



# DTIR 5.01

REFRIGERANTES  
EN 2019.  
DIAGRAMAS Y  
PROPIEDADES

PATROCINA



EDITA



---

# **DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES DE REFRIGERACIÓN: DTIR**

---

**DTIR 5.01**

**Refrigerantes en 2019.  
Diagramas y propiedades**

## **Autores:**

**Rodrigo Llopis:** Ingeniero Industrial por la Univ. Jaume I y Dr. por la Univ. Politécnica de Valencia. Vice-director del Grado de Ingeniería Mecánica de la Univ. Jaume I y Profesor Titular del Área de Máquinas y Motores Térmicos. Investigador sobre el uso del CO<sub>2</sub> y otros fluidos de bajo GWP como refrigerantes.

**Ramón Cabello López:** Se doctoró en Ingeniería Industrial en 2003 por la Universidad Politécnica de Valencia. Tras dos años trabajando en un gabinete de ingeniería, entró en 1998 Universitat Jaume I, donde actualmente es Catedrático del Área de Máquinas y Motores Térmicos. Toda su experiencia laboral se ha centrado en el ámbito de la Ingeniería Térmica, tanto a nivel docente, como investigador, resultando en diversas publicaciones de carácter nacional e internacional. Actualmente es socio de ATECYR y miembro de su Comité Técnico.

**Daniel Sánchez García-Vacas:** Ingeniero Industrial y Doctor en Ingeniería Industrial por la Universidad Jaume I, es Profesor Contratado Doctor en el Área de Máquinas y Motores Térmicos. Investigador del Grupo de Ingeniería Térmica, desarrolla su actividad investigadora en el campo de la refrigeración comercial, especialmente en el uso del CO<sub>2</sub> como refrigerante y otros fluidos de bajo GWP.

**Laura Nebot Andrés:** Ingeniera Industrial por la Univ. Jaume I e Ingeniera Energética y Medioambiental por el INSA de LYON. Investigadora predoctoral FPU del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. El objeto de investigación se centra en la mejora de ciclos de refrigeración de CO<sub>2</sub> con diferentes métodos de subenfriamiento.

**Jesús Catalán Gil:** Ingeniero Industrial por la Universidad Jaume I, realizó el Master Universitario de Eficiencia Energética en Instalaciones Industriales por la misma universidad. PDI de la Universidad Jaume I. Investigador sobre el uso del CO<sub>2</sub> como refrigerante en sistemas Booster, dentro del marco de una beca FPI del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

## **RELACIÓN DE MIEMBROS DEL COMITÉ TÉCNICO DE ATECYR**

**Presidente:** José Manuel Pinazo Ojer

**Vicepresidente ejecutivo:** Pedro G. Vicente Quiles

**Vicepresidente:** Ricardo García San José

### **Miembros honoríficos:**

Alberto Viti

Alejandro Cabetas Hernández

### **Vocales:**

José María Cano Marcos

José Antonio Rodríguez

Tarodo

Rafael Úrculo Aramburu

Antonio Vegas Casado

Ramón Velázquez Vila

Víctor Manuel Soto Francés

Francisco Javier Rey Martínez

Adrián Gomila Vinent

Paulino Pastor Pérez

José Manuel Cejudo López

Juan Jose Quixano Burgos

José Fernández Seara

Enrique Torrella Alcaraz

Angel Barragán Cervera

Ramón Puente Varela

Jose Antonio Fernandez

Benítez

Juan Travesí Cabetas

José Luis Barrientos Moreno

Miguel Ángel Navas Martín

Manuel Sánchez Marín Flores

Justo García Sanz-Calcedo

Ignacio Leiva Pozo

Nicolás Bermejo Presa

Vidal Díaz Martínez

Arcadio García Lastra

César Martín Gómez

Marta San Román

Paloma Virseda Chamorro

Ramón Cabello López

Pedro Romero Jiménez

Pedro Coya Alonso

**Depósito Legal:** M-2600-2019

**ISBN:** 978-84-95010-63-6

©ATECYR

**Edita:** ATECYR

**Agastia 112 A - 28043 Madrid**

**Producción y Realización:** ATECYR

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

## PRESENTACIÓN DTIR

La Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR), entidad sin ánimo de lucro fundada en 1974, agrupa a más de 1.400 ingenieros y profesionales relacionados con los sectores de calefacción, refrigeración, ventilación y Aire Acondicionado.

