

Zonificación de Edificios. Optimización y Eficiencia Energética

Optimización

Eficiencia Energética

JUAN CARLOS LOZANO MEDINA

INGENIERO INDUSTRIAL

PROFESOR ASOCIADO ULPGC

ISBN 978-84-16989-17-1

15 DE ABRIL DE 2014

Índice

1.	Instalaciones de climatización.....	2
1.1	Introducción	2
1.1.1	Ámbito de aplicación instalaciones de climatización.....	2
1.2	Normas de aplicación.....	2
1.2.1	Código Técnico de la Edificación (CTE).....	2
1.2.2	RITE.....	2
1.2.3	RD 238/2013. Modificación del RITE.....	3
1.2.4	RD 235/2013 – Certificación energética de los edificios.....	3
1.3	Acondicionamiento de aire	3
1.3.1	Introducción	3
1.4	El ciclo frigorífico	3
1.5	Tipos de instalaciones para acondicionamiento de aire	4
1.5.1	Clasificación de los sistemas de acondicionamiento de aire	4
1.5.2	Terminología	7
1.6	Cálculo instalaciones para el acondicionamiento de aire	7
1.6.1	Instalaciones de calefacción.....	7
1.6.2	Factores que influyen en las instalaciones de calefacción.....	7
1.6.3	Temperatura operativa y humedad relativa.....	8
1.6.4	Cálculo de cargas de calefacción.....	8
2.	Zonificación	11
2.1	Marco normativo.....	11
2.2	Concepto de zonificación	11
2.3	Ventajas de la zonificación	12
2.4	Necesidad de zonificar	12
2.5	Elementos que componen un sistema de zonificación.....	13
2.6	Cómo realizar la zonificación.....	14
2.7	Ejemplo práctico de Zonificación	15

1. Instalaciones de climatización

1.1 Introducción

1.1.1 Ámbito de aplicación instalaciones de climatización

Bajo el ámbito de la denominación de instalaciones de climatización podemos dividir en los bloques siguientes:

Sistemas de Climatización del aire:

- Ventilación
- Calefacción
- Refrigeración

Sistemas de Climatización del agua:

- Calefacción
- Agua Caliente Sanitaria
- Climatización de piscinas

1.2 Normas de aplicación

1.2.1 Código Técnico de la Edificación (CTE)

DB-HS – Salubridad: HS-1 Protección Frente a la Humedad

- HS-3 Calidad del Aire Interior

DB-HE – Ahorro de Energía

- HE-1 Limitación de la Demanda Energética
- HE-2 Rendimiento Instalaciones Térmicas
- HE-4 Contribución Solar Térmica para ACS

1.2.2 RITE

Las instalaciones térmicas de los edificios, están reguladas en la actualidad por el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios), según Real Decreto 1027/2007 de 29 de Julio.

1.2.3 RD 238/2013. Modificación del RITE

Real Decreto 238/2013, de 5 de abril. Por el que se modifican determinados Artículos e Instrucciones Técnicas del (RITE), RD-1027/2007 de 20 de julio.

1.2.4 RD 235/2013 – Certificación energética de los edificios

Real Decreto 235/2013, de 5 de abril. Certificación de la Eficiencia Energética de los Edificios. (Deroga el RD-47/2007).

- Capítulo I. Disposiciones generales.
- Capítulo II. Condiciones Técnicas y Administrativas.
- Capítulo III. Etiqueta de Eficiencia Energética.

1.3 Acondicionamiento de aire

1.3.1 Introducción

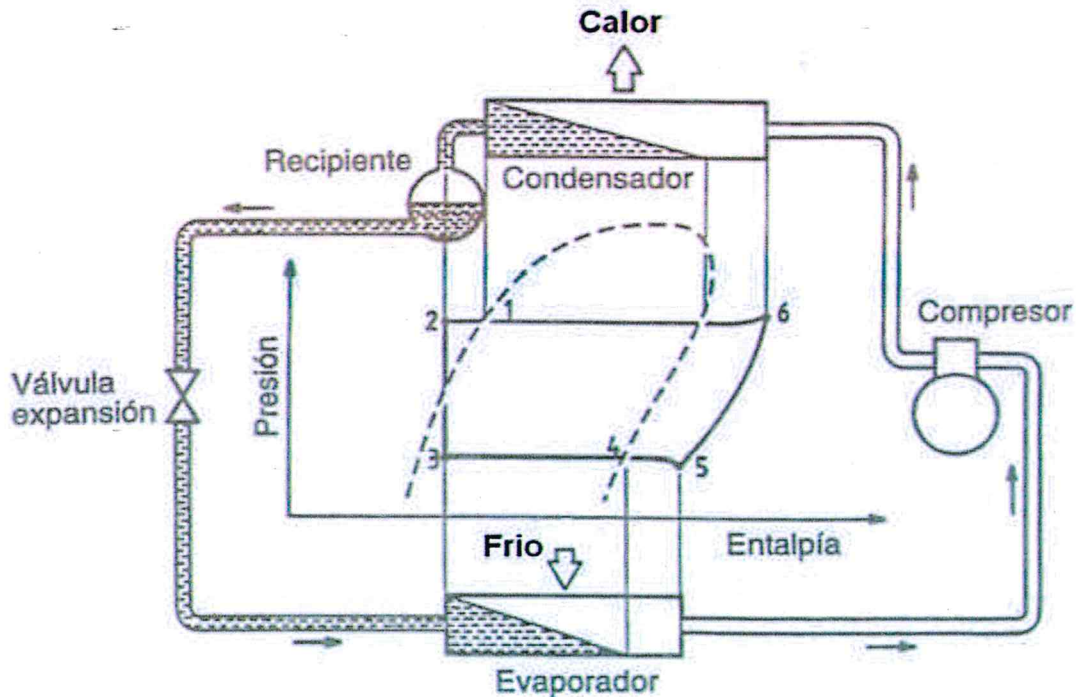
Se entiende por acondicionamiento del aire el proceso de tratamiento del aire que coordina varios factores encaminados a alcanzar el confort de los ocupantes de los ambientes interiores. Los parámetros o factores a coordinar son:

- Temperatura (Calefacción o Refrigeración)
- Grado de humedad (Humidificación o Deshumidificación)
- Velocidad del aire (Movimiento y Circulación)
- Limpieza del aire (Filtrado)
- Ventilación (Renovación del aire)

1.4 El ciclo frigorífico

Los equipos de acondicionamiento de aire están basados en el ciclo de compresión mecánica. Los componentes básicos del ciclo o los equipos de acondicionamiento de aire son:

- Condensador
- Evaporador
- Compresor
- Válvula de Expansión



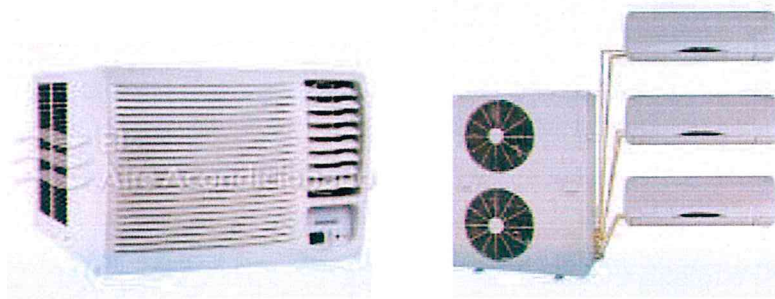
1.5 Tipos de instalaciones para acondicionamiento de aire

1.5.1 Clasificación de los sistemas de acondicionamiento de aire

Los sistemas para el acondicionamiento del aire se pueden clasificar desde múltiples puntos de vista. Existen cuatro criterios fundamentales para clasificar los sistemas de acondicionamiento de aire, estas son:

A1. Sistemas de expansión directa.

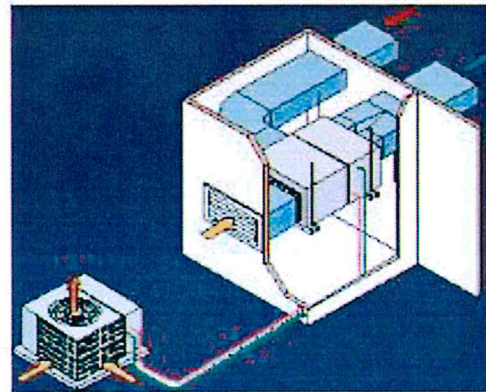
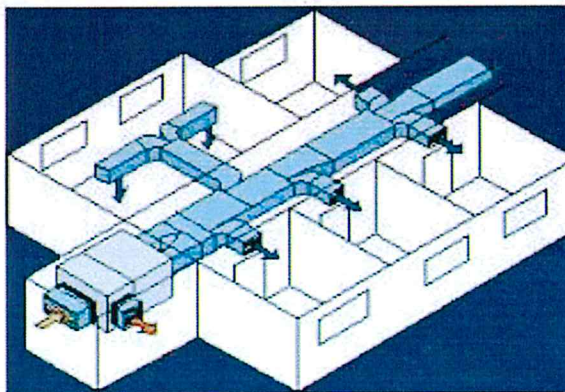
El fluido que enfría el aire del local no es agua ni aire tratado en otro punto, sino directamente el fluido frigorífico. Es decir, la transmisión de energía se produce directamente por el paso del aire del local a través del equipo de climatización (evaporador, en el caso de refrigeración o condensador, en caso de calefacción). Puede utilizarse un sistema descentralizado, con pequeñas unidades autónomas e independientes que se colocan generalmente en una ventana, por eso se llaman acondicionadores de ventana, o un sistema centralizado con una red de distribución de fluido frigorífico, de forma que llegue a una unidad terminal situada en el interior del local o habitación. Estos últimos sistemas sólo dan frío en verano; se conocen con las siglas VRV.



A2. Sistemas todo aire.

