



DTIE 9.05

SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

PATROCINA



EDITA



DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN DTIE

DTIE 9.05 SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

Redacción:

José Manuel Cejudo López
Fernando Domínguez Muñoz
Antonio Carrillo Andrés
Manuel Gallardo Salazar

Autores:

José Manuel Cejudo López. Dr. Ingeniero Industrial, Profesor Titular de Universidad, ETSII, Universidad de Málaga. Vocal de la Junta Directiva de ATECYR Andalucía

Fernando Domínguez Muñoz. Dr. Ingeniero Industrial, Personal Investigador, ETSII, Universidad de Málaga

Antonio Carrillo Andrés. Dr. Ingeniero Industrial, Profesor Ayudante, ETSII, Universidad de Málaga

Manuel Gallardo Salazar. Ingeniero Industrial, Director Gerente de INGHO FM

RELACIÓN DE MIEMBROS DEL COMITÉ TÉCNICO DE ATECYR

Presidente: JOSÉ MANUEL PINAZO OJER

Vicepresidente: RICARDO GARCÍA SAN JOSÉ

Vocales: SANTIAGO AROCA LASTRA
JOSÉ MARÍA CANO MARCOS
ALEJANDRO CABETAS HERNÁNDEZ
MARÍA CUBILLO SAGÜES
JOSÉ FERNÁNDEZ SEARA
ARCADIO GARCÍA LASTRA
FELIPE CEBRIAN QUESADA
AGUSTÍN MAILLO PÉREZ
ANTONIO PANIEGO GÓMEZ
PAULINO PASTOR PÉREZ
PEDRO J. POZO GÓMEZ
JUAN JOSÉ QUIXANO BURGOS
FRANCISCO JAVIER REY MARTÍNEZ
JOSÉ ANTONIO RODRÍGUEZ TARODO
ÁNGEL SÁNCHEZ DE VERA QUINTERO
VICTOR MANUEL SOTO FRANCÉS
RAFAEL ÚRCULO ARAMBURU
ALBERTO VITI CORSI
ANTONIO VEGAS CASADO
PEDRO G. VICENTE QUILES
ANTONIO GARCIA LAESPADA
SALVADOR SOLSONA
PEDRO TORRERO GRAS
JOSÉ B. PÉREZ-ALLUÉ
JUAN TRAVESÍ CABETAS
JOSE IGNACIO AJONA

© ATECYR

Edita: ATECYR
Navaleno, 9
28033 Madrid

Producción y realización:
ATECYR

Maquetación e impresión:
GRÁFICAS ELISA, S.L.

ISBN: 978-84-95010-32-2

Dep. Legal: M-24025-2009

* Queda prohibida la total o parcial reproducción del contenido de este documento salvo expresa autorización de Atecyr.

PRESENTACIÓN

La Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR), una entidad sin ánimo de lucro fundada en 1974, agrupa a más de 1.700 ingenieros y profesionales relacionados con los sectores de calefacción, refrigeración, ventilación y Aire Acondicionado.

Los Estatutos que rigen nuestra Asociación definen como sus fines:

- El estudio de la problemática y de la ordenación, reglamentación y protección de las técnicas de calefacción, refrigeración, ventilación y acondicionamiento de aire, frío industrial, fontanería, uso racional de la energía y aquellas otras actividades relacionadas o anexas con las mismas, considerando su particular circunstancia de especialidades en la ingeniería del medio ambiente.*
- La creación, recopilación y divulgación de información científica relacionada con estas tecnologías en España respecto a dichas técnicas, cuyo objeto es el entorno ambiental del hombre y el desarrollo de la misma.*
- Fomentar el interés por el diseño y equipamiento de este entorno, a fin de cumplir mejor su función social.*
- La investigación, realización de estudios y análisis relativos a esta temática, así como la recomendación de planes de actuación.*

Para la consecución de sus fines, ATECYR lleva a cabo una intensa actividad de colaboración con entes públicos y privados como AENOR, mediante la participación en grupos de trabajo para la elaboración de distintas normas; Ministerios de la Vivienda, Ministerio de Industria y Comercio, como miembro de pleno derecho en la Comisión Asesora de Certificación Energética y del RITE, así como asesor técnico en casos de tanta relevancia como la normativa sobre la prevención de la Legionelosis; un gran número de Comunidades Autónomas y Ayuntamientos, gracias a la incansable actividad de las Agrupaciones Provinciales con que contamos; otras asociaciones, como la Asociación de Fabricantes Españoles de Climatización (AFEC), con la que se ha desarrollado un Plan de Calidad para las instalaciones de climatización que pronto será elevado a norma y con la Asociación de Fabricantes de Equipos y Generadores de Calor (FEGECA), así como EUROVENT CERTIFICATION COMPANY y el Consejo Superior de Colegios de Ingenieros Industriales (CCOII) y el Consejo General de Colegios Oficiales de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales (COGITI).

