

GUÍA DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS SOBRE CALIDAD DE REFRIGERANTES (REGENERADOS Y NUEVOS)

Fase II
Plan de Gestión Para la Eliminación de los HCFC (HPMP)



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL





ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



GUÍA DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS
**SOBRE CALIDAD DE
REFRIGERANTES**
(REGENERADOS Y NUEVOS)

Fase II

Plan de Gestión Para la Eliminación de los HCFC (HPMP)

GUÍA DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS SOBRE CALIDAD DE REFRIGERANTES (REGENERADOS Y NUEVOS)

Fase II "Plan de Gestión Para la Eliminación de los HCFC" (HPMP)

Financiamiento:

Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal

Agencia implementadora:

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI)

Coordinación técnica:

Unidad Ozono del Ministerio del Medio Ambiente de Chile

Redacción:

Marcelo Osorio Cornejo

Revisión técnica:

Claudia Paratori Cortés

Edición y revisión general:

Lorena Alarcón Reyes

Diseño y diagramación:

Oficina de Comunicaciones del Ministerio del Medio Ambiente

Fecha de publicación:

octubre 2021

Fotografías portada y contraportada: Instalaciones Regener Chile, La Pintana, Santiago de Chile.

Esta publicación fue realizada en conjunto entre el Ministerio del Medio Ambiente de Chile, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ONUDI y el Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	08
2. REFRIGERANTES	09
3. REUTILIZACIÓN DE REFRIGERANTES	10
4. VERIFICACIÓN DE REFRIGERANTES	11
4.1 Tabla 1A, Refrigerantes puros y máximos niveles permitidos	12
4.2 Tabla 2A, Mezclas Zeotrópicas y máximos niveles permitidos	15
4.3 Tabla 3, Mezclas Azeotrópicas y máximos niveles permitidos	22
5. DESCRIPCIÓN DE PROTOCOLOS DE ENSAYO	24
5.1 Muestreo	25
5.2 Determinación de agua	26
5.3 Impurezas volátiles	27
5.4 Partículas sólidas y residuos de alto punto de ebullición	27
5.5 Acidez	28
5.6 Cloruro	29
6. EQUIPAMIENTO INVOLUCRADO EN PROTOCOLOS DE ENSAYO	30
6.1 Equipamiento para muestreo	31
6.2 Equipamiento para determinación de agua	31
6.3 Equipamiento para impurezas volátiles	31
6.4 Partículas sólidas y residuos de alto punto de ebullición	31
6.5 Equipamiento para acidez	31
7. DETERMINACIÓN DE PUREZA	33
8. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	34
9. TRAZABILIDAD	35
9.1 La trazabilidad interna	36
9.1.1 Ingreso	36
9.1.2 Evaluación primaria	36
9.1.3 Lote	37
9.1.4 Certificado de Calidad	37
9.2 La trazabilidad externa	37
9.2.1 Controles de calidad de laboratorio	37
9.2.2 Cadena custodia	38
9.3 Flujo de proceso	38

10. LABORATORIOS EN EL PAÍS	39
10.1 Laboratorios de ensayo en Chile.....	40
11. ANEXOS	45
Anexo 1, Ejemplo de registro de ingreso de refrigerante.....	45
Anexo 2, Ejemplo de certificado de calidad de refrigerante regenerado.....	46
Anexo 3, Ejemplo de cadena custodia.....	47
12. BIBLIOGRAFÍA	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1, Refrigerantes y máximos permitidos de impurezas, basada en Table 1A	12
Tabla 2, Refrigerantes y máximos permitidos de impurezas (Referencia: Tabla 2A, del AHRI Standard 700, de 2017).....	15
Tabla 3, Refrigerantes y máximos permitidos de impurezas, basada en Table 3A	22
Tabla 4, Viraje indicador azul de bromotimol	28
Tabla 5, Técnica cromatográfica y detector recomendado por AHRI	33
Tabla 6, Número de laboratorios acreditados por área	40
Tabla 7, Laboratorios con área de acreditación gases	44

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1, Refrigerante constituido por un solo tipo de molécula	12
Ilustración 2, Refrigerante constituido por mezcla Zeotrópica y su composición	15
Ilustración 3, Refrigerante constituido por mezcla Azeotrópica y su composición	22
Ilustración 4, Botella de muestreo de refrigerante	25
Ilustración 5, Válvulas para cilindro de muestreo de Refrigerantes	25
Ilustración 6, Bolsa Tedlar de muestreo	26
Ilustración 7, Titulador automático Karl Fischer	26
Ilustración 8, Cromatógrafo de gases con detector FID	27
Ilustración 9, Tubo Goetz	28
Ilustración 10, Precipitación de cloruro	29
Ilustración 11, Equipo NDIR portátil	36
Ilustración 12, Creación de lote	37
Ilustración 13, Diagrama de flujo regeneración	38

ACRÓNIMOS

AHRI: Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute (Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración)

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

ANSI: American National Standards Institute

CFC: Clorofluorocarbono

HCFC: Hidroclorofluorocarbono

HFC: Hidrofluorocarbono

HPMP: Hydrochlorofluorocarbon Phase-out Management Plan (Plan de Gestión para la Eliminación de los HCFC).

ISO: International Organization for Standardization

ISO 17025: Estándar ISO sobre requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

NCh: Norma chilena.

FID: Flame Ionization Detector (FID), Detector de Ionización de Llama.

TCD: Thermal Conductivity Detector (TCD), Detector de Conductividad Térmica.

A hand wearing a white knitted glove holds a manifold gauge set. The gauge set consists of two circular gauges, one blue and one red, with multiple ports and valves. The background is a blurred outdoor scene with trees and a building.

1. INTRODUCCIÓN

La presente guía fue redactada en mayo 2019 y tiene por objetivo dar soporte técnico a las actividades de evaluación de la calidad de refrigerantes regenerados en centros de regeneración establecidos bajo la Fase II del Plan de Gestión para la Eliminación de HCFC (HPMP-II).

2. REFRIGERANTES

En la evaluación de la calidad y realización de ensayos lo primero que se debe considerar es que los refrigerantes son compuestos químicos, utilizados como fluidos en sistemas de climatización y refrigeración industrial, comercial y doméstica.

En 1928 a partir de hidrocarburos como metano, etano, propano, se inventan los clorofluorocarbonos (CFC). La obtención de CFC, se realiza mediante una síntesis de halogenación al hidrocarburo, modificándolo mediante sustitución de sus átomos de hidrógeno por cloro, una vez obtenido el hidrocarburo clorado, se realiza una segunda halogenación denominada fluoración, donde los átomos de hidrógeno disponible se sustituyen por flúor.

Los CFC por su gran estabilidad y propiedades termodinámicas, se comenzaron a utilizar masivamente, hasta la realización del

Protocolo de Montreal, donde se establece un calendario de eliminación de los CFC para el año 1995 en países desarrollados y 2009 para los países en vías de desarrollo, como es el caso de Chile.

Para obtener refrigerantes menos dañinos para la capa de ozono, la industria disminuye los átomos de cloro en la molécula de CFC, desarrollando los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), e incluso la eliminación del cloro en la molécula creando los hidrofluorocarbonos (HFC).

Los CFC, HCFC y HFC que escapan al ambiente logran llegar a la estratósfera contribuyendo a la destrucción de la capa de ozono y al calentamiento global, por esta razón los refrigerantes deben recuperarse y reciclarse para evitar daño ambiental.



3. REUTILIZACIÓN DE REFRIGERANTES



“Reciclaje: procedimiento básico de reducción de contaminantes existentes en un refrigerante, así como filtración y deshidratación, efectuando usualmente en el lugar de emplazamiento del sistema, mediante equipos adecuados. El objetivo del proceso es la reutilización del refrigerante en el mismo sistema o en otro similar.

Regeneración: Tratamiento destinado a reutilizar el refrigerante mediante procedimientos que pueden incluir el filtrado, deshidratación, destilación y tratamiento químico, con el objeto de cumplir con las especificaciones de un producto nuevo.

Reutilización de refrigerante: empleo de refrigerante(s) usado(s) en sistemas de refrigeración (el mismo u otro distinto) posterior a su recuperación (si aplica), reciclaje o regeneración asegurando que éste cumpla con una pureza adecuada.”

Referencias de definiciones: NCh3241:2017 "Sistemas de refrigeración y climatización - Buenas prácticas para el diseño, armado, instalación y mantención.