Sistemas que distribuyen e introducen en el local únicamente aire tratado. Suelen clasificarse en:

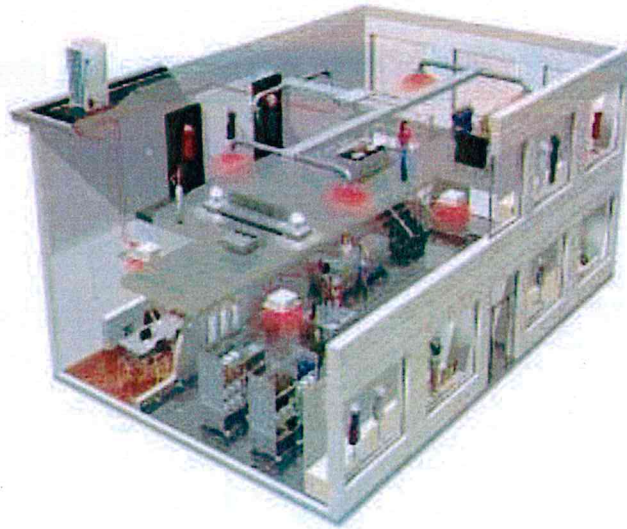
- **Monoconductos.** Cuando el aire se distribuye mediante un conducto único. A su vez pueden dividirse en sistemas de caudal constante (sistema convencional) o de caudal variable (VAV).
- **Doble conducto.** Sistemas que utilizan dos conductos de aire: uno de aire frío y otro de aire caliente o ambos de aire frío. Se trata de sistemas técnicamente muy buenos, pero caros y que necesitan hacer llegar a cada habitación o local dos conductos de aire, con lo cual se requiere más espacio muerto para hacer pasar los tubos.



A3. Sistemas Mixtos (Aire-Agua).

Estos sistemas emplean los dos fluidos (el aire y el agua) como elementos de calefacción en invierno, o de refrigeración en verano. El aire se trata en una unidad central y se distribuyen a los locales como si se tratase de un sistema todo aire de conducto único. El agua se enfría o se calienta en otra unidad central y se hace llegar a los mismos locales mediante una red de tuberías. El

agua llega a una unidad terminal situada en el local donde cederá o absorberá calor del ambiente. Los tipos de unidad terminal más común para este sistema son el inductor y el fan-coil.



A4. Sistemas Todo Agua.

Sólo se emplea agua, la cual se enfría o calienta en una unidad central y se distribuye a los locales, donde se produce la transmisión de la energía al aire, generalmente, a través de un *Fan-coil*.



1.5.2 Terminología

- **Circuito primario.** Circuito del que forman parte los generadores y las tuberías que los unen, en el cual el fluido que transmite la energía, lo recoge de los generadores y lo transmite.
- **Circuito secundario.** Circuito donde se recoge la energía transferida por el circuito primario, para ser distribuida a los puntos de consumo o equipos terminales.
- **Circuito de consumo.** Circuito por donde circula agua de consumo.
- **Instalaciones abiertas.** Instalaciones en las que el circuito primario está conectado permanentemente con la atmósfera.
- **Instalaciones cerradas.** Instalaciones en las que el circuito primario no tiene comunicación directa con la atmósfera.
- **Instalaciones de sistema directo.** Instalaciones en las que el fluido de trabajo que pasa por los generadores, es el propio fluido que circula por los equipos terminales.
- **Instalaciones de sistema indirecto.** Instalaciones en las que el fluido de trabajo se mantiene en un circuito separado independiente, sin posibilidad de comunicarse con el circuito de consumo.
- **Instalaciones con circulación forzada.** Instalaciones equipadas con dispositivos que provocan la circulación forzada del fluido de trabajo. (Electrobombas).

1.6 Cálculo instalaciones para el acondicionamiento de aire

1.6.1 Instalaciones de calefacción

Las instalaciones de calefacción permiten compensar las pérdidas de calor de locales y edificios con el fin de mantener las condiciones interiores dentro de las condiciones de confort.

1.6.2 Factores que influyen en las instalaciones de calefacción

- Condiciones climáticas exteriores.
- Orientación.
- Materiales de construcción y aislamiento.

- Ocupación.
- Usos del edificio o local.

1.6.3 Temperatura operativa y humedad relativa

Las condiciones interiores de diseño de la temperatura operativa y la humedad relativa se fijarán en base a la actividad metabólica de las personas, su grado de vestimenta y el porcentaje estimado de insatisfechos (PPD).

RD-1027/2007, RITE, IT-1.1.4.1.2. (Tabla 1.4.1.1)

Estación	Temperatura Operativa (°C)	Humedad Relativa (%)
Verano	23 - 25	45 - 60
Invierno	21 - 23	40 - 50

1.6.4 Cálculo de cargas de calefacción

Carga total de calefacción.

La cantidad o carga de calor total para compensar las necesidades térmicas de calefacción, se obtienen mediante la expresión:

$$Q = (Q_t + Q_i) * (1 + F)$$

Siendo:

$$Q \rightarrow \text{Cantidad de calor total } \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right).$$

$$Q_t \rightarrow \text{Cantidad de calor total por transmisión } \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right).$$

$$Q_i \rightarrow \text{Cantidad de calor total por infiltraciones y/o renovación del aire } \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right).$$

$$F \rightarrow \text{Suma de suplementos por transmisión.}$$

Suplementos por transmisión de cargas de calefacción.

La cantidad o carga de calor por suplementos por transmisión para compensar las necesidades térmicas de calefacción, se obtienen mediante la expresión:

$$F = Z_{it} + Z_a + Z_h$$

Siendo:

$$Z_{it} \rightarrow \text{Cantidad de calor por interrupción de suministro } \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right).$$

$$Z_a \rightarrow \text{Cantidad de calor por superficies frías } \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right).$$

$Z_h \rightarrow$ Cantidad de calor por orientación $\left(\frac{kcal}{h}\right)$.

$\bar{F} \rightarrow$ Suma de suplementos por transmisión.

