

Normas Técnicas Colombianas sobre el manejo seguro de sistemas de refrigeración y refrigerantes

Colombian Technical Standards on the Safe Handling of Refrigeration Systems and Refrigerants

María Dolores Galindo Torres¹
Fabiola Mejía Barragán²

Fecha de recepción: 17 de enero de 2023
Fecha de aprobación: 13 de junio de 2023

Resumen

Este artículo hace un recorrido por el desarrollo del proceso de expedición de las Normas Técnicas Colombianas (NTC) 6228, de sus partes 1, 2, 3 y 4, correspondientes a “Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales”. La tarea de formular las normas le correspondió al Comité Técnico 125 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas (Icontec), encargado de “Maquinaria para uso doméstico e industrial para refrigeración”. Se revisaron y compararon las normas técnicas europeas (EN) 372 y las normas internacionales ISO 5149-2014. A partir del informe comparativo, se tomó la decisión de adoptar para Colombia las normas internacionales ISO, por ser las que mejor se acoplaban a la normalización del país. Con la expedición de la norma NTC 6228 se logró traspasar una de las 16 barreras existentes en Colombia para el cumplimiento del Protocolo de Montreal. Lo cual ha permitido que Colombia avance hacia un desarrollo sostenible y un mejor cuidado del medio ambiente, al eliminar el uso de sustancias agotadoras de la capa de ozono, creando normas que desestimulan el uso de sustancias con un alto potencial de calentamiento global.

Palabras clave: Protocolo de Montreal, refrigeración, refrigerantes, NTC 6228, desarrollo sostenible

Abstract

This article takes a tour of the development of the process of issuance of the Colombian Technical Standards (NTC) 6228, its parts 1, 2, 3 and 4, corresponding to “Refrigeration systems and heat pumps. Safety and environmental requirements. The task of formulating the standards corresponded to the Technical Committee 125 of the Colombian Institute of Technical Standards (Icontec), responsible for “Machinery for domestic and industrial use for refrigeration”. European technical standards (EN) 372 and international standards ISO 5149-2014 were reviewed and compared. From the comparative report, the decision was made to adopt the ISO international standards for Colombia, as they were the ones that best matched the country’s standardization. With the issuance of the NTC 6228 standard, one of the 16 barriers existing in Colombia for compliance with the Montreal Protocol was overcome. This has allowed Colombia to move towards sustainable development and better care of the environment by eliminating the use of ozone-depleting substances and creating standards that discourage the use of substances with a high global warming potential.

¹ Líder Grupo de Investigación, Grupo Interdisciplinar de Estudios Ambientales, Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. Bogotá, Colombia. dgalindo@itc.edu.co ORCID: 0000-0003-0964-4868

² Integrante Grupo de Investigación, Grupo Interdisciplinar de Estudios Ambientales, Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. Bogotá, Colombia. fmejia@itc.edu.co ORCID: 0000-0002-0866-080X

Keywords: *Montreal Protocol, refrigeration, refrigerants, NTC 6228, sustainable development*

Citar como:

Galindo, M. y Mejía, F. (2023). Normas Técnicas Colombianas sobre el manejo seguro de sistemas de refrigeración y refrigerantes. *Letras ConCiencia Tecnológica*, (20), 29-39. <https://doi.org/10.55411/26652544.241>

Introducción

En la atmósfera, el ozono se encuentra en niveles muy bajos en el aire (0,01%), a una altura entre 30 y 50 km de la superficie de la tierra, siendo esencial para la vida, ya que se encarga de filtrar los rayos ultravioletas (UV) provenientes del sol. En este sentido, el ozono previene los efectos carcinógenos de los UV sobre los seres humanos, los animales y los ecosistemas marinos (Sánchez-Clarke, 2006).

Las actividades antrópicas han alterado el espesor de la capa de ozono generando lo que se conoce como el agujero en la capa de ozono (Eslava-Zapata, 2021). Entre las sustancias agotadoras del ozono (SAO), se encuentran los compuestos cloro-fluorocarbonados (HFC), ampliamente utilizados en la industria de la refrigeración, en los aerosoles y en los sistemas de aire acondicionado (Hernández-Fernández et al., 2020). Una molécula de cloro puede reaccionar hasta con mil moléculas de ozono, lo que favorece la rápida degradación del ozono, que tiene en contraposición una lenta velocidad de formación (Sánchez-Clarke, 2006).