4. VERIFICACIÓN DE REFRIGERANTES

Las metodologías de ensayo para verificar composición y especificaciones de pureza de refrigerantes nuevos o regenerados, se basan en Estándar "AHRI 700¹ Specifications for Refrigerants" y sus apéndices:

- "Appendix C Analytical procedures": Este apéndice especifica métodos de prueba para refrigerantes fluorocarbonados independientemente si son nuevos o recuperados.
- "Appendix D for Gas Chromatograms for AHRI Standard" El propósito de este apéndice es informativo proporcionando los cromatogramas obtenidos del análisis de refrigerantes.

En los puntos 4.1, 4.2 y 4.3 se detallan las tablas AHRI 700, que describen las características deseadas en refrigerantes, las cuales son:

- **1A**, "Single Component Fluorocarbon Refrigerants Characteristics and Allowable Levels of Contaminants".
- **2A**, "Zeotropic Blends (400 Series Refrigerants) Characteristics and Allowable Levels of Contaminants".
- **3**, "Azeotropic Blends (500 Series Refrigerants) Characteristics and Allowable Levels of Contaminants".

Si un refrigerante no cumple especificaciones de producto nuevo como lo establece AHRI, no podrá usarse, ya que puede dañar y acortar la vida útil de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

¹ (2017). AHRI.net.org. Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute.
http://www.ahrinet.org/App_Content/ahri/files/STANDARDS/AHRI/AHRI_Standard_700_2017_Add_1.pdf

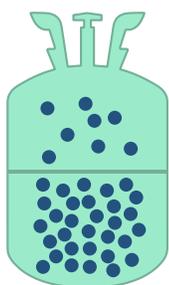


4.1 Tabla 1A, Refrigerantes puros y máximos niveles permitidos.

La Tabla 1A, "Single Component Fluorocarbon Refrigerants Characteristics and Allowable Levels of Contaminants" (Características de los refrigerantes fluorocarbonados de un solo compuesto y niveles permitidos de contaminantes), se refiere a refrigerantes constituidos por un solo tipo de molécula, estos también son conocidos como refrigerantes

puros, ejemplo: el refrigerante R-22 está constituido únicamente por la molécula de Clorodifluorometano(CHClF_2).

En esta tabla se especifica los parámetros a evaluar en un refrigerante y el máximo permitido de impurezas o elementos que son considerados como contaminantes.



REFRIGERANTE **R-22** CHClF_2 CLORODIFLUOROMETANO

Ilustración 1: Refrigerante constituido por un solo tipo de molécula.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1:

Refrigerantes y máximos permitidos de impurezas, basada en Table 1A, "AHRI Standard 700, 2017".

Denominación ANSI/ ASHRAE y composición	CAS N°	Agua	Impurezas volátiles	Residuo de alta ebullición	Partículas / sólidos	Acidez	Cloruro
		Unidad de reporte					
		ppm en peso	% en peso	% en volumen o % en peso	Aprobado / Rechazado	ppm en peso (como HCl)	Aprobado / Rechazado
R-11* (CFC-11)	75-69-4	20	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-12* (CFC-12)	75-71-8	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-13* (CFC-13)	75-72-9	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-22* (HCFC-22)	75-45-6	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-23 (HCFC-23)	75-46-7	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-32 (HCFC-32)	75-10-5	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-113* (CFC-113)	76-13-1	20	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-114* (CFC-114)	76-14-2	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-115* (CFC-115)	76-15-3	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible

Denominación ANSI/ASHRAE y composición	CAS N°	Agua	Impurezas volátiles	Residuo de alta ebullición	Partículas / sólidos	Acidez	Cloruro
		Unidad de reporte					
		ppm en peso	% en peso	% en volumen o % en peso	Aprobado / Rechazado	ppm en peso (como HCl)	Aprobado / Rechazado
R-116 (CFC-115)	76-16-4	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-123* (HCFC-123)	306-83-2	20	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-124* (HCFC-124)	2837-89-0	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-125 (HFC-125)	354-33-6	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-134a (HFC-1334a)	811-97-2	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-141b* (HCFC-141b)	1717-00-6	100	0,9	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-142b* (HCFC-142b)	75-68-3	15	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-143a (HFC-143a)	460-43-5	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-152a (HFC-152a)	75-37-6	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-218 (PFC-218)	76-19-7	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-227ea (HFC-227ea)	431-89-0	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-236fa (HFC-236fa)	431-63-0	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-245fa (HFC-254fa)	460-73-1	20	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-1233zd (HCFO-1233zd)	2730-43-0	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-1234yf (HFO-1234yf)	754-12-1	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-1234ze (HFO-1234ze)	1645-83-6	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-1336mzz(Z) (HFO-1336mzz)	692-49-9	20	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible

NOTA: (*) Sustancia controlada por Protocolo de Montreal, fuente; Manual del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la Capa de Ozono, 2019, <https://ozone.unep.org/sites/default/files/Handbooks/MP-Handbook-2019-Spanish.pdf>

EJEMPLO:

EVALUACIÓN DE UN REFRIGERANTE DE UN SOLO COMPUESTO COMO EL R-22 (HCFC-22; CAS N°75-45-6), DE ACUERDO A LA TABLA 1A, PARA QUE TENGA UNA CALIDAD ACEPTABLE Y PUEDA SER UTILIZADO EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN, DEBE TENER LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS:

AGUA:

El contenido máximo permitido de agua, es de 10 ppm en peso (i.e. mg/kg), por lo tanto, si el contenido de agua en el refrigerante es inferior a 10 ppm es apto para uso, si el contenido de agua es superior a 10 ppm, no se puede utilizar y se debe reprocesar.

IMPUREZAS VOLÁTILES:

Tienen un máximo permitido de 0,5% en peso, por lo tanto, si la masa total del refrigerante tiene un contenido de impurezas volátiles inferior a 0,5% en peso es apto para ser usado, si el contenido de impurezas volátiles es superior a 0,5% en peso, no se puede utilizar y se debe reprocesar.

RESIDUOS DE ALTA EBULLICIÓN:

Son medidos los gramos de residuos presentes en el refrigerante y reportado en % volumen o % peso, con un contenido máximo de residuos de alta ebullición de 0,01%, si es inferior es apto para ser usado si es superior a 0,01%, no se puede utilizar y se debe reprocesar.

PARTÍCULAS Y SÓLIDOS:

Son determinados visualmente y se reportan como aprobado cuando el refrigerante no presenta sólidos o partículas visibles, es rechazado cuando presenta partículas o sólidos visibles a simple vista, cuando es rechazado por contener partículas o sólidos, no se puede utilizar y se debe reprocesar.

ACIDEZ:

El contenido máximo de acidez, es de 1 ppm en peso de HCl (Ácido Clorhídrico), si el contenido de HCl es inferior a 1 ppm en peso es apto para su uso, si es mayor a 1 ppm en peso, no se puede utilizar y se debe reprocesar.

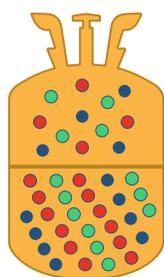
CLORURO:

Es medido mediante la visualización de la precipitación del ion cloruro, se reporta aprobado si no hay formación de turbidez visible, se reporta Rechazado si es visible la presencia de turbidez en la solución no se puede utilizar y se debe reprocesar.

4.2 Tabla 2A, Mezclas Zeotrópicas y máximos niveles permitidos.

La Tabla 2A "Zeotropic Blends (400 Series Refrigerants) Characteristics and Allowable Levels of Contaminants", (Mezclas zeotrópicas (refrigerantes de la serie 400) características y niveles permitidos de contaminantes), las

mezclas zeotrópicas corresponden a la combinación de dos o más refrigerantes puros de diferente composición, además específica que son refrigerantes de la serie R-400, según codificación ASHRAE 34.



REFRIGERANTE MEZCLA ZEOTRÓPICA R-404A

Ilustración 2
Refrigerante constituido por mezcla Zeotrópica y su composición.

Fuente: Elaboración propia.

MEZCLA DE REFRIGERANTES PUROS R-404A

Denominación ASHRAE	Composición	% en mezcla
● R-125	C_2HF_5	44%
● R-143a	$C_2H_3F_3$	52%
● R-134a	$C_2H_2F_4$	4%

Tabla 2: Refrigerantes y máximos permitidos de impurezas (Referencia: Tabla 2A, del AHRI Standard 700, de 2017).

