

## *Climatización por techo radiante Tipologías y ventajas. Caso de práctico.*

### 1. Introducción y clasificación de los sistemas de techo radiante

Los sistemas hidrónicos por techo mediante superficies radiantes se presentan como una alternativa a los sistemas “sólo aire” tanto en calefacción como en refrigeración, y ofrecen grandes ventajas como es el intercambio de energía entre las superficies y las zonas adyacentes mediante radiación y sin que haya movimiento de aire y polvo o se genere ruido.

En el intervalo de temperatura ambiente comprendido entre 20 y 28 °C, el óptimo confort/equilibrio térmico está relacionado principalmente con la justa proporción entre los modos de intercambio térmico (Fig. 1). Calentando o enfriando las superficies que nos rodean, aumentaremos la eficacia y el confort de los intercambios entre el cuerpo y el entorno.

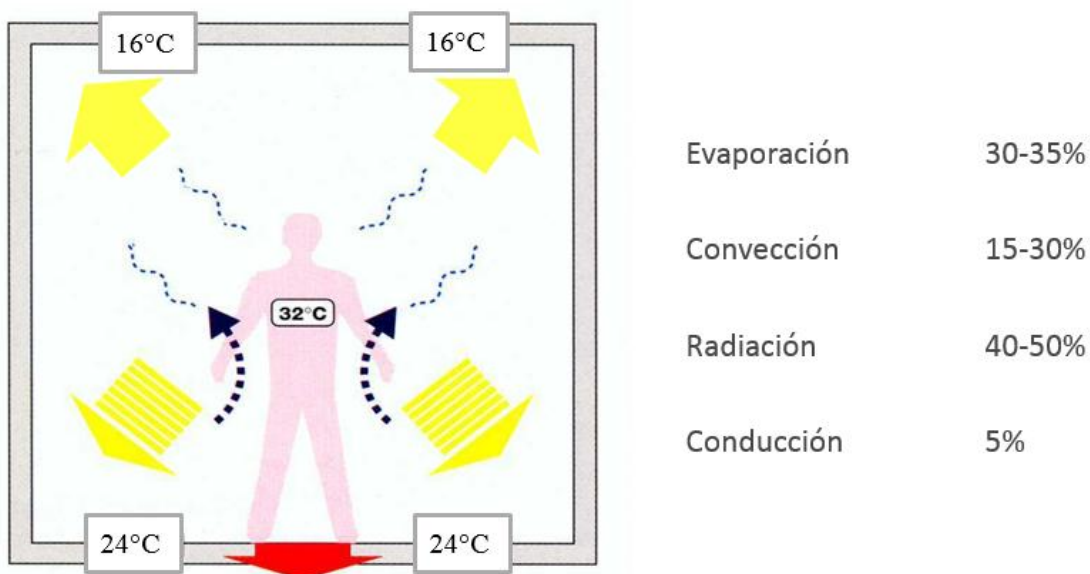


Fig. 1 Intercambio térmico con un techo radiante funcionando en refrigeración

Calentando o enfriando las superficies que nos rodean obtendremos también como resultado una temperatura operativa con un mayor peso de la temperatura media radiante. La temperatura

operativa es un buen indicativo de temperatura de sensación o confort siempre y cuando el valor de humedad relativa y de velocidad de aire estén dentro de los límites aceptables de confort:

Verano: HR (40...60)%, velocidad de aire inferior a 0,16 m/s  
Invierno: HR (40...50)%, velocidad de aire inferior a 0,10 m/s

La temperatura operativa puede calcularse de forma simplificada como la media aritmética de la temperatura radiante media y la temperatura del aire seco en el centro de la habitación, siempre y cuando no tengamos diferencias entre ambas temperaturas superiores a 5 °C que provocarían disconfort térmico local por asimetría en la distribución de temperaturas.

El Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, en adelante RITE, en la instrucción técnica IT 1.1.4.1.2 Temperatura operativa y humedad relativa, define, en la tabla 1.4.1.1, los siguientes intervalos de temperatura operativa y humedad relativa como condiciones interiores de diseño para la mayoría de las aplicaciones en edificios.