ATECYR cumple al pie de la letra con su carácter asociativo y transforma, fielmente, los fines que figuran en sus estatutos en objetivos a cumplir y en forma de trabajar.

Los Estatutos que rigen nuestra Asociación definen como fines de ATECYR:

- El estudio, en todas sus vertientes y manifestaciones, de la problemática, la ordenación, la reglamentación, y la protección y desarrollo de las técnicas de climatización, en su más amplio sentido, comprendiendo en tales, y sin carácter limitativo, la calefacción refrigeración, ventilación y acondicionamiento de aire en cualquiera de sus manifestaciones técnicas, así como en todo lo relacionado con el frío industrial, fontanería, uso racional de la energía, gestión de la energía, eficiencia energética, energías renovables, y, en particular la energía solar, térmica, eólica y biomasa, cogeneración, ingeniería del medio ambiente, y de cualesquiera otras actividades directa o indirectamente relacionadas con las mismas.
- La creación, recopilación y divulgación de información científica relacionada con estas tecnologías en España respecto a estas técnicas, cuyo objeto es el entorno ambiental del hombre, la sostenibilidad y el desarrollo de la misma, así como el fomento y desarrollo del interés por el diseño y equipamiento de este entorno, a fin de mejor cumplir su función social.
- La investigación, realización de estudios y análisis relativos a esta temática, así como la recomendación de planes de actuación y Transferencia de Tecnología.
- La organización de Cursos, Seminarios, Simposios, Conferencias y, en general, de cuantas actividades vayan encaminadas a la formación y divulgación, en su más amplio sentido, en el ámbito material en el que la Asociación desarrolla su actividad, desde la propia Asociación o en colaboración con Entidades u Organismos públicos o privados nacionales o extranjeros de similares o complementarios campos de actuación.
- La certificación y acreditación de la capacitación de profesionales y de personal, en el ámbito de actuación material en el que la Asociación desarrolla su actividad.
- Potenciar la colaboración y realizar acuerdos con cualesquiera otras entidades de cualquier naturaleza, públicas o privadas, nacionales o extranjeras, en el desarrollo del ámbito material en el que la Asociación desarrolla su actividad.
- Colaborar con las Administraciones Central, Autonómicas o Locales así como con cualquier otro organismo o entidad pública o privada, asesorándolas o prestándolas la asistencia necesaria para la confección, desarrollo y/o interpretación de la normativa y reglamentación relativa al ámbito material en el que la Asociación desarrolla su actividad.

Para la consecución de sus fines, ATECYR lleva a cabo una intensa actividad de colaboración con entes públicos y privados, mediante la participación en grupos de trabajo para la elaboración de distintas normas con el Ministerio de Fomento. Con el Ministerio para la Transición Ecológica, 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 contabilización de consumos o las Auditorías Energéticas. Colaboramos con el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo en la Subdirección General de Calidad y Seguridad Industrial en el desarrollo de la

modificación del Reglamento de Seguridad de Instalaciones frigoríficas. Así mismo participamos con un gran número de Comunidades Autónomas y Ayuntamientos, gracias a la incansable actividad de las Agrupaciones Provinciales con que contamos.

En el campo normativo es digno de resaltar la adjudicación del concurso restringido convocado por el IDAE para la revisión del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), en diciembre de 2003 y que se aprobó y publicó el 20 de julio de 2007, Real Decreto 1027/2007 y la secretaría y coordinación de las 26 asociaciones representativas del sector, para proponer al ministerio la modificación de este reglamento que se ha publicado en el año 2013, RD 238/2013.

Destacamos el desarrollo de 3 cursos propios, que se imparten de manera semipresencial, desarrollados por el Comité Técnico de ATECYR y que cuentan con los más prestigiosos profesores del sector que son:

- El Curso de Experto en Climatización de 300 horas
- El Curso de Experto en Refrigeración de 168 horas.
- El Curso de Experto Auditor y Gestor Energético en la Edificación y la Industria de 256 horas.

ATECYR es miembro y participa activamente en REHVA, Federación Europea de Asociaciones de Profesionales del Sector de Instalaciones Mecánicas, en FAIAR, Federación de Asociaciones Iberoamericanas de Aire Acondicionado y Refrigeración y en ASHRAE, asociación americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado. Además ha participado junto con REHVA y otras asociaciones en el Proyecto Europeo PROF TRAC.

En sus más de cuarenta 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.

La actividad de la asociación descansa en dos pilares fundamentales: Las Agrupaciones como grandes generadoras de nuestra actividad y como instrumentos que nos permitan la cercanía y el servicio al socio, y el Comité Técnico, compuesto por un grupo de expertos muy respetados en nuestro sector, que, de alguna manera, han marcado las tendencias y la forma de hacer las cosas en los últimos años y que se constituye como el gran dinamizador de toda nuestra actividad.

El Comité Técnico de ATECYR viene trabajando desde hace años, en la elaboración de una valiosa 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.

La colección de Documentos Técnicos de Instalaciones de Refrigeración (DTIR) nace 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 el tema en cuestión para desarrollar su labor.

Esta colección de documentos pretende constituirse como guías prácticas sobre temas de interés dentro del ámbito de la refrigeración, dirigidas a técnicos que trabajan o que tengan inquietudes en este ámbito y se han convertido en la documentación imprescindible en los cursos de formación de refrigeración.

www.calculaconatecyr.com es el portal a través del cual se distribuyen gratuitamente para todos los técnicos del sector 8 programas de cálculo y dimensionamiento de las instalaciones térmicas. ATECYR, a través de la Fundación ATECYR ha adquirido la licencia de distribución del Software desarrollado y adaptado a las necesidades del mercado y normativa vigentes por un grupo de profesores de la UPV del Grupo de Ingeniería Térmica del Departamento de Termodinámica Aplicada.

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

ATECYR es autor junto al IVE de CERMA que es Documento Reconocido para la certificación de eficiencia energética tanto de edificios nuevos como existentes, según lo dispuesto en el Real Decreto 235/2013, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios.

Sólo queda agradecer su aportación al patrocinador de este DTIE, **INTARCON**, sin cuya ayuda sería imposible completar este interesante proyecto y presentar este nuevo DTIR 5.01 REFRIGERANTES EN 2019. DIAGRAMAS Y PROPIEDADES.

Miguel Ángel Llopis Gómez

Presidente de ATECYR

## **DTIR - Documentos Técnicos de Instalaciones de Refrigeración**

**SERIE 1: Normativa y reglamentación**

**SERIE 2: Condiciones de diseño interiores y exteriores**

**SERIE 3: Cálculo de carga térmica y estimación del consumo**

**SERIE 4: Aislamiento térmico**

**SERIE 5: Refrigerantes**

\*DTIR 5.01 Refrigerantes en 2019. Diagramas y Propiedades

**SERIE 6: Compresores y centrales de compresión**

**SERIE 7: Condensación sistemas y equipos**

**SERIE 8: Evaporación. Sistemas y equipos. Desescarche.**

**SERIE 9: Otros componentes del sistema.**

**SERIE 10: Control y regulación**

**SERIE 11: Líneas de refrigerantes**

**SERIE 12: Instalaciones de Amoniac**

**SERIE 13: Instalaciones de CO<sub>2</sub>**

**SERIE 14. Instalaciones de otros refrigerantes**

**SERIE 14: Acumulación de energía térmica y energías renovables**

**SERIE 15: Puesta en marcha, recepción y mantenimiento**

**SERIE 16: Aplicaciones sector terciario**

**SERIE 17: Refrigeración y conservación de alimentos**

**SERIE 18: Aplicaciones industriales**

**SERIE 19: Varios**

\*Editadas



## ÍNDICE

<b>0</b>	<b>PREÁMBULO</b> .....	<b>8</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
	1ª Generación: Los disponibles .....	9
	2ª Generación: Los seguros y estables.....	9
	3ª Generación: Los protectores del ozono .....	9
	4ª Generación: Los de bajo GWP .....	10
<b>2</b>	<b>MARCO NORMATIVO</b> .....	<b>12</b>
	Regulaciones de ámbito Internacional .....	12
	Regulaciones de ámbito europeo .....	13
	Regulaciones ámbito Nacional .....	15
<b>3</b>	<b>NOMENCLATURA Y DESIGNACIÓN DE REFRIGERANTES</b> .....	<b>20</b>
	3.1 Designación de sustancias puras .....	20
	3.2 Designación de mezclas.....	21
	3.3 Designación de compuestos orgánicos.....	22
	3.4 Designación de compuestos inorgánicos .....	22
<b>4</b>	<b>SEGURIDAD DE REFRIGERANTES</b> .....	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>REFRIGERANTES EN INSTALACIONES FRIGORÍFICAS</b> .....	<b>24</b>
	5.1 Opciones y alternativas .....	24
	5.2 Propiedades físicas, de seguridad y medioambientales .....	25
<b>6</b>	<b>DATOS TÉCNICOS Y DIAGRAMAS PRESIÓN ENTALPÍA</b> .....	<b>35</b>
	R-22 .....	36
	R-134a .....	38
	R-32 .....	40
	R-152a .....	42
	R-744 .....	44
	R-717 .....	46
	R-718 .....	48
	R-290 .....	50
	R-600a .....	52
	R-1270 .....	54
	R-1234yf .....	56
	R-1234ze(E).....	58
	R-1233zd(E).....	60
	R-404A.....	62
	R-407A.....	64
	R-407C.....	66
	R-407F.....	68
	R-407H.....	70
	R-410A.....	72
	R-448A.....	74
	R-449A.....	76
	R-450A.....	78
	R-454A.....	80
	R-454B.....	82
	R-454C.....	84
	R-507A.....	88
	R-513A.....	90
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>92</b>



## 0 PREÁMBULO

El presente documento, elaborado por el **Grupo de Ingeniería Térmica** ([www.git.uji.es](http://www.git.uji.es)) del Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción de la Universitat Jaume I, pretende resumir y aunar la información básica más relevante sobre los refrigerantes utilizados en la refrigeración y aire acondicionado en el presente y en el futuro próximo.

En la primera parte del documento, se resume la evolución de las familias de refrigerantes; se esquematiza el marco normativo sobre el uso de refrigerantes referente a Europa; se sintetizan las reglas básicas de nomenclatura y designación de refrigerantes; y se resumen las características y clasificación de seguridad de los refrigerantes.

En la segunda parte del documento se detallan los usos actuales de los refrigerantes, así como las opciones alternativas existentes en el mercado; se resumen las principales propiedades físicas, de seguridad y medioambientales de los refrigerantes; y se representan las relaciones de presión y temperatura de saturación de los principales refrigerantes.

En la última parte del documento se incluyen los diagramas presión-entalpía de cada uno de los refrigerantes utilizados en la actualidad. Dichos diagramas incluyen, además de las variables presión y entalpía, la temperatura, volumen específico y entropía. Han estado diseñados y elaborados con la máxima precisión posible para que sean útiles en las etapas docentes de aprendizaje de los ciclos de refrigeración y en las etapas de análisis de instalaciones existentes.

# 1 INTRODUCCIÓN

La evolución de las sustancias usadas como refrigerantes ha navegado en paralelo al desarrollo tecnológico de nuestra sociedad y a la detección de los problemas medioambientales que ellas generan. La primera sustancia utilizada como refrigerante, el *etil-éter*, data de 1830 cuando Perkins describió el primer sistema de producción de frío por compresión. Desde esta fecha clave para el desarrollo de la Refrigeración moderna los refrigerantes utilizados en los sistemas de compresión de vapor pueden agruparse en cuatro generaciones, tal y como muestra la Figura 1.

## 1ª Generación: Los disponibles

Las sustancias utilizadas como refrigerantes en el nacimiento de la refrigeración industrial correspondieron a sustancias fácilmente accesibles en aquel momento. Sustancias disolventes o fluidos volátiles se utilizaron como caloportadores en el interior de las primeras instalaciones, donde no importaba o al menos no se prestaba atención a las características de seguridad de los mismos. Existen registros del uso del propano, amoníaco, dióxido de carbono, dióxido de azufre, tetracloruro de carbono y el 1,2-dicloroetano.

Esta generación tuvo una duración aproximada de un siglo, momento en el cual los ingenieros comenzaron a realizar búsquedas específicas de fluidos refrigerantes con mejores prestaciones y con mayores niveles de seguridad. De hecho, en 1920 Carrier ya realiza una primera búsqueda de refrigerantes para enfriadoras de agua.

## 2ª Generación: Los seguros y estables

En 1930 Thomas Midgley Jr. provoca la primera revolución de la industria de la refrigeración artificial al descubrir y sintetizar los refrigerantes de la familia CFC, formados por moléculas con átomos de C, N, O, S, H, F, Cl y Br. Esta es la segunda generación de refrigerantes, conocidos como los seguros y estables, ya que correspondían a sustancias estables químicamente, no tóxicas y no inflamables. En 1930 se sintetiza el freón R12, en 1932 el R11 y en 1936 el R22.

Estos fluidos reemplazaron completamente a los de la 1ª generación y constituyeron los únicos refrigerantes en la industria hasta hace relativamente pocos años. Sin embargo, a raíz del descubrimiento del agujero en la capa de ozono, cuyo responsable era el cloro contenido en sustancias que se liberaban a la atmósfera, llevó a la firma del Protocolo de Montreal en 1987, que supuso el inicio del proceso de eliminación de sustancias con cloro en su composición, como son los refrigerantes de esta generación. A nivel Europeo las líneas de acción del Protocolo se materializaron en el Reglamento Europeo 2037/2000, que estableció como fecha límite de utilización de fluidos CFC el año 2000, y la Directiva Europea CE-1005/2009, que fijó como fecha límite para la utilización de los fluidos HCFC el año 2015.

## 3ª Generación: Los protectores del ozono

Las anteriores restricciones llevaron a la industria de la refrigeración a desarrollar nuevos fluidos refrigerantes libres de cloro en su composición, basados en los átomos inicialmente seleccionados por Midgley excepto el Cl. Estas sustancias, de la familia HFC, corresponde a la 3ª generación de refrigerantes, que corresponden a sustancias con ODP (Potencial de agotamiento del ozono) nulo y que siguen siendo completamente estables y seguros. Los refrigerantes más utilizados dentro de esta familia son el R134a, el R32 como fluidos puros, y el R125, R143a y R23 en mezclas.

Aunque actualmente sigan siendo los refrigerantes más utilizados en el sector de la Refrigeración, podría decirse que esta 3ª generación está en proceso de extinción, de nuevo por causas medioambientales. Si bien son refrigerantes que no dañan la capa de ozono, corresponden a sustancias que una vez emitidas a la atmósfera, presentan un potencial de calentamiento atmosférico (GWP) miles de veces superior al fluido de referencia, el CO<sub>2</sub>. Este hecho provocó que los refrigerantes de la familia HFC fuesen incluidos en el Protocolo de Kyoto en 1997, cuya meta fundamental consiste en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. En el caso de Europa, los acuerdos de Kyoto se plasmaron en la Regulación EC 842/2006 cuyo objetivo era reducir la cantidad de HFC liberado a la atmósfera y en la Directiva 2006/40/CE que restringe el uso de refrigerantes con GWP mayor de 150 en vehículos. Sin embargo, el salto definitivo a la 4ª generación de refrigerantes lo ha establecido la aprobación del Reglamento (UE) 517/2014, conocido como la F-Gas, cuyo objetivo es la eliminación parcial o total de los gases fluorados con alto valor de GWP a través de la reducción de disponibilidad, prohibiciones al uso y prohibiciones a la recarga. A nivel mundial, y promovido por Europa, los HFC han sido incluidos en el Protocolo de Montreal (Kigali, 2016). Dicha enmienda, que entrará en vigor el 1 de enero de 2019, establecerá límites al consumo y a la producción de estas sustancias a nivel mundial.

#### **4ª Generación: Los de bajo GWP**

La 4ª generación de refrigerantes, actualmente en proceso de expansión y consolidación, pretende evitar los problemas medioambientales de sus precedentes. Dicha familia está compuesta por nuevos fluidos cuya característica principal es la de presentar bajos valores de GWP, fundamentalmente por debajo de 150. No obstante, pese a sus mejores indicadores ambientales, no son sustancias tan seguras y estables como las de anteriores generaciones. La reducción de GWP lleva asociado en muchos casos la aparición de la inflamabilidad, toxicidad o el trabajo en altas presiones.

Dentro de esta generación encontramos el CO<sub>2</sub> y el NH<sub>3</sub>, dentro de la familia de los naturales; el propano, isobutano y propileno, dentro de la familia de los hidrocarburos; las hidro-fluoro-olefinas o HFO, y el único HFC con GWP por debajo de 150, el R152a.

Las sustancias de la 4ª generación son sustancias *diferentes* a las anteriores. En general, no pueden operar con las mismas instalaciones o tipologías de instalación; requieren nuevos requisitos de diseño, manejo y operación, y en la mayoría de los casos mayor complejidad tecnológica. Si bien el sector de la refrigeración mostró mucha oposición al cambio, en los últimos años esto ha ido cambiando y cada vez más se están introduciendo estos refrigerantes en el mercado.