Denominación ANSI/ ASHRAE y composición	Agua	Impurezas volátiles	Residuo de alta ebullición	Partículas / sólidos	Acidez	Cloruro
	Unidad de reporte					
	ppm en peso	% en peso	% en volumen o % en peso	Aprobado / Rechazado	ppm en peso (como HCl)	Aprobado / Rechazado
R-401A R-22/R-152a/R-124 (53%; 13%; 34%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-401B R-22/152a/124 (61%; 11%; 28%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-402A R-125/290/22 (60%; 2%; 38%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-402B R-125/R-290/R-22 (38%; 2%; 60%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-403A R-22/R-218/R-290 (75%; 20%; 5%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-403B R-22/R-218/R-290 (56%; 39%; 5%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-404A R-125/R-143a/R-134a (44%; 52%; 4%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible

Denominación ANSI/ ASHRAE y composición	Agua	Impurezas volátiles	Residuo de alta ebullición	Partículas / sólidos	Acidez	Cloruro
	Unidad de reporte					
	ppm en peso	% en peso	% en volumen o % en peso	Aprobado / Rechazado	ppm en peso (como HCl)	Aprobado / Rechazado
R-405A R-22/R-152a/ R-142b/C-318 (45%; 7%; 5,5%; 42,5%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-406A R-22/R-600a/R142b (55%; 41%; 4%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-407A R-32/ R-125/ R-134a (20%; 40%; 40%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-407B R-32/ R-125/ R-134a (10%; 70%; 20%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-407C R-32/R-125/ R-134a (23%; 25%; 52%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-407D R-32/ R-125/ R-134a (15%; 15%; 70%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-407E R-32/ R-125/ R-134a (25%; 15%; 60%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-407F R-32/ R-125/ R-134a (30%; 30%; 40%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-408A R-125/ R-143a/ R-22 (7%46%47%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-409A R-22/ R-124/ R-142b (60%; 25%; 15%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-409B R-22/ R-124/ R-142b (65%; 25%; 10%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-410A R-32/ R-125 (50%; 50%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-410B R-32/ R-125 (45%; 55%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-411A R-22/ R-152a/ R-1270 (87,5%; 11%; 1,5%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-411B R-22/ R-152a/ R-1270 (94%; 3%; 3%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible

Denominación ANSI/ ASHRAE y composición	Agua	Impurezas volátiles	Residuo de alta ebullición	Partículas / sólidos	Acidez	Cloruro
	Unidad de reporte					
	ppm en peso	% en peso	% en volumen o % en peso	Aprobado / Rechazado	ppm en peso (como HCl)	Aprobado / Rechazado
R-412A R-22/ R-218/ R-142b (70%; 5%; 25%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-413A R-218/ R-134a/ R-600a (9%; 88%; 3%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-414A R-22/ R-124/ R-600a/ R-142b (51%; 28,5%; 4%; 16,5%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-414B R-22/ R-124/ R-600a/ R-142b (50%; 39%; 1,5%; 9,5%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-415A R-22/ R-152a (82%; 18%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-415B R-22/ R-152a (25%; 75%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-416A R-134A/ R-124/ R-600 (59%; 39,5%; 1,5%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-417A R-125/ R-134a/ R-600 (46,6%; 50%; 3,4%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-417B R-125/ R-134a/ R-600 (79%; 18,3%; 2,7%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-418A R-290/ R-22/ R-152a (1,5%; 96%; 2,5%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-419A R-125/ R-134a/E-170 (77%; 19%; 4%)	20	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-420A R-134a/ R-142b (88%; 12%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-421A R-125/ R-134a (58%; 42%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-421B R-125/ R-134a (85%; 15%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-422A R-125/134a/600a (65,1%; 31,5%; 3,4%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible

Denominación ANSI/ ASHRAE y composición	Agua	Impurezas volátiles	Residuo de alta ebullición	Partículas / sólidos	Acidez	Cloruro
	Unidad de reporte					
	ppm en peso	% en peso	% en volumen o % en peso	Aprobado / Rechazado	ppm en peso (como HCl)	Aprobado / Rechazado
R-422B R-125/ R-134a/ R-600a (55%; 42%; 3%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-422C R-125/134a/ R-600a (82%; 15%; 3%)	20	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-422D R-125/ R-134a/ R-600a (85,1%; 11,5%; 3,4%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-423A R-134a/ R-227ea (52.5%; 47.5%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-424A R-125/ R-134a/ R-600a/ R-600/ R-601a (50.5%; 47%; 0.9%; 1%; 0.6%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-425A R-32/ R-134a/ R-227ea (18.5%; 69.5%; 12%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-426A R-125/ R-134a/ R-600/ R-601a (5.1%; 93%; 1.3%; 0.6%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-427A R-32/ R-125/ R-143a/ R-134a (15%;25%;10%;50%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-428A R-125/ R-143a/ R-290/ R-600a (77.5%; 20%; 0.6%; 1.9%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-429A R-E170/ R-152a/ R-600a (60%; 10%; 30%)	20	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-430A R-152a/ R-600a (76%; 24%)	20	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-431A R-290/ R-152a (71%; 29%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-434A R-125/ R-143a/ R-134a/ R-600a (63.2%; 18%; 16%; 2.8%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-435A R-E170/ R-152a (80%; 20%)	20	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-437A R-125/ R-134a/ R-600/ R-601 (19.5%; 78.5%; 1.4%; 0.6%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible

Denominación ANSI/ ASHRAE y composición	Agua	Impurezas volátiles	Residuo de alta ebullición	Partículas / sólidos	Acidez	Cloruro
	Unidad de reporte					
	ppm en peso	% en peso	% en volumen o % en peso	Aprobado / Rechazado	ppm en peso (como HCl)	Aprobado / Rechazado
R-438A R-32/ R-125/ R-134a/ R-600/ R-601a (8.5%; 45%; 44.2%; 1.7%; 0.6%;	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-439A R-32/ R-125/ R-600a (50%; 47%; 3%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-440A R-290/ R-134a/ R-152a (0.6%; 1.6%; 97.8%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-442A R-125/R-134a/R-32/R227ea/R-152a (31%; 30%; 31%; 5%; 3%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-444A R-32/ R-152a/ R-1234ze (41.5%; 10%; 48.5%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-444B R32/ R152a/ R1234ze(E) (12%; 5%; 83%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-445A R-744/R-134a/R1234ze(E) (6%; 9%; 85%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	N/A	Sin turbidez visible
R-446A R-32/ R-1234ze(E)/R-600 (68%; 29%; 3%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-447A R-32/ R-125/R-1234ze(E) (68%; 3.5%; 28.5%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-447B R-32/ R-125/ R-1234ze(E) (68%; 8%; 24%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-448A R-32/R-125/R-134a/R-1234yf/R- 1234azeE (26%; 26%; 21%; 20%; 7%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-449A R-32/R-125/R-134a/R-1234yf (24.3%; 24.7%; 25.7%; 25.3 %)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-449B R-32/R-125/R-134a/HFO-1234yf (25.2%; 24.3%; 27.3%; 23.2%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-449C R-32/R-125/R-134a/HFO-1234yf (25.2%; 24.3%; 27.3%; 23.2%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-450A R-134a / R-1234ze(E) (42%; 58%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible

Denominación ANSI/ ASHRAE y composición	Agua	Impurezas volátiles	Residuo de alta ebullición	Partículas / sólidos	Acidez	Cloruro
	Unidad de reporte					
	ppm en peso	% en peso	% en volumen o % en peso	Aprobado / Rechazado	ppm en peso (como HCl)	Aprobado / Rechazado
R-451A R-134a / R-1234ze(E) (89.8%; 10.2%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-451B R-134a / R-1234ze(E) (88.8%; 11.2%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-452A R-32, R-125/ R-123yf (11%; 59%; 30%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-452B R-32, R-125/ R-123yf (67%; 7%; 26%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-452C R-32, R-125 and R-123yf (12.5%; 61%; 26.5%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-453A R-32/R-125/R134a/R-227ea/R- 600/R-601a (20%; 20%; 53.8%; 5%; 0.6%; 0.6%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-454A R-32/ R-1234yf (35%; 65%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-454B R-32 /R-1234yf (68.9%; 31.1%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-454C R1234yf / R32 (21.5%; 78.5 %)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-455A R-1234yf/ R-32/ R-744 (75.5%; 21.5%; 3 %)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-456A R-32/ R-134a/ R-234ze(E) (6%; 45%; 49%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-457A R-32/ R-1234yf/ R-152a (18%; 7%; 12%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-458A R-32/ R-125/ R- 134a/ R- 227ea/R- 236fa (20.5%; 4.0%; 61.4%; 13.5%; 0.6%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-459A R-32/ R-1234yf(E)/ R-1234ze(E) (68%; 26%; 6%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible

Denominación ANSI/ ASHRAE y composición	Agua	Impurezas volátiles	Residuo de alta ebullición	Partículas / sólidos	Acidez	Cloruro
	Unidad de reporte					
	ppm en peso	% en peso	% en volumen o % en peso	Aprobado / Rechazado	ppm en peso (como HCl)	Aprobado / Rechazado
R-459B R-32/ R-1234yf(E)/ R-1234ze(E) (21%; 69%; 10%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-460A R-32/ R-125/ R-134a/ 1234ze(E) (12.5%; 52%; 14%; 22%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-460B R-32/ R-125/ R-134a/ 1234ze(E) (28%; 25%; 20%; 27%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible

EJEMPLO:

EVALUACIÓN DE REFRIGERANTE MEZCLA ZEOTRÓPICA COMO EL R-404A, DE ACUERDO A LA TABLA 2A, PARA QUE TENGA UNA CALIDAD ACEPTABLE Y SER UTILIZADO EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN, DEBE TENER LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS:

AGUA:

El contenido máximo permitido de agua, es de 10 ppm en peso (i.e. mg/kg), por lo tanto, si el contenido de agua en el refrigerante es inferior a 10 ppm es apto para uso, si el contenido de agua es superior a 10 ppm, no se puede utilizar y se debe reprocesar.

IMPUREZAS VOLÁTILES:

Tienen un máximo permitido de 0,5% en peso, por lo tanto, si la masa total del refrigerante tiene un contenido de impurezas volátiles inferior a 0,5% en peso es apto para ser usado, si el contenido de impurezas volátiles es superior a 0,5% en peso, no se puede utilizar y se debe reprocesar.

RESIDUOS DE ALTA EBULLICIÓN:

Son medidos los gramos de residuos presentes en el refrigerante y reportado en % volumen o % peso, con un contenido máximo de residuos de alta ebullición de 0,01%, si es inferior es apto para ser usado si es superior a 0,01%, no se puede utilizar y se debe reprocesar.

PARTÍCULAS Y SÓLIDOS:

Son determinados visualmente y se reportan como aprobado cuando el refrigerante no presenta sólidos o partículas visibles, es rechazado cuando presenta partículas o sólidos visibles a simple vista, cuando es rechazado por contener partículas o sólidos, no se puede utilizar y se debe reprocesar.

ACIDEZ:

El contenido máximo de acidez, es de 1 ppm en peso de HCl (Ácido Clorhídrico), si el contenido de HCl es inferior a 1 ppm en peso es apto para su uso, si es mayor a 1 ppm en peso, no se puede utilizar y se debe reprocesar.

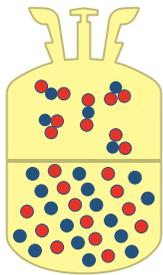
CLORURO:

Es medido mediante la visualización de la precipitación del ion cloruro, se reporta aprobado si no hay formación de turbidez visible, se reporta Rechazado si es visible la presencia de turbidez en la solución no se puede utilizar y se debe reprocesar.

4.3 Tabla 3, Mezclas Azeotrópicas y máximos niveles permitidos.

La Tabla 3 "Azeotropic Blends (500 Series Refrigerants) Characteristics and Allowable Levels of Contaminants (continued)", (Mezclas azeotrópicas (refrigerantes de la serie 500) características y niveles permitidos de contaminantes), las mezclas azeotrópicas corresponden a la combinación de dos o

más refrigerantes puros de diferente composición, la mezcla tiene el comportamiento similar a la de un refrigerante de un solo compuesto, además especifica que son refrigerantes de la serie R-500, según codificación de refrigerantes ASHRAE 34.



REFRIGERANTE MEZCLA AZEOTRÓPICA R-500

Ilustración 3
Refrigerante constituido por mezcla Azeotrópica y su composición.

Fuente: Elaboración propia.

MEZCLA DE REFRIGERANTES PUROS R-500

Denominación ASHRAE	composición	% en mezcla
● R-12	C_2HF_5	73,8%
● R-152a	$C_2H_3F_3$	26,2%

Tabla 3: Refrigerantes y máximos permitidos de impurezas, basada en Table 3A, "AHRI Standard 700, 2017".

Denominación ANSI/ ASHRAE y composición	Agua	Impurezas volátiles	Residuo de alta ebullición	Partículas / sólidos	Acidez	Cloruro
	Unidad de reporte					
	ppm en peso	% en peso	% en volumen o % en peso	Aprobado / Rechazado	ppm en peso (como HCl)	Aprobado / Rechazado
R-500 R-12/152a (73.8%; 26.2%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-502 R-22/115 (48.8%; 51.2%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-503 R-23/13 (40.1%; 59.9%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-507A R-125/143a (50%; 50%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-508A R-23/116 (39%; 61%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-508B R-23/116 (46%; 54%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-509A R-22/218 (44%; 56%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-510A R-E170/600a (88%; 12%)	20	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-511A R-290/E170 (95%; 5%)	20	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible

Denominación ANSI/ ASHRAE y composición	Agua	Impurezas volátiles	Residuo de alta ebullición	Partículas / sólidos	Acidez	Cloruro
	Unidad de reporte					
	ppm en peso	% en peso	% en volumen o % en peso	Aprobado / Rechazado	ppm en peso (como HCl)	Aprobado / Rechazado
R-512A R-134a, 152a (5.0%; 95%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-513A R-1234yf/134a (56%; 44%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-513B 1234yf / R-134a (58.5%; 41.5%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible
R-515A R-1234ze(E)/ R-227ea (88%; 12%)	10	0,5	0,01	Visualmente limpio	1	Sin turbidez visible

EJEMPLO:

EVALUACIÓN DE REFRIGERANTE MEZCLA AZEOTRÓPICA COMO EL R-500, DE ACUERDO A LA TABLA 2A, PARA QUE TENGA UNA CALIDAD ACEPTABLE Y SER UTILIZADO EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN, DEBE TENER LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS:

AGUA:

el contenido máximo permitido de agua, es de 10 ppm en peso (i.e. mg/kg), por lo tanto, si el contenido de agua en el refrigerante es inferior a 10 ppm es apto para uso, si el contenido de agua es superior a 10 ppm, no se puede utilizar y se debe reprocesar.

IMPUREZAS VOLÁTILES:

tienen un máximo permitido de 0,5% en peso, por lo tanto, si la masa total del refrigerante tiene un contenido de impurezas volátiles inferior a 0,5% en peso es apto para ser usado, si el contenido de impurezas volátiles es superior a 0,5% en peso, no se puede utilizar y se debe reprocesar.

RESIDUOS DE ALTA EBULLICIÓN:

son medidos los gramos de residuos presentes en él refrigerante y reportado en % volumen o % peso, con un contenido máximo de residuos de alta ebullición de 0,01%, si es inferior es apto para ser usado si es superior a 0,01%, no se puede utilizar y se debe reprocesar.

PARTÍCULAS Y SÓLIDOS:

son determinados visualmente y se reportan como aprobado cuando el refrigerante no presenta sólidos o partículas visibles, es rechazado cuando presenta partículas o sólidos visibles a simple vista, cuando es rechazado por contener partículas o sólidos, no se puede utilizar y se debe reprocesar.

ACIDEZ:

el contenido máximo de acidez, es de 1 ppm en peso de HCl (Ácido Clorhídrico), si el contenido de HCl es inferior a 1 ppm en peso es apto para su uso, si es mayor a 1 ppm en peso, no se puede utilizar y se debe reprocesar.

CLORURO:

es medido mediante la visualización de la precipitación del ion cloruro, se reporta aprobado si no hay formación de turbidez visible, se reporta Rechazado si es visible la presencia de turbidez en la solución no se puede utilizar y se debe reprocesar.