<b>Tabla 1.4.1.1 Condiciones interiores de diseño</b>		
<b>Estación</b>	<b>Temperatura operativa °C</b>	<b>Humedad relativa %</b>
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Se puede llegar a la de temperatura operativa de diseño de diferente manera en función del sistema de climatización utilizado. Como ejemplo de cálculo y comparación entre un sistema radiante y un sistema por aire, podríamos tener la siguiente situación:

Estación invierno: Temp. Operativa = 22 °C

Caso 1 (Sistema radiante) Temp. Media Rad.= 24 °C y Temp. Aire = 20 °C

Caso 2 (Sistema por aire) Temp. Media Rad.= 20 °C y Temp. Aire = 24 °C

Estación verano: Temp. Operativa = 24 °C

Caso 1 (Sistema radiante) Temp. Media Rad.= 22 °C y Temp. Aire = 26 °C

Caso 2 (Sistema por aire) Temp. Media Rad.= 26 °C y Temp. Aire = 22 °C

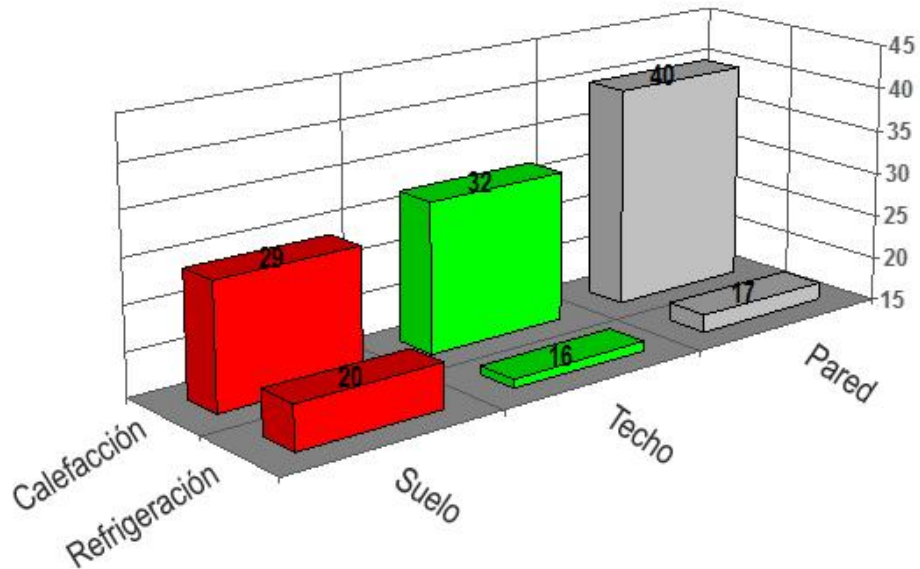
Como anteriormente citábamos, en el sistema radiante la temperatura media radiante tiene más peso que la temperatura de aire, favoreciendo el óptimo equilibrio térmico/confort y minimizando el coste energético de la ventilación del aire. Cada grado de temperatura del aire que disminuimos en calefacción o aumentamos en refrigeración, conlleva un ahorro de energía anual del 6 % mejorando también la sensación de confort y manteniendo mejores niveles de humedad relativa en invierno en zonas climáticas con humedad relativa exterior baja.

En términos de prestaciones la superficie radiante por techo, comparativamente a las otras superficies radiantes, es la más indicada como solución única para funcionar en calefacción y en refrescamiento, principalmente en los casos donde la refrigeración tiene mayor importancia y una baja inercia mejora también el comportamiento. En las siguientes gráficas podemos comprobar esta conclusión, donde se comparan los valores de temperaturas máximas superficiales en calefacción y mínimas refrigeración que se pueden alcanzar sin perder el confort, se comparan también los diferentes coeficientes de transmisión térmica y finalmente la potencia específica obtenida para cada tipo de superficie en calefacción y refrigeración.

