

DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN DTIE

DTIE 9.01

SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

EDITA

Atecyr

PATROCINA



Saunier Duval

DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN DTIE

**DTIE 9.01. SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN Y UNIDADES
DE TRATAMIENTO DE AIRE**

Edición: ATECYR

Redacción: Alejandro Cabetas

Coordinación: Comité Científico de ATECYR

Producción y realización: Editorial EL INSTALADOR

Perfil del autor

Alejandro Cabetas

Doctor Ingeniero Industrial. Profesor *ad honorem* de la Universidad Politécnica de Madrid. Miembro de ASHRAE desde 1970. Miembro de ATECYR, de la Association of Energy Engineers, de la Smoke Control Association. Primer Presidente del Comité Científico de ATECYR. Actualmente, Ingeniero Consultor.

Lista de miembros del Comité Científico de ATECYR:

Presidente: D. Alberto Viti Corsi

Vocales: D. Aurelio Alamán Simón
D. Juan Carlos Bermúdez Gómez
D. Felipe Cebrián Quesada
D. José María de las Casas Ayala
D. Juan Manuel Espinosa Peñuela
D. José Luis Esteban Saiz
D. José María González
D. Manuel Lamúa Soldevilla
D. Luis M.^a López González
D. Juan Vicente Martín Zorraquino
D. José Manuel Pinazo Ojer
D. Pedro Pozo Gómez
D. Francisco Javier Rey Martínez
D. Ramón Velázquez Vila
D. José María Cano Marcos
D. Alejandro Cabetas Hernández
D. Paul Gerard O'Donohoe

© ATECYR

Edita: ATECYR
INSTITUTO EDUARDO TORROJA
Serrano Galvache, s/n
28033 Madrid

Producción y realización:
EDITORIAL TÉCNICA EL INSTALADOR

Portada:
FOTPREIM DUVIAL

Fotocomposición:
INDUSTRIAS GRAFICAS EL INSTALADOR

Impresión:
INDUSTRIAS GRÁFICAS EL INSTALADOR

ISBN: 84-95010-09-7

Dep. Legal: M-24746-2001

PRESENTACIÓN

La Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) es una entidad de carácter no lucrativo fundada en 1974, que agrupa a más de 1.000 ingenieros y profesionales que tienen relación o dedican su actividad a los sectores de la Calefacción, Refrigeración, Ventilación y/o Aire Acondicionado.

Básicamente, sus fines y objetivos son el avance de las ciencias y técnicas del sector que abarca, en beneficio de la sociedad en general y de los profesionales y socios en particular.

Para ello, ATECYR desarrolla actividades de formación, investigación, divulgación y promoción de nuevas tecnologías, además tiene relaciones e intercambia conocimientos con otras Asociaciones, Nacionales e Internacionales de similares objetivos.

Desde hace dos años ATECYR cuenta con un Comité Científico, el cual está formado por expertos en diferentes áreas y cuya función es el estudio y desarrollo de las actividades relacionadas, en general, con los aspectos científicos y tecnológicos que pueda acometer la Asociación.

Dentro del programa de trabajo del Comité Científico, se decidió la elaboración de Documentos o Guías sobre temas monográficos que ayudaran a los profesionales a realizar su trabajo de diseño y de ejecución de sistemas e instalaciones de forma eficiente y actualizarlo. La guía que ahora se presenta es, por tanto, la primera de una serie de documentos que se irán publicando y ofreciendo al sector periódicamente.

Una de las labores más penosas para el Técnico de nuestro sector es, probablemente, la de buscar información sobre metodología, algoritmos y datos de partidas que sean fiables para el cálculo de sistemas, equipos o aparatos relativos a instalaciones en la edificación, sea aquellos cuyo uso es casi cotidiano como aquellos otros de uso no muy frecuente o excepcional. Los últimos, además, están siempre acompañados del olvido, si es que alguna vez se ha calculado.

Muchos cálculos suelen llevarse a cabo «a sentimiento», es decir, sin tener una idea muy clara del por qué y cuándo se calcula de una manera y, si existe alternativa, por qué se calcula de otra, qué factores entran en juego y cuáles son importantes y qué otros parámetros pueden ser despreciados, etc.

Muchas veces se suelen arrastrar errores de conceptos desde el comienzo de la profesión, ya que difícilmente se posee el tiempo de reflexionar, estudiar, buscar y saber buscar la información o se tiene a disposición en la empresa un compañero experimentado y amable que sepa aclarar las dudas si es que surgen (¡mala apariencia tiene el asunto si no surgen dudas!).

Se comprende que el riesgo de cometer errores aumenta al acentuarse la complicación del sistema que se pretende calcular. Tener a disposición una documentación bien elaborada (esta es, por lo menos, nuestra pretensión) no solamente facilita la labor y hace ahorrar tiempo, si no que, en un cierto sentido, descarga parte de la responsabilidad del Técnico, que habrá hecho la oportuna referencia al DTIE correspondiente.

La información que se necesita suele estar dispersa en fuentes muy variadas, desde libros hasta artículos de diferentes revistas especializadas, en diferentes lenguas y en diferentes unidades de medidas, mirada bajo diferentes, aunque siempre muy interesantes, puntos de vista. Además, la información presenta, a menudo, dificultades de interpretación por falta de defini-

ción de ciertas magnitudes y/o de sus unidades de medida, por falta de claridad del autor del escrito que suele dar por sentados unos conceptos que para nada lo son, por la necesidad de recurrir a una fuente diferente de información para calcular otro parámetro que es imprescindible, por interpretación errónea de algunas afirmaciones, por errores de imprenta o mecanografía, por una presentación deficiente, etc.

Hoy en día, además, la frenética labor normativa del Comité Europeo de Normalización (CEN) y de AENOR, entes en los que ATECYR está debidamente representado, hace ímproba la labor de estar al día con las últimas novedades en este campo.

Los Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación DTIEs pretenden reducir estos inconvenientes (¡el empleo del verbo «eliminar» sería excesivo!), ofreciendo al técnico unos instrumentos de trabajo de uso cotidiano, completos de toda la información necesaria para el desarrollo del cálculo que, además, estará efectuado según las últimas tecnologías disponibles y, por supuesto, debidamente documentado. Se incluyen tablas, gráficos y figuras para que algunas magnitudes puedan ser estimadas rápidamente para cálculos preliminares o con el fin de visualizar la variación de una magnitud en función de otra u otras.

Cada DTIE es un documento dedicado a un tema muy específico, desarrollado hasta el límite de los conocimientos del autor o autores.

En cuanto al cumplimiento de normas y reglamentos, se hace observar que los documentos tienen el propósito de estudiar un tema desde el punto de vista técnico, no normativo. Por tanto, será responsabilidad del Técnico que deba efectuar el proyecto tener en cuenta las limitaciones impuestas por las normas y reglamentos en vigor que, eventualmente, afecten al sistema que va a ser objeto del cálculo.

Los DTIEs pretenden ser claros en su exposición, facilitando la comprensión de lo que el Técnico quiere llevar a cabo en todas sus facetas. Este objetivo se considera fundamental y su frustración debe considerarse un fracaso.

Todos o casi todos los DTIEs tienen un contenido que puede ser objeto de un programa de cálculo por ordenador, algunos con facilidad, otros menos. En cualquier caso, el Técnico hará bien en recurrir a esta herramienta de trabajo para, entre otras razones, evitar los errores de cálculo que, casi inevitablemente, se cometen por prisa o... por tener la cabeza en otro sitio. Una vez hecho el programa, revisado y validado su funcionamiento, éste será un instrumento útil durante muchos años, máxime si se habrá hecho con medios propios (esto es, si se posee el programa fuente), lo que permitirá adecuar su contenido a los cambios de normativa o a las necesidades de un cliente particular, con facilidad y casi sin costo adicional.

El Comité Científico de ATECYR, que edita esta serie de documentos, ha emprendido una serie de acciones para llevar a cabo esta labor, larga y difícil. Entre ellas destaca la voluntad de llevarla a cabo, sin pausas, retomando una iniciativa de hace ya algunos años. Ya existe una lista de documentos a elaborar e incluso un calendario.

Se recibirán con agrado las observaciones que los usuarios de estos DTIEs quieran aportar con el fin de mejorar su contenido e incluso su presentación en próximas ediciones y, por tanto, cumplir con los objetivos fijados.

El comité Científico de ATECYR no se hace responsable del uso incorrecto que se pueda hacer de la información contenida en los documentos.

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer al Socio Protector, la empresa SAUNIER DUVAL DICOSA, S. A., por su valiosa colaboración prestada a la edición de esta y sucesivas 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 edición de todas las DTIE proyectadas.

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

SERIE 2: Condiciones de diseño

- *2.01 Calidad del ambiente térmico
- 2.02 Calidad de aire interior
- 2.03 Ambiente acústico: origen, remedios y límites de ruidos y vibraciones

SERIE 3: Psicrometría

- *3.01 Psicrometría

SERIE 4: Tuberías

- *4.01 Cálculo de las pérdidas de presión y criterios de diseño

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

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 térmicas de energía solar a baja temperatura

SERIE 9: Sistemas de acondicionamientos de aire

- *9.01 Tipos de sistemas
- 9.02 Aplicaciones a diferentes tipos de edificios

SERIE 10: Sistemas de calefacción

- 10.01 Tipos de sistemas
- 10.02 Aplicaciones para edificios residenciales
- *10.03 Calderas individuales

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

* Editadas

INDICE

SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

1.	PREÁMBULO	10
	1.1. Alcance de este DTIE	10
	1.2. Aspectos más importantes.	10
2.	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS	12
3.	LAZO PRIMARIO	13
	3.1. CALEFACCIÓN	13
	3.1.1. Calderas	13
	3.1.2. Bombas de calor	14
	3.1.3. Energías alternativas	15
	3.1.3.1. Aprovechamiento de acuíferos	16
	3.1.3.2. Bombas de calor tierra/agua y tierra/aire	17
	3.1.4. Recuperación de calor	18
	3.1.5. Cogeneración	19
	3.2. REFRIGERACIÓN	19
	3.2.1. Ciclo de compresión	19
	3.2.2. Ciclo de absorción	20
	3.3. LA EFICACIA EN EL LAZO PRIMARIO	23
	3.4. La acumulación de energía	24
4.	TRANSPORTE DE CALOR	25
	4.1. Agua	25
	4.2. Vapor de agua	25
	4.3. Agua sobrecalentada	25
	4.4. Otros fluidos	26
5.	LAZO SECUNDARIO	27
	5.1. Sistemas "TODO AIRE".	27
	5.1.1. Sistemas "unizona"	28
	BATERÍAS EN SERIE	29
	5.1.2. Recalentamiento.	25
	BATERÍAS EN PARALELO	29
	5.1.3. Doble conducto	30
	5.1.4. Multizona	32
	5.1.6. Caudal variable	34

5.1.7. "True" VAV	35
VARIANTES DEL VAV	38
5.1.8. Autónomos con caudal variable	38
5.1.9. Caudal variable con recalentamiento	39
5.1.10 Caudal variable con recirculación	40
Caudal Variable con inducción	40
Caudal Variable con ventilador	42
5.2. Sistemas AGUA-AIRE.	43
5.2.1. FAN-COILS	44
5.2.3. Inductores	50
5.3. Sistemas "TODO AGUA"	53
5.3.1. Fan-coils sin ventilación.	54
5.3.2. Calefacción por paneles radiantes	54
5.3.3. Refrigeración por paneles	56
5.4. Sistemas de Distribución de Frigorígenos.	57

UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE

1	DEFINICIÓN	60
2	PUNTOS FUNDAMENTALES	61
3	SECCIONES DE TRATAMIENTO	62
	3.1. VENTILADORES	62
	3.1.1. Tipos de ventilador	63
	3.1.2. Variación de características	64
	3.1.3. Conexiones del ventilador	66
	3.1.4. Ruidos y vibraciones	67
	3.2. FILTROS	68
	3.2.1 - Eficacia de filtración	68
	3.2.2. - Capacidad del filtro	70
	3.2.3 - Caída de presión	70
	3.2.4 - Tipos de filtros	70
	3.3. SECCIONES DE MEZCLA Y SEPARACIÓN	71
	3.4. SECCIONES DE HUMECTACIÓN	72
	3.5. BATERÍAS DE FRÍO	75
	3.6. BATERÍAS DE CALOR	77
	3.7. OTRAS SECCIONES	79
	3.7.1. Recuperadores de energía	79
	3.7.2. Silenciadores	79
4	ENVOLVENTE	80

Sistemas de climatización

1. PREÁMBULO

1.1 – ALCANCE DE ESTE DTIE

De acuerdo con la línea marcada por la Dirección de ATECYR, este DTIE (*Documento Técnico de Instalaciones en la Edificación*) no pretende tratar en profundidad **todos** los **SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO** que pueden darse.

En primer lugar, porque los sistemas constituidos por aparatos autónomos van a tener su tratamiento específico en otro DITE. Así, el presente DITE va sólo a ocuparse de los sistemas más empleados en instalaciones de mayor complejidad (que, también, suelen ser las de mayor potencia).

Por lo demás, los tipos de sistemas de acondicionamiento no pueden limitarse. Basta con echar la vista atrás y ver la literatura técnica de hace años - el ejemplo mejor quizá sea el Manual de Carrier - para comprobar que hay varios tipos de instalaciones que ni siquiera se estudiaban en las primeras ediciones. O bien que otros tipos, que sí se estudian en el Manual, han quedado desfasados y no se usan.

Como consecuencia, quede claro, en el preámbulo de este documento, que el autor no puede ser exhaustivo: cualquier enumeración dejaría de serlo con el avance de la técnica.

Tampoco vamos a tratar con profundidad, siquiera suficiente, todos los sistemas que exponamos. A riesgo de que se nos pueda tachar de parciales, daremos mayor énfasis a unos sistemas o a otros, según juzguemos la utilidad de su empleo, su dificultad de cálculo, etc.

1.2. ASPECTOS MÁS IMPORTANTES.

Quizá el aspecto más importante, al elegir un sistema, sea la adecuación entre el sistema y el tipo de aplicación; es decir: ¿es adecuado emplear un sistema de tal tipo - digamos, de fancoils - en tal tipo de aplicación (p.ej., un cine)? Pero, de antemano, obviamos este planteamiento: creemos que la casuística puede ser tan extensa que este aspecto merece otro DTIE especial.

Hay, ante todo, una observación a destacar: los *sistemas* de acondicionamiento no son más que los medios de obtener un tratamiento *diferenciado* para espacios que han de tratarse *diferenciadamente*. O, dicho en la jerga de nuestra profesión: son distintas formas de *zonificar* la instalación. Nunca se pondrá demasiado énfasis en la necesidad de tal zonificación. Un técnico avezado en climatización está harto de ver que las diferentes alturas de un gran cine no están diferenciadas, logrando sofocar al espectador del *gallinero*; que la zona “de seguridad” de una sucursal bancaria tiene que estar abierta en invierno porque, al no estar zonificada, se le da calefacción a una zona interior, sin pérdidas, haciendo que el personal del interior deba elegir entre perder seguridad o sufrir unas condiciones de trabajo intolerables (de hecho, tales “búnkeres” han desaparecido en la práctica, por presiones laborales).

Hay dos aspectos que, para el ingeniero de climatización, son cada vez más indispensables:

- Que el sistema tenga la mejor eficiencia energética posible (esto es cierto para cualquier técnico o cualquier persona medianamente preocupada por la conservación del medio: hay que perseguir el despilfarro energético).

- Que se logre una buena calidad del ambiente interior (solemos emplear las iniciales sajonas, *I.A.Q.* por *Indoor Air Quality* o, más recientemente, *Indoor Ambient Quality*, lo que abarca también aspectos de bienestar acústico y lumínico, además de los de limpieza, temperatura, humedad y movimiento del aire). Y... hay que pensar también, aunque sólo sea por cumplir las normativas cada vez más exigentes, en no distorsionar el ambiente exterior.

Consideramos estos dos aspectos – el energético y el de calidad de aire – tan importantes, que haremos expresa referencia a ellos al exponer todos y cada uno de los apartados.

2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS

Cualquier técnico imaginativo se resistirá a emplear las clasificaciones si no es con fines didácticos y/o legales. En cierta forma, al clasificar *encasillamos* los conocimientos sobre un tema, coartamos de alguna manera la imaginación del proyectista que puede sentirse empujado a adoptar una de las soluciones *clasificadas*.

Por otra parte, es imposible hacer una clasificación completa de todos y cada uno de los sistemas que puede imaginar un proyectista. En este momento se vislumbran formas de producir frío – ciclos transcíticos, efecto Peltier – o de repartir el frío desde una central a los subsistemas (con CO₂ como medio de transporte, por ejemplo) que no pueden casi ni mencionarse en una obra de tipo práctico, como estos DTIEs.

Otrosí: los criterios de clasificación varían mucho, dependiendo de la fuente que se elija. El manual de Carrier los clasifica en función del fluido empleado para transportar **el efecto frigorífico** desde la central a las unidades terminales. La legislación española prefirió, desde las IT.IC., considerar el medio de transporte **del fluido térmico**, tanto calor como frío. Así, metió en la clasificación de sistemas instalaciones como la calefacción por radiadores, que no entraba ni en Carrier ni en ASHRAE.

En esta DTIE se ha adoptado una clasificación que sigue, en lo esencial, la metodología de ASHRAE; y que se completa con las clasificaciones establecidas en algunos modernos programas de simulación energética.

Así, estudiaremos por separado el “LAZO PRIMARIO” y el “LAZO SECUNDARIO”; entendiéndolo por *lazo primario* la producción y distribución del efecto de refrigeración y de calefacción; y, por *lazo secundario*, el aprovechamiento del fluido calorífero para calentar o refrigerar el aire. Y se dedicará otro capítulo al transporte de calor entre ambos lazos.