5. DESCRIPCIÓN DE PROTOCOLOS DE ENSAYO

La importancia de realizar ensayos estandarizados en refrigerantes, radica en poder identificar de manera inequívoca las sustancias contaminantes e impurezas que pudieran producirse al interior del sistema o ingresar al refrigerante desde el exterior, los contaminantes pueden estar presente en los tres estados de la materia:

- **Sólido:** partículas de metal, polvo, sales formadas por reacciones químicas.
- **Líquido:** como aceites, agua, ácidos.
- **Gaseoso:** como nitrógeno, oxígeno.

A continuación, en los puntos 5.1 a 5.6, se describen en forma general los ensayos para determinar agua, impurezas volátiles, residuos de alto punto de ebullición, partículas sólidas, acidez y cloruro, como se indicó en el punto 4.1 estos se basan en el estándar AHRI 700 apéndice C.

Se recomienda visitar el sitio web donde podrá encontrar los protocolos "AHRI y sus apéndices", disponibles en el sitio web de AHRI <http://www.ahrinet.org/search-standards>

5.1 Muestreo.

Para obtener información confiable, se debe realizar un muestreo que represente todo el lote de refrigerante procesado, asegurando que la composición de la fracción tomada es inalterable hasta sus correspondientes ensayos.

El muestreo debe ser realizado por una persona técnica o personal capacitado en manejo de refrigerantes, siguiendo los procedimientos de seguridad y buenas prácticas en refrigeración. Se recomienda revisar los aspectos de seguridad con la persona encargada de seguridad o supervisión, antes de realizar la toma de muestra, se deben considerar las condiciones ambientales de trabajo, como ventilación

adecuada, el manejo de cilindros debe ser adecuado y seguro, evitando fugas y riesgos de golpe o atrapamiento.

Para realizar los ensayos descritos en puntos 4.1, 4.2 y 4.3, se debe tomar la muestra en botellas o cilindros, fabricados en acero inoxidable con doble entrada con hilo para conectar fitting y válvulas de paso, servir para fase líquida y/o gaseosa, estos deben mantener inalterable el refrigerante desde el lugar de toma de muestra hasta el momento que laboratorio realiza los ensayos, deben ser resistentes a la corrosión y de fácil limpieza.

Ilustración 4: Botella de muestreo de refrigerante.

Fuente: <http://www.athenatechnology.co.in/gas-sampling-cylinder.html>



Las válvulas, fitting, conexiones y ajuga para burbujear refrigerante deben ser de acero inoxidable.

Ilustración 5: Válvulas para cilindro de muestreo de Refrigerantes.

Fuente: <https://www.restek.com/catalog/view/10806/21402?version=full>



Cuando se requiera analizar el refrigerante en fase gaseosa, ejemplo; muestra para determinación de pureza por cromatografía de gases, se recomienda el muestreo con bolsa Tedlar.

Ilustración 6: Bolsa Tedlar de muestreo.



Fuente:
<http://www.hedetech.net/sale-7793308-tedlar-pvf-gas-sampling-bags-dupont-tedlar-air-bag-with-ptfe-straight-on-off-valve-tdl31-1l-air-samp.html>

5.2 Determinación de agua.

La presencia de agua o humedad en los refrigerantes, puede causar problemas como la formación de hielo en el interior del sistema llegando hasta obstruir el flujo de refrigerante, puede generar descomposición del aceite y el refrigerante, ocasiona la formación de ácidos, afectando el desempeño de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado, por este motivo se recomienda que el nivel de agua este por debajo del nivel máximo permitido por AHRI, ver puntos 4.1, 4.2 y 4.3.

El protocolo de ensayo se basa en la reacción del agua con el yodo de una solución anhidra conocida como reactivo de Karl Fischer (KF) que contiene; yodo (I₂), óxido de azufre IV (SO₂) en presencia de metanol y una base orgánica débil, la reacción del agua con el yodo es como se indica en la siguiente reacción:



El agua reacciona con el yodo del reactivo KF, generando yoduro de Hidrógeno (HI) y óxido de azufre VI (SO₃), el equipo KF aplica una corriente para volver el yoduro producido a yodo nuevamente, el equipo mide la cantidad de corriente utilizada y reporta el contenido de agua, el refrigerante adicionado se evapora, por lo que el reactivo KF se puede usar repetidamente.

El reactivo Karl Fischer es una solución que puede ser preparada en el laboratorio, también se encuentra disponible comercialmente, por confiabilidad y minimización de interferencias durante el análisis, se recomienda utilizar la alternativa comercial.

Ilustración 7: Titulador automático Karl Fischer.



Fuente: Mettler Toledo, <https://www.mt.com>

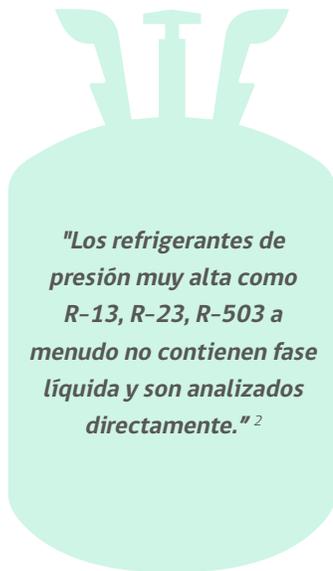
La técnica completa se describe en AHRI 700, Apéndice C, parte 2, Determination of water in new and reclaimed refrigerants by Karl Fischer coulometric titration, http://www.ahrinet.org/App_Content/ahri/files/STANDARDS/AHRI/AHRI_2008_Appendix_C_to_700_2014.pdf

5.3 Impurezas volátiles.

Las impurezas volátiles y los gases no condensables causan pérdida de eficiencia de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado y disminución de la vida útil de sus componentes.

En las tablas AHRI que describen las características deseadas en refrigerantes, ver puntos 4.1, 4.2 y 4.3, se indica un valor máximo permitido para impurezas volátiles en refrigerantes, pero en el apéndice C de AHRI 700 no se indica directamente la técnica para determinación de impurezas volátiles, se mencionan en las metodologías para determinación de pureza, esto podría interpretarse como todo lo que está en fase gaseosa y no es refrigerante, es una impureza volátil.

Los gases no condensables pertenecen a impurezas volátiles como oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, argón, monóxido de carbono e incluyendo otros gases refrigerantes (ejemplo: refrigerantes adulterados), también corresponderían a impurezas volátiles, la determinación se realiza mediante cromatografía de gases con detector de ionización de llama (FID) o detector de conductividad térmica (TCD).



Se recomienda tener cuidado en la forma de reportar las impurezas volátiles y especificar si el resultado proviene de la determinación de pureza o de la determinación de gases no condensables.

² (2017). AHRInet.org. Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute

Ilustración 8: **Cromatógrafo de gases con detector FID.**



Fuente: Elaboración propia.

La técnica completa se puede descargar desde el sitio web de AHRI , Apéndice C, Determination of purity of new and reclaimed refrigerants, partes 7, 8, 9 y 10, http://www.ahrinet.org/App_Content/ahri/files/STANDARDS/AHRI/AHRI_2008_Appendix_C_to_700_2014.pdf

5.4 Partículas sólidas y residuos de alto punto de ebullición.

Los residuos de alto punto de ebullición pertenecen a las partículas presentes en el refrigerante, indica contaminación o reacciones químicas en el sistema de refrigeración, donde las partículas pueden corresponder a limaduras, rebabas, soldadura, desgastes de piezas metálicas, fragmentos de sellos, virutas de hierro, pueden causar fallas en las partes móviles del sistema.

En este método se toma una muestra a la cual primero se le evalúa las partículas sólidas y luego los residuos de alto punto de ebullición:

- a. Determinación de partículas sólidas es mediante la examinación visual del refrigerante para detectar la presencia de insolubles tales como fibras, suciedad, óxido y otros.

b. Determinación de residuos de alto punto de ebullición, también llamados como residuos no-volátiles, son determinados por evaporación de una cantidad conocida de refrigerante en un tubo de Goetz a temperatura ambiente o a una temperatura más elevada, luego se determina la cantidad en gramos de residuo que queda después de evaporar un volumen conocido de refrigerante.

Se recomienda siempre trabajar, con la menor cantidad de refrigerante y bajo sistema de extracción forzado de aire (bajo campana).

Ilustración 9: **Tubo Goetz.**



Fuente:
<https://www.kimble-chase.com/advancedwebpage.aspx?cg=1387&c-d=3&SBCatPage=>

La técnica completa se describe en AHRI 700, Apéndice C, parte 3, Determination of Non-Condensable Gas in New and Reclaimed Refrigerants by Gas Chromatography, http://www.ahrinet.org/App_Content/ahri/files/STANDARDS/AHRI/AHRI_2008_Appendix_C_to_700_2014.pdf.

5.5 Acidez.

Los ácidos se pueden producir cuando el refrigerante se descompone, tienen la propiedad de ser altamente corrosivos con los componentes metálicos del sistema de refrigeración.

Para el ensayo de acidez se toma una cantidad conocida de refrigerante, que se burbujea en una mezcla de *tolueno/isopropanol/agua/azul* de bromotimol, la mezcla preparada es de color azul y cambiará a amarillo si el refrigerante contiene ácido, mantendrá el color azul si no tiene ácido.

Si la mezcla mantiene el color amarillo, se procede a determinar la cantidad de ácido presente por volumetría ácido-base con hidróxido de potasio de una concentración conocida, hasta el punto final de la valoración, cuando la mezcla pasa de color amarillo a azul, se debe calcular la concentración de ácido expresándola como ppm de HCl.

Tabla 4: **Viraje indicador azul de bromotimol.**

AZUL DE BROMOTIMOL, VIRAJE EN pH ÁCIDO Y pH BÁSICO		
Ácido <6.0	Neutro pH	Básico >7.8
Amarillo	6.0 – 7.8	azul

Fuente: Skoog/Wet/Holler, sexta edición.

La técnica completa para determinación de acidez se encuentra en el sitio web de AHRI, Apéndice C, parte 1, Determination of Acidity in New and Reclaimed Refrigerants by Titration http://www.ahrinet.org/App_Content/ahri/files/STANDARDS/AHRI/AHRI_2008_Appendix_C_to_700_2014.pdf.

5.6 Cloruro.

La presencia del ion cloruro (Cl^-) indica descomposición del refrigerante, con la probable formación de ácido clorhídrico, este ácido puede atacar el las partes metálicas y dar paso a la formación de sales de cloro.

La determinación de cloro en refrigerantes es cualitativa y se basa en la precipitación de los iones cloruro con nitrato de plata (AgNO_3), formándose cloruro de plata (AgCl), un precipitado blanco.



Ilustración 10: **Precipitación de cloruro.**



Fuente: <https://www.lifeder.com/precipitado/>

Se burbujea refrigerante dentro de una solución de nitrato de plata con metanol, si se observa turbidez visible o la aparición de un precipitado blanco, indica la presencia de cloro, por el hecho de ser un prueba cualitativa se debe reportar la ausencia o presencia de cloruro como:

- **Aprobado** = ausencia de turbidez visible.
- **Rechazado** = presencia de turbidez y/o precipitado blanco.

La técnica completa para determinación de cloruro se encuentra en el sitio web de AHRI , Apéndice C, parte 4, Determination of chloride in new and reclaimed refrigerants by silver chloride precipitation http://www.ahrinet.org/App_Content/ahri/files/STANDARDS/AHRI/AHRI_2008_Appendix_C_to_700_2014.pdf



6. EQUIPAMIENTO INVOLUCRADO EN PROTOCOLOS DE ENSAYO

A continuación, se representan los equipos involucrados en la realización de los ensayos.

6.1 Equipamiento para muestreo.

Los equipos involucrados para la realización de la toma de muestra de refrigerantes están descritos en el punto 5.1. Muestreo.

6.2 Equipamiento para determinación de agua.

1. Titulador coulombimétrico Karl-Fischer automático, ver punto 5.2.
2. Drierite, (sulfato de calcio, como agente desecante) 20-40 mesh.
3. Desecador, conteniendo Drierite.
4. Cilindro de toma muestra de refrigerante, ver punto 5.1.
5. Válvula de acero inoxidable, ver punto 5.1.
6. Válvula con aguja, ver punto 5.1.
7. Conector estándar macho Luer 10-32.
8. Aguja, 19 gauge Luerlock, de 4-1/2 inch, ver punto 5.1.
9. Fitting de compresión de 1/4 inch, con adaptador hembra de 1/4 de inch.
10. Sello rápido Flare Cap, No. NFT5-4, 1/4 inch tubular.
11. Jeringa, 10 mL, gastight.
12. Aguja de la jeringa, 19 gage-4 inch, ver ilustración 3.
13. Balanza con precisión de 0,1g.

6.3 Equipamiento para impurezas volátiles.

1. Cromatógrafo de gases, equipado con detector TCD o FID.
2. Columna empacada o capilar.
3. Software para realizar integración electrónica y procesamiento.
4. Termómetro digital.
5. Sonda de temperatura.
6. Tubo tygon de 1/4 " de diámetro interior.

6.4 Partículas sólidas y residuos de alto punto de ebullición.

1. Tubo Goetz graduado de centrífuga: 100 mL.
2. Perlas de ebullición de cristal.
3. Plato de aluminio desechable.
4. Probeta de 200 mL.
5. Balanza con precisión de 0,1g.

6.5 Equipamiento para acidez.

1. Tubos 1/16 pulgada X 0,007 pulgada de Teflon.
2. Balanza con precisión de 0,1g.
3. Cilindro de toma muestra de refrigerante, ver punto 5.1.
4. Dos válvulas de acero inoxidable 1/4 pulgada con MNPT fittings.
5. Dos fittings para conectar cilindro de muestra, para trasvasiar muestra.
6. FNPT 1/4 pulgada inlet MNPT X 1/4 pulgada válvula de paso.
7. Erlenmeyer de 250 mL.
8. Indicador azul de bromotimol.
9. Isopropanol grado analítico.
10. Tolueno grado analítico.
11. Hidróxido de potasio en metanol 0,1 N.
12. Ácido sulfúrico 0,1 N.
13. Metanol anhidro, grado analítico.
14. Agitador magnético.
15. Agua destilada.
16. Bureta de 10 mL con graduación de 0,05 mL.



7. DETERMINACIÓN DE PUREZA

Uno de los puntos más importantes de la regeneración de refrigerantes es la determinación de la pureza, AHRI 700 indica que en su apéndice C están los métodos para la identificación de refrigerante, los cromatogramas que se generan en el análisis de refrigerantes son ilustrados en el apéndice D.

En las partes 6 a 10 del Apéndice C, están los métodos para determinación de pureza en refrigerantes nuevos y

regenerados, la técnica principal es cromatografía de gases y detectores recomendados, debido a que algunos compuestos tienen mejor respuesta a un detector TCD que un detector FID, cada parte identifica un cierto tipo de refrigerante como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5: Técnica cromatográfica y detector recomendado por AHRI.

AHRI 700 PARTE;	TÉCNICA	DETECTOR	REFRIGERANTE
6	Cromatografía de gases	FID	R-11
7		FID o TCD	R-12, R-13, R-22, R-23, R-114, R-115, R-116, R-124, R-125, R-143a, R-152a, R-218, R-290, R-600, R-600a.
7		TCD	R-13, R-23
8		FID	R-123, R-1113, R-12, R-22, R-114, R-1317mx, R-31, R-216ba, R-1326mxz, R-133a, R-114B1, R-1112a, R-1112, R-123a, R-123b, R-11, R-30, R-113, R-113a, R-1111.
9		FID	R-22, R-32, R-113, R-134a, R-141b, R-142b, and R-245fa.
10		TCD	Serie 400 y 500

Fuente: Elaboración propia con referencia AHRI 700 apéndice C.

La técnica completa para determinación de pureza se encuentra en el sitio web de AHRI, Apéndice C, partes 6, 7, 8, 9, 10 http://www.ahrinet.org/App_Content/ahri/files/STANDARDS/AHRI/AHRI_2008_Appendix_C_to_700_2014.pdf

8. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

La calidad tiene distintas perspectivas, por lo general la mayoría de las personas se refieren al grado de satisfacción que tienen con un producto o servicio, para quienes realizan ensayos la calidad se entiende como la gestión para la obtención de un resultado lo más cercano al valor verdadero.

Se define en la Norma ISO/IEC 9000:2015 a la **“calidad: como el grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto cumple con los requisitos”**, esto implica que las organizaciones en este caso los laboratorios se hacen cargo de la calidad de su sistema de gestión, operaciones, medición y reporte de resultados.

El control y aseguramiento de calidad de los laboratorios para la realización de ensayos esta dado por las directrices de la norma ISO/IEC 17025, donde se consideran todos los aspectos de gestión y los aspectos técnicos, dentro de los requerimientos relevantes de la norma se encuentra la trazabilidad en la documentación, registros, instrumentos, personal y patrones trazables metrológicamente al sistema internacional de unidades.



9. TRAZABILIDAD

En ISO 9000:2015 se define la trazabilidad como “la capacidad para seguir el histórico, la aplicación o la localización de un objeto” (considerando como objeto los productos, procesos, organización, sistema).

La trazabilidad en el proceso de regeneración de refrigerantes se puede describir como el conjunto de actividades que nos permiten obtener la historia a lo largo del proceso, desde el ingreso de los refrigerantes al centro de regeneración hasta obtener un producto comercialmente óptimo.

Para obtener la historia de la regeneración, el uso de registros de trabajo proporciona evidencia objetiva de actividades realizadas, cada registro es un eslabón de la cadena productiva, al menos se debe contar con registros para el ingreso de refrigerantes, evaluación primaria, asignación de lote, cadena custodia, certificado de calidad.



9.1 La trazabilidad interna.

Se recomienda que el centro de regeneración documente y defina las etapas del proceso de producción, considerando el ingreso, maquinaria utilizada, creación de lote o batch, certificado, de manera que la información esté disponible para ser revisada en cualquier momento.

9.1.1 Ingreso.

La recepción e ingreso del refrigerante al centro de regeneración es una etapa muy importante, el personal que recibe registra la procedencia, tipo de refrigerante, condiciones en que llega, y toda la información del cliente que sea requerida.

Se recomienda usar un registro con un correlativo inequívoco, ver **Anexo 1**, que pueda dar cuenta de su procedencia, se debe rotular los cilindros o envases con el correlativo de ingreso o un código de identificación, que mantendrá durante todo el proceso de regeneración.

9.1.2 Evaluación primaria.

Posterior a la asignación y rotulación de códigos en los envases o cilindros, se debe realizar una evaluación primaria de la fase gaseosa por personal calificado, una manera rápida de identificación del tipo de refrigerante es usar un instrumento basado en detección de infrarrojo no dispersiva (NDIR), para determinar porcentaje de composición, tipo de refrigerantes y no condensables, los resultados obtenidos deben quedar en un registro de trabajo, indicando las observaciones en caso de haber, una vez finalizada la evaluación el registro debe ser archivado.

Una desventaja de estos equipos portátiles, es que identifican una cantidad limitada de refrigerantes, por lo que se debe verificar qué compuestos se requiere medir antes de adquirir un aparato de estos.

Ilustración 11: Equipo NDIR portátil.



Fuente: <https://refrigerantid.com/products/automotive-refrigerant-identifiers/>.

9.1.3 Lote.

A un centro de regeneración pueden llegar cilindros o envases pequeños, en estos casos se recomienda juntar los refrigerantes en cilindros de gran capacidad, al cual generalmente se le denomina lote, así se optimiza el almacenamiento, se debe usar un registro de composición de lote, es importante que se escriban todos los códigos de identificación de los cilindros o envases pequeños, una vez creado el lote este tendrá un nuevo código que se usara en lo que resta de proceso.

Cuando esté finalizado el lote de refrigerante regenerado, de aquí se deben tomar muestras para análisis de impurezas, porcentaje de humedad, acidez, cloruro, impurezas de alto punto de ebullición y pureza mediante cromatografía de gases, de acuerdo con AHRI 700.

9.2 La trazabilidad externa.

La trazabilidad externa es el control de los servicios de análisis externalizados, la información es proporcionada por el subcontratista, con los datos necesarios para demostrar la idoneidad del trabajo realizado, dando confianza de los resultados obtenidos.

Se debe preferir trabajar con laboratorios que cuenten con acreditación ISO/IEC 17025 o NCh 17025, con alcance de acreditación en gases refrigerantes bajo metodologías AHRI.

9.2.1 Controles de calidad de laboratorio.

Los laboratorios de ensayo tienen directrices para asegurar la validez de sus resultados, aplicando controles de calidad como blanco, duplicado, material de referencia u otros

Ilustración 12: Creación de lote.



Fuente: Elaboración propia.

9.1.4 Certificado de Calidad.

Una vez que el laboratorio ha reportado todos los ensayos descritos anteriormente en el **punto 5**, se recomienda confeccionar un certificado de calidad de refrigerante regenerado, ver **anexo 2**, que contenga los resultados de los ensayos y los criterios de aceptación o rechazo de AHRI 700, de ser necesario en los anexos la información asociada a la obtención del lote de refrigerante regenerado.

que el laboratorio considere pertinente sin limitarse a los anteriormente señalados.

El laboratorio acreditado entrega el informe de resultados, que debe incluir la información del cliente y resultados de la muestra, la norma NCh 17025 en el punto 7.8.1.2 establece como requisito que los informes "deben incluir toda la información acordada con

el cliente”, se recomienda al momento de contratar los servicios de análisis se solicite que el informe incluya los controles de calidad utilizados en los análisis de los refrigerantes.

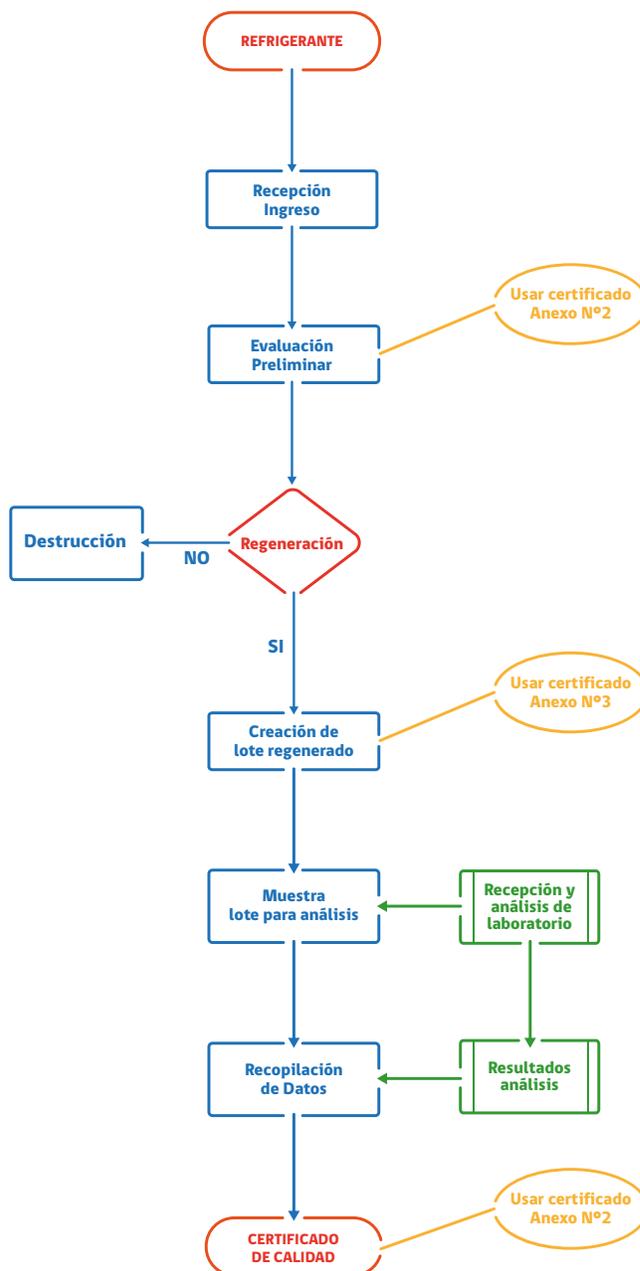
9.2.2 Cadena custodia.

La cadena custodia es un elemento importante de trazabilidad, cuando se toma una muestra y esta es enviada a análisis subcontratado, este registro vincula al centro de regeneración con el laboratorio de ensayo, es la evidencia de que la muestra es enviada y recepcionada en buenas condiciones, debe contener información del envase, identificación, lote, transporte, los análisis requeridos y quien recepciona en laboratorio, una copia de la cadena custodia debe quedar para el laboratorio y otra para el centro de regeneración, **ver anexo 3**.

9.3 Flujo de proceso.

El aseguramiento de calidad en el proceso de regeneración de refrigerantes, contempla el uso de registros de trabajo, se recomienda revisar los sitios críticos del proceso, considerar como mínimo los anexos N°1, 2 y 3, siempre es recomendable realizar diagramas de flujo de manera que se pueda entender el proceso y subprocesos, visualizando donde aplicar el uso de registros que aportan a la trazabilidad, como se muestra en la **ilustración N°13**.

Ilustración 13: Diagrama de flujo regeneración.



Fuente: Elaboración propia.



10. LABORATORIOS EN EL PAÍS

En Chile los laboratorios públicos o privados que realizan ensayos, en general para demostrar que sus resultados son confiables, que tienen trazabilidad y que sus mediciones son referidas a patrones internacionales, optan de manera voluntaria por acreditarse bajo la norma ISO/IEC 17025, que en Chile es la NCh 17025 (traducción de la norma internacional).

La acreditación puede obtenerse de un organismo nacional o internacional no hay impedimento al respecto, en Chile el Instituto Nacional de Normalización (INN), es un organismo acreditador con reconocimiento internacional, siendo miembro asociado de la Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios (ILAC).

INN establece los requisitos que deben cumplir los laboratorios para obtener la acreditación y mantiene publicado en su sitio web <http://acreditacion.innonline.cl/> un directorio con todos los laboratorios acreditados y sus alcances de acreditación (ensayo bajo acreditación).

Una vez que el laboratorio ha cumplido con todas las exigencias y ha sido evaluado, obtiene un certificado de acreditación donde se especifican los alcances, el organismo acreditador evalúa periódicamente al laboratorio, el resultado de cada evaluación determina si el laboratorio mantiene su acreditación o es suspendido.

Es una práctica común que los laboratorios indiquen su condición de acreditados, incorporando el logotipo del organismo acreditador a los informes o certificados que emite, sin dejar de lado que cada organismo acreditador tiene su reglamento de uso de logotipo.

10.1 Laboratorios de ensayo en Chile.

Se indaga sobre los laboratorios de ensayo acreditados en Chile, el Instituto Nacional de Normalización (INN), como organismo acreditador más importante en nuestro país, cuenta con una base de datos que actualiza constantemente en su sitio web, <http://acreditacion.innonline.cl/>, encontrando 941 laboratorios que cuentan con acreditación NCh17025 vigente para “laboratorios de ensayo y calibración”, estos laboratorios están repartidos en 139 áreas de acreditación, hasta el momento no existe un laboratorio que cuente con acreditación para el área refrigerantes, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6: Número de laboratorios acreditados por área.

ÁREA DE ACREDITACIÓN	Nº LABORATORIOS
Antidopping	1
Bioensayos para toxinas marinas	4
Biología molecular para alimentos	1
Bioquímica y muestreo para tejidos biológicos	3
Biotecnología para especie agrícola y pecuaria	1
Construcción - Acero	6
Construcción - Acondicionamiento Ambiental	4
Construcción - Áridos	41
Construcción - Asfalto y mezclas asfálticas	47
Construcción - Cemento	2
Construcción - Comportamiento al fuego	1
Construcción - Elementos y componentes	40
Construcción - Ensayos especiales de hormigón	1
Construcción - Físico-química	41
Construcción - Hormigón y mortero	83
Construcción - Maderas	4
Construcción - Mecánica de suelos	82
Construcción - química para aceros	1
Emisiones de vehículos	1
Ensayos de cilindros y estanques	1

Ensayos Mecánicos	6
Ensayos mecánicos para polímeros	1
Ensayos no destructivos	4
Ensayos químicos y/o metalográficos	1
Evaluación sensorial para alimentos	2
Extintores	3
Física para medios acuáticos	3
Físico, química y mecánica para extintores portátiles y sus componentes	1
Físico-mecánica para textil y cueros	1
Físico-organoléptica para alimentos	1
Físico-organoléptica para productos hidrobiológicos	10
Físico-organoléptica y muestreo para alimentos	2
Físico-organoléptica y muestreo para productos hidrobiológicos	7
Físico-química para aguas	2
Físico-Química para aguas y aguas residuales (RILES y aguas servidas)	33
Físico-química para aire y gases	3
Físico-química para alimentos	3
Físico-química para biomasa	1
Físico-química para carbón	2
Físico-química para gases especiales	1
Físico-química para metales preciosos	4
Físico-química para minerales, concentrados y otros	1
Físico-Química para petróleo y derivados del petróleo	4
Físico-química para sedimentos	2
Físico-química para sedimentos, lodos y suelos	1
Físico-química para suelos y residuos sólidos	2
Físico-química para suelos y RISES	1
Físico-química y muestreo de metales preciosos	2
Físico-química y muestreo para aguas	24
Físico-química y muestreo para concentrado de cobre y minerales	2
Físico-química y muestreo para lodos	1
Físico-química y muestreo para petróleo y derivados de petróleo	1
Físico-química y muestreo para residuos industriales sólidos	1
Físico-química y muestreo para sedimentos	1
Físico-química y muestreo para sedimentos y medios acuáticos	13
Físico-química y muestreo para tejidos biológicos	2
Genética de filiación	1
Histología y muestreo para tejidos biológicos de peces	1
Ictiología	1
Inmunología para fluidos biológicos	3
Medidores de agua	1
Microbiología instrumental para leche cruda	2
Microbiología para aguas y aguas residuales (RILES y aguas servidas)	33

Microbiología para alimentos	23
Microbiología para alimentos de consumo animal	11
Microbiología para alimentos de consumo humano	10
Microbiología para bebidas alcohólicas y no alcohólicas	2
Microbiología para leche	2
Microbiología para lodos	2
Microbiología para lodos y compost	1
Microbiología para lodos, compost y cenizas	1
Microbiología para productos hidrobiológicos	18
Microbiología para productos pecuarios	5
Microbiología para productos pecuarios de exportación	1
Microbiología para sedimentos, lodos y suelos	1
Microbiología para subproductos pecuarios no comestibles	6
Microbiología para Utensilios, Superficies, Ambiente y Manipuladores	20
Microbiología y muestreo para aguas	23
Microbiología y muestreo para alimentos	11
Microbiología y muestreo para alimentos de consumo humano	1
Microbiología y muestreo para lodos	1
Microbiología y muestreo para productos hidrobiológicos	7
Microbiología y muestreo para utensilios, superficies, ambiente y manipuladores	15
Microscopía para alimento de uso animal	1
Microscopía para productos hidrobiológicos	1
Patología de peces	8
Patología y muestreo de peces	8
Productos eléctricos	13
Productos para combustibles	6
Productos para combustibles - Calefactores	2
Química instrumental para leche cruda	2
Química para ácido sulfúrico y soda cáustica de uso industrial	1
Química para aguas	1
Química para aire	2
Química para alimento de consumo humano	2
Química para alimentos	21
Química para alimentos de consumo animal	10
Química para cátodos	4
Química para concentrados y óxido de molibdeno	1
Química para dispositivos de contaminación atmosférica	2
Química para envases	1
Química para fertilizantes y plaguicidas	3
Química para fluidos biológicos	2
Química para frutas y hortalizas	6
Química para leche	1
Química para madera y sus derivados	1

Química para materias primas y productos terminados	1
Química para metales	1
Química para metales preciosos	1
Química para minerales, concentrados y otros	23
Química para piel, fanerios y sedimentos biológicos	1
Química para productos de limpieza	1
Química para productos del petróleo	2
Química para productos hidrobiológicos	19
Química para productos metálicos	2
Química para productos pecuarios	8
Química para residuos peligrosos	1
Química para subproductos pecuarios no comestibles	1
Química para suelos	1
Química para suelos y foliares	2
Química para suelos y sedimentos	2
Química para suelos, lodos y RISES	2
Química para suelos, relaves y sedimentos	1
Química para tabaco y productos del tabaco	1
Química para tejidos biológicos	1
Química para toxinas marinas	5
Química para vinos y bebidas alcohólicas	9
Química y muestreo para alimentos	4
Química y muestreo para productos hidrobiológicos	8
Química y muestreo para productos metálicos	1
Química y muestreo para suelos y sedimentos	1
Química y muestreo para suelos, lodos y RISES	2
Química y muestreo para alimentