elemento constructivo de cierto espesor, cuando la diferencia de temperatura entre sus caras es la unidad.

Como podemos apreciar la transmitancia térmica es inversamente proporcional al espesor, por lo tanto a mayor espesor el flujo de calor es menor y a mayor conductividad térmica habrá un mayor flujo de calor.

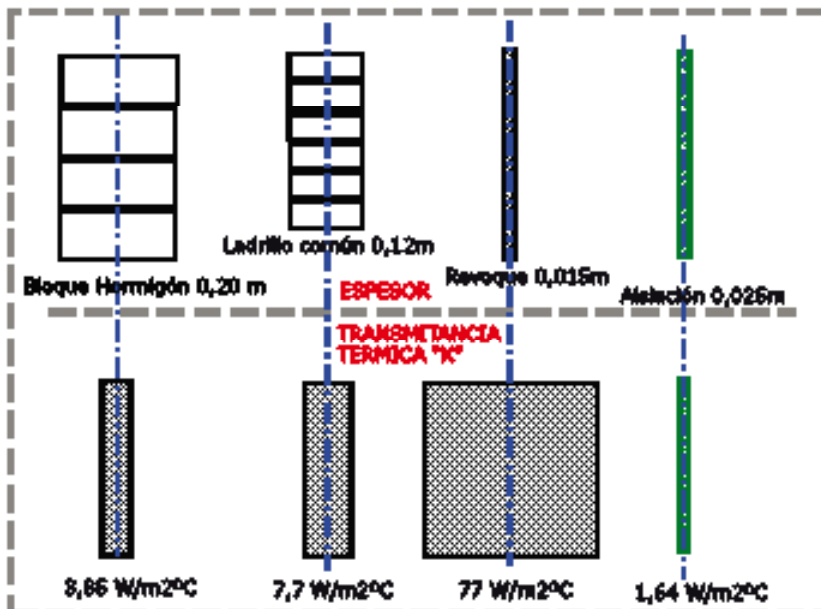


La propiedad inversa de la transmitancia térmica es la resistencia térmica R. (m²°C/W)

La resistencia térmica de un elemento constructivo está determinada por la suma de las resistencias de las capas uniformes y homogéneas de conductividad y espesor, que constituyen el elemento considerado, más las resistencias térmicas superficiales (interior y exterior) que son la resistencia al flujo de calor por convección y radiación.

La figura superior muestra la comparación de las resistencias térmicas "R" para distintos espesores de muros de bloques de hormigón, ladrillo común, revoque y aislación térmica.

La inferior muestra la comparación de las transmitancias térmicas "K" para distintos espesores de muros de bloques de hormigón, ladrillos común, revoque y aislación térmica.



CONDICIONES DE INVIERNO

La actualización de la Norma IRAM 11 605 contempla un profundo cambio en la manera de verificar los valores admisibles ya que se deja de utilizar la zona bioambiental, la masa y la orientación como variables de referencia y se pasa a utilizar la temperatura de diseño. Además se consideran tres condiciones diferentes de confort interior correspondiendo la condición C a 18°, la condición B a 20° y la condición A a 22°. Por otra parte y para lograr ese confort la superficie interior del cerramiento (muro o techo) no debe superar un cierto salto en la temperatura. Así para

la condición **C** la diferencia de temperatura admisible entre la superficie interior del cerramiento y la temperatura del ambiente interior tomada a 1.50m sobre el nivel del suelo y en el centro de la habitación no superará los 4°C; este salto será de 2.5°C para el nivel **B** y 1°C para el nivel **A**.

Esta diferencia en el modo de determinar los valores admisibles respecto de valores anteriores en la norma se basa en la necesidad de priorizar el confort térmico y evitar la condensación superficial en el interior en los cerramientos. Para esto se utiliza la temperatura resultante que se obtiene con la siguiente expresión: $T_{res} = (T_{int} + T_{rad}) / 2$, donde T_{res} es la temperatura resultante, T_{int} es la temperatura de bulbo seco del aire interior y T_{rad} es la temperatura radiante media interior. Tendremos así tres niveles establecidos que serán 21°C, 18.8°C y 16°C.

Como todo cambio siempre arrastra ventajas y desventajas. Entre las ventajas podemos mencionar que es responsabilidad del diseñador buscar los datos climáticos de la localidad donde va a hacer su obra y decidir el nivel de confort que le quiere dar a la misma. Desde ya que existe un marco de referencia dado por la Norma IRAM 11 603, que brinda valores para un centenar de localidades argentinas y en la misma se incorporan valores de corrección para microclimas y cambios sobre la altura sobre el nivel del mar. Por otra parte los tres niveles de confort implican un mayor gasto en aislación térmica que puede convertirse en una buena inversión en el corto plazo ya que este sobre costo se recupera en 2/4/6 años para los niveles **C/B/A**, respectivamente, para la región de Gran Buenos Aires donde existe una tarifa homogénea en el gas natural. De calefaccionarse con otros combustibles, de mayor costo, el retorno de la inversión es mucho mas rápido.

Tabla 1: Valores de $K_{MAX ADM}$ para condición de invierno en $W/m^2°C$
Para valores intermedios interpolar linealmente

Temperatura exterior de diseño (T_{ed}) [°C]	Nivel A		NIVEL SUSTENTABLE		Nivel B		Nivel C	
	Muros	Techos	Muros	Techos	Muros	Techos	Muros	Techos
-15	0,23	0,20	0,42	0,36	0,60	0,52	1,01	1,00
-14	0,23	0,20	0,42	0,37	0,61	0,53	1,04	1,00
-13	0,24	0,21	0,44	0,38	0,63	0,55	1,08	1,00
-12	0,25	0,21	0,45	0,39	0,65	0,56	1,11	1,00
-11	0,25	0,22	0,46	0,40	0,67	0,58	1,15	1,00
-10	0,26	0,23	0,48	0,42	0,69	0,60	1,19	1,00
-9	0,27	0,23	0,50	0,42	0,72	0,61	1,23	1,00
-8	0,28	0,24	0,51	0,44	0,74	0,63	1,28	1,00
-7	0,29	0,25	0,53	0,45	0,77	0,65	1,33	1,00
-6	0,30	0,26	0,55	0,47	0,80	0,67	1,39	1,00
-5	0,31	0,27	0,57	0,48	0,83	0,69	1,45	1,00
-4	0,32	0,28	0,60	0,50	0,87	0,72	1,52	1,00
-3	0,33	0,29	0,62	0,52	0,91	0,74	1,59	1,00
-2	0,35	0,30	0,65	0,54	0,95	0,77	1,67	1,00
-1	0,36	0,31	0,68	0,56	0,99	0,80	1,75	1,00
0	0,38	0,32	0,69	0,58	1,00	0,83	1,85	1,00

La temperatura mínima de diseño se obtiene, de manera simplificada, restando 4,5° a la temperatura mínima media de la localidad. Esto se corresponde a una frecuencia de 4 días de ocurrencia de cierta temperatura en 5 años.

CONDICIONES DE VERANO

En la verificación del confort térmico de verano se mantienen los tres niveles mencionados: **A** (recomendado), **B** (medio) **C** (mínimo). Estos niveles de aislación térmica surgen de considerar como temperaturas de confort interior: 30°C para la Zona Bioambiental I, 29°C para la zona II, 28°C para la III y 27°C para la IV, con temperaturas exteriores de diseño de 38°C, 36°C 34°C y 32°C respectivamente. Se consideran también la diferencia entre la temperatura superficial interior y la temperatura ambiente interior con valores de 1°C, 2.5°C y 4°C para los niveles **A**, **B** y **C** respectivamente. Esto quiere decir que mediante el uso de aislantes térmicos se busca que las paredes y techos no irradien calor al ambiente interior aumentando la sensación de disconfort. Puede verse que para el nivel mínimo "**C**" la pared o techo interior podría llegar a estar a 34°C en la Zona I o 32°C en nuestra zona bioclimática.

Se utilizó un valor de radiación solar homogéneo para todas las zonas de 900 W/m² en techos y 400 W/m² en paredes, con un coeficiente de absorción de la radiación solar de 0.7 que corresponde a los materiales mas usuales en la región (ladrillo a la vista, tejas, hormigón visto y colores medios).

En la discusión en IRAM se noto que los valores admisibles que se iban obteniendo para cada nivel de confort (**A-B-C**), eran semejantes con lo cual se utilizó como variable de referencias las Zonas Bioambientales. De esta forma se obtuvieron los valores admisibles de verano.

Tabla 2: Valores de $K_{MAX ADM}$ para condición de verano en $W/m^2 \text{ } ^\circ C$

Zona Bioambiental de IRAM 11.603	Nivel A		Nivel Sustentable		Nivel B		Nivel C	
	Muros	Techos	Muros	techos	Muros	Techos	Muros	Techos
I y II	0,45	0,18	0,78	0,31	1,10	0,45	1,80	0,72
III y IV	0,50	0,19	0,88	0,34	1,25	0,48	2,00	0,76

La temperatura máxima de diseño se obtiene, de manera simplificada, sumando 3,5° a la temperatura máxima media de la localidad. Esto se corresponde a una frecuencia de 4 días de ocurrencia de cierta temperatura en 5 años.

Los valores admisibles establecidos en la Tabla 2 corresponden a elementos de cerramientos (muros y techos) cuya superficie exterior presente un coeficiente de absorción de la radiación solar de 0.7 ± 0.1

Para coeficientes de absorción menores que 0.6 se deben incrementar los valores de transmitancia térmica admisible en los siguientes porcentajes: muros un 20%, techos un 30%.

Para coeficientes de absorción mayores que 0.8 se deben disminuir los valores de transmitancia térmica admisible en los siguientes porcentajes: muros un 15%, techos un 20%.

Tabla 3: Valores de absorción de radiación solar para materiales y colores de pinturas

MATERIALES	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN	PINTURA	Claro	Mediano	Oscuro
Ladrillo común	0.70	amarillo	0.30	0.50	0.70
Ladrillos negros u oscuros	0.75 a 0.85	castaño claro (beige)	0.35	0.55	0.90
Ladrillos rojos claros	0.50 a 0.60	castaño	0.45	0.75	0.98
Hormigón a la vista	0.70	rojo	0.65	0.80	0.90
Hormigón a la vista texturado	0.80	verde	0.40	0.70	0.85
Hormigón con agregado de cemento blanco	0.50	azul	0.40	0.75	0.90
Revoque	0.55	gris	0.45	0.65	0.75
Revoque claro	0.40	anaranjado	0.40	0.60	0.75
Marfil blanco	0.40 a 0.50	rosa	0.45	0.55	0.70
Baldosas rojas	0.85	púrpura	0.60	0.80	0.90
Fibrocemento	0.60	aluminio puro	---	0.45	---
Aluminio anodizado (natural)	0.45	negro	---	---	0.95
Aluminio envejecido	0.80				
Chapa galvanizada	0.50				

BLOQUE CERAMICO					
	e (m)	0,08	0,18	0,18	0,08
h (m)	0,15	0,08	0,18	0,18	0,18
l (m)	0,25	0,25	0,40	0,25	0,33
masa (kg/m2)	69	168	155	69	106
Rt (m2*°C/W)	0,21	0,35	0,21	0,23	0,40
BLOQUE HORMIGON					
	e (m)	0,18	0,12	0,18	0,18
h (m)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
l (m)	0,33	0,33	0,33	0,25	0,25
masa (kg/m2)	106	104	140	122	80
Rt (m2*°C/W)	0,40	0,43	0,43	0,50	0,39
LOSA CERAMICA					
	e (m)	—	—	—	—
h (m)	0,12	0,16	0,20	0,20	0,20
l (m)	0,50 a 0,70	0,50 a 0,70	0,50 a 0,70	0,50 a 0,70	0,50 a 0,70
masa (kg/m2)	210	220	270	310	360
Rt (m2*°C/W)	↑0,29 ↓0,36	↑0,31 ↓0,37	↑0,27 ↓0,41	↑0,39 ↓0,48	↑0,41 ↓0,50

Norma IRAM 11601		CALCULO DE LA TRANSMISIÓN TÉRMICA "K"		
PROYECTO ⁽¹⁾				
ELEMENTO ⁽²⁾				
ÉPOCA DEL AÑO ⁽³⁾		FLUJO DE CALOR ⁽⁴⁾		
ZONA BIOAMBIENTAL ⁽⁵⁾				
Nivel de confort según IRAM 11605 ⁽¹¹⁾			Temperatura exterior de diseño	
Capa del elemento constructivo ⁽⁶⁾	e ⁽⁸⁾ espesor de cada capa	λ ⁽⁹⁾ coeficiente conductividad térmica	R ⁽¹⁰⁾ resistencia térmica	
	m	W/m.K	m ² .K/W	
Resistencia superficial exterior ⁽⁷⁾				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Resistencia superficial interior ⁽¹³⁾				
TOTAL		⁽¹⁴⁾		⁽¹⁵⁾
Transmitancia térmica del componente W/m ² .K ⁽¹⁶⁾				
Transmitancia térmica de acuerdo IRAM 11605 W/m ² .K ⁽¹²⁾				⁽¹⁷⁾
Cumple con la IRAM 11605 ⁽¹⁸⁾ : Si / NO				
Comentarios y cálculos suplementarios ⁽¹⁹⁾				
Grafique en este espacio la solución constructiva adoptada especificando cada capa				

Datos generales

- (1) Se identifica el proyecto en el cual se utiliza el componente
- (2) Se indica la denominación del componente en estudio, incluyendo tipo (techo, pared, piso sobre espacio exterior), identificación de la variante, etc
- (3) Se define la época del año considerada en el cálculo: invierno o verano.
- (4) Se indica el sentido del flujo de calor (ascendente, horizontal o descendente).
- (5) Se indica la zona y sub-zona bioambiental donde se utilizará el componente, según las indicaciones de la IRAM 11603
- (6) Capa del elemento constructivo. Se indican las capas del elemento constructivo, desde el exterior hacia el interior.
- (7) Resistencia térmica superficial exterior (R_{se}):
Se adopta el valor de la tabla 2: $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
- (8) Espesor (e): Se indican los espesores de cada capa.
- (9) Conductividad térmica (λ): Se indica el valor de la conductividad térmica de cada capa homogénea, obtenido a través de ensayos o de la tabla A.1 IRAM 11601. No es necesario usar esta columna en el caso de cámaras de aire, de bloques y ladrillos huecos cerámicos o de hormigón, de forjados de bloques cerámicos huecos o de capas de poco espesor que no contribuyen a la resistencia térmica, tales como barreras de vapor, láminas de aluminio, etc.
- (10) Resistencia térmica (R): Se indica la resistencia térmica de cada capa, según las siguientes alternativas:
 - Para capas homogéneas, se calcula la resistencia térmica dividiendo el espesor (e) indicado en (8) por la conductividad térmica (λ), indicada en (9).
 - Para ladrillos y bloques cerámicos huecos o para bloques de hormigón, se utilizan los valores de resistencia térmica obtenidos de ensayo o los valores orientativos dados en las tablas A.2 y A.3 respectivamente.
 - Para forjados (losas cerámicas), se utilizan los valores de resistencia térmica de ensayo, o los valores orientativos de transmitancia térmica (K) dados en la tabla A.4. IRAM 11601
A partir de estos últimos, se calcula la resistencia térmica total (1/K) y se restan las resistencias térmicas superficiales interior y exterior (tabla 2 IRAM 11601), obteniendo de esta forma la resistencia térmica del forjado.
 - Para las cámaras de aire no ventiladas, se utilizan los valores de resistencia térmica dados en la tabla 3, en función del espesor de la cámara, de la dirección del flujo de calor y del estado de las superficies de la cámara, habitualmente de mediana o alta emitancia. Solamente en el caso de utilizar los materiales indicados en la segunda columna de la tabla A.6, tales como láminas de aluminio sin suciedad o polvo en la superficie, se considera la cámara con superficie de baja emitancia (ver las notas de la tabla 4 IRAM 11601).
 - Para cámaras de aire ventiladas en verano, se considera a la cámara como no ventilada, usando los valores de la tabla 3. (apartado 5.2.1 IRAM 11601)
 - Para cámaras de aire ventiladas en invierno, se utiliza el procedimiento de cálculo indicado en el apartado 5.2.2. IRAM 11601
 - Se estima la sección total de los orificios de ventilación, S, expresada en centímetros cuadrados;
 - En el caso de componentes verticales, se obtiene la distancia vertical L entre orificios de ventilación, en metros;
 - En el caso de componentes horizontales o áticos ventilados, se obtiene la superficie A del componente con cámara ventilada, en metros cuadrados;
 - Con las fórmulas dadas en la tabla 4 IRAM 11601, se clasifica a la cámara, según su grado de ventilación en: débilmente, medianamente o muy ventilada.
 - En el caso de cámaras débilmente ventiladas, se utilizan los valores de la resistencia de cámaras de aire sin ventilación dados en la tabla 3 IRAM 11601 (ver apartado 5.2.2.1.1 IRAM 11601).
 - En el caso de componentes con cámaras muy ventiladas, se suponen inexistentes (desde el punto de vista térmico) las capas hacia el exterior de la cámara, pero se considera que estas proporcionan una protección suficiente contra el movimiento del aire exterior, adoptándose una resistencia superficial exterior equivalente a la resistencia superficial interior dada en la tabla 3 IRAM 11601 (ver apartado 5.2.2.3 IRAM 11601).
 - En el caso de cámaras medianamente ventiladas se aplican las fórmulas dadas en el apartado 5.2.2.2.1. IRAM 11601
 - En el caso de áticos medianamente ventilados se aplican las fórmulas dadas en el apartado 5.2.2.2.2. IRAM 11601
- (11) Se indicará el nivel de confort especificado por el comitente, según la IRAM 11605 (A ó B)
- (12) Los requisitos para las condiciones de invierno y de verano establecidos en la IRAM 11605.
- (13) Resistencia térmica superficial interior (R_{si}): Se adopta el valor de la tabla 2, según el sentido del flujo de calor.
- (14) Se suman los espesores de las capas para obtener el espesor total del componente.
- (15) Se suman las resistencias térmicas de las capas para obtener la resistencia térmica total del componente

Evaluación del resultado

- (16) Transmitancia térmica del componente (K). Se calcula con la fórmula siguiente: $K = 1/R_t$ (ver 4.2 IRAM 11601), aproximando al $0,01 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. En el caso de ventanas verticales, se utilizan directamente los valores de la tabla A.5 IRAM 11601, sin calcular las resistencias de capas y superficies.
- (17) Transmitancia térmica máxima ($K_{m\acute{a}x}$). Se obtiene de acuerdo con la IRAM 11605.
- (18) Si la transmitancia térmica K calculada en (16) es menor que la máxima admisible para el nivel de confort determinado en (17) y para condiciones de invierno o verano, el componente cumple con la IRAM 11605.

(19) En el recuadro final de la planilla se pueden agregar comentarios sobre el componente y presentar los cálculos suplementarios, tales como cámaras ventiladas o áticos (ver apartado 5.2 IRAM 11601), y componentes formados por cerramientos planos con distintas secciones (ver apartado 5.3 IRAM 11601).

MATERIAL			Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica W/m.K	MATERIAL			Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica W/m.K						
ROCAS Y SUELOS NATURALES					MORTEROS Y YESO										
Rocas y terrenos			1200	0.31	Revestimientos continuos	Morteros de revoque y juntas (ext)		1800 a 2000	1.16						
Toba (Purmicita)			1400	0.38		Morteros de revoque y juntas (int)		1900	0.93						
Caliza porosa			1700	0.93		Mortero de cemento y arena	0,044	humedad 0%	1900	0,89					
Caliza compacta			2000	1.16				humedad 6%	2000	1,13					
Piedra pómez			600	0.19 a 0.31			humedad 10%	2100	1,30						
			800	0.27 a 0.41			0,044	humedad 0%	1950	0.92					
			1000	0.35 a 0.46		humedad 5%		2000	1.10						
			1400	0.58 a 0.66		Mortero con perlita	humedad 12%	600	0.19						
Mármol	en placa o bloques		2500 a 2800			Mortero de yeso y arena		1500	0.65						
Onix			2.7			Mortero de cal y yeso		1400	0.70						
Granito			2600 a 2900												
Cuarcita			2800												
Basalto			2800 a 3000												
Arcilla			1200	0.37	Enlucido de yeso										
Suelo Natural (1) (dependiendo de la composición del grado de compactación y de la humedad)			1600 a 1900						800	0.40					
									1000	0.49					
									1200	0.64					
MATERIALES PARA RELLENO DE SUELOS DESECADOS AL AIRE, EN FORJADOS, ET					Paneles o placas de yeso de fibrocemento										
Arena			seca							1500	0.3				
			húmeda 2%							1500	0.58				
			de río	húmeda 10%							0,93				
				húmeda 20%							1.33				
de mar			saturada								1.88				
			seca								0.31				
			humedad 10%								1.24				
			humedad 20%								1.75				
			saturada								2.44				
Arenisca			2200		1.40										
			2400		2.10										
Escorias porosas			800		0.24										
			1000		0.29										
			1200		0.33										
			1400		0.41										
Grava			1500 a 1800		0.93										
LADRILLOS Y BLOQUES					METALES										
Ladrillos cerámicos macizos			1600		0.81	Acero de construcción		7800	58						
			1800		0.91	Fundición		7200	50						
			2000		1.10	Aluminio		2700	204						
Bloque de suelo cemento macizos			1500		0.32	Cobre		8900	384						
VIDRIOS					Latón										
Vidrio para ventanas			2400 a 3200		0.58 a 1.05	Bronce		8800	42						
Vidrio armado con malla metálica			2700		1.05	Acero inoxidable		8100 a 9000	14.5 a 20.9						
Vidrio resistente al calor			2200		1.00 a 1.15	PISOS									
PLÁSTICOS RÍGIDOS EN PLANCHAS					Baldosas										
Resina acrílica			1140							0.20	cerámicas			0.70	
Policarbonato			1150							0.23	de hormigón		2100	1.15	
Polietileno			baja densidad							920	0.35	de plástico		1000	0.51
			alta densidad							960	0.50	de corcho		530	0.08
Polipropileno			915							0.24	Caucho		800	0.11	
Poliestireno			1050							0.17			1300	0.13	
													1500	0.19	
Policloruro de vinilo, rígido			1350							0.16	Parquet		500	0.17	
													700	0.23	
(1) De no disponerse de datos sobre el tipo de suelo, se adoptará $\lambda = 1,2$ W/mK según IRAM 11604					CUBIERTAS										
Techado y fieltro asfáltico			1100 a 1200		0.17	Asfalto (espesor min. 7mm y membrana asfáltica)		2000	0.70						
Chapa metálica			7800		58	Tejas curvas			0.70						
Tejas planas									0.76						

MATERIAL	Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica W/m.K	MATERIAL	Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica W/m.K	
HORMIGONES NORMALES Y LIVIANOS			MADERAS			
Hormigón normal con agregados pétreos	1800	0.97	Fresno	Paralelo a las fibras	740	0.30
	1900	1.09		Perpendicular a las fibras	740	0.17
	2000	1.16	Haya	Paralelo a las fibras	700 a 900	0.95 a 0.37
	2200	1.40		Perpendicular a las fibras		0.21 a 0.27
	2400	1.63	Abedul	Perpendicular a las fibras	880	0.13
	2500	1.74	Alerce	Perpendicular a las fibras	600	0.14
Hormigón de ladrillos triturado	1600	0.76	Balsa	Perpendicular a las fibras	100 a 200	0.047 a 0.088
	1800	0.93			200 a 300	0.081 a 0.110
Hormigón normal con escoria de alto horno	2200 a 2400	1.4	Caoba	Paralelo a las fibras	700	0.31
Hormigón de arcilla expandida	700	0.22		Perpendicular a las fibras		0.15
	800	0.29	Arce	Paralelo a las fibras	700	0.42
	900	0.35		Perpendicular a las fibras		0.16
	1000	0.42	Roble		650	0.24
	1400	0.57	Pino spruce, abeto	Paralelo a las fibras	400 a 600	0.28
	1800	0.89		Perpendicular a las fibras		0.13 a 0.19
	Hormigón de vermiculita	500	0.14	Teca	Paralelo a las fibras	720
600		0.16	Perpendicular a las fibras			0.14
Hormigón celular (incluye Hormigones gaseosos hormigones espumosos)	600	0.16	Nogal		700	0.27
	800	0.22	Madera dura		1200 a 1400	0.34
	1000	0.30	Madera terciada		600	0.11
	1200	0.40	Madera enchapada		600	0.15
	1400	0.50	Tablero de partículas aglomeradas en general		200	0.06
Hormigón con vermiculita	500	0.14			300	0.069
	600	0.16			400	0.078
Hormigón con cáscara de arroz y canto rodado	1100	0.37			500	0.087
	1300	0.45			600	0.09
	1600	0.63			700	0.11
	2000	1.09			800	0.13
Hormigón con poliestireno expandido	300	0.09		900	0.15	
	500	0.15		1000	0.17	
	1000	0.26	Tableros de partículas aglomeradas de lino		300	0.073
	1300	0.35			400	0.081
Hormigón con fibra celulósica	300	0.09			500	0.11
	400	0.14		600	0.012	
Hormigón con fibra de vidrio. Resistente a los alkalis	2100	1.11		700	0.15	
Hormigón refractario	900	0.18	Tableros de fibras de madera aglomeradas		200	0.047
Hormigón con carbón	600	0.13			300	0.054
					350	0.056
Hormigón con viruta de madera	400	0.14	Tableros lignocelulósicos de partículas mediante resinas sintéticas (con o sin impregnación con aceite)		100	0.24
	500	0.16	Laminado plástico decorativo	en una cara	1400	0.49
		en ambas caras		1400	0.44	

RESISTENCIAS TÉRMICAS SUPERFICIALES Y DE CÁMARAS DE AIRE

Se tomaran valores de **RSI (resistencia superficial interna)** de acuerdo al elemento. Muros 0,13 m²°C / W , Techos para verano 0,17 m²°C / W y para invierno 0,10 m²°C / W.

Para la **RSE (resistencia superficial externa)** se tomará un valor de 0,04 m²°C / W ,tanto para muros como par cubiertas.

Para **cámaras de aire en muros** se tomará como valor de resistencia térmica superficial 0,15 m²°C / W.

Para espacios de aire **áticos**, se tomaran los siguientes valores:

- Cubierta de tejas 0,23 m²°C / W para invierno y 0,17 m²°C / W para verano
- Cubierta de chapa 0,35 m²°C / W para invierno y 0,22 m²°C / W para verano

MATERIAL		Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica W/m.K	MATERIAL		Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica W/m.K	
MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS				MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS				
Lana de vidrio		8 - 10	0,045	Poliestieno expandido	en planchas	15	0.037	
		11 - 14	0.043			20	0.035	
		15 - 18	0.040			25	0.033	
		19 - 30	0.037			30	0.032	
		31 - 45	0.034	Poliuretano (espuma rígida)	entre chapas o placas que hacen de barrera de vapor	30 - 60	0.022 - 0.024	
		46 - 100	0.033				placas aislantes sin protección	0.027
Lana de vidrio		30 - 50	0.042				proyectadas in situ, protegidas entre barreras de vapor	0.022
		51 - 70	0.040				proyectadas in situ, protegidas entre frenos de vapor	0.024
		71 - 150	0.038					
Perlita	Suelta (granulado volcánico expandido mortero de perlita con yeso)	30 - 130	0.054	Vermiculita	con cemento	80 a 130	0.07	
		400	0.10			400	0.11	
		500	0.12			500	0.13	
		600	0.14			600	0.17	
		700	0.18			700	0.20	
	mortero de perlita con cemento	300	0.088			800	0.24	
		400	0.093			y yeso (placa o revoque)	200	0.11
		500	0.12				400	0.13
		600	0.14				500	0.15
		700	0.16				600	0.19
							700	0.22
		800	0.26					
		900	0.29					
		1000	0.34					
MATERIALES VARIOS								
Hielo		917	2.21					
Nieve		150	0.12					
		300	0.23					
		500	0.47					

DAC 4: Calidad higrotérmica de cerramientos verticales y horizontales

COEFICIENTE GLOBAL DE PÉRDIDAS TÉRMICAS G_{cal}

El coeficiente global de pérdidas térmicas G_{cal} (W/m³°C), se define como:

"la cantidad de energía térmica que pierde un local calefaccionado por unidad de volumen, por unidad de tiempo y por cada grado de diferencia de temperatura en estado estacionario"

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$G_{cal} = \frac{\sum K_m \times S_m + \sum K_v \times S_v + \sum \gamma K_r \times S_r + P_{er} \times P_p}{V} + 0,35 \times n$$

Donde:

K_m	(W/m ² °C)	es la transmitancia térmica de los cerramientos opacos (muros, techos)
S_m	(m ²)	es el área interior de los cerramientos opacos
K_v	(W/m ² °C)	es la transmitancia térmica de los cerramientos no opacos
S_v	(m ²)	es la superficie de los cerramientos no opacos
γK_t	(W/m ² °C)	es la transmitancia térmica corregida de los cerramientos opacos y no opacos
S_γ	(m ²)	es la superficie de los cerramientos opacos y no opacos
P_{er}	(m)	es el perímetro del piso en contacto con el aire interior
P_p	(W/m ² °C)	es la pérdida por piso en contacto con el aire exterior
V	(m ³)	es el volumen interior del edificio
0,35	(W/m ³ °C)	es el calor específico del aire
n		es el número de renovaciones de aire promedio por hora = 2

Tabla 1: Valores de G_{cal} admisibles en función del volumen calefaccionado y los grados día de calefacción

Volumen calefaccionado (m ³)	°D = Grados Día de calefacción (base 18°C)											
	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	2000	2500	3000	4000	5000
50	2,713	2,661	2,606	2,560	2,530	2,493	2,469	2,457	2,409	2,353	2,287	2,118
100	2,213	2,173	2,133	2,099	2,077	2,050	2,032	2,022	1,986	1,942	1,893	1,762
200	1,860	1,828	1,798	1,773	1,757	1,737	1,723	1,715	1,687	1,652	1,613	1,510
300	1,704	1,676	1,650	1,629	1,615	1,598	1,587	1,579	1,554	1,523	1,490	1,399
400	1,610	1,585	1,562	1,543	1,531	1,516	1,505	1,498	1,475	1,446	1,416	1,332
500	1,547	1,523	1,502	1,485	1,473	1,459	1,449	1,443	1,421	1,394	1,366	1,287

Tabla 2: Pérdidas por el piso en contacto con el terreno (P_p) en W/m²°C

- Solamente se calcula la pérdida por el piso en contacto con el suelo contiguo a la envolvente vertical.
 - No se recomiendan pisos sin aislación perimetral o total en las zonas bioambientales V y VI debido a la posibilidad de condensación superficial.

Zona Bioambiental	Sin aislación en el piso ⁽¹⁾	Aislación perimetral en el piso ⁽¹⁾	Aislación total en el piso ⁽²⁾
I y II	1,28	1,00	0,85
III y IV	1,38	1,08	0,93
V y VI	1,48	1,17	1,00

⁽¹⁾ **Pisos sin aislación:** Los valores indicados son promedios de flujos térmicos correspondientes a soluciones constructivas usuales en nuestro país. Entendiendo éstas por la secuencia natural, suelo relleno, contrapiso de hormigón pobre y terminaciones varias.

⁽²⁾ **Aislación perimetral:** Corresponde a una capa de material aislante térmico con un R=0,7 m² °C/W, un ancho mínimo de 50 cm y una densidad aparente comprendida entre 25 kg/m³ y 120 kg/m³. La capa puede ser incorporada en posición vertical u horizontal.

⁽³⁾ **Aislación total:** Corresponde a una capa de material aislante térmico con un R=0,7 m² °C/W y una densidad aparente comprendida entre 25 kg/m³ y 120 kg/m³, sobre toda la superficie del piso, colocada en forma horizontal.

Tabla 3: Factor de corrección de la transmitancia térmica (γ)

Los locales no calefaccionados externos podrán incluirse o no dentro de la envolvente a elección del proyectista. Optativamente podrá evitarse el cálculo, adoptando para el factor de corrección los siguientes valores

0,5	para cerramientos que lindan con locales pertenecientes a edificios contiguos calefaccionados
1,0	en cualquier otro caso

CALCULO DEL COEFICIENTE GLOBAL DE PERDIDAS TERMICAS "G_{cal}"					
IRAM 11.604 / 2000					
Localidad y Provincia:			Zona Bioclimática:		
Sup. Calefaccionada:	m ²	Volumen calefaccionado:	G _{cal adm} :	W/m ³ °C	
Altura del local:	m	Renovaciones de aire:	°D (18°C) =	°C	

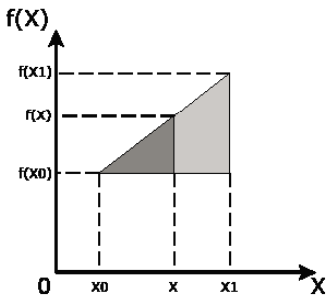
Para la opción sin mejorar (sin DAC)					
CERRAMIENTOS OPACOS EXTERIORES					
Elemento	Descripción	Sup. (m ²)	Coef	K (W/m ² °C)	Pérdida (W/°C)
Muros					
Techos					
Sumatoria pérdidas cerramientos opacos exteriores					_____ W/°C
CERRAMIENTOS NO OPACOS EXTERIORES					
Puertas y Ventanas					
Sumatoria pérdidas cerramientos NO opacos exteriores					_____ W/°C
Pérdidas TOTALES por cerramientos (conducción)					
Pisos en contacto con el terreno		Perímetro (m)	Pp (W/m°°C)	Pérdida piso (W/°C)	
Perdidas volumétricas por infiltración de aire		Calor específico del aire x Número renovaciones de aire			
		0,35	x	=
Pérdidas TOTALES por CONDUCCIÓN		= (muros + techos + aberturas + pisos) / volumen =			
		= (+ + +) / =			
		= _____ W/m ³ °C			
Coeficiente "G_{cal}" = Pérdidas conducción + Renovaciones aire					_____ W/m ³ °C

Para la opción sin mejorar (con DAC)					
CERRAMIENTOS OPACOS EXTERIORES					
Elemento	Descripción	Sup. (m ²)	Coef	K (W/m ² °C)	Pérdida (W/°C)
Muros					
Techos					
Sumatoria pérdidas cerramientos opacos exteriores					_____ W/°C
CERRAMIENTOS NO OPACOS EXTERIORES					
Puertas y Ventanas					
Sumatoria pérdidas cerramientos NO opacos exteriores					_____ W/°C
Pérdidas TOTALES por cerramientos (conducción)					
Pisos en contacto con el terreno		Perímetro (m)	Pp (W/m°°C)	Pérdida piso (W/°C)	
Perdidas volumétricas por infiltración de aire		Calor específico del aire x Número renovaciones de aire			
		0,35	x	=
Pérdidas TOTALES por CONDUCCIÓN		= (muros + techos + aberturas + pisos) / volumen =			
		= (+ + +) / =			
		= _____ W/m ³ °C			
Coeficiente "G_{cal}" = Pérdidas conducción + Renovaciones aire					_____ W/m ³ °C

Ejemplo de resolución de interpolación

La fórmula más simple de interpolación es la de conectar dos puntos con una línea recta. Este método, llamado Interpolación Lineal, se muestra en la siguiente figura.

Usando triángulos semejantes, se tiene:



$$\text{Que se puede reordenar como: } \frac{f(X) - f(X_0)}{X - X_0} = \frac{f(X_1) - f(X_0)}{X_1 - X_0}$$

La cuál es la fórmula de interpolación lineal.

$$f(X) = f(X_0) + \frac{f(X_1) - f(X_0)}{X_1 - X_0}(X - X_0)$$

La notación f(X) indica que se trata de un polinomio de interpolación de primer orden. Nótese que además de representar la pendiente de la línea que conecta los dos puntos, el término $[f(X_1) - f(X_0)] / (X_1 - X_0)$ es una aproximación de diferencias divididas finitas a la primera derivada. En general, entre mas pequeño sea el intervalo entre los puntos, más exacta será la aproximación.

Ahora analizaremos como obtenemos los distintos valores aplicados en la tabla1 para la obtención del $G_{cal adm}$

DATOS

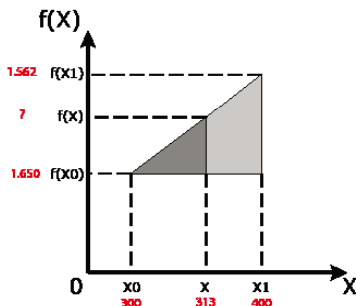
Volúmen a calefaccionar: 313 m³

°D de calefacción de la localidad: 1178

Volumen calefaccionado (m ³)	°D = Grados Día de calefacción (base 18°C)			
	1100	1178	1200	
300	1.650			1.629
313	(1) 1.639	(3) 1.623	(2)	1.618
400	1.562			1.543

Para obtener el valor (1)

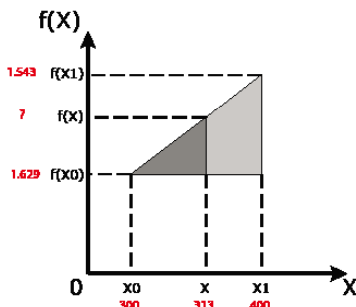
$$f(X) = 1650 + \frac{1562 - 1650}{400 - 300} \times (313 - 300) = 1650 + \frac{-88}{100} \times 13 = 1650 - 11,44$$



$$f(X) = 1638,56$$

Para obtener el valor (2)

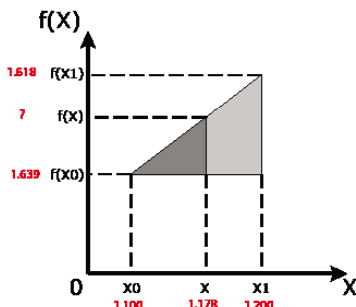
$$f(X) = 1629 + \frac{1543 - 1629}{400 - 300} \times (313 - 300) = 1629 + \frac{-86}{100} \times 13 = 1629 - 11,18$$



$$f(X) = 1617,72$$

Para obtener el valor (3),

el que correspondería a los 1178 °día y 313 m³



$$f(X) = 1639 + \frac{1618 - 1639}{1100 - 1200} \times (1178 - 1100) = 1639 + \frac{-21}{100} \times 78 = 1639 - 16,38$$

$$f(X) = 1622,62$$

EJEMPLO DE RESOLUCIÓN del Prototipo con aplicación de pautas DAC

CALCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN TÉRMICA "K" DE CERRAMIENTOS
(Norma IRAM 11.601 y 11.605)

1. ELEMENTO: Muro ladrillos macizos	Esquema del sistema constructivo del MURO				
2. FORMA CONSTRUCTIVA Doble con aislación					
3. ORIENTACIÓN: N-S-E-O					
4. SENTIDO FLUJO DE CALOR Horizontal					
5. ZONA BIOAMBIENTAL: IIIb					
6. Resistencias superficiales, capas de materiales y resistencias de cámaras de aire.	7 espesor de cada capa	8 coeficiente conductividad térmica	9 resistencia térmica	10 densidad	11 peso por m ²
	e [metros]	λ [W/m°C]	e/ λ [m ² °C/W]	δ [Kg/m ³]	e . δ [Kg/m ²]
RSI (resistencia superficial interior)	----	----	0,12	----	----
Revoque	0,015	1,16	0,013	1800	29
Ladrillo macizo	0,12	0,91	0,13	1800	216
Poliestireno Expandido	0,050	0,041	1,22	15	0,40
Ladrillo macizo	0,12	0,91	0,13	1800	216
RSE(resistencia superficial exterior)	----	----	0,043	----	----

12. Resistencia total (m²°C/W) (sumatoria columna 9)

1,66

13. Coeficiente "K" de proyecto $K = 1 / R$ (W/m²°C)

0,60

14. Peso por m²(Kg/m²) (sumatoria columna 11)

461,40

15. K máx. adm. invierno (W/m²°C) Tabla 1

0,38 - **0,69** - 1,00 - 1,85

K máx. adm. verano (W/m²°C)

0,50 - **0,88** - 1,25 - 2,00

16. Comparación entre 13 y 15: Kproy. menor a Kadm. vale el Kadm menor sea invierno o verano

CALCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN TÉRMICA "K" DE CERRAMIENTOS
(Norma IRAM 11.601 y 11.605)

1. ELEMENTO: Cubierta de Chapa	Esquema del sistema constructivo del TECHO				
2. FORMA CONSTRUCTIVA con cielorraso suspendido de yeso					
3. ORIENTACIÓN:					
4. SENTIDO FLUJO DE CALOR Vertical hacia arriba					
5. ZONA BIOAMBIENTAL: IIIb					
6. Resistencias superficiales, capas de materiales y resistencias de cámaras de aire.	7 espesor de cada capa	8 coeficiente conductividad térmica	9 resistencia térmica	10 densidad	11 peso por m ²
	e [metros]	λ [W/m°C]	e/ λ [m ² °C/W]	δ [Kg/m ³]	e . δ [Kg/m ²]
RSI (resistencia superficial interior)	----	----	0,12	----	----
Cielorraso suspendido	0,02	0,65	0,03	1550	31
Atico no ventilado	----	----	0,35	----	----
Entablonado de madera	0,015	0,15	0,10	500	7,5
Cartón alquitranado	0,003	0,14	0,02	1100	3,3
Lana de vidrio	0,100	0,042	2,38	16	1,2
RSE(resistencia superficial exterior)	----	----	0,03	----	----

12. Resistencia total (m²°C/W) (sumatoria columna 9)

3,03

13. Coeficiente "K" de proyecto $K = 1 / R$ (W/m²°C)

0,33

14. Peso por m²(Kg/m²) (sumatoria columna 11)

43

15. K máx. adm. invierno (W/m²°C) Tabla 1

0,32 - **0,58** - 0,83 - 1,00

K máx. adm. verano (W/m²°C)

0,19 - **0,34** - 0,48 - 0,76

16. Comparación entre 13 y 15: Kproy. menor a Kadm. vale el Kadm menor sea invierno o verano

Determinación del "G_{cal}" de proyecto

<i>Datos generales</i>	Localidad: La Plata - Provincia : Buenos Aires Zona Bioambiental: IIIb (Templada Cálida húmeda) °D base 18: 1178 °C Renovaciones de Aire : 2 por hora
<i>Datos Edificio</i>	Superficie calefaccionada: 120,40 m ² Volumen calefaccionado: 313,00 m ³ Perímetro cont. c/suelo: 32,70 m G _{cal adm} : 1.62 W/m ³ °C Sup. muro exterior: 143,80 m ² Sup. techo: 60,20 m ² Sup. ventanas y puertas ventanas : 22,84 m ² Sup. puertas: 3,40 m ² K muro (calculado C/mejoras): 0,60 W/m ² °C K techo (calculado C/mejoras): 0,33 W/m ² °C K ventanas (metálica simple vidrio): 5,88 W/m ² °C K puertas (madera maciza c/marco metálico) : 3,50 W/m ² °C K piso (con aislación perimetral): 1,08 W/m ² °C

CERRAMIENTOS OPACOS EXTERIORES					
Elemento	Descripción	Sup. (m ²)	Coef	K (W/m ² °C)	Pérdida (W/°C)
Muros	Externo: doble c/5 cm de aislación	143,80	1,00	0,60	86,28
Techos	Chapa: ático c/10 cm aislación	60,20	1,00	0,33	19,87
Sumatoria pérdidas cerramientos opacos exteriores					106,15 W/°C
CERRAMIENTOS NO OPACOS EXTERIORES					
Puertas y Ventanas	Puertas s/protección	3,40	1,00	3,50	11,90
	Ventanas c/protección	22,84	1,00	3,50	79,94
Sumatoria pérdidas cerramientos NO opacos exteriores					91,84 W/°C
Pérdidas TOTALES por cerramientos (conducción)					197,99 W/°C
Pisos en contacto con el terreno		Perímetro (m)	Pp (W/m ² °C)	Pérdida piso (W/°C)	
		32,70	1,08	35,32	
Perdidas volumétricas por infiltración de aire		Calor específico del aire x Número renovaciones de aire			
		0,35	x	2	= 0,70
Pérdidas TOTALES por CONDUCCIÓN		= (muros + techos + aberturas + pisos) / volumen =			
		= (86,28 + 19,87 + 91,84 + 35,32) / 313 =			
		= 233,31 / 313 = 0,76 W/m³°C			
Coefficiente G_{cal} proyecto = Pérdidas conducción + Renovaciones aire = 0,76 + 0,70 = 1,46 W/m³°C					

Se debe cumplir la siguiente condición

$$G_{cal} \leq G_{adm}$$

DAC 5: Economía Energética Edilicia y Sustentabilidad

Economía Energética Edilicia y Sustentabilidad

Es posible conocer cual va a ser el comportamiento térmico del edificio que estamos diseñando o analizando y en consecuencia podremos mejorar ese comportamiento mediante la introducción de estrategias de diseño ambientalmente consciente (DAC).

Esto es recomendable realizarlo con anterioridad a dimensionar y seleccionar nuestro sistema de climatización invernal ya que podremos lograr ahorros en mantenimiento ambiental del edificio a lo largo de su vida útil, ahorros en la adquisición de equipos calefactores de menor potencia, que serán recuperados monetariamente en 1 a 5 inviernos en función del nivel de inversión que realicemos en aislaciones higrotérmicas.

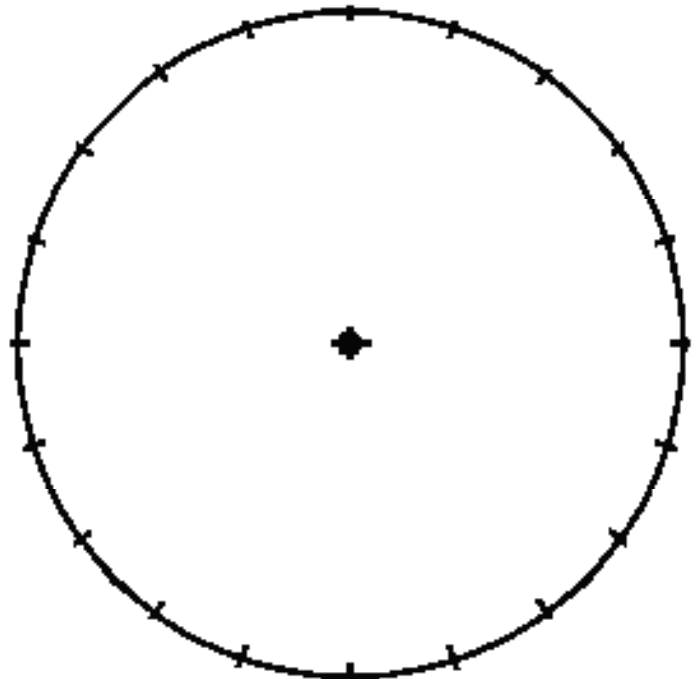
Para esto deberemos seguir una serie de pasos:

Detectar en que sectores de la envolvente del edificio (muros, techos, ventanas, puertas, pisos y ventilación) se producen las mayores pérdidas de energía, con la ayuda del diagrama de sectores.

- Tomar de la tabla de datos climáticos de la localidad en la cual se esta trabajando, los grados día de calefacción "°D 18" discriminándolos mensualmente para poder conocer los requerimientos de energía ya que mientras en La Plata es usual calefaccionar de mayo a septiembre en Ushuaia se calefacciona prácticamente todo el año;
- Luego determinaremos la carga térmica con el fin de conocer en (Kw/hora) cuanta energía se necesita mensual y anualmente para mantener nuestro edificio a 18°C de manera constante, así podremos conocer el costo de energía necesario para mantener ese confort;
- Luego de conocer los costos de energía en calefacción demandados por el edificio anualmente podremos calcular el costo a los largo de 30 años de Vida Útil del Edificio y comparar nuestro diseño con DAC y sin DAC;
- Finalmente los integrantes del equipo discutirán y escribirán algunas conclusiones.

	Pérdidas sin DAC		Pérdidas con DAC		AHORRO
	W / °C	%	W / °C	%	
Muros					
Techos					
Ventanas					
Puertas					
Pisos					
Renov. de aire					
Total		100			

GRAFICO DE MUESTRA DE LAS PERDIDAS TÉRMICAS POR LA ENOLVENTE. DISCRIMINACIÓN DEL EDIFICIO EN %



1. Realizar un gráfico de sectores donde se indicarán las pérdidas discriminadas por ítems (muros, techos, ventanas, puertas, piso e infiltración), detectándose los sectores críticos donde efectuar mejoras.

Los valores de pérdidas térmicas en W/°C se obtendrán de la planilla de cálculo del Coeficiente "G_{cal}"

2. Determinar CARGAS TÉRMICAS MENSUALES Y ANUAL del edificio con la expresión:

$$Q = \frac{G_{cal} \times V \times 24 \times \text{°D}}{1000} \text{ en } [Kwh / \text{año}]$$

Q: Carga Térmica de calefacción

G_{cal}: Coeficiente volumétrico de pérdidas de calor del edificio vivienda calefaccionado

V: Volumen Calefaccionado

24: Tiempo de calefacción por día en horas

°D: Grados día de calefacción anual

Nota: esta fórmula permite calcular y comparar las cargas térmicas anuales de distintos edificios de viviendas calefaccionadas las 24 hs del día durante toda la temporada de calefacción, posibilitando de esta manera estimar el ahorro derivado de las mejoras sobre las características térmicas de los edificios

Carga Térmica	sin DAC (Kw hora)	con DAC (Kw hora)
Q Enero		
Q Febrero		
Q Marzo		
Q Abril		
Q Mayo		
Q Junio		
Q Julio		
Q Agosto		
Q Setiembre		
Q Octubre		
Q Noviembre		
Q Diciembre		
Q Anual = $\sum Q_{\text{mensuales}}$		

3. Determinar los costos mensuales y anual de energía en calefacción, con la siguiente expresión:

$$CEC_{mes} = \frac{Q \times CC}{PC_{combustible} \times \rho}$$

CEC mes: Costo de Energía en Calefacción mensual

Q: Carga Térmica

CC : Costo del combustible

Gas envasado. (revisar los precios al momento de la realizacion del cálculo)

garrafa 10 Kg = x,xx \$/Kg (12.000 cal/Kg)

garrafa 15 kg = x,xx \$/Kg (12.000 cal/Kg)

tubo 45 kg = x,xx \$/Kg (12.000 cal/Kg)

Gas natural. (revisar los precios al momento de la realizacion del cálculo)

x,xx \$/m³ (9.300 cal/m³) con impuestos.

Energía Eléctrica. Fuente: revisar los precios al momento de la realizacion del cálculo

x,xxx \$/Kw con impuestos sin subsidio.

x,xxx \$/Kw con impuestos con subsidio. **PC:** Poder calorífico del combustible

Gas envasado = 13,9 Kwh/Kg (12.000 cal/Kg) / Gas natural = 10,7 Kwh/m³ (9.192 cal/m³)

ρ : Rendimiento del equipo de calefacción

Tiro balanceado = 0.3 a 0.4 / Tiro natural = 0.4 a 0.5

Radiantes (infrarrojas, catalíticas) sin evacuación al exterior = 0.9

Eléctricas de cualquier tipo (radiantes, caloventores, infrarrojas) = 0,85 a 1

Costo de la Energía en Calefacción	sin DAC (\$)	con DAC (\$)
CEC Enero		
CEC Febrero		
CEC Marzo		
CEC Abril		
CEC Mayo		
CEC Junio		
CEC Julio		
CEC Agosto		
CEC Setiembre		
CEC Octubre		
CEC Noviembre		
CEC Diciembre		
CEC Anual = $\sum CEC_{\text{mensuales}}$		

4. Determinar y comparar el costo de energía en climatización invernal a lo largo de la vida útil del edificio para las soluciones sin DAC y con DAC.

CEC _{VUE} = CEC Anual x 30 años	sin DAC (\$)	con DAC (\$)	Diferencia %

5. Finalmente se obtendrán conclusiones y se discutirá sobre las posibles mejoras que puedan realizarse.

De no contar con los datos, ¿Cómo calcular °D mensuales?

$$°D_{\text{mes}} = (T_{\text{BC}} - T_{\text{med}}) \text{ DM}$$

T_{BC} : Temperatura base de calefacción (18°C)
 T_{med} : Temperatura Media
 DM: Días del mes

	T_{BC}	T_{media}	DM	Grados Día (°D)	
°D Enero	(18 - 23,1)	31	=	-156,6	
°D Febrero	(18 - 22,7)	28	=	-131,6	
°D Marzo	(18 - 20,5)	31	=	-76,0	
°D Abril	(18 - 17,2)	30	=	24,0	24
°D Mayo	(18 - 14,1)	31	=	120,9	121
°D Junio	(18 - 11,0)	30	=	211,5	212
°D Julio	(18 - 10,7)	31	=	227,9	228
°D Agosto	(18 - 11,5)	31	=	201,5	202
°D Septiembre	(18 - 13,4)	30	=	139,5	140
°D Octubre	(18 - 15,9)	31	=	66,7	67
°D Noviembre	(18 - 19,1)	30	=	-31,5	
°D Diciembre	(18 - 20,1)	31	=	-65,1	

994