En el campo normativo es digno de resaltar la participación en la elaboración del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), RD 1027/2007 publicado en el BOE del 29 de agosto de 2007.

Desde el punto de vista internacional es miembro de REHVA, asociación europea que agrupa a las asociaciones de técnicos del sector, y ASHRAE, su homónima americana, con la participación destacada de algunos de sus socios en los órganos de gobierno de las mismas.

En este ámbito, lo más destacado, en los últimos tiempos, es haber promovido, el Congreso Mediterráneo de Climatización CLIMAMED, en el que participan las asociaciones de Portugal, Francia e Italia. La segunda edición tuvo lugar en España en el año 2005, coincidiendo con el certamen CLIMATIZACIÓN 2005, la tercera edición en Lyon, Francia, la cuarta edición en Génova, Italia, en septiembre de 2007 y la próxima edición tendrá lugar en Lisboa, Portugal en abril del año 2009.

En sus más de treinta y cuatro años de vida, ATECYR no sólo ha participado en gran número de proyectos, sino que se ha convertido en un referente para todos los técnicos del sector de climatización y refrigeración.

Esto es, en gran parte, debido a la existencia de un grupo de socios comprometidos con los fines de la asociación, que han trabajado y trabajan de una forma desinteresada por mantener el nivel y el prestigio, de alguna forma heredado, evolucionando hacia las nuevas tendencias técnicas, tecnológicas y de mercado.

Una parte importante de este prestigio se debe a la labor del Comité Técnico de ATECYR compuesto por un grupo de expertos muy respetados en nuestro sector y que, de alguna manera, han marcado las tendencias y la forma de hacer las cosas en los últimos años, ya sea desde ATECYR o desde el desarrollo de su actividad profesional.

Como no podía ser de otra manera, el Comité Técnico de ATECYR viene trabajando desde hace años, en la elaboración de una ingente documentación de divulgación científico-técnica sobre temas relacionados con el sector de climatización y refrigeración.

Entre esta documentación, se encuentran traducciones de libros y artículos considerados de interés y bibliografía propia.

Dentro de la bibliografía propia nace la colección de Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación (DTIE) como una respuesta a la necesidad detectada de agrupar y ordenar la información técnica sobre una serie de temas específicos mediante la elaboración de unas guías donde se reúna toda la información que el técnico precisa sobre ese tema para desarrollar su labor.

Se trata de ofrecer al técnico de una herramienta útil para la realización de su trabajo, sin tratar de condicionar su creatividad, incluyendo la última tecnología y tendencias, dejando a su interpretación las cuestiones normativas.

Como conclusión, esta colección de libros pretende constituirse como guías prácticas sobre temas de interés dentro del ámbito de la climatización y refrigeración, enfocadas a técnicos que trabajen o que tengan inquietudes en este ámbito.

Sólo queda agradecer su aportación a los patrocinadores de estas ediciones, sin cuya ayuda sería imposible completar este interesante proyecto.

Jaime R. Sordo González
Presidente

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer al Socio Protector, la empresa SAUNIER DUVAL DICOSA, S.A., por su valiosa colaboración prestada a la edición de este DTIE, pues concedora del proyecto emprendido por ATECYR, para la elaboración de esta colección de Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación, ha decidido subvencionar la presente edición.