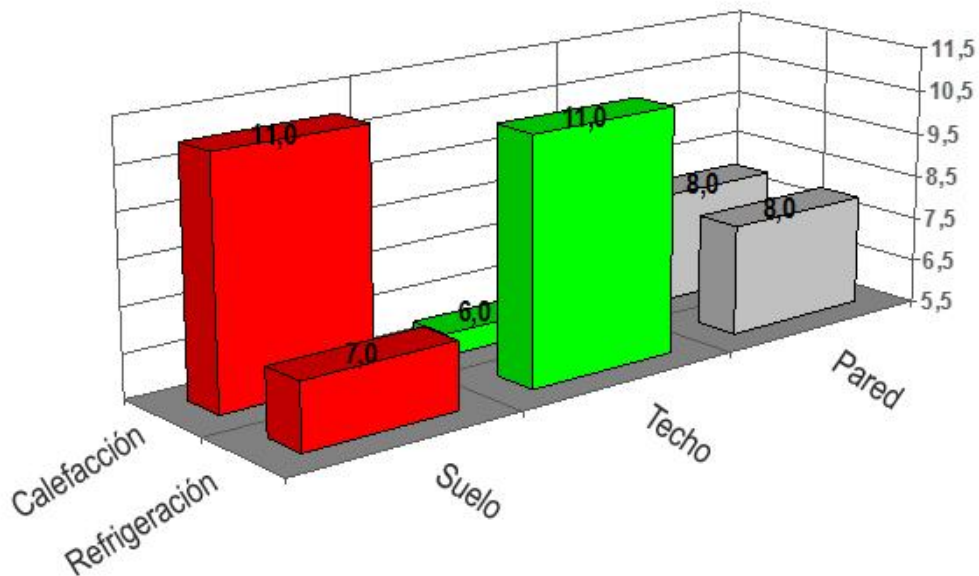
Los valores utilizados en las gráficas están extraídos de la norma “UNE EN 1264 Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies”.

Parte 3: Dimensionamiento

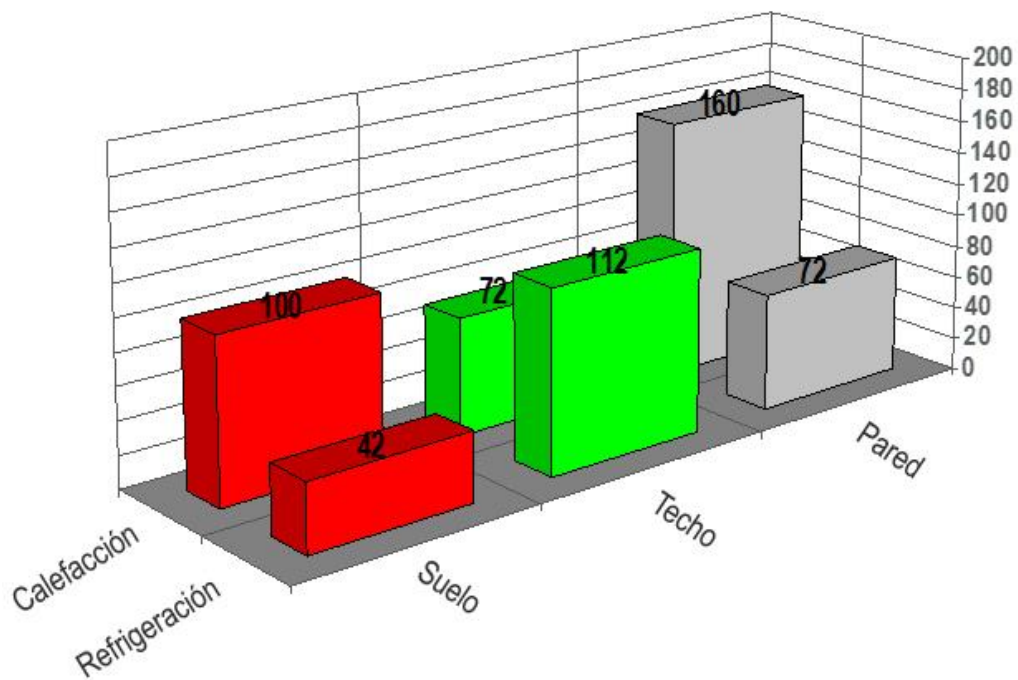
Parte 5: Suelos, techos y paredes radiantes. Determinación de la emisión térmica



**Gráfica 1:** Temperaturas superficiales máximas y mínimas en °C



**Gráfica 2:** Coeficientes de transmisión térmica en W/m²K



**Gráfica 3:** Potencia específica "q" en W/m<sup>2</sup>

Donde:

Suelo Refr.	$q = 7 * (\theta_{s,m} - \theta_i)$
Techo Calef.	$q = 6 * (\theta_{s,m} - \theta_i)$
Techo Refr.	$q = 8,92 * (\theta_{s,m} - \theta_i)^{1,1}$
Suelo Calef.	$q = 8,92 * (\theta_{s,m} - \theta_i)^{1,1}$
Pared Refr./Calef.	$q = 8 * (\theta_{s,m} - \theta_i)$

q	Potencia específica W/m <sup>2</sup>
$\theta_{s,m}$	Temperatura media superficie radiante
$\theta_i$	Temp. amb. (20 °C inv. / 26 °C ver.)

La pared radiante es una superficie que se comporta muy bien en calefacción y refrigeración, aunque por lo general suele ser más un complemento de un techo o suelo radiante debido a la dificultad de disponer de suficiente superficie útil de pared para implementar la pared radiante como sistema único.

El techo radiante es claramente superior en refrigeración en valores de potencia específica por m<sup>2</sup> y de confort, al mejorar la sensación de pies fríos que puede producirse en un suelo radiante en refrigeración. En modo calefacción las temperaturas superficiales del techo son prácticamente las de impulsión, favoreciendo la eficiencia energética del generador, sea bomba de calor o caldera de

condensación. Con potencia específica alrededor de  $72 \text{ W/m}^2$ , el techo radiante es suficiente para satisfacer las necesidades de calefacción en la mayoría de los edificios, así pues es una solución ideal, independientemente de la actividad que se vaya a desarrollar en el edificio o vivienda.

Las soluciones de techo radiante pueden ser clasificadas en **dos tipologías**: techos continuos o registrables.

### Techos continuos

Los techos continuos se integran en cualquier tipología de edificios, tanto en el sector residencial como terciario y los paneles que lo conforman se caracterizan por estar fabricados en yeso y tener integrado en su interior una tubería capilar plástica por la que circula agua para calefactar o refrigerar la estancia por radiación, y en menor porcentaje convención, según el modo de funcionamiento de la instalación.

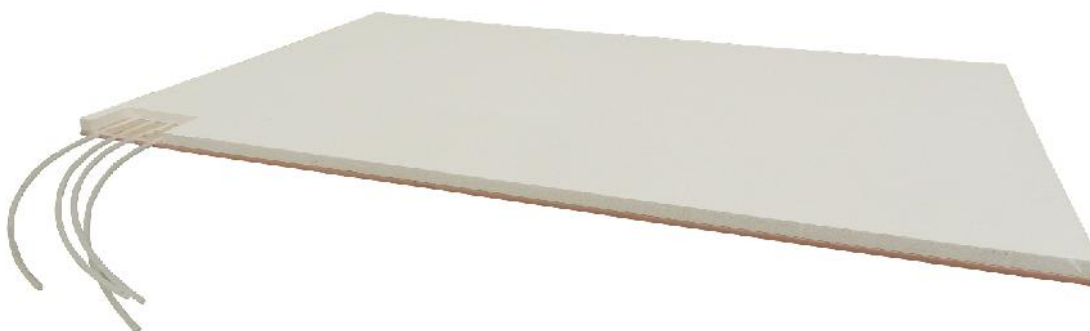
Estos paneles pueden conectarse en serie conformando así cada uno de los circuitos de la instalación y termoactivando toda la superficie necesaria para cubrir la demanda requerida según el proyecto. Si fuese conveniente, el número de paneles conectados dependerá de la dimensión elegida de los mismos. Las mismas pueden variar entre  $1200\text{mm} \times 500\text{-}2000\text{mm}$  (WxL).

El diámetro de la tubería capilar es de aproximadamente  $10\text{mm}$  y cuenta con capa antidifusión de oxígeno que impide el riesgo de oxidación de los componentes metálicos de la instalación.

La unión de la tubería entre paneles, así como de cada uno de los circuitos con la tubería de distribución se realiza mediante el sistema de manguitos de unión rápida que recomienda cada uno de los fabricantes.

El resto de la superficie del techo que no es necesario termoactivar o en aquellos puntos donde es necesario integrar puntos de luz, se cubrirá con paneles semejantes que no cuentan con tubería en su interior.

El reverso de los paneles se complementa con un recubrimiento aislante de Poliestireno que mejora el rendimiento del sistema al evitar que la energía se pierda a través del hueco del falso techo. Mientras que la cara vista del panel cuenta con un acabado en bruto donde se aprecia la posición exacta de la tubería mediante un marcaje impreso en el panel. Tras su instalación el remate de juntas, acabado y pintado de la superficie se realizará del mismo modo que una solución seca (panel yeso) de pared o techo.



**Techo registrables** Los techos registrables se instalan preferentemente en edificios del sector terciario y los paneles que lo conforman se caracterizan por estar fabricados en materiales con gran capacidad de distribución de la energía como el grafito. En este caso la tubería capilar plástica por la que circula agua para calefactar o refrigerar la estancia, se encuentra integrada en el interior de una carcasa de acero rellena de grafito o material similar. El panel se completa con un recubrimiento de fibra de vidrio de color blanco en su cara vista y gris en su reverso de manera que la dimensión de los paneles puede variar entre 600mm x 600-1200mm (WxL)



Estos paneles pueden conectarse (entre 4 y 8 unidades) conformando así cada uno de los circuitos de la instalación y termoactivando toda la superficie necesaria para cubrir la demanda requerida según el proyecto.

El diámetro de la tubería capilar es también de aproximadamente 10mm. La unión de la tubería entre paneles, así como de cada uno de los circuitos con la tubería de distribución se realiza mediante el sistema de manguitos de unión rápida que recomienda cada uno de los fabricantes.

El resto de la superficie del techo que no es necesario termoactivar o en aquellos puntos donde es necesario integrar componentes de otras instalaciones como luminarias, rociadores, luces de emergencia, sonido, ventilación... se cubrirá con paneles semejantes que no están termoactivados.





### En común (sistemas continuos y sistemas registrables)

Ambos sistemas se integran en estructuras estándar de falso techo que sirven de soporte a los paneles que conforman ambas soluciones.

La potencia de estos sistemas viene determinada según las normas de ensayo UNE-EN 14240 y UNE-EN 14037. Como referencia, el salto térmico  $\Delta T$  (K) para los modos de calefacción y refrigeración puede ser de 15°C en calefacción y 8-10°C en refrigeración, respectivamente.

Potencia máxima para temperatura aire interior	Coef. de transmisión térmica* W/m <sup>2</sup> K	Temp. superficial aceptable °C	Potencia máxima W/m <sup>2</sup>
20°C calefacción	6	32	72
26°C refrigeración	11	16	110

\* Coeficiente de transmisión térmica total (convección + radiación) entre la superficie y el ambiente, basado en temperaturas superficiales aceptables.

Fuente: Guía "Low Temperature heating and high temperature cooling" de Revha, Federación Europea de Asociaciones de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado.

En ambos casos este tipo de soluciones pueden combinarse con un sistema de ventilación según la normativa UNE-EN 13779 *Ventilación de los edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos*.

Hay que tener en cuenta que la ventilación mecánica tiene como función proporcionar aire fresco y limpio a los usuarios de las instalaciones, controlar la humedad atmosférica y evitar la condensación durante el proceso de funcionamiento en modo refrigeración. Esto es especialmente importante en zonas próximas a la costa.

## 2. Ventajas de los sistemas de techo radiante

### Ahorro de costes y energía

- Menor consumo energético en comparación con los sistemas de climatización por aire.
- Compatible con fuentes de energía renovable y alternativas.
- No requiere mantenimiento.

## Confort

- Temperatura homogénea en todas las estancias (calefacción y refrigeración).
- Gran rapidez de respuesta gracias a una menor inercia respecto al suelo radiante.
- Totalmente silencioso, al carecer de componentes mecánicos.

## Diseño interior

- Libertad de espacios.
- Sistema de climatización ideal para la rehabilitación de edificios
- No está condicionado por el tipo de pavimento del suelo
- Sin elementos externos visibles.
- Ideal en combinación con sistemas de paredes móviles (multifunción).



## Higiene

- Ambiente limpio.
- Reducción de ruido. Sin suciedad en conductos.





### Tiempo de instalación

- Integración en el proceso constructivo.
- Instalación simultánea (sistema de climatización + techo).
- Compatible con ventilación mecánica.



### 3. Caso práctico

La utilización del techo radiante en establecimientos hoteleros es una solución eficiente y rentable.

Entre el 1 de julio y el 21 de agosto de 2015, tuvo lugar en el hotel Fairmont Rey Juan Carlos I de Barcelona una experiencia piloto cuyo objetivo era comparar distintos sistemas de climatización con un **sistema de referencia consistente en un fancoil** con una potencia de 5.350 kcal/h en condiciones Eurovent.



### Solución para ahorrar un 48% de energía

Para la prueba, se eligió su solución de techo radiante, consistente en una placa reforzada ignífuga de yeso termoactivado de 15 mm de espesor con un panel de aislamiento térmico de EPS que mejora su rendimiento y favorece la dispersión del calor al ambiente al tiempo que reduce las pérdidas energéticas.





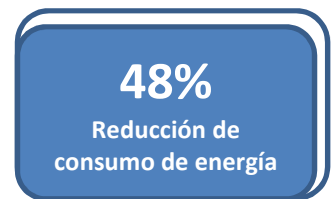
*Panel de techo radiante*

Toda la prueba se desarrolló con la instalación funcionando en **modo Refrigeración**.

El proyecto entrañaba ciertas dificultades debido a que había que insertar una solución inercial de techo radiante en una instalación a 4 tubos diseñada para fancoils, lo que obligaba a elevar la temperatura del agua para adaptarla a las condiciones óptimas de funcionamiento del sistema radiante.

La estrategia de regulación utilizada ajustaba el caudal de agua que circulaba por el techo al valor óptimo que garantizase en cada momento que se podían alcanzar las condiciones de confort sin que se produjeran condensaciones.

La prueba ha sido supervisada y certificada por TÜV NORD Cualicontrol y en las conclusiones de su informe ZA 0616 se declara una **reducción del 48% del consumo de energía** respecto al sistema de referencia.



Teniendo en cuenta las condiciones en las que ha estado funcionando la instalación, dicho ahorro sería mucho mayor con un sistema especialmente diseñado para el sistema de techo radiante.

Esta afirmación se apoya en el hecho de que, en el sistema diseñado para el techo radiante, el agua de refrigeración se haría circular en torno a los 15°C en lugar de los 7°C que requiere el sistema de fancoils.

Para controlar la instalación se incluyeron:

- Sondas de temperatura y humedad ambiente
- Sonda de temperatura exterior
- Sondas de temperatura de agua en los circuitos de impulsión y retorno al techo radiante
- Válvulas motorizadas de acción proporcional 0-10 V
- Sistema de control

Además, el funcionamiento a caudal de agua variable permitiría reducir el consumo de las bombas circuladoras a medida que se fuesen alcanzando las condiciones de confort y el carácter inercial del sistema permitiría reducir la potencia de los generadores instalados hasta un 30%.

Los caudales de ventilación también se reducirían con la utilización de sondas de calidad de aire, pudiendo utilizarse los climatizadores para ajustar la humedad relativa ambiente y aumentar las prestaciones del techo radiante cuando las condiciones sean adversas.

## 4. Conclusiones

La utilización del techo radiante en establecimientos hoteleros es una solución viable, eficaz, eficiente y rentable.

A las ventajas asociadas al confort térmico que se logra, debe sumarse la total ausencia de ruidos y corrientes de aire que afectan tan negativamente a la valoración que un cliente puede hacer del establecimiento hotelero.



### Climatización por Techo Radiante

- Confort térmico
- Total ausencia de ruidos y corrientes de aire
- Eficiencia energética
- Compatible con cualquier tipología y uso del edificio
- Permite cumplir las limitaciones en edificios de bajo consumo energético
- Compatible con cualquier fuente de energía renovable
- Válido para Calefacción y Refrigeración
- Solución de techo y de climatización en una única instalación

### Referencias

UNE-EN 14240	Ventilación de edificios. Techos fríos. Ensayos y evaluación.
UNE-EN 14034	Superficies suspendidas de calefacción y refrigeración para agua con una temperatura inferior a 120 °C
UNE-EN 1264	Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies
UNE-EN 13779	Ventilación de los edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.
Guía Revha	“Low Temperature heating and high temperature cooling” Revha, Federación Europea de Asociaciones de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado.
RITE	Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios