



**DOCUMENTOS TÉCNICOS DE
INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN
DTIE**

DTIE 1.01
**PREPARACIÓN DE
AGUA CALIENTE PARA
USOS SANITARIOS**

EDITA
atecyr

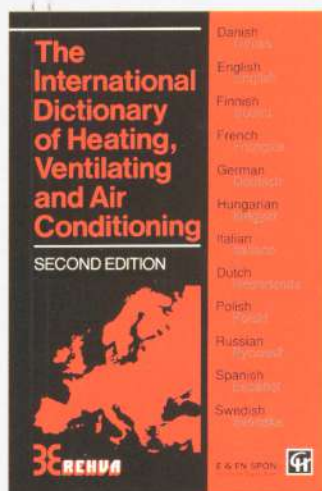
COORDINA
el Instalador

ALGUNAS PUBLICACIONES

ATECYR

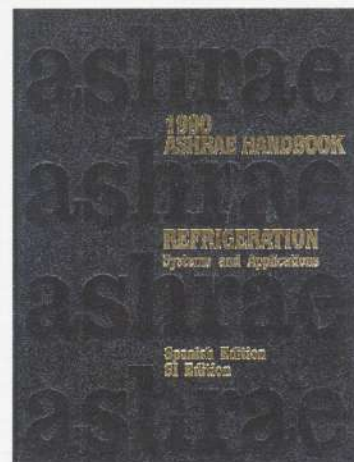
DICCIONARIO INTERNACIONAL DE CALEFACCION, VENTILACION Y AIRE ACONDICIONADO

REHVA, Organización de Asociaciones Profesionales de Ingenieros en Calefacción y Aire Acondicionado de 18 países europeos, ha editado este diccionario multilingüe de los términos usados en la industria de ventilación, calefacción y aire acondicionado. Esta segunda edición incluye once idiomas además del inglés y entre los que se encuentra por supuesto el español.



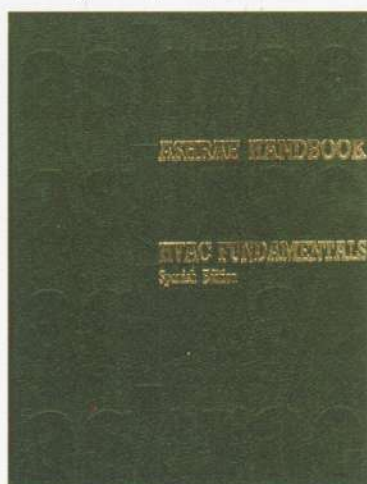
ASHRAE HANDBOOK. REFRIGERACION SISTEMAS Y APLICACION

El Manual de Refrigeración trata del equipo o de los sistemas para una particular aplicación, un proceso o una instalación de conservación en frío, y describe los diseños normales en el caso de aplicaciones específicas. También se tratan en este libro las aplicaciones industriales de la refrigeración y una introducción a la técnica de las bajas temperaturas.



FUNDAMENTALS

Información técnica referente a los sistemas utilizados en calefacción, refrigeración, ventilación y aire acondicionado, basado en memorias técnicas de ASHRAE, investigaciones de ASHRAE, programas de investigación y cooperación de asociaciones, y de métodos de los miembros y colaboradores de la sociedad; y un índice completo de todos los volúmenes actuales en las series de MANUALES.



CONDICIONES DE DISEÑO DE ATECYR

Este estudio ha sido desarrollado por el Grupo de Trabajo "Condiciones de Diseño" de ATECYR, con la finalidad de obtener nuevos datos de condiciones de diseño para proyectos de calefacción.

El trabajo incluye una selección de datos climáticos y un resumen de las normas UNE relacionadas con el tema.

DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN DTIE

DTIE 1.01 PREPARACIÓN DE AGUA CALIENTE PARA USOS SANITARIOS

Edición: ATECYR

Redacción: Alberto Viti

Coordinación: Comité Científico de ATECYR

Producción y realización: Editorial EL INSTALADOR

Perfil del autor

Doctor ingeniero industrial por la Universidad de Roma

33 años de experiencia laboral en el sector

Presidente del Comité Técnico de Normalización CTN 100 Climatización de AENOR

Lista de miembros del Comité Científico de ATECYR:

Aurelio Alamán Simón
Juan Carlos Bermúdez Gómez
Alejandro Cabetas Hernández
Felipe Cebrián Quesada
José María de las Casas Ayala
Juan Manuel Espinosa Peñuela
José Luis Esteban Saiz
Manuel Lamúa Soldevilla
Juan Vicente Martín Zorraquino
José Manuel Pinazo Ojer
Pedro Pozo Gómez
Francisco Javier Rey Martínez
Ramón Velázquez Vila
Alberto Viti Corsi

© ATECYR

Edita:

ATECYR
Conde de Peñalver, 38
28006 MADRID

Producción y realización:

EDITORIAL TÉCNICA EL INSTALADOR

Portada:

BILD DESIGN

Fotocomposición:

VERSAL, S.L.

Impresión:

INDUSTRIAS GRÁFICAS EL INSTALADOR

ISBN: 84-921270-2-3

Dep. Legal: M. 4234 - 1996

ÍNDICE

	Presentación	5
0	Símbolos, definiciones y unidades de medida	7
1	Generalidades	9
2	Consumo máximo diario	9
3	Período de punta y caudal máximo	11
	3.1. Sistema de acumulación	
	3.1.1. Generalidades	
	3.1.2. Períodos de punta	
	3.1.3. Caudal máximo horario	
	3.2. Sistema de semi-acumulación	
	3.3. Sistema instantáneo	
4	Equivalencias de la vivienda estándar	15
5	Cálculo del sistema de acumulación	16
	5.1. Las pérdidas	
	5.2. El volumen útil	
	5.3. Potencia y volumen de acumulación	
	5.4. Procedimiento de cálculo	
	5.5. Ejemplo	
6	Cálculo del sistema de semi-acumulación	20
7	Cálculo del sistema instantáneo	21
8	Cálculo del sistema de acumulación pura	22
9	Temperatura de producción	22
	9.1. Aguas inscrustantes	
	9.2. Aguas corrosivas	
10	Otros métodos de cálculo	24
	10.1. Sistemas de acumulación	
	10.1.1. Método de la unidad	
	10.1.2. Método del número de aparatos	
	10.2. Sistemas semi-instantáneos e instantáneos	
11	Esquema	29
12	La red de retorno	30
13	Referencias	31
Anexo A	Ecuaciones para el método de la unidad	33
Anexo B	Procedimiento de cálculo para viviendas	37
Anexo C	Consumo de ACS en España	39

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 improba 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 ésta y sucesivas DTIE, pues conocedora 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.

0. SÍMBOLOS, DEFINICIONES Y UNIDADES DE MEDIDA

En lo que sigue se emplearán los símbolos, definiciones y acrónimos resumidos en la siguiente tabla:

SÍMBOLO	DEFINICIÓN	UNIDAD
t (1)	temperatura t_e en entrada t_p de preparación t_u de utilización	°C
Δt	$t_p - t_e$	°C
t_p	tiempo de preparación	hora, minuto, segundo
C	caudal	L/s (dm ³ /s)
$C_{m\acute{a}x}$	caudal máximo en el período de punta	L/s
Q	consumo de agua en un determinado período de tiempo	L (dm ³)
Q_d	consumo medio diario	L/día
Q_p	consumo en el período de punta	L/día
$Q_{m\acute{a}x}$	consumo máximo total en el período de punta	L/día
P	potencia de calentamiento	kW
P_i	potencia del intercambiador de calor	kW
P_u	potencia útil	kW
P_d	pérdidas por disponibilidad	kW
P_r	pérdidas en la red de distribución	kW
V	volumen de acumulación	L
V_u	volumen útil de acumulación	L
f_m	factor de mezcla	adimensional
f_f	factor de forma de un depósito	adimensional
H	altura de un depósito	m
D	diámetro (o diámetro equivalente) de un depósito	m
s	desviación típica (de demanda o consumo)	L
N	número de viviendas	—
N_{VE}	número de viviendas estándar	—
ϕ	coeficiente de simultaneidad	—
T	duración del período de punta	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	
ACS	Agua Caliente para usos Sanitarios	
VE	Vivienda Estándar	
VNA	Volumen Neto de Acumulación o Volumen Útil V_u	
CR	Caudal de Recuperación	
UG	Unidad de Grifo	

(1) el símbolo t podrá emplearse también para indicar tiempo

Para la evaluación de las necesidades de **ACS** se considerará que la vivienda estándar **VE** tenga el siguiente equipamiento:

- **ocupación media: 3,5 personas**
- **cuartos húmedos:**
 - **un cuarto de baño con bañera de 150 litros**
 - **una cocina con un fregadero**

Nota: Esta definición es muy similar a definiciones análogas en uso en Francia y Alemania. Las diferencias que pueda haber entre las viviendas que son objeto del cálculo y la VE impondrán la introducción de factores de corrección, como se verá en su momento.

Igualmente se adoptarán las siguientes definiciones (por recuperación se entiende la potencia entregada al agua durante el período de máximo consumo por el intercambiador de calor y suele expresarse en forma de caudal):

- Sistema de **acumulación o acumulación pura:** la preparación tiene lugar exclusivamente durante las horas nocturnas; no hay recuperación durante las horas en las que se produce el consumo. A pesar de no ser de interés para la preparación del ACS, se dará, en su momento, una indicación de su cálculo (ver apartado 8).
- Sistema de **semi-acumulación:** la preparación tiene lugar durante todas las horas, incluidas las de consumo, y, por tanto, hay recuperación. El tiempo de preparación es igual o superior a una hora (este sistema se denomina, usualmente, de acumulación y así se hará en adelante; ver apartado 5).
- Sistema **semi-instantáneo** o de **semi-acumulación:** la definición es igual a la anterior; la única diferencia está en el tiempo de preparación que, en este caso, es de 10 a 20 minutos (ver apartado 6).
- Sistema **instantáneo:** el agua se prepara al momento de la demanda; a pesar de que la red de distribución constituye un pequeño volante térmico, se considera que el sistema no tiene acumulación (ver apartado 7).

El presente DTIE estará dedicado principalmente al dimensionamiento de los aparatos para la preparación de ACS para edificios de *viviendas*, aunque se darán indicaciones también para otros tipos de edificaciones, particularmente las de tipo residencial.

Para edificios destinados a uso residencial con sistemas dotados de acumulación el ACS se preparará a la temperatura de 60 °C, en cumplimiento de las recomendaciones de la norma UNE 100.030 sobre prevención de la legionela (ver ref. [1]). Sin embargo, se informa que es posible seguir preparando el agua a temperaturas entre 45° y 50°C siempre que se someta a un tratamiento de choque térmico de dos horas de duración cada treinta días como máximo (*). De esta manera no se penaliza el uso de los paneles solares planos y de las bombas de calor.

De acuerdo a resultados experimentales (ver la fig. 3 de ref. [9]), la energía consumida varía con la temperatura de preparación y tiene un mínimo precisamente a 60 °C (las mediciones han sido hechas a 50, 55, 60 y 65 °C). Este hecho confirma la conveniencia de preparar el agua a la temperatura recomendada por la norma 100.030.

Igualmente, en este DTIE se considerará una temperatura mínima de entrada del agua al sistema de 10 °C, que se ha empleado como base de cálculo para los ejemplos. Sin embargo, el cálculo de los sistemas podrá hacerse con cualquier otro valor, normalmente comprendido entre 6 y 12 °C.

(*) Se recuerda que el Reglamento actualmente en vigor percibe una temperatura en preparación máxima de 58 °C.

1. GENERALIDADES

Para que un sistema de preparación de agua caliente para usos sanitarios cumpla satisfactoriamente con su función es esencial que disponga de una potencia calorífica suficiente, auxiliada por una acumulación térmica en su caso, para absorber los caudales de punta sin perjuicio para la *estabilidad de la temperatura del agua* en los puntos de consumo.

Todo método de cálculo debe apoyarse sobre un cierto número de hipótesis basadas, cuando sea posible, sobre datos experimentales, particularmente cuando el evento sigue leyes estadísticas, como en este caso. Los datos que en adelante se ofrecerán proceden de mediciones de campo efectuadas en Francia, Gran Bretaña, Estados Unidos y Alemania y, también, en España, aunque en este caso tengan escasa relevancia.

El consumo de ACS varía fuertemente según el tipo de edificio, el mes del año, el día de la semana y la hora del día. En consecuencia, la estimación exacta del consumo se hace muy difícil, tanto más cuanto más corto sea el período de tiempo durante el cual se necesita conocer la demanda y menor el número de usuarios de la instalación.

Para ilustrar tales afirmaciones se representan las variaciones del consumo de ACS para un edificio de viviendas:

- en la figura 1.1 a lo largo de los meses de un año en porcentaje sobre el valor medio
- en la figura 1.2 según el día de la semana
- en las gráficas de la figura 1.3 en 10 minutos a lo largo de un día

2. CONSUMO MÁXIMO DIARIO

La teoría de la probabilidad permite hallar una formulación matemática al comportamiento de los usuarios de una instalación de ACS, referida a la VE.

Si se llevan en las abscisas de un diagrama los valores medidos del consumo diario de agua y en ordenadas la densidad de probabilidad relativa a cada valor del consumo, se obtiene una curva como la de la figura 2.1. La ley de repartición de caudales es muy similar a la ley normal de Laplace-Gauss, razonablemente simétrica con respecto al valor medio, siendo la semejanza tanto más exacta cuanto más grande sea el número de usuarios tomados en consideración.

La desviación típica, o desviación cuadrática media, es la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de las desviaciones de las medidas Q_i con respecto al valor medio Q_d del consumo diario:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i [Q_i - Q_d]^2}{N}} \quad [2.1]$$

La densidad de probabilidad y (ordenadas en la figura 4) se expresa con esta ecuación:

$$y = \frac{1}{s \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(Q_i - Q_d)^2}{2 \cdot s^2}} \quad [2.2]$$