Serie ATECYR de DTIE - Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación

SERIE 1: Instalaciones sanitarias

- *1.01 Preparación de agua caliente para usos sanitarios
- *1.02 Calentamiento de agua de piscinas
- 1.03 Cálculo de redes de distribución de agua sanitaria
- 1.04 Cálculo de redes de evacuación y ventilación
- *1.05 Prevención de la corrosión interior de las instalaciones de agua

SERIE 2: Condiciones de diseño

- *2.01 Calidad del ambiente térmico
- *2.02 Calidad de aire interior
- *2.03 Acústica en instalaciones de aire

SERIE 3: Psicrometría

- *3.01 Psicrometría

SERIE 4: Tuberías

- *4 01 Cálculo de las pérdidas de presión y criterios de diseño. (Edición revisada)

SERIE 5: Conductos

- *5.01 Cálculo de conductos

SERIE 6: Combustible

- *6.01 Combustión
- 6.02 Diseño y cálculo de chimeneas
- 6.03 Redes de distribución de gas, diseño y cálculo

SERIE 7: Cálculo de carga, demanda y consumo

- *7.01 Cálculo de carga y demanda térmica
- 7.02 Cálculo de consumo de energía: simulación de sistema
- *7.03 Entrada de datos a los programas Lider y Calener VyP

SERIE 8: Fuentes de energía de libre disposición

- *8.01 Recuperación de energía en sistemas de climatización
- 8.02 Bomba de calor
- *8.03 Instalaciones Solares Térmicas para producción de Agua Caliente Sanitaria. (Edición revisada)

SERIE 9: Sistemas de acondicionamientos de aire

- *9.01 Tipos de sistemas
- *9.02 Aplicaciones a diferentes tipos de edificios
- *9.03 Sistemas de climatización para viviendas, residencias y locales comerciales
- *9.04 Sistema de suelo radiante
- *9.05 Sistemas de climatización

SERIE 10: Sistemas de calefacción

- 10.01 Tipos de sistemas
- 10.02 Aplicaciones para edificios residenciales
- *10.03 Calderas individuales
- *10.04 Piscinas cubiertas climatizadas con aire exterior como único medio deshidratante
- *10.05 Principios básicos de las calderas de condensación

SERIE 11: Control

- 11.01 Esquemas de control

***SERIE 12: Aislamiento térmico**

SERIE 13: Difusión de aire

SERIE 14: Acumulación de energía térmica

SERIE 15: Salas de máquinas

SERIE 16: Puesta en marcha, recepción y mantenimiento

SERIE 17: Varios

- 17.01 Análisis económico de sistemas
- *17.02 Responsabilidad Civil del Ingeniero

* Editadas

ÍNDICE

Capítulo 1: Conceptos previos y antecedentes.....	8
1.1 Alcance.....	8
1.2 Zona.....	8
1.3 Carga sensible y latente. Local y ventilación.....	10
1.4 Carga en el sistema.....	10
1.5 Inversión térmica simultánea y sucesiva.....	11
1.6 Normativa actual relativa a sistemas.....	11
Capítulo 2: Criterios de elección de sistemas.....	13
2.1 Costes de un sistema.....	13
2.2 Confort alcanzado.....	19
2.3 Flexibilidad.....	27
2.4 Espacio requerido por el sistema.....	28
Capítulo 3: Elementos de un sistema de climatización.....	31
3.1 Introducción.....	31
3.2 Producción de frío.....	31
3.3 Producción de calor.....	37
3.4 Sistemas combinados de generación.....	41
3.5 Almacenamiento.....	43
3.6 Transporte.....	43
3.7 Intercambio.....	46
3.8 Bocas y unidades terminales.....	47
3.9 Control.....	50
Capítulo 4: Tipos de sistemas de climatización.....	52
4.1 Criterios de clasificación.....	52
4.2 Tipología de edificios y sistemas de climatización más utilizados.....	53
4.3 Sistemas compactos de pequeña potencia.....	56
4.4 Sistemas partidos.....	56
4.5 Unidades compactas de cubierta (Roof-top).....	57
4.6 Caudal de refrigerante variable.....	59
4.7 Sistema de aire de caudal constante.....	61
4.8 Sistema de aire de caudal constante con bypass.....	64
4.9 Sistema de aire de caudal variable.....	65
4.10 Otros sistemas de aire.....	68
4.11 Sistema de agua con ventilosconvectores (fancoils).....	69
4.12 Sistema de agua con inductores.....	74
4.13 Sistema de bomba de calor agua-aire en anillo.....	75
4.14 Sistemas radiantes. Suelos radiantes.....	77
4.15 Techos fríos.....	80
Capítulo 5: Estudio de casos.....	82
5.1 Residencia de ancianos de Carlos Haya (Málaga).....	82
5.2 Museo del automóvil de Málaga.....	84
5.3 Delegación de Educación de Cuenca.....	86
5.4 Hotel de cinco estrellas en Antequera (Málaga).....	90
5.5 Edificio de oficinas en Sevilla.....	91
5.6 Hospital de Roquetas de Mar (Almería).....	93

1. CONCEPTOS PREVIOS Y ANTECEDENTES

1.1 Alcance

Un sistema de climatización es el conjunto de elementos cuyo fin es garantizar las condiciones de temperatura y humedad requeridas en un espacio. El sistema de climatización está además obligado a cumplir otras restricciones como son los niveles de ruido, movimiento y calidad del aire, espacio ocupado por el sistema, coste, seguridad, etc. Este documento se refiere a los sistemas activos de climatización que, por oposición a los pasivos, son elementos adicionales a la propia edificación y conllevan consumo de energía.

El diseño de un sistema de climatización parte del cálculo de la demanda. Analizada ésta, se deben proponer alternativas a cada uno de los subsistemas que lo componen, evaluar el consumo de cada posible sistema y decidir, en función de los costes, cuál es la solución óptima.

Existen intentos de sistematizar el diseño de los sistemas de climatización. Por ejemplo para sistemas centralizados, en [1.1] se propone un método de optimización complejo para elegir los tamaños de plantas enfriadoras, bombas y ventiladores de una instalación. Estos métodos no están actualmente al alcance de las ingenierías y, en la práctica, el proceso de diseño se fundamenta en la experiencia del ingeniero. Siendo ésta un aspecto fundamental para el desarrollo de un proyecto, limita a veces la adopción de soluciones nuevas más eficientes pero menos conocidas.

En este documento se pretende dar una visión actualizada de los sistemas de climatización. No se limita a enumerar los posibles sistemas con sus ventajas e inconvenientes sino que, dentro de la extensión limitada que debe tener, establece las bases para elegir con criterio cuál es el sistema apropiado para cada aplicación, sirviendo tanto al ingeniero no experto para tener un mejor conocimiento de las posibilidades técnicas, como al experimentado para hacerle ver otras posibilidades de climatización que en la actualidad pueden ser interesantes.

El documento comienza estableciendo algunos conceptos fundamentales que es bueno fijar. A continuación se mencionan en qué criterios se basa la elección de un sistema para, posteriormente, describir sus elementos y configuración. Finaliza con un estudio de casos reales donde se justifica la elección del sistema y algunos parámetros que lo definen.

Se hará uso del término climatización que engloba la calefacción, la refrigeración o simplemente la ventilación. Es sinónimo de aire acondicionado, aunque vulgarmente se asocia este último en exclusiva a la refrigeración.

1.2 Zona

Se entiende por zona el espacio que es climatizado por un único sistema. El concepto de zona va asociado al control que se ejerce sobre el sistema a partir de la medida de una variable en el espacio climatizado. En general la variable medida es la temperatura.

Desde el punto de vista del edificio, una zona está constituida por los espacios que tienen un comportamiento térmico homogéneo. La primera decisión para la elección de un sistema de climatización es hacer coherente la zonificación del sistema con la que determina el edificio como consecuencia de sus características constructivas y de uso.

Las causas de la zonificación, y algunos ejemplos de estas situaciones son:

Transmisión: zonas perimetrales de edificios con elevados coeficientes de transferencia, por ejemplo los vidrios. Provoca pérdidas de calor en zonas perimetrales en épocas de invierno o ganancias en verano. En zonas internas del mismo edificio este efecto no se produce.

Ganancia solar: se da en fachadas con diferente orientación dentro de un mismo edificio. Los espacios situados al norte podrían requerir calefacción y los situados al sur, con mayor ganancia solar, refrigeración. También se produce en últimas plantas de edificios donde la ganancia solar a través de techo eleva la demanda de refrigeración.

Ocupación: influye en las ganancias sensibles y latentes de las zonas. Salones de actos, teatros, etc. son ejemplo de carga dominada por la ocupación. Las gradas en estadios deportivos o piscinas cubiertas deben tratarse de manera separada que los espacios donde se desarrollan las competiciones. Lo mismo ocurre en salones de actos con los espacios dedicados a público y oradores.

Iluminación: estudios de grabación con elevado nivel de iluminación en determinados espacios. Zonas de exposición en comercios.

