

ANEXO DE CÁLCULO

1. RESUMEN DE FÓRMULAS.

1.1. CARGA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN DE UN LOCAL "Qc".

$$Q_c = (Q_{st} + Q_{si} - Q_{saip}) \cdot (1+F)$$

Siendo:

Q_{st} = Pérdida de calor sensible por transmisión a través de los cerramientos (W).

Q_{si} = Pérdida de calor sensible por infiltraciones de aire exterior (W).

Q_{saip} = Ganancia de calor sensible por aportaciones internas permanentes (W).

F = Suplementos (tanto por uno).

1.1.1. PÉRDIDA DE CALOR SENSIBLE POR TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE LOS CERRAMIENTOS "Qst".

$$Q_{st} = U \cdot A \cdot (T_i - T_e)$$

Siendo:

U = Transmitancia térmica del cerramiento (W/m² K). Obtenido según CTE DB-HE 1.

A = Superficie del cerramiento (m²).

T_i = Temperatura interior de diseño del local (°K).

T_e = Temperatura de diseño al otro lado del cerramiento (°K).

1.1.2. PÉRDIDA DE CALOR SENSIBLE POR INFILTRACIONES DE AIRE EXTERIOR "Qsi".

$$Q_{si} = V_{ae} \cdot 0,33 \cdot (T_i - T_e)$$

Siendo:

V_{ae} = Caudal de aire exterior frío que se introduce en el local (m³/h).

T_i = Temperatura interior de diseño del local (°K).

T_e = Temperatura exterior de diseño (°K).

El caudal de aire exterior " V_{ae} " se estima como el mayor de los descritos a continuación (2 métodos).

1.1.2.1. Infiltraciones de aire exterior por el método de las Rendijas "Vi".

$$V_i = (\sum_j f_j \cdot L_j) \cdot R \cdot H$$

Siendo:

f = Coeficiente de infiltración de puertas y ventanas exteriores sometidas a la acción del viento, a barlovento (m³/h·m).

L = Longitud de rendijas de puertas y ventanas exteriores sometidas a la acción del viento, a barlovento (m).

R = Coeficiente característico del local. Según RIESTSCHEL Y RAISS viene dado por:

$$R = 1 / [1 + (\sum_j f_j \cdot L_j / \sum_n f_n \cdot L_n)]$$

$\sum_j f_j \cdot L_j$ = Caudal de aire infiltrado por puertas y ventanas exteriores sometidas a la acción del viento, a barlovento (m³/h).

$\sum_n f_n \cdot L_n$ = Caudal de aire exfiltrado a través de huecos exteriores situados a sotavento o bien a través de huecos interiores del local (m³/h).

H = Coeficiente característico del edificio. Se obtiene en función del viento dominante, el tipo y la situación del edificio.

1.1.2.2. Caudal de aire exterior por la tasa de Renovación Horaria "Vr".

$$V_r = V \cdot n$$

Siendo:

V = Volumen del local (m³).

n = Número de renovaciones por hora (ren/h).

1.1.3. GANANCIA DE CALOR SENSIBLE POR APORTACIONES INTERNAS PERMANENTES "Qsaip".

$$Q_{saip} = Q_{sil} + Q_{sp} + Q_{sv}$$

Siendo:

Q_{sil} = Ganancia interna de calor sensible por Iluminación (W).

Q_{sp} = Ganancia interna de calor sensible debida a los Ocupantes (W).

Q_{sv} = Ganancia interna de calor sensible por Aparatos diversos (motores eléctricos, ordenadores, etc).

1.1.4. SUPLEMENTOS.

$$F = Z_o + Z_{is} + Z_{pe}$$

Siendo:

Z_o = Suplemento por orientación Norte.

Z_{is} = Suplemento por interrupción del servicio.

Z_{pe} = Suplemento por más de 2 paredes exteriores.

1.2. CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACIÓN DE UN LOCAL.

La carga térmica de refrigeración de un local " Q_r " se obtiene:

$$Q_r = Q_s + Q_l$$

Siendo:

Q_s = Aportación o carga térmica sensible (W).

Q_l = Aportación o carga térmica latente (W).

La carga térmica efectiva de refrigeración de un local " Q_{re} " se obtiene:

$$Q_{re} = Q_{se} + Q_{le}$$

Siendo:

Q_{se} = Carga térmica sensible efectiva (W).

Q_{le} = Carga térmica latente efectiva (W).

1.2.1. CARGA TÉRMICA SENSIBLE " Q_s ".

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai}$$

Siendo:

Q_{sr} = Calor por radiación solar a través de cristal (W).

Q_{str} = Calor por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores (W).

Q_{st} = Calor por transmisión a través de paredes, techos y puertas interiores, suelos y ventanas (W).

Q_{si} = Calor sensible por infiltraciones de aire exterior (W).

Q_{sai} = Calor sensible por aportaciones internas (W).

1.2.1.1. Calor por radiación solar a través de cristal " Q_{sr} ".

$$Q_{sr} = R \cdot A \cdot f_{cr} \cdot f_{at} \cdot f_{alm}$$

Siendo:

R = Radiación solar (W/m²).

-Con almacenamiento, R = Máxima aportación solar, a través de vidrio sencillo, correspondiente a la orientación, mes y latitud considerados.

-Sin almacenamiento, R = Aportación solar, a través de vidrio sencillo, correspondiente a la hora, orientación, mes y latitud considerados.

A = Superficie de la ventana (m²).

f_{cr} = Factor de corrección de la radiación solar.

- Marco metálico o ningún marco (+17%).

- Contaminación atmosférica (-15% máx.).

- Altitud (+0,7% por 300 m).

- Punto de rocío superior a 19,5 °C (-14% por 10 °C sin almac., -5% por 4 °C con almac.).

- Punto de rocío inferior a 19,5 °C (+14% por 10 °C sin almac., +5% por 4 °C con almac.).

f_{at} = Factor de atenuación por persianas u otros elementos.

f_{alm} = Factor de almacenamiento en las estructuras del edificio.

1.2.1.2. Calor por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores " Q_{str} ".

$$Q_{str} = U \cdot A \cdot DET$$

Siendo:

U = Transmitancia térmica del cerramiento ($W/m^2 K$). Obtenido según CTE DB-HE 1.

A = Superficie del cerramiento.

DET = Diferencia equivalente de temperaturas ($^{\circ}K$).

$$DET = a + DET_s + b \cdot (R_s/R_m) \cdot (DET_m - DET_s)$$

Siendo:

a = Coeficiente corrector que tiene en cuenta:

- Un incremento distinto de $8^{\circ} C$ entre las temperaturas interior y exterior (esta última tomada a las 15 horas del mes considerado).
- Una OMD distinta de $11^{\circ} C$.

DET_s = Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para el cerramiento a la sombra.

DET_m = Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para el cerramiento soleado.

b = Coeficiente corrector que considera el color de la cara exterior de la pared.

- Color oscuro, $b=1$.
- Color medio, $b=0,78$
- Color claro, $b=0,55$.

R_s = Máxima insolación, correspondiente al mes y latitud supuestos, para la orientación considerada.

R_m = Máxima insolación, correspondiente al mes de Julio y a 40° de latitud Norte, para la orientación considerada.

1.2.1.3. Calor por transmisión a través de paredes, techos y puertas interiores, suelos y ventanas "Qst".

$$Q_{st} = U \cdot A \cdot (T_e - T_i)$$

Siendo:

U = Transmitancia térmica del cerramiento ($W/m^2 K$). Obtenido según CTE DB-HE 1.

A = Superficie del cerramiento (m^2).

T_e = Temperatura de diseño al otro lado del cerramiento ($^{\circ}K$).

T_i = Temperatura interior de diseño del local ($^{\circ}K$).

1.2.1.4. Calor sensible por infiltraciones de aire exterior "Qsi".

$$Q_{si} = V_{ae} \cdot 0,33 \cdot (T_e - T_i)$$

Siendo:

V_{ae} = Caudal de aire exterior caliente que se introduce en el local (m^3/h).

T_e = Temperatura exterior de diseño ($^{\circ}K$).

T_i = Temperatura interior de diseño del local ($^{\circ}K$).

El caudal de aire exterior se estima por la tasa de Renovación Horaria " V_r ".

$$V_r = V \cdot n$$

Siendo:

V = Volumen del local (m^3).

n = Número de renovaciones por hora (ren/h).

1.2.1.5. Calor sensible por aportaciones internas "Qsai".

$$Q_{sai} = Q_{sil} + Q_{sp} + Q_{sv}$$

Siendo:

Q_{sil} = Ganancia interna de calor sensible por Iluminación (W).

Q_{sp} = Ganancia interna de calor sensible debida a los Ocupantes (W).

Q_{sv} = Ganancia interna de calor sensible por Aparatos diversos (motores eléctricos, ordenadores, etc) (W).

1.2.2. CARGA TÉRMICA SENSIBLE EFECTIVA "Qse".

$$Q_{se} = Q_s + Q_{sv}$$

Siendo:

Q_s = Carga térmica sensible (W).

Q_{SV} = Calor sensible por aire de ventilación a través del climatizador (W).

1.2.2.1. Calor sensible por aire de ventilación "Qsv".

$$Q_{SV} = V_{av} \cdot 0,33 \cdot f \cdot (T_e - T_i)$$

Siendo:

V_{av} = Caudal de aire exterior necesario para la ventilación del local. Estimado según RITE (Real Decreto 1027/2007).

f = Factor de by-pass del equipo acondicionador.

T_e = Temperatura exterior de diseño (°K).

T_i = Temperatura interior de diseño (°K).

1.2.3. CARGA TÉRMICA LATENTE "Ql".

$$Q_l = Q_{li} + Q_{lai}$$

Siendo:

Q_{li} = Calor latente por infiltraciones de aire exterior (W).

Q_{lai} = Calor latente por aportaciones internas (W).

1.2.3.1. Calor latente por infiltraciones de aire exterior "Qli".

$$Q_{li} = V_{ae} \cdot 0,84 \cdot (W_e - W_i)$$

Siendo:

V_{ae} = Caudal de aire exterior caliente que se introduce en el local (m³/h).

W_e = Humedad absoluta del aire exterior (gw/Kga).

W_i = Humedad absoluta del aire interior (gw/Kga).

El caudal de aire exterior se estima por la tasa de Renovación Horaria " V_r ".

$$V_r = V \cdot n$$

Siendo:

V = Volumen del local (m³).

n = Número de renovaciones por hora (ren/h).

1.2.3.2. Calor latente por aportaciones internas "Qlai".

$$Q_{lai} = Q_{lp} + Q_{lv}$$

Siendo:

Q_{lp} = Ganancia interna de calor latente debida a los Ocupantes (W).

Q_{lv} = Ganancia interna de calor latente por Aparatos diversos (cafetera, freidora, etc) (W).

1.2.4. CARGA TÉRMICA LATENTE EFECTIVA "Qle".

$$Q_{le} = Q_l + Q_{lv}$$

Siendo:

Q_l = Carga térmica latente (W).

Q_{lv} = Calor latente por aire de ventilación a través del climatizador (W).

1.2.4.1. Calor latente por aire de ventilación "Qlv".

$$Q_{lv} = V_{av} \cdot 0,84 \cdot f \cdot (W_e - W_i)$$

Siendo:

V_{av} = Caudal de aire exterior necesario para la ventilación del local. Estimado según RITE (Real Decreto 1027/2007).

f = Factor de by-pass del equipo acondicionador.

W_e = Humedad absoluta del aire exterior (gw/Kga).

W_i = Humedad absoluta del aire interior (gw/Kga).

1.3. TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LOS CERRAMIENTOS "U".

$$U = 1 / (1/h_i + 1/h_e + \sum_i e_i/\lambda_i + r_c + r_f)$$

Siendo:

U = Transmitancia térmica del cerramiento (W/m² K).
1/h_i = Resistencia térmica superficial interior (m² K / W).
1/h_e = Resistencia térmica superficial exterior (m² K / W).
e = Espesor de las láminas del cerramiento (m).
λ = Conductividad térmica de las láminas del cerramiento (W/m K).
r_c = Resistencia térmica de la cámara de aire (m² K / W).
r_f = Resistencia térmica del forjado (m² K / W).

1.4. CONDENSACIONES

1.4.1. TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERIOR Y TEMPERATURA EN LA CARAS INTERIORES DEL CERRAMIENTO.

$$T_x = T_{x-1} - [(T_i - T_e) \cdot R_{(x,x-1)} / R_T]$$

Siendo:

T_x = Temperatura en la cara x (°C).
T_{x-1} = Temperatura en la cara x-1 (°C).
T_i = Temperatura interior (°C).
T_e = Temperatura exterior (°C).
R_(x,x-1) = Resistencia térmica de la lámina comprendida entre las superficies x y x-1 (m² K / W).
R_T = Resistencia térmica total del cerramiento (m² K / W).

1.4.2. PRESIÓN DE VAPOR DE SATURACIÓN EN LA SUPERFICIE INTERIOR Y EN LAS CARAS INTERIORES DEL CERRAMIENTO.

$$P_{vs_x} = e [A - B/T_x]$$

Siendo:

P_{vs_x} = Presión de vapor de saturación en la cara x (bar).
T_x = Temperatura en la cara x (°K).
A, B = Coeficientes en función de la temperatura en la cara x.

1.4.3. PRESIÓN DE VAPOR EN LA SUPERFICIE INTERIOR Y EN LAS CARAS INTERIORES DEL CERRAMIENTO.

$$P_{v_x} = P_{v_{x-1}} - [(P_{v_i} - P_{v_e}) \cdot R_{v(x, x-1)} / R_{v_T}]$$

Siendo:

P_{v_x} = Presión de vapor en la cara x (mbar).
P_{v_{x-1}} = Presión de vapor en la cara x-1 (mbar).
P_{v_i} = Presión de vapor interior (mbar).
P_{v_e} = Presión de vapor exterior (mbar).
R_{v(x, x-1)} = Resistencia al vapor de la lámina comprendida entre las superficies x y x-1 (MN· s/g).
R_{v_T} = Resistencia al vapor total del cerramiento (MN· s/g).

1.4.4. TEMPERATURA DE ROCÍO EN LA SUPERFICIE INTERIOR Y EN LAS CARAS INTERIORES DEL CERRAMIENTO.

$$T_{R_x} = B / (A - \ln P_{v_x})$$

Siendo:

T_{R_x} = Temperatura de rocío en la cara x (°K).
P_{v_x} = Presión de vapor en la cara x (bar).
A, B = Coeficientes en función de la temperatura en la cara x.

2. DATOS GENERALES.

2.1. DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA DEL EDIFICIO.

Denominación	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Recinto	Carga interna
Aula 5	60.53	147.98	Habitable	Alta
Aula 6	52.9	129.35	Habitable	Alta

2.2. DESCRIPCIÓN DE LOS CERRAMIENTOS.

2.2.1. PAREDES.

- Descripción de la fábrica: Cítara lad. perforado (soga)

Descripción láminas	espesor (cm)
Interior	
Enlucido de yeso	1,5
Fábrica de ladrillo perforado	11,5
Enlucido de yeso	1,5
Superficial	
Interior	

U (W/m² °K): 1.96

Kg/m² : 208

Higrometría espacio interior: 3 o inferior

- Descripción de la fábrica: Muro medio pie lad. macizo (soga)

Descripción láminas	espesor (cm)
Interior	
Fábrica de ladrillo macizo	11,5
Superficial	
Interior	

U (W/m² °K): 2.55

Kg/m² : 207

Higrometría espacio interior: 3 o inferior

- Descripción de la fábrica: FACHADA IES AS MARIÑAS

Descripción láminas	espesor (cm)
Interior	
Superficial	
Mortero de cemento	1,5
Fábrica de ladrillo hueco	9
Cámara aire sin ventilar	4
Espuma de poliuretano aplicado in situ tipo I	2
Fábrica de ladrillo hueco	12
Mortero de cemento	1,5
Exterior	

U (W/m² °K): 0.6

Kg/m² : 312.7

Color: Medio

Higrometría espacio interior: 3 o inferior

2.2.2. FORJADOS.

- Descripción de la fábrica: Forjado entreplantas sin aislamiento

Descripción láminas	espesor (cm)
Interior	
Baldosas cerámicas	1,5
Mortero de cemento	3
Arena	4
Bovedilla hormigón + capa compres. 4cm	24
Enlucido de yeso	1,5

Superficial	
Interior	

U flujo ascendente ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$): 1.94
 U flujo descendente ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$): 1.53
 Kg/m² : 416.5
 Higrometría espacio interior: 3 o inferior

2.2.3. TERRAZAS.

2.2.4. CUBIERTAS.

- Descripción de la fábrica: CUBIERTA IES AS MARIÑAS

Descripción láminas	espesor (cm)
Exterior	
Teja canadiense	1
Cámara aire constante ligeramente ventilada	10
Poliestireno extrusionado	4
Bovedilla hormigón + capa compres. 4cm	29
Cámara aire constante sin ventilar	10
Cartón-yeso	1,5
Superficial	
Interior	

U flujo ascendente ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$): 0.5
 U flujo descendente ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$): 0.49
 Kg/m² : 307.82
 Color: Medio
 Higrometría espacio interior: 3 o inferior

2.2.5. SUELOS.

2.2.6. PUERTAS.

- Tipo de carpintería: MADERA, Madera blanda, marco 50 mm, Opaca

U panel sep. int. ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$): 2.04
 U marco sep. int. ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$): 2
 Fracción marco (%): 20
 U puerta ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$): 2.03
 f(m³/h·m): 15

2.2.7. VENTANAS.

- Tipo de carpintería: METÁLICA, Con rotura p. term., marco 50 mm, aisl. 6 mm, acristalamiento Doble (4mm sin revestir), cámara aire 12 mm

Vidrio: DOBLE, Vidrios de 6 mm
 Protección: Pers.int./claro
 U acristalamiento ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$): 2.79
 U marco ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$): 4
 Fracción marco (%): 20
 Color marco: Blanco
 Tono marco: Medio
 U ventana ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$): 3.03
 f(m³/h·m): 1.5
 Factor atenuación radiación solar: 0.52
 Factor solar vidrio: 0.8
 Dispositivo sombra: Retranqueo 20 cm

2.4. CONDICIONES EXTERIORES.

Localidad Base: La Coruña

Localidad Real: Betanzos

Altitud s.n.m. (m): 54

Longitud : 8° 12' Oeste

Latitud : 43° 16' Norte

Zona Climática : C1

Situación edificio: Edificios separados, o casas de ciudad que sobresalen sensiblemente de sus vecinos

Tipo edificio: Edificios de varias plantas o de una sola planta con viviendas adosadas

2.4.1. INVIERNO.

Nivel percentil (%): 97.5

Tª seca (°C): 3,8

Tª seca corregida (°C): 3,8

Grados día anuales base 15°C: 930

Intensidad viento dominante (m/s): 5,2

Dirección viento dominante: Oeste

2.4.2. VERANO.

2.5. CONDICIONES INTERIORES.

2.5.1. INVIERNO.

Tª locales no calefactados (°C): 12

Interrupción servicio instalación calefacción: Más de 10 horas parada

2.5.2. VERANO.

Tª locales no refrigerados (°C)

Horas diarias funcionamiento instalación: 12

3. CARGA TÉRMICA INVIERNO.

3.1. ZONA AULA 5.

DENOMINACIÓN LOCAL: **Aula 5**

Sistema calefacción: Suelo Radiante

Temperatura (°C): 21

Pérdidas de calor por Transmisión "Qst"

Cerramiento	Orientación	U (W/m² °K)	Superficie (m²)	Ti - Te (°K)	Qsti (W)
Pared ext.	N	0.6	10.34	17.2	107
Ventana metálica	N	3.03	2.64	17.2	138
Ventana metálica	N	3.03	2.64	17.2	138
Ventana metálica	N	3.03	2.64	17.2	138
Pared int.		2.55	23.26	9	534
Pared int.		1.96	1.93	9	34
Puerta madera		2.03	2.52	9	46
Cubierta	Horizontal	0.5	60.53	17.2	521
TOTAL (W)					1656

Pérdidas de calor por Infiltraciones de aire exterior "Qsi"

Infiltración rendijas Vi (m³/h)	Renovaciones/hora Vr (m³/h)	da·Cpa/3600	Ti - Te (°K)	Qsi (W)
0	147.98 *	0.33	17.2	840

Carga Suplementaria "Qss"

Qst + Qsi - Qsaip (W)	Orientación Zo	Interrupción Servicio Zis	+ 2 paredes exteriores Zpe	F	Qss (W)
2496	0.05	0.1		0.15	374

RESUMEN CARGA TÉRMICA ZONA AULA 5

Local	Transm. Qst (W)	Infiltrac. Qsi (W)	Ap. int. Qsaip (W)	Suplem. Qss (W)	Fs (%)	Qc (W)
Aula 5	1656	840	0	374	10	3157
Suma	1656	840	0	374		
Total Zona (W):						3157

3.2. ZONA AULA 6.

DENOMINACIÓN LOCAL: **Aula 6**

Sistema calefacción: Suelo Radiante

Temperatura (°C): 21

Pérdidas de calor por Transmisión "Qst"

Cerramiento	Orientación	U (W/m² °K)	Superficie (m²)	Ti - Te (°K)	Qsti (W)
Pared ext.	E	0.6	13.55	17.2	140
Ventana metálica	E	3.03	6.6	17.2	344
Ventana metálica	E	3.03	6.6	17.2	344
Pared int.		1.96	6.17	9	109
Pared int.		1.96	1.94	9	34
Puerta madera		2.03	2.52	9	46
Pared int.		2.55	15.67	9	360
Pared ext.	S	0.6	10.48	17.2	108
Ventana metálica	S	3.03	2.64	17.2	138
Ventana metálica	S	3.03	2.64	17.2	138
Ventana metálica	S	3.03	2.64	17.2	138
Cubierta	Horizontal	0.5	52.9	17.2	455
TOTAL (W)					2354

Pérdidas de calor por Infiltraciones de aire exterior "Qsi"

Infiltración rendijas Vi (m³/h)	Renovaciones/hora Vr (m³/h)	da·Cpa/3600	Ti - Te (°K)	Qsi (W)
0	129.35 *	0.33	17.2	734

Carga Suplementaria "Qss"

Qst + Qsi - Qsaip (W)	Orientación Zo	Interrupción Servicio Zis	+ 2 paredes exteriores Zpe	F	Qss (W)
3088		0.1		0.1	309

RESUMEN CARGA TÉRMICA ZONA AULA 6

Local	Transm. Qst (W)	Infiltrac. Qsi (W)	Ap. int. Qsaip (W)	Suplem. Qss (W)	Fs (%)	Qc (W)
Aula 6	2354	734	0	309	10	3737
Suma	2354	734	0	309		
Total Zona (W):						3737

3.3. RESUMEN CARGA TÉRMICA EDIFICIO

Zona	Carga Total Qc (W)
AULA 5	3157
AULA 6	3737
Carga Total Edificio (W)	6894