En 1985 se reportó un nivel menor del 50% de ozono en la atmósfera de la Antártica; esto alertó a científicos y organizaciones multilaterales relacionados con el tema, lo que promovió acciones a favor de la protección de la capa de ozono, entre ellas, la expedición del Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono (Sánchez-Clarke, 2006). Fue así como en 1987, Colombia firmó el Protocolo de Montreal, resultado de la preocupación por el cuidado y protección de la capa de ozono, con el objetivo de aplicar límites tanto a la producción como al consumo de las SAO (Pro-

grama de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2016). En 1989, el protocolo ya se había firmado por 197 países, pues también fue considerado un mecanismo para la reducción del cambio climático, debido a que muchas de las sustancias que agotan la capa de ozono son gases de efecto invernadero (Sarmiento, 2019).

Colombia se adhirió al Convenio de Viena mediante la Ley 30 del 5 de marzo de 1990, y ratificó el Protocolo de Montreal con la expedición de la Ley 29 de 1992, siendo reconocida como Estado parte en 1993 (PNUMA, 2016). En 1994, el Gobierno creó la Unidad Técnica del Ozono (UTO), adscrita al Ministerio del Medio Ambiente, con la misión de asesorar al Gobierno nacional en cuanto a las políticas, planes y proyectos relacionados con la implementación del protocolo y sus enmiendas (Stavro-Tirado, 2007; Suárez-Orozco, 2021).

Actualmente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente), está desarrollando la agenda del Protocolo de Montreal, que es de obligatorio cumplimiento por ser ley de la República. Si bien Colombia no es un gran productor de SAO, el sector de la refrigeración es el que importa y consume en mayor proporción dichas sustancias, ya sea a través de los equipos o de los procesos de mantenimiento (Stavro-Tirado, 2007).

Los refrigerantes sintéticos conocidos como cloro-fluorocarbonados (CFC) —entre los que se encuentran el R12 y el R502 (Rivera-Guerrero et al., 2020)— fueron eliminados en Colombia en el 2010, por ser de las sustancias que más degradan la capa de ozono, siendo reemplazados por refrigerantes hidrofluorocarbonos (HCFC), los cuales generaron preocupación por su impacto

en el cambio climático, por lo que se hizo necesario establecer políticas y opciones técnicas para minimizar la necesidad de su utilización, especialmente en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado (Sarmiento, 2019).

La Unidad Técnica de Ozono (UTO) del Minambiente en Colombia, encontró en el 2015 que para dar cumplimiento a todos los compromisos del Protocolo de Montreal, se debían superar siete barreras, a saber: tecnología y seguridad; suministro y disponibilidad de refrigerantes naturales y partes de reposición de equipos; financiación y apoyo para el cambio tecnológico; mercado y marketing; aspectos sociológicos y psicológicos como miedo al cambio, temor a accidentes, entre otros; consumo industrial, y normas y reglamentos técnicos que sirvan como guía para cumplir estándares de seguridad de las personas, el medio ambiente y los bienes (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2015).

Las Normas Técnicas Nacionales son publicadas por el Instituto Nacional de Normas Técnicas Colombianas (Icontec), entidad avalada por el Gobierno colombiano. El Gobierno, a través de alguno de sus ministerios o entidades, solicita la elaboración, adopción o adaptación de la norma nacional al Icontec, quien delega la tarea a sus comités técnicos. Una vez la norma es publicada, dependiendo de la exigencia en la seguridad para el país, se sanciona como reglamento y pasa a ser de obligatorio cumplimiento para todos los actores del sector reglamentado (Icontec, 2014).

Los comités técnicos, están conformados por profesionales especialistas en las disciplinas requeridas para la elaboración de las normas técnicas, quienes deben tener suficiente experiencia en su campo disciplinar para emitir conceptos y representan a los diferentes estamentos: gobierno, industria de fabricantes, contratistas, usuarios y academia. La academia está representada por las Instituciones de Educación Superior (IES) y el

Servicio Nacional de Aprendizaje (Sena) (Icontec, 2014).

La Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central (ETITC), como IES, formó parte del Comité Técnico 125: maquinaria para uso doméstico e industrial para refrigeración, y le fue encomendada la tarea de la adopción de normas técnicas para el uso seguro y eficiente de refrigerantes hidrocarburos por el Ministerio del Medio Ambiente, a través de la UTO. En el presente documento se describe el proceso adelantado por el Icontec para generar las normas técnicas asociadas al uso seguro y eficiente de refrigerantes.

Marco teórico

Refrigerantes y su selección

Para la selección del refrigerante en un sistema de refrigeración se debe tener en cuenta que las sustancias no sean SAO, que su potencial calentamiento global sea bajo o cero, y que sea químicamente estable (Díaz et al., 2018). Lo anterior, se une a otros aspectos de seguridad ocupacional, como disponibilidad en el mercado, costos, posibilidades de reciclaje y reutilización, y todos los componentes de formación del personal a cargo del manejo de los sistemas de refrigeración y de las sustancias (Urrego-Rodríguez, 2018). Los refrigerantes que cumplen las anteriores especificaciones son los naturales, como el amoníaco (NH_3), el dióxido de carbono (CO_2) y los hidrocarburos (HC). El amoníaco, es utilizado en sistemas de refrigeración industrial por su efecto frigorífico, su bajo consumo energético frente a otros tipos de refrigerantes y su bajo costo (Rodríguez, 2016). La industria mundial de fabricantes y usuarios de este tipo de sistemas, han creado asociaciones como la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHARE), el Instituto Internacional de Refrigeración con Amoníaco (IIAR) y el Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración (AHRI), los cuales han elaborado normas técnicas para el uso seguro de refrigerantes, la construc-

ción de los equipos y la instalación de estos sistemas (Zúñiga-Puebla et al., 2019). Estas normas se aplican en todas las disciplinas de la ingeniería: mecánica, eléctrica, control, automatización y civil. Igualmente, se ha establecido la formación que deben recibir todos los profesionales de las tecnologías e ingenierías para el uso del amoníaco como refrigerante.

El dióxido de carbono se utilizó como refrigerante hasta los años 50, cuando fue sustituido por las sustancias CFC. Su uso es más reciente que el del amoníaco, pero debido a las presiones y a las temperaturas que se deben manejar con este fluido, es menos utilizado en la industria (Mora-Mendoza et al., 2020). Por ello, el número de profesionales formados para diseñar, instalar y mantener este tipo de sistemas es mucho menor que para los sistemas industriales de refrigeración con amoníaco. No obstante, el desarrollo industrial en la producción de alimentos y bebidas, procesos petroquímicos y el cuidado del medio ambiente, vienen exigiendo un mayor uso de esta sustancia como refrigerante (Belman-Flores y Pérez-García, 2013; Sierra-Ramírez et al., 2022).

Los hidrocarburos (HC) son sustancias refrigerantes inocuas para el medio ambiente y muy prometedoras en la actualidad, debido a su efecto frigorífico y a la facilidad de sustituirlo en sistemas de refrigeración en funcionamiento con sustancia SAO y GWP (Global Warming Potential [GWP] por sus siglas en inglés, y en español, Potencial de Calentamiento Global), sin tener que cambiar partes de los sistemas actuales (proceso tecnológico conocido como *drop-in*) (Álvarez-Brito y López-de-Ramos, 2013).

Aspectos legales y de mercado

Por la Ley 0306 de 1995, la República de Colombia aprobó la obligatoriedad para el país de la Enmienda de Copenhague, Protocolo de Montreal 1994, relativa a las sustancias que agotan la capa de ozono (Sarmiento, 2019). En consecuencia, los

Ministerios de Relaciones Exteriores, de Industria y Comercio, así como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente), debían trabajar en estrategias para restringir la producción de las SAO, promover la investigación y el intercambio de información sistemática sobre los efectos de las actividades humanas, así como adoptar medidas jurídicas o administrativas para el control de las actividades que pudieran tener efectos adversos sobre la capa de Ozono y el medio ambiente (Minambiente, 2015).

El Minambiente, en su *Boletín Ozono* n.º 38 de junio del 2015, informaba que los esfuerzos globales de protección del ozono habían llevado a la eliminación de más del 98% de los niveles históricos de producción y consumo de SAO a nivel mundial, gracias al desarrollo de sustancias que las sustitúan. Sin embargo, algunas de estas producían otros efectos como el GWP, y se estimó que, de no tomarse medidas adecuadas, los compuestos HFC representarían entre el 9 y el 19% del total de emisiones de CO₂ en el 2050 (Minambiente, 2015).

En Colombia, a partir del 2000, los grandes gremios en la producción de bienes de consumo masivo, de alimentos y bebidas, han buscado transformar sus neveras o sustituirlas por equipos que trabajen con sustancias HC y CO₂ (Hernández, 2021). Más recientemente, el Gobierno a través del Ministerio de Industria y Comercio, ha impulsado el uso de neveras de aplicación residencial que trabajen con refrigerantes naturales. La UTO junto con el Sena y la Asociación Colombiana del Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE), han trabajado en los proyectos para la conversión de los sistemas de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor, a sistemas que manejen refrigerantes naturales y específicamente hidrocarburos (ACAIRE, 2022).

En Colombia, compañías multinacionales como Abba, Challenger, Haceb, LG, Mabe, Panasonic, Samsung y Whirlpool, desde el 2008 están fa-

bricando neveras que trabajan con gas propano R600a. El Minambiente reportó que en el país se cumplió la meta de sustituir el R12 por R600a en las neveras tipo residencial, esto como resultado para seguir la agenda de eliminación de los refrigerantes que dañan el medio ambiente (Minambiente, 2015).

La UTO en Colombia ha encontrado barreras para el cumplimiento de la agenda de implementación del Protocolo de Montreal, siendo la más destacada por fabricantes, usuarios y contratistas, la inexistencia de normas técnicas y reglamentos que sirvieran como guía rectora para el uso de los refrigerantes naturales. Si bien existían normas nacionales para el uso de refrigerantes, se encontraban desactualizadas, como las NTC 5315 “Sistemas de refrigeración mecánicos usados para enfriamiento y calefacción”, publicada el 1 de diciembre del 2004; la NTC 5852 “Norma de seguridad para sistemas de refrigeración”, publicada el

15 de junio del 2011; o la NTC 5853 “Designación y clasificación de seguridad de refrigerantes”, publicada el 15 de junio del 2011, que no incluían los refrigerantes HC (Icontec, 2004).

Metodología

La normalización es un factor clave para el desarrollo industrial y económico del país. Por ello, el Icontec —que es el organismo nacional de normalización según el Decreto 1595 de 2015—, a través de sus comités técnicos desarrolla los documentos que constituirán Normas y Guías Técnicas Colombianas, mediante la unificación de los criterios a través del consenso. Tales documentos normativos permiten a los sectores productivos y de servicios, competir en los mercados internacionales (Minambiente, 2015).

En la Figura 1 se presenta la metodología del Icontec para la elaboración, adaptación o adopción de las Normas Técnicas Nacionales.