Equipos u otras ganancias internas: centros de proceso de datos con mayor concentración de equipos, máquinas de elevada disipación térmica en la industria, etc.

Efectos radiantes localizados: Se produce en edificios vidriados o últimas plantas de edificios con cubiertas insuficientemente aisladas. La temperatura superficial que “ve” el ocupante es elevada y debe compensarse con una disminución de la temperatura seca del aire. Otro caso típico es el de vidrio frío en invierno.

Requerimientos de ventilación: Como consecuencia del uso de los espacios, los niveles de ventilación pueden ser diferentes y esta diversidad debe ser atendida por el sistema de climatización.

Para aclarar este concepto fundamental considérese una planta intermedia de un edificio de oficinas situado en Málaga. En la zona interna no existen intercambios térmicos con el exterior y el sistema deberá combatir sólo ganancias internas. Sin embargo, en la zona perimetral, a las ganancias internas se suman la ganancia solar y la transmisión (flujo de calor debido a la diferencia de temperatura interior-exterior). Ni el signo (refrigeración si es positiva o calefacción si es negativa), ni el valor de la demanda coinciden en ambas zonas, como se muestra en la figura 1.1 donde se ha representado la demanda para un día de verano en Málaga.

En este mismo edificio se ha medido la temperatura superficial de techo dos días de invierno. Se representa en la figura 1.2. El efecto de la elevada temperatura superficial de techo se traduce en la subida de la temperatura operativa que afecta al ocupante, además de la ganancia solar a través del forjado. Por estos motivos la climatización de una última planta difiere significativamente de una planta intermedia.

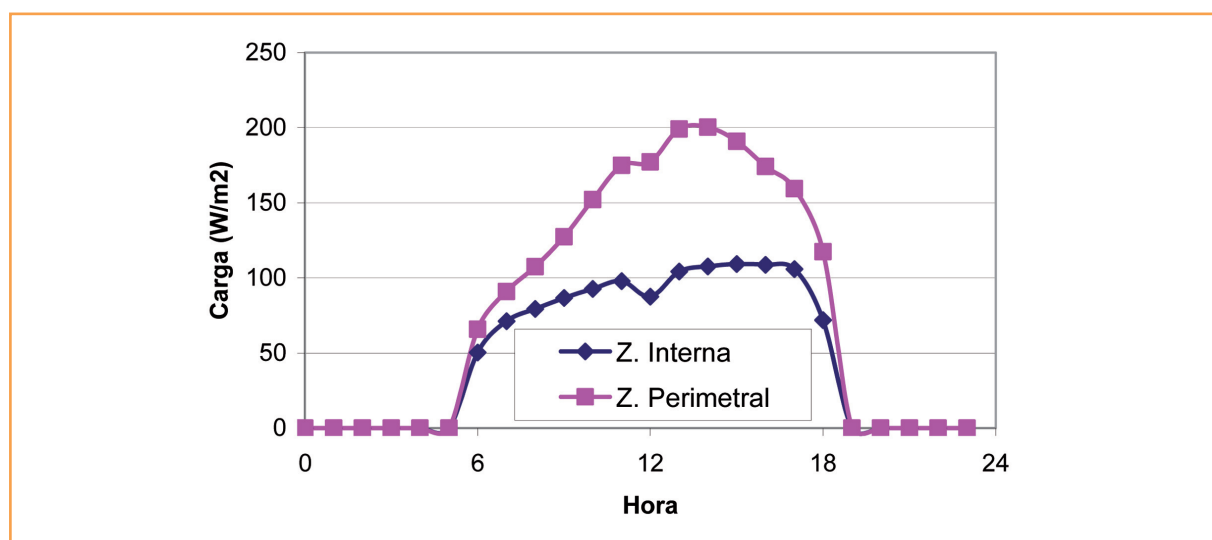


Figura 1.1 Demanda para climatizar la zona interna y perimetral de un edificio de oficinas un día de verano en Málaga. Calculada con EnergyPlus (referencia [1.2]).

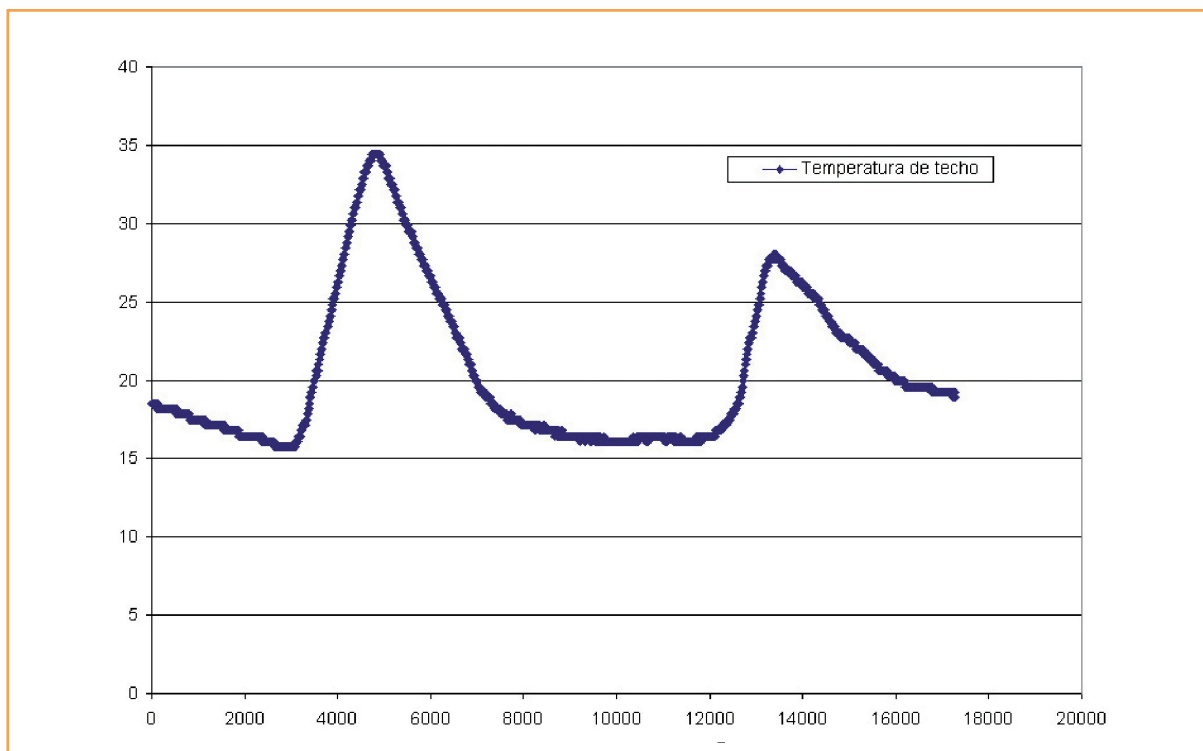


Figura 1.2 Temperatura superficial en la cara interior de un techo medida dos días de noviembre en Málaga

No debe confundirse el concepto de zona con el de espacio, sinónimo de volumen, o local (espacio compartimentado). El aumento de la zonificación se consigue con sistemas más complejos, de manera que únicamente deben definirse las zonas estrictamente necesarias.

1.3 Carga sensible y latente. Local y ventilación

Carga es la energía que hay que introducir o extraer en una zona para mantener las condiciones requeridas de temperatura y humedad. De esta energía, la asociada a la variación de la temperatura de la zona es la carga sensible y la dedicada a la disminución del contenido de agua es la carga latente. La carga es consecuencia de los intercambios térmicos y de humedad de la zona con el exterior y las fuentes internas. Se utilizan indistintamente unidades de potencia, cuando se considera carga en un instante, o de energía, cuando se integra en un intervalo de tiempo, por ejemplo horario. Así se tendría una carga en kW ó kWh.

Para seleccionar el sistema de climatización es conveniente separar las cargas en función de las ganancias de las que proceden, porque puede combatirse específicamente una componente determinada de la carga. La carga del local no incluye la renovación de aire obligatoria en los espacios. La carga de ventilación es la energía necesaria para modificar la temperatura y humedad del caudal requerido de aire exterior para hacerlas coincidir con las de la zona.

Otras posibilidades de descomposición incluirían el cálculo separado de la transmisión y las ganancias solares, por ejemplo para sistemas que combatan carga perimetral de manera separada de las ganancias internas de la zona.

1.4 Carga en el sistema

La cantidad de energía que el sistema debe generar (frío o calor) difiere de la carga en el local por varias razones: