

Suelo radiante

1.- SISTEMAS DE SUELO RADIANTE

1.1.- Bases de cálculo

1.1.1.- Cálculo de la carga térmica de los recintos

Para diseñar una instalación de suelo radiante es necesario calcular previamente las cargas térmicas de los recintos. En caso de disponer de una instalación de refrigeración, se considera la carga térmica sensible instantánea para la hora y el día más desfavorable.

Una vez calculadas las cargas térmicas se describe la información necesaria para realizar el diseño de la instalación para cada recinto:

Recinto	Plano de planta	$Q_{N,f}$ Calefacción (W)	$Q_{N,f}$ Refrigeración (W)	S (m ²)	q Calefacción (W/m ²)	q Refrigeración (W/m ²)
Dormitorio 1	Planta baja	596	501	16.6	35.98	30.29
Dormitorio 2	Planta baja	393	493	14.1	27.90	35.00
Dormitorio 3	Planta baja	747	765	21.9	34.18	35.00
Salón /comedor	Planta baja	1274	1238	37.4	34.05	33.10
Cocina	Planta baja	472	401	11.4	41.21	35.00
Baño1	Planta baja	153	140	5.3	28.78	26.37
Baño2	Planta baja	178	164	6.2	28.67	26.31
Abreviaturas utilizadas						
$Q_{N,f}$ Calefacción	Carga térmica de calefacción para el cálculo de suelo radiante			q Calefacción	Densidad de flujo térmico para calefacción	
$Q_{N,f}$ Refrigeración	Carga térmica de refrigeración para el cálculo de suelo radiante			q Refrigeración	Densidad de flujo térmico para refrigeración	
S	Superficie del recinto					

Para realizar el cálculo de la instalación de suelo radiante se debe partir de una temperatura máxima de la superficie del suelo según el tipo de instalación:

Suelo radiante para calefacción:

Tipos de recinto		$\theta_{f,max}$ (°C)	θ_i (°C)	q_G (W/m ²)	
Zona de permanencia (ocupada)		29.0	20.0	100.00	
Cuartos de baño y similares		33.0	24.0	100.00	
Zona periférica		35.0	20.0	175.00	
Abreviaturas utilizadas					
$\theta_{f,max}$	Temperatura máxima de la superficie del suelo			q_G	Densidad de flujo térmico límite
θ_i	Temperatura del recinto				

Suelo radiante para refrigeración:

Tipos de recinto		$\theta_{f,min}$ (°C)	θ_i (°C)	q_G (W/m ²)	
Zona de permanencia (ocupada)		19.0	24.0	35.00	
Abreviaturas utilizadas					
$\theta_{f,min}$	Temperatura mínima de la superficie del suelo			q_G	Densidad de flujo térmico límite
θ_i	Temperatura del recinto				

Suelo radiante

La densidad de flujo térmico límite según sea para calefacción o refrigeración se calcula por medio de la siguiente expresión:

Calefacción

$$q = 8.92(\theta_{f,max} - \theta_i)^{1.1} (W / m^2)$$

Refrigeración

$$q = 7(|\theta_{f,min} - \theta_i|)(W / m^2)$$

La temperatura máxima en la superficie limita que el suelo radiante pueda cubrir el total de las cargas térmicas. Para este caso es necesario disponer de emisores térmicos auxiliares para complementar el sistema de suelo radiante. Para el caso de los recintos que superan la densidad máxima de flujo térmico se considera el límite descrito como valor de diseño.

1.1.2.- Localización de los colectores

La instalación dispone de colectores de impulsión y de retorno que comunican el equipo productor con los circuitos de suelo radiante.

Los colectores deben disponerse en un lugar centrado respecto a los recintos a los que da servicio, normalmente en pasillos y distribuidores.

Se describe a continuación la localización de los armarios introducidos en el proyecto y el número de circuitos que abastecen.

Armario de colectores	Circuito	Recinto	Plano de planta
colector	Referencia 2	Dormitorio 2	Planta baja
	circuito 1	Dormitorio 1	Planta baja
	Referencia 6	Baño1	Planta baja
	Referencia 7	Baño2	Planta baja
	circuito 8	Salón /comedor	Planta baja
	circuito 5	Salón /comedor	Planta baja
	Referencia 4	Cocina	Planta baja
	Referencia 3	Dormitorio 3	Planta baja

1.1.3.- Diseño de circuitos. Cálculo de longitudes

La longitud de la tubería para cada circuito se calcula mediante la siguiente expresión:

$$L = \frac{A}{e} + 2 \cdot l$$

Suelo radiante

Donde:

A = Área a climatizar cubierta por el circuito (m²)

e = Separación entre tuberías (m)

l = Distancia entre el colector y el área a climatizar (m)

Se describen, a continuación, los parámetros necesarios para el diseño de cada uno de los circuitos de la instalación:

Armario de colectores	Circuito	Trazado	Separación entre tuberías (m)	S (m ²)	q Calefacción (W/m ²)	q Refrigeración (W/m ²)	Longitud real (m)
colector	Referencia 2	Espiral	0.20	14.1	27.90	35.00	71.04
	circuito 1	Espiral	0.20	14.3	41.58	35.00	77.09
	Referencia 6	Espiral	0.20	5.3	28.78	26.37	34.85
	Referencia 7	Espiral	0.20	6.2	28.67	26.32	32.28
	circuito 8	Espiral	0.20	20.2	36.01	35.00	107.50
	circuito 5	Espiral	0.20	15.1	36.01	35.00	82.72
	Referencia 4	Espiral	0.20	11.4	41.22	35.00	55.31
	Referencia 3	Espiral	0.20	21.9	34.18	35.00	101.69
Abreviaturas utilizadas							
S	Superficie del recinto			q Refrigeración	Densidad de flujo térmico para refrigeración		
q Calefacción	Densidad de flujo térmico para calefacción						

1.1.4.- Cálculo de la temperatura de impulsión del agua

Para calcular la temperatura de impulsión de cada uno de los circuitos se considera la densidad de flujo térmico de cada uno de ellos, a excepción de los cuartos de baño.

$$q = K_H \cdot \Delta\theta_H$$

Donde:

q = Densidad de flujo térmico

K_H = Constante que depende de las siguientes variables:

- Suelo (espesor del revestimiento y conductividad)
- Losa de cemento (espesor y conductividad)
- Tubería (diámetro exterior, incluido el revestimiento, espesor y conductividad)

Δθ_H = Desviación media de la temperatura aire-agua, que depende de las siguientes variables:

- Temperatura de impulsión
- Temperatura de retorno
- Temperatura del recinto

Para calcular la temperatura de impulsión a partir de la máxima densidad de flujo térmico, se tomarán los siguientes datos:

- Calefacción: se fija un salto térmico del agua de 5°C.

Suelo radiante

- Refrigeración: se fija un salto térmico del agua de 2°C. En el caso de refrigeración siempre existe la limitación del punto de rocío, siendo la temperatura de impulsión, incrementada en un grado por las pérdidas, no inferior a la de rocío.

En el Anexo Norma EN 1264 se describe detalladamente la formulación utilizada en este cálculo.

Para el resto de recintos se debe utilizar la misma formulación, siendo la temperatura de retorno de cada uno de los circuitos el valor calculado.

Se muestra a continuación un resumen de los resultados obtenidos:

Armario de colectores	Circuito	θ_v Calefacción (°C)	θ_R Calefacción (°C)	P_{inst} Calefacción (W)	P_{req} Calefacción (W)	θ_v Refrigeración (°C)	θ_R Refrigeración (°C)	P_{inst} Refrigeración (W)	P_{req} Refrigeración (W)
colector	Referencia 2	37.2	25.4	393	383	11.6	13.6	493	559
	circuito 1	37.2	32.2	596	596	11.6	13.6	501	680
	Referencia 6	37.2	25.8	153	150	11.6	18.4	140	140
	Referencia 7	37.2	25.8	178	174	11.6	18.4	164	163
	circuito 8	37.2	29.2	729	719	11.6	13.6	709	1237
	circuito 5	37.2	29.2	545	537	11.6	13.6	530	925
	Referencia 4	37.2	32.0	472	472	11.6	13.6	401	619
	Referencia 3	37.2	28.2	747	736	11.6	13.6	765	827
Abreviaturas utilizadas									
θ_v Calefacción	<i>Temperatura de impulsión Calefacción</i>				θ_v Refrigeración	<i>Temperatura de impulsión Refrigeración</i>			
θ_R Calefacción	<i>Temperatura de retorno Calefacción</i>				θ_R Refrigeración	<i>Temperatura de retorno Refrigeración</i>			
P_{inst} Calefacción	<i>Potencia instalada de calefacción</i>				P_{inst} Refrigeración	<i>Potencia instalada de refrigeración</i>			
P_{req} Calefacción	<i>Potencia requerida de calefacción</i>				P_{req} Refrigeración	<i>Potencia requerida de refrigeración</i>			

1.1.5.- Cálculo del caudal de agua de los circuitos

El caudal del circuito se calcula con la siguiente expresión:

$$m_H = \frac{A_F \cdot q}{\sigma \cdot c_w} \left(1 + \frac{R_o}{R_u} + \frac{\theta_i - \theta_u}{q \cdot R_u} \right)$$

Donde:

A_F = Superficie cubierta por el circuito de suelo radiante

q = Densidad de flujo térmico

σ = Salto de temperatura

c_w = Calor específico del agua

R_o = Resistencia térmica parcial ascendente del suelo

R_u = Resistencia térmica parcial descendente del suelo

θ_u = Temperatura del recinto inferior

θ_i = Temperatura del recinto

Los valores de las resistencias térmicas, tanto ascendente como descendente, se calculan mediante las siguientes expresiones:

Suelo radiante

$$R_0 = \frac{1}{\alpha} + R_{\lambda,B} + \frac{s_u}{\lambda_u}$$

$$\frac{1}{\alpha} = 0,093 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_u = R_{\lambda,1} + R_{\lambda,2} + R_{\lambda,3} + R_{\alpha,4}$$

$$R_{\alpha,4} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

Donde:

$R_{\lambda,B}$ = Resistencia térmica del revestimiento del suelo

s_u = Espesor, por encima del tubo, de la capa de soporte de la carga y de difusión térmica

λ_u = Conductividad térmica de la capa de soporte de la carga y de difusión térmica

$R_{\lambda,1}$ = Resistencia térmica del aislante

$R_{\lambda,2}$ = Resistencia térmica del forjado

$R_{\lambda,3}$ = Resistencia térmica del falso techo

$R_{\alpha,4}$ = Resistencia térmica del techo

1.2.- Dimensionado

1.2.1.- Dimensionado del circuito hidráulico

Se describe a continuación la instalación calculada:

Armario de colectores	Circuito	\varnothing_N (mm)	Caudal Calefacción (l/h)	ΔP Calefacción (Pa)	Caudal Refrigeración (l/h)	ΔP Refrigeración (Pa)
colector	Referencia 2	16	34.15	1558	251.36	39692
	circuito 1	16	126.75	13759	266.75	47620
	Referencia 6	16	17.71	285	27.22	541
	Referencia 7	16	18.08	272	27.82	518
	circuito 8	16	96.85	12346	377.38	119620
	circuito 5	16	72.65	5964	283.08	56492
	Referencia 4	16	97.05	6374	214.49	23668
	Referencia 3	16	84.71	9394	387.43	118336
Abreviaturas utilizadas						
\varnothing_N	Diámetro nominal			Caudal Refrigeración	Caudal del circuito Refrigeración	
Caudal Calefacción	Caudal del circuito Calefacción			ΔP Refrigeración	Pérdida de presión del circuito Refrigeración	
ΔP Calefacción	Pérdida de presión del circuito Calefacción					