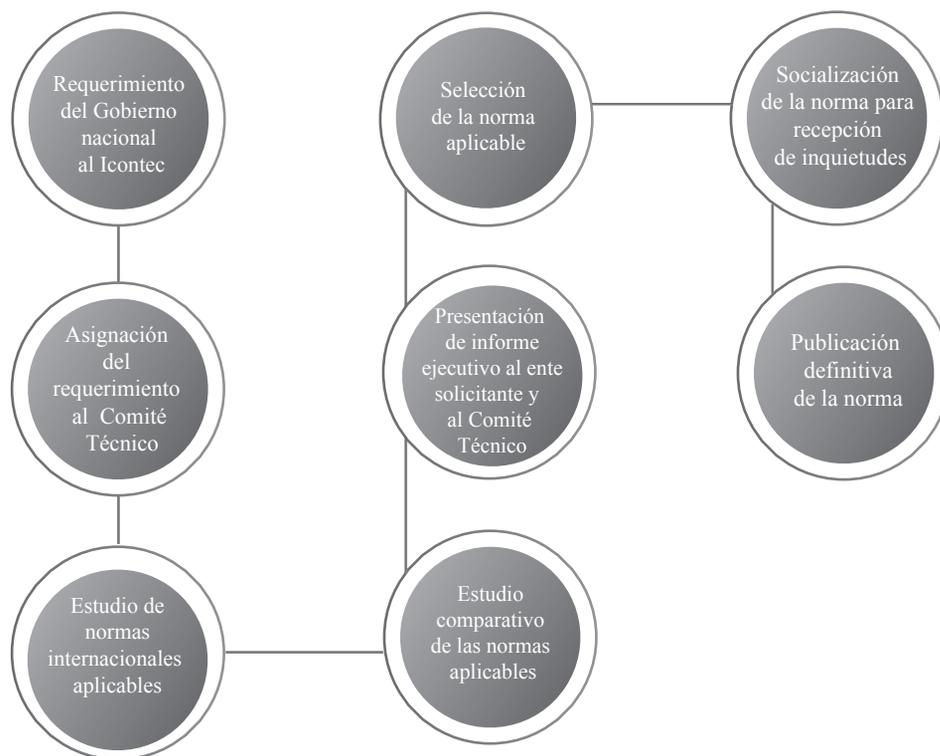


Figura 1. Metodología del Icontec

El primer paso es el requerimiento por parte del Gobierno nacional a través de los ministerios o centros gubernamentales, que piden la gestión de normas técnicas al Icontec. En este caso, el Minambiente fue quien pidió la elaboración, adaptación o adopción de la norma técnica para uso seguro de refrigerantes y sistemas de refrigeración que incluyeran los refrigerantes HC.

El segundo paso es la asignación del requerimiento al Comité Técnico, cuyo objetivo está relacionado con la solicitud del Gobierno. Inicialmente le fue asignado al Comité Técnico 126, en el cual se realizó la primera revisión documental de las normas existentes en el país y en el mundo. Luego, se pasó la gestión de la norma al Comité Técnico 125, encargado de lo relacionado con sistemas de refrigeración.

Resultados y discusión

En el 2013, el Minambiente a través de la UTO, solicitó al Icontec la propuesta para la adopción de las normas técnicas para uso seguro y eficiente de refrigerantes. El proyecto, en primera instancia fue asignado al Comité Técnico 126 de Icontec: “Maquinaria para uso doméstico e industrial para aire acondicionado”, pero luego se envió al Comité Técnico 125, debido a que el estudio era específicamente sobre sistemas de refrigeración. Inicialmente, se envió a todos los miembros del comité la norma UNE-EN 378 2008: “Sistemas de refrigeración y bombas de calor: requisitos de seguridad y medioambientales”, para ser revisada y adoptada.

Después de tres plenarios del comité, se decidió hacer una comparación entre la norma europea EN 378 y la norma ISO 5149-2014: “Refrigerating systems and heat pumps – Safety and environmental requirements”, ya que esta última no requiere adoptar normas de los países, sino que permite llamar las normas propias de cada país, sin perder su condición de norma internacional. En enero 15 de 2016 en plenaria del Comité 125, la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, presentó la comparación de ambas normas y luego de la consulta al comité, se tomó la decisión de adoptar para el país la norma ISO 5149-2014.

Las normas técnicas europeas EN 378-2008 capítulos 1, 2, 3 y 4 se revisaron desde el punto de vista cualitativo para verificar su alcance, los reglamentos y las normas que la soportan. Desde el punto de vista cuantitativo, se verificó si los valores estándar de las variables normalizadas eran alcanzables por la industria nacional. Al mismo tiempo, se revisó la norma técnica internacional ISO 5149-2014 en sus partes 1, 2, 3 y 4 para verificar que contemplara los refrigerantes HC.

Se hizo un comparativo de las dos normas técnicas para verificar cuál era la más apropiada para Colombia. Se diseñó una rejilla con un total de 329 ítems, donde cada uno de los temas tratados en las dos normas se establecieron y compararon. Además, se analizó el vocabulario técnico utilizado en los respectivos textos, haciendo observaciones de las diferencias o similitudes entre las dos normas y sugiriendo los términos técnicos utilizados en el país. Un ejemplo de esta comparación se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1.

Ejemplo del comparativo de las normas UNE EN 378-1 e ISO 5149-1

UNE-EN 378-1: 2008+A2	International Standard ISO 5149-1 First edition 2014-04-15	Observaciones
3.2 Ocupaciones, emplazamientos 3.2.13 Galería de servicio: espacio al que en general se accede solo para el mantenimiento y donde no es posible andar o acceder andando.	3.2 Location 3.2.1 Crawl space that is generally accessed for maintenance only and where it is not possible to walk or access by walking.	La palabra <i>ocupación</i> no está contextualizada en la norma EN y <i>emplazamiento</i> no es el mejor sinónimo para localización o ubicación dentro del lenguaje técnico que se maneja en el medio en Colombia. Igualmente, para el término <i>galería</i> en el lenguaje técnico de Colombia, se entendería más como ducto de inspección o esclusa de inspección.
3.1.5 Sistemas de absorción o adsorción.	3.1.1 Absorption system	En la norma ISO no se define el sistema de absorción.
{A2▶} 3.1.9 3.1.8 ISO sector de baja presión: {◀A2}	3.1.8 Low-pressure side	Idénticos

Luego del estudio comparativo de las dos normas, ante el Minambiente se presentó un informe ejecutivo donde se dieron a conocer las diferencias, similitudes y ausencias de criterios de una y otra norma. Se aclaró que las dos normas incluyen los refrigerantes HC y la seguridad para las personas y el medio ambiente, además que ambas podían ser cumplidas por la industria del país.

El mismo informe se presentó ante el Comité 125 en la reunión plenaria de febrero del 2016, en la que se recibieron las preguntas de los participantes. Después de aclarar todas las inquietudes, se tomó la decisión de adaptar la norma ISO 5149-2014, en sus capítulos 1, 2, 3 y 4. Esto debido a que las normas nacionales colombianas pueden ser llamadas para sustentar las normas ISO 5149.

Luego de la decisión de tomar la norma ISO 5149 del 2014 como referente, Icontec la tradujo y el Comité 125 revisó el documento para dejarlo como una guía para el manejo seguro y eficiente de todos los refrigerantes y sistemas de refrigeración, incluyendo los refrigerantes HC. En este sentido, se tomaron como base los reglamentos técnicos colombianos y las normas técnicas co-

lombianas para dar soporte a la norma y así permitir su aplicación en el país.

Una vez finalizado el proceso para la redacción de las nuevas normas NTC en el Comité 125, el Icontec las socializó en consulta pública, donde los especialistas del sector económico con reconocimiento nacional e internacional dieron su concepto. El Icontec recogió los comentarios y los entregó al Comité Técnico 125 para su análisis y ajustes pertinentes. Finalmente, se publicó la norma en sus cuatro aspectos. En dicha publicación, están todas las entidades públicas y privadas que participaron en la elaboración, adopción o adaptación de la norma, como reconocimiento a su trabajo.

En síntesis, el trabajo se desarrolló desde el 2015 hasta junio del 2020, apoyándose en el estudio y adaptación de las normas técnicas internacionales ISO 5149-2014. Como resultado, el Icontec publicó la norma NTC 6228-1 en 2019; las partes 2 y 3, normas NTC 6228-2 y NTC 6228-3 en el 2020, y la parte 4, norma NTC 6228-4 fue publicada en el 2021. En la Tabla 2 se presentan las normas expedidas.

Tabla 2.

<i>Normas expedidas</i>		
Norma	Publicación	Título
NTC 6228-1	27-08-2019	Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medio ambientales. Parte 1. Definiciones, clasificación y criterios de selección.
NTC 6228-2	9-9-2020	Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medio ambientales. Parte 2. Diseño, construcción, pruebas, mercado y documentación.
NTC 6228-3	2020	Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medio ambientales. Parte 3. Sitio de instalación.
NTC 6228-4	2021	Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medio ambientales. Parte 4. Operación, mantenimiento, reparación y recuperación.

La norma NTC 6228-2019: “Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales”, se preocupa por la seguridad del medio ambiente, al reconocer la necesidad de reemplazar los refrigerantes sintéticos CFC que han favorecido la destrucción de la capa de ozono abriendo agujeros en ella, y los HCFC, que, si bien no son agresivos con la capa de ozono, poseen un alto potencial de calentamiento global, contribuyendo ambos al deterioro del medio ambiente.

La norma NTC 6228, con sus correspondientes cuatro partes, es una herramienta para los fabricantes y usuarios del frío a nivel comercial e industrial. La norma les permite tomar decisiones sobre los sistemas que tienen instalados en cuanto a su mantenimiento, manejo de las sustancias refrigerantes, así como lo pertinente a su recuperación, reparación o sustitución de equipos, o adquisición de nuevos sistemas.

El estudio en el que participó la ETITC, permitió establecer que la norma NTC 5315-2004, no incluía el cuidado del medio ambiente. Además, por el año en que fue editada, la base de datos de refrigerantes era muy pequeña e incluía los refrigerantes HCFC, que tienen un bajo potencial de agotamiento de la capa de ozono, pero un alto potencial de calentamiento global. Esta norma se enfocaba únicamente en minimizar los peligros

de los sistemas de refrigeración para las personas y las propiedades, pero no constituía un manual de diseño técnico ni para el manejo medio ambiental de los refrigerantes, ni el mantenimiento de los equipos asociados a ellos.

La norma NTC 6228-2019, se adoptó de la norma técnica internacional ISO 5149, debido a que la norma europea EN 372-2016 y la norma americana ASRHA 15 & 34-2016 son específicas de esos países. En ese caso, se tendrían que cambiar todas las normas y reglamentos del país, como por ejemplo el reglamento eléctrico nacional o el reglamento para el manejo y transporte de sustancias químicas tóxicas o inflamables. Las normas técnicas internacionales ISO, por el contrario, son más amplias al permitir que se llamen otras normas técnicas internacionales o que sean mencionados los reglamentos o normas nacionales del país que las adopta.

Conclusiones

Después del trabajo de la ETITC con el Comité Técnico 125 de Icontec desde febrero del 2016, se logró el objetivo de adopción, adaptación, actualización y formulación de las normas técnicas colombianas para el manejo seguro y eficiente de sistemas de refrigeración y bombas de calor (SR y BC), y refrigerantes como HC, CO₂, y NH₃, entre

otros. La expedición de la norma NTC 6228 en sus partes 1, 2, 3 y 4, es un aspecto relevante para el cumplimiento de los compromisos adquiridos por Colombia con el Protocolo de Montreal, máxime al considerar que es el sector de la refrigeración el que mayor cantidad de SAO produce y maneja en el país.

Es importante resaltar que la academia, en este caso la ETITC, contribuye desde el conocimiento disciplinar y práctico al desarrollo industrial del país. En especial, se soporta la formación de los nuevos profesionales dando a conocer la importancia de la aplicación de las normas y reglamentos técnicos en los desarrollos tecnológicos y diseños de ingeniería, así como en la creación de nuevas reglas para la práctica de la ingeniería, la tecnología y la técnica.

Referencias

- Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE). (2022). *ACAIRE inició formación en sistemas de refrigeración con CO₂ transcrito con la unidad móvil de CO₂ única en Sudamérica*. <https://acaire.org/2022/03/26/acaire-inicio-formacion-en-sistemas-de-refrigeracion-con-co2-transcritico-con-la-unidad-movil-de-co2-unica-en-sudamerica/>
- Álvarez-Brito, R. S., & López-de-Ramos, A. L. (2013). Estudio experimental de un sistema de refrigeración de pequeña capacidad que utiliza R-600^a como gas refrigerante. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 28(3), 55-64. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_fiucv/article/view/8625
- Belman-Flores, J. M., & Pérez-García, V. (2013). CO₂ como refrigerante: del pasado al futuro. *Acta Universitaria*, 23(2), 5-12. <https://doi.org/10.15174/au.2013.426>
- Díaz, C. M., Vera-Villamizar, E., Jaraba-Miranda, E., & Delgado, E. C. (2018). Estudio de evaporadores de doble efecto. *Infometric@ - Serie Ingeniería, Básicas y Agrícolas*, 1(1). <http://www.infometrica.org/index.php/syh/article/view/21>
- Eslava-Zapata, R. (2021). Pasivos ambientales y métodos de valoración económica. *Infometric@ - Serie Sociales Y Humanas*, 4(2). <http://infometrica.org/index.php/ssh/article/view/166>
- Hernández, G. (2021). Emisiones de gases de efecto invernadero y sectores clave en Colombia. *El Trimestre Económico*, 88(350), 523-550. <https://doi.org/10.20430/ete.v88i350.857>
- Hernández-Fernández, N. J., Zumalacárregui-de Cárdenas, L., & Pérez-Ones, O. (2020). Simulación de condiciones de operaciones y flujos de trabajo para ciclos Rankine orgánicos. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 10(2), 349-358. <https://doi.org/10.19053/20278306.v10.n2.2020.10213>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (Icontec). (2004). *Sistemas de refrigeración mecánicos usados para enfriamiento y calefacción. Requisitos de seguridad*. Icontec Internacional. <https://docplayer.es/70618579-Norma-tecnica-colombiana-5315.html>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (Icontec). (2014). *Normalización*. Icontec Internacional. <https://www.icontec.org/normalizacion/> Ley 30 del 5 de marzo de 1990. Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, Viena, 22 de marzo de 1985.
- Ley 29 de 1992. Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Montreal relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono", suscrito

en Montreal el 16 de septiembre de 1987, con sus enmiendas adoptadas en Londres el 29 de junio de 1990 y en Nairobi el 21 de junio de 1991.

- Ley 0306 de 1995. Por medio de la cual se aprueba la “Enmienda de Copenhague al Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de Ozono”, suscrito en Copenhague, el 25 de noviembre de 1992.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente). (2015). Recomendaciones para usuarios finales de refrigerantes halogenados. *Boletín Ozono*, 38, 1-16. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Boletín_Ozono_No_38.pdf
- Mora-Mendoza, E. Y., Sarmiento-Santos, A., & Casallas-Cacedo, F. M. (2020). La influencia del tiempo de residencia en la conversión del dióxido de carbono en un sistema de descargas de barrera dieléctrica. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 11(1), 173-183. <https://doi.org/10.19053/20278306.v11.n1.2020.11691>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2015). *Normas Internacionales de Refrigeración y Aire Acondicionado*. PNUMA. http://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/publicacoes/setor_manufatura_equipamentos_refrigeracao_arcondicionado/Normas_Internacionales_de_Refrigeracin_y_Aire_Acondicionado.pdf
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2016). *Manual del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono*. Secretaría del Ozono; Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <https://observatoriop10.cepal.org/sites/default/files/documents/treaties/mp-handbook-2016-spanish.pdf>
- Rivera-Guerrero, M. A., Guadrón-Guerrero, O. E., & Torres-Chávez, I. (2020). Detección de pesticidas en el durazno (*prunus pérsica*) mediante una nariz electrónica. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 10(2), 359-365. <https://doi.org/10.19053/20278306.v10.n2.2020.10724>
- Rodríguez, M. (2016). Refrigeración Con Amoníaco: Aplicaciones, Funcionamiento y Propiedades. <https://www.inesem.es/revistadigital/gestion-integrada/refrigeracion-con-amoníaco/>
- Sánchez-Clarke, F. (2006). Consideraciones sobre la capa de ozono y su relación con el cáncer de piel. *Revista Médica de Chile*, 134(9), 1185-1190. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872006000900015>
- Sarmiento, J. (2019). Protocolo de Montreal y el Convenio de Viena, ¿un caso exitoso en Derecho Internacional de protección global del medio ambiente? *Revista de Derecho*, (52), 1-4. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-86972019000200001
- Sierra-Ramírez, E., Andrade-Castañeda, H. J., & Segura-Madrugal, M. A. (2022). Impacto de las características de los hogares urbanos en las emisiones de gases de efecto invernadero en Ibagué, Colombia. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 12(2), 293-304. <https://doi.org/10.19053/20278306.v12.n2.2022.15272>
- Stavro-Tirado, X. I. (2007). Implementación del Protocolo de Montreal en Colombia. *Producción + Limpia*, 2(1), 91-105. <https://www.undp.org/es/colombia/publications/implementacion-del-protocolo-de-montreal-en-colombia-2006>
- Suárez-Orozco, L. M. (2021). *Protocolo de Montreal. Implementación en Colombia y normativa*. ANRACI; Seminario Nacional de Extintores Portátiles y Agentes Extintores. <https://>

anraci.org/wp-content/uploads/2020/09/Seminario-ANRACI-Leydy-Suarez-Protocolo-de-Montreal.pdf

Urrego-Rodríguez, C. (2018). Metodología de selección de refrigerantes alternativas ecológicas y eficientes energéticamente. *Revista de Investigación*, 11(1), 75-89. <https://doi.org/10.29097/2011-639x.180>

Zúñiga-Puebla, H. F., Vallejo-Coral, E. C., & Vega-Galaz, J. R. (2019). Análisis termodinámico de un chiller de absorción de 1 y 2 etapas de una planta de cogeneración. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (21), 41-52. <https://doi.org/10.17163/ings.n21.2019.04>

i Nota. Tipo de artículo: Artículo de investigación.