CONCEPTO DEL SUPLEMENTO	VALOR
Por orientación Norte	0,05 – 0,07
Por intermitencia – Interrupción Nocturna	0,05
Por intermitencia – 8-9 horas parada	0,1
Por intermitencia – más de 10 horas parada	0,2 – 0,25
Más de dos paredes al exterior	0,05
Últimas plantas edificios de gran altura	0,02 / metro

Pérdidas de calor por transmisión.

La cantidad o carga de calor por pérdidas de transmisión para compensar las necesidades térmicas de calefacción, se obtienen mediante la expresión:

$$Q_t = S * K * D_t = S * k * (t_i - t_e)$$

Siendo:

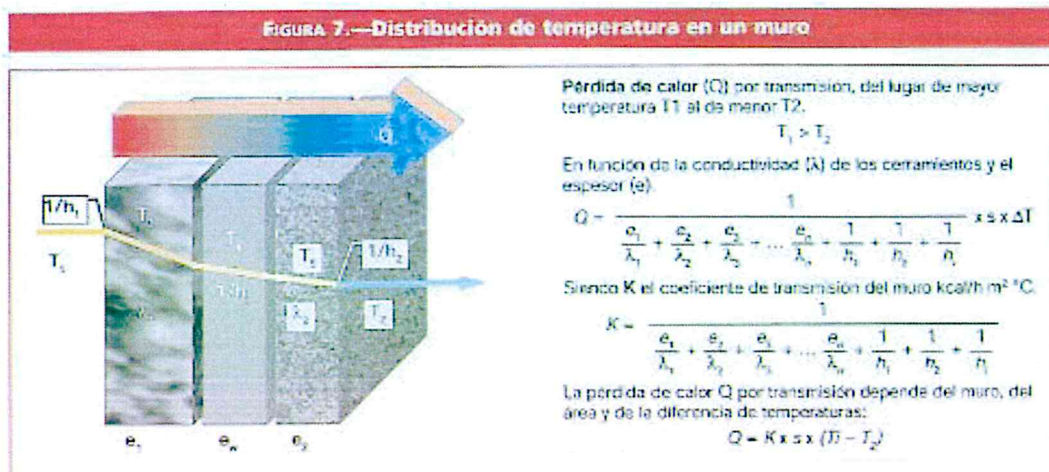
$Q_t \rightarrow$ Calor por pérdidas por transmisión $\left(\frac{kcal}{h}\right)$.

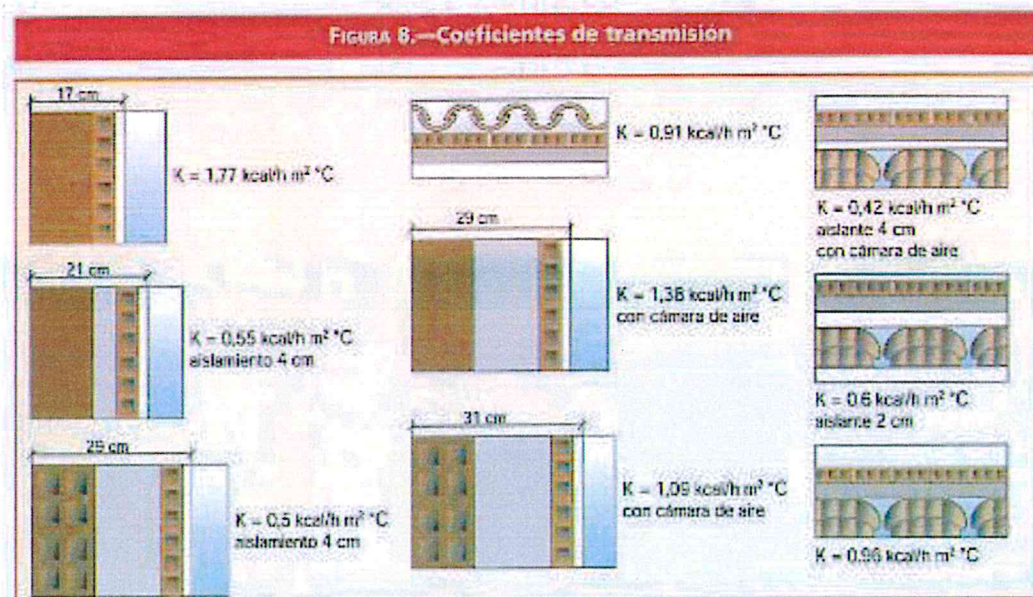
$S \rightarrow$ Superficie de paramento (m^2)

$D_t \rightarrow$ Diferencia de temperatura int. – ext. ($t_i - t_e$) del paramento ($^{\circ}C$)

$K \rightarrow$ Coeficiente de transmisión térmica total del paramento $\left(\frac{kcal}{h} m^2^{\circ}C\right)$.

Coeficiente de transmisión térmica total.





Pérdida por renovación de aire en calefacción.

La cantidad o carga de calor por renovación de aire para compensar las necesidades térmicas de calefacción, se obtienen mediante la expresión:

$$Q_i = V \cdot C_e \cdot P_e \cdot n \cdot (T_i - T_e)$$

Siendo:

$Q_i \rightarrow$ pérdidas de calor por infiltración y/o renovación de aire $\left(\frac{kcal}{h}\right)$.

$V \rightarrow$ volumen del espacio (m^3).

$C_e \rightarrow$ calor específico del aire seco $\left(0,24 \frac{kcal}{kg}\right)$.

$P_e \rightarrow$ peso específico del aire seco $\left(1,21 \frac{kg}{m^3} \text{ a } 20^\circ C\right)$.

$n \rightarrow$ número de renovaciones por hora $\left(\frac{1}{h}\right)$.

Pérdida por infiltración de aire en calefacción.

La cantidad o carga de calor por infiltración de aire para compensar las necesidades térmicas de calefacción, se obtienen mediante la expresión:

$$Q_i = m \cdot C_e \cdot P_e \cdot (T_i - T_e)$$

Siendo:

$Q_i \rightarrow$ pérdidas de calor por infiltración y/o renovación de aire $\left(\frac{kcal}{h}\right)$.

$$C_e \rightarrow \text{calor específico del aire} \left(0,24 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right).$$

$$P_e \rightarrow \text{peso específico del aire seco} \left(1,21 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ a } 20^\circ\text{C} \right).$$

$$m \rightarrow \text{cantidad de aire por infiltración} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right).$$

Peso Específico del Aire Seco (kg/m ³)	Temperatura (°C)
1,24	10
1,205	20

2. Zonificación

2.1 Marco normativo

- Código Técnico de la Edificación (CTE), Documento Básico HE Ahorro de Energía.
- Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios, que obliga a establecer y revisar periódicamente los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios, para permitir alcanzar unos niveles óptimos de rentabilidad.
- La obligatoriedad de que, antes del 31 de diciembre de 2020, todos los nuevos edificios tengan obligatoriamente un consumo de energía casi nulo.
- El objetivo 20-20-20: que pretende reducir en un 20% el consumo de energías primarias y emisiones de gases efecto invernadero y aumentar en un 20% las energías renovables para el año 2020.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), según Real Decreto 1027/2007 de 29 de Julio.(IT 1.2.4.5.4 Zonificación).

2.2 Concepto de zonificación

La zonificación es un sencillo sistema de control que consiste en climatizar por zonas, optimizando las instalaciones de climatización y calefacción centralizadas. De esta manera, se aumentan el confort del usuario y se reduce el consumo energético.

2.3 Ventajas de la zonificación

- En términos de confort, la zonificación proporciona de modo independiente en cada estancia y en cada momento la temperatura de confort deseada e pudiéndose llegar incluso a la desconexión de la impulsión de aire si el recinto no está ocupado.
- Existe un ahorro en el equipo de climatización, debido a la fuerte reducción del coeficiente de simultaneidad, la instalación funcionará muy poco tiempo a su máxima potencia lo que permite la reducción de la potencia del equipo.
- Ahorro en consumo, la introducción de un sistema de zonas permite un ahorro de consumo eléctrico.

2.4 Necesidad de zonificar

La instalación de aire acondicionado debe servir a un conjunto de locales de un edificio, que difieren entre sí en su funcionamiento a cargas parciales, ya sea por su orientación, cargas internas, efecto solar o distintas condiciones de funcionamiento y ello constituye un aspecto importante a tener en cuenta en el diseño con miras al ahorro energético.

El criterio de zonificación consiste en agrupar el acondicionamiento de todos aquellos ambientes del edificio, cuyas cargas térmicas varían en forma similar. De esa manera, se puede definir como una zona, a aquellos locales que están controlados por un mismo termostato.

Existen varias formas de zonificar, pero aunque la mejor de todas, es que cada zona tenga su propio equipo de tratamiento de aire, con su termostato de control.

Los principales factores determinantes de la zonificación son:

- Orientación.
- Horarios de uso.
- Disipaciones internas y condiciones psicrométricas.

2.5 Elementos que componen un sistema de zonificación

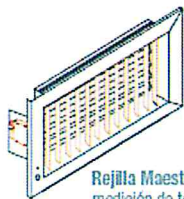
Los elementos que componen el sistema de zonificación son, básicamente, los siguientes:

- Termostato de zona. Define cada zona del sistema y sirve para conectar/desconectar la climatización y para elegir la temperatura de consigna de la zona.



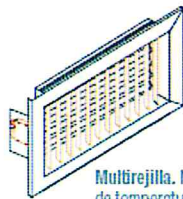
- Elementos de difusión motorizada. Controlan la temperatura de la zona en la que se instalan a través del cierre y apertura de sus lamas. Pueden ser rejillas o difusores, aunque también es posible utilizar compuertas en los conductos para controlar varios elementos de difusión de aire convencionales.

REJILLA MOTORIZADA CON SENSOR



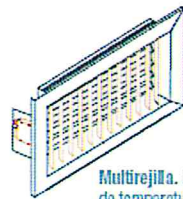
Rejilla Maestra. Sólo esta realiza medición de temperatura.

REJILLA MOTORIZADA SIN SENSOR



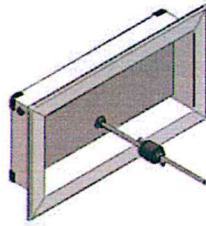
Multirejilla. No realiza medición de temperatura.

REJILLA MOTORIZADA SIN SENSOR

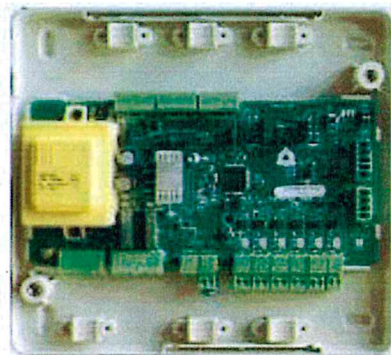


Multirejilla. No realiza medición de temperatura.

- Compuerta de sobrepresión (Bypass). Regula la presión del aire en los conductos en el momento de cierre de rejillas para evitar velocidades excesivas del aire y el aumento del nivel sonoro. Se puede elegir entre un bypass conducido y uno por plenum, en función de la instalación de conductos.



- Central electrónica. Coordina el funcionamiento de todo el sistema, como por ejemplo la apertura y cierre de rejillas en función de las lecturas de los termostatos de zonas, el cambio de modo frío-calor y la velocidad del ventilador de los equipos de climatización entre otros. Además, en los sistemas de zonificación integrados en instalaciones domóticas, es el elemento de conexión entre las instalaciones de climatización y el sistema domótico.



2.6 Cómo realizar la zonificación

Es importante diferenciar entre:

- **Local.**
- **Zona:** conjunto de locales servidos por un climatizador.
- **Edificio:** conjunto de zonas servidas por una sala de máquinas.

El orden de los cálculos se efectuará de la siguiente manera:

- **Carga térmica de un local, *demanda en las peores condiciones:*** dimensionar los servicios del local (conductos, difusores, tuberías, etc).
- **Carga térmica de una zona, *máximo simultáneo de los locales:*** dimensionar la climatizadora.

- **Carga térmica de un edificio, *máximo simultáneo de todas las zonas***: dimensionar la sala de máquinas.

Si se atiende a la demanda de cada local con instalaciones individuales, la potencia instalada es mayor que en una instalación centralizada. Para dimensionar correctamente hay que conocer las cargas horarias. Para agrupar locales en zonas se requiere que la orientación, ocupación y necesidad porcentual de aire de renovación sean iguales.

2.7 Ejemplo práctico de Zonificación

El ejemplo se realizará haciendo uso de programa informático Tekton 3D CDT.

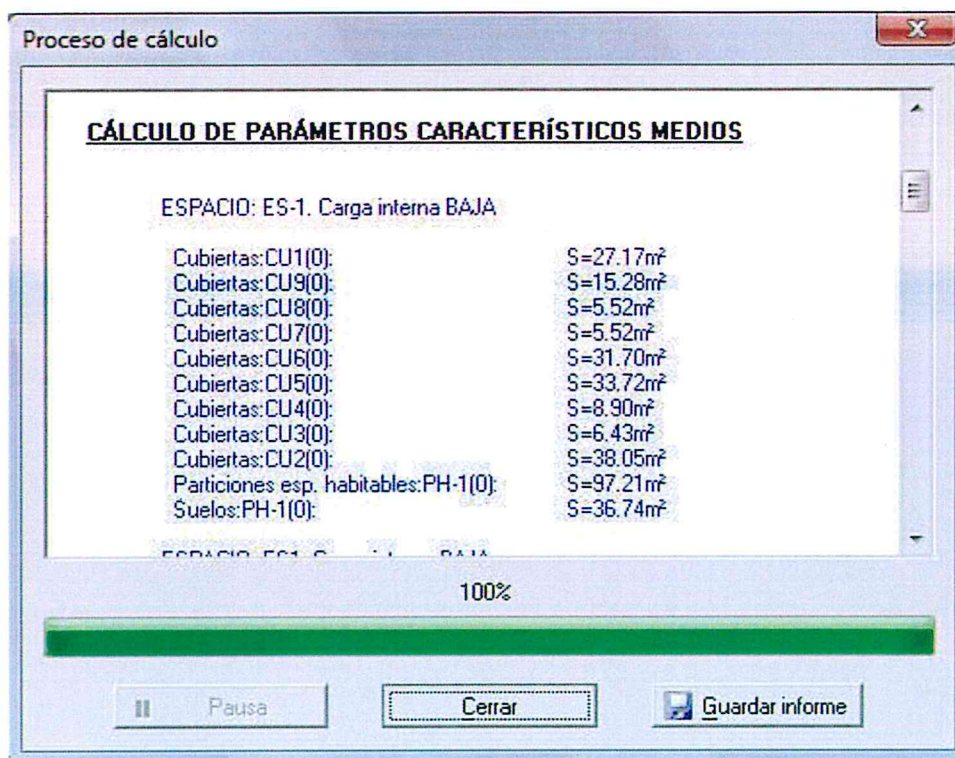
El primer cálculo que hará al abrir el capítulo de Carga y Demanda Térmica será: Carga y demanda térmica.

1º. Interpretación de la geometría del edificio

Esta es la primera fase del cálculo, y en ella se realiza una interpretación de la geometría de los espacios, los cerramientos y huecos que los delimitan, y las soluciones constructivas empleadas en los mismos.

Comprende dos fases:

- **Captura de geometría:** El programa toma los datos geométricos generales: número de espacios, cerramientos, localización y orientación del edificio, etc.
- **Cálculo de parámetros característicos medios:** En este caso el programa va asignando los cerramientos y huecos a cada uno de los espacios, calculando las superficies de cerramiento que afectan a cada espacio.



2º. Cálculo de cargas térmicas

En esta segunda fase, el programa determina la carga máxima a combatir en cada uno de los espacios del edificio. Las cargas térmicas se calculan para las 240 horas de los 10 días tipo. A cada espacio le corresponderán unas ciertas cargas térmicas máximas de invierno y de verano; estas cargas máximas normalmente tendrán fecha y hora distintas para cada espacio, tal y como se indica en el esquema siguiente:

ESPACIO 01	ESPACIO 02	TOTAL
FECHA 1: 0,5 KW	FECHA 1: 0,5 KW	FECHA 1: 1,0 KW
FECHA 2: 1,0 KW	FECHA 2: 1,0 KW	FECHA 2: 2,0 KW
FECHA 3: 2,0 KW	FECHA 3: 1,0 KW	FECHA 3: 3,0 KW
FECHA 4: 1,5 KW	FECHA 4: 2,0 KW	FECHA 4: 3,5 KW



UD.TERMINAL:FECHA 3.



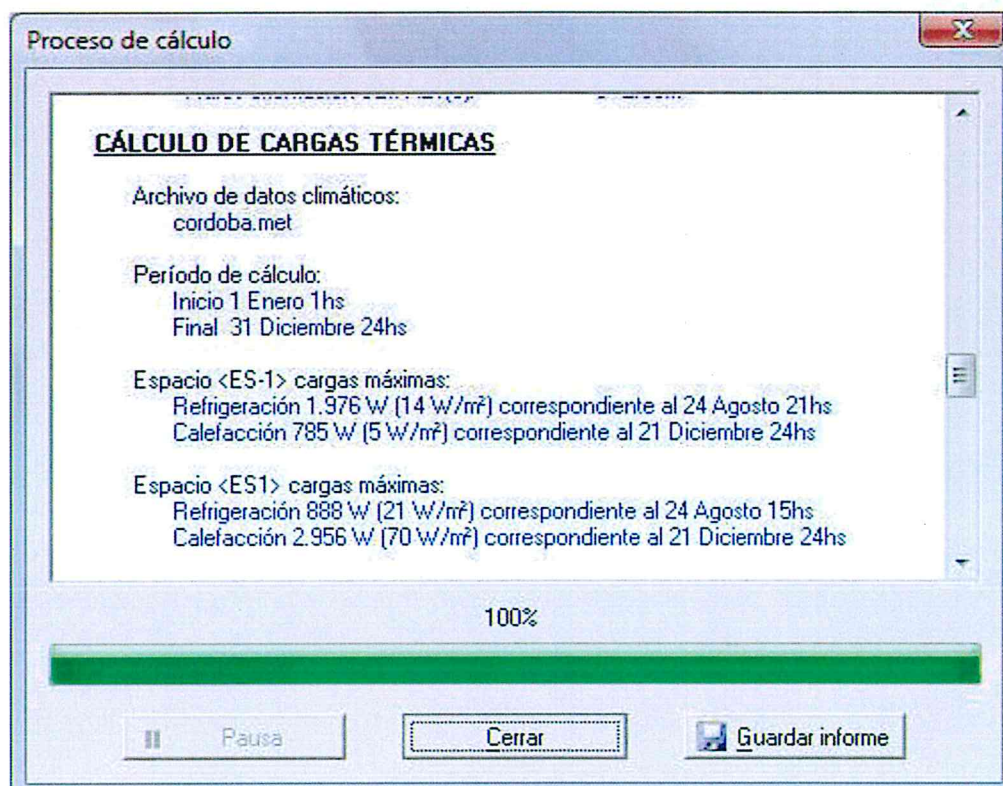
UD.TERMINAL:FECHA 4.



SISTEMA:FECHA 4.

Las cargas máximas determinan el dimensionado de las unidades terminales, y las cargas máximas simultáneas determinan el dimensionado de los sistemas.

En la ventana de proceso de cálculo irán apareciendo las cargas máximas obtenidas para cada espacio:

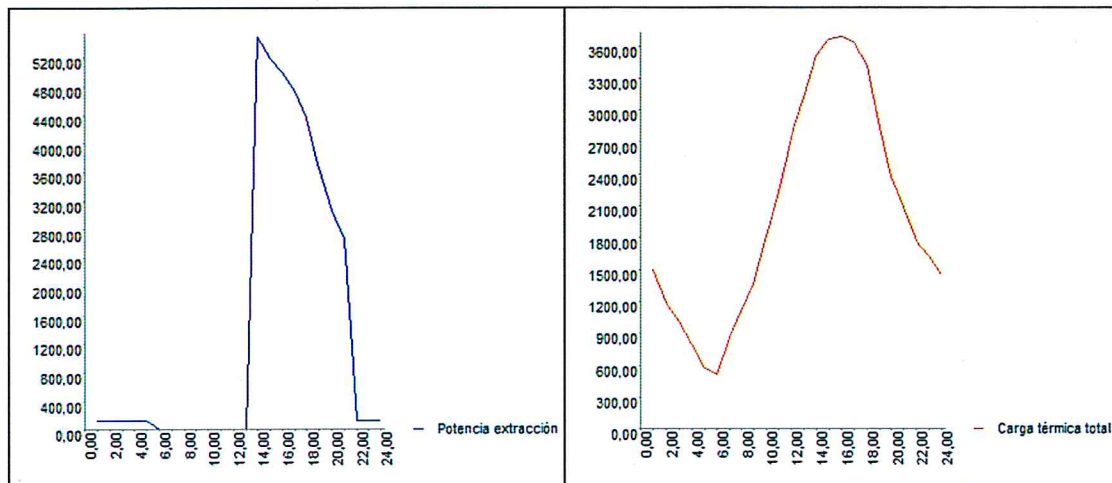


3.- Cálculo de la demanda energética

Este cálculo se realiza a partir de la carga térmica en las fechas y horas del año meteorológico. La demanda térmica es la energía real que necesita el sistema para mantener la temperatura de consigna en el interior de los recintos. Si el sistema funcionara durante las 24 horas y en los recintos se demandara una temperatura constante, la demanda energética coincidiría con la carga térmica. Sin embargo, los equipos funcionan durante un horario determinado, marcado por las condiciones operacionales; por ejemplo, cuando un equipo de refrigeración se pone en marcha a una cierta hora de la mañana, no sólo tiene que vencer la carga térmica de esa hora, sino que tiene que extraer el calor acumulado durante las horas que ha permanecido apagado, de

manera que la demanda térmica a esa hora es sustancialmente mayor que la carga térmica.

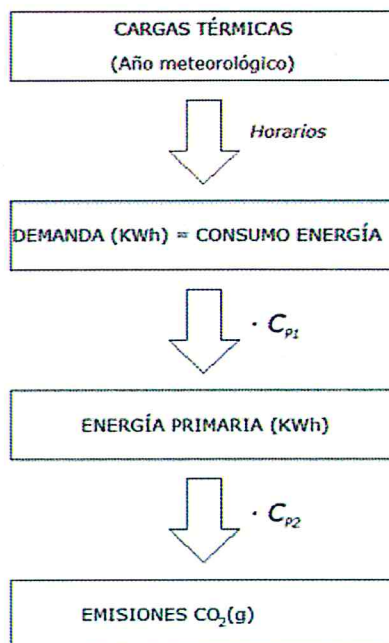
Las gráficas siguientes están sacadas de los resultados de TK-CDT para un espacio determinado, y en ella se pueden apreciar las diferencias entre la potencia de extracción (que determina la demanda energética) y la carga térmica.



Como en este paso de cálculo todavía no se tiene información sobre el rendimiento de los sistemas, en principio se supondrá que la energía consumida (en el edificio) es igual a esta demanda energética.

A partir de la energía consumida se determina el consumo total de energía primaria multiplicando la primera por un coeficiente de paso C_{P1} , y multiplicando la energía primaria por un coeficiente C_{P2} , se obtienen las emisiones de CO_2 en el origen, tal y como se indica en el esquema de la figura siguiente:

CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA - PASO 1 (CON EQUIPOS TEÓRICOS)



Los coeficientes de paso C_{P1} y C_{P2} se obtienen de la siguiente tabla, calculada a partir del Anexo V del *Documento de aceptación de programas alternativos* del IDAE:

Tipo de energía	Coficiente C_{P1} (KWh-ep/KWh-ef)	Coficiente C_{P2} (Kg CO ₂ /KWh-ep)
Carbón doméstico	1,000	0,347
GLP	1,081	0,244
Gasóleo	1,081	0,287
Fuel-oil	1,081	0,280
Gas Natural	1,012	0,204
Electricidad peninsular	2,605	0,249
Electricidad extrapeninsular	3,345	0,293

4º Con la carga térmica calculada, y los equipos dibujados, se dimensionan los equipos.

Una vez se ha calculado la carga y demanda térmica del edificio, el siguiente paso es dimensionar los equipos, a partir de los resultados de carga máxima obtenidos en los días tipo. Tal y como se indica en la figura siguiente, el cálculo de cargas da una serie de resultados (un total de 240) para cada espacio, que corresponden cada uno de ellos a una fecha y a una hora determinada. A partir de estos resultados, se establece el dimensionado de los equipos:

- **Unidades terminales:** Se dimensionan teniendo en cuenta la carga térmica máxima del espacio en el que están contenidos, independientemente de la fecha y la hora a la que se produzca.
- **Sistemas:** Se dimensionan teniendo en cuenta la carga térmica máxima simultánea del total de espacios que cubre el sistema. Es decir, al sistema se le asigna un total de 240 valores de carga térmica que son el resultado de sumar las cargas de cada uno de los espacios en cada hora de los días tipo, tomando el máximo de éstos para dimensionar el sistema.

El resultado de este proceso de cálculo son las potencias máximas de refrigeración y calefacción en cada uno de los equipos, a partir de las cuales el usuario deberá hacer una selección de equipos de la base de datos.

Así, una vez calculado este paso, antes de pasar al siguiente es necesario asignar un equipo real a cada sistema y unidad terminal presentes en el edificio.

5º Simular sistemas.

Este es el último paso de cálculo. Consiste en determinar, teniendo en cuenta los rendimientos de los equipos:

- **Demanda energética:** Debe coincidir con la calculada en el primer paso (Carga y demanda térmica).
- **Consumo de energía final:** Se calculará a partir de la demanda energética, considerando los rendimientos de los sistemas y unidades terminales.
- **Energía primaria:** Este valor representa el consumo de energía en origen, y se calcula mediante unos coeficientes de paso (C_{P1}) que representan un rendimiento global de la fuente de energía.
- **Emisiones de CO₂:** Representa la masa de CO₂ vertida a la atmósfera al producir la energía primaria anterior.

El esquema siguiente representa el proceso de cálculo seguido en este último paso:

CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA - PASO 3 (CON EQUIPOS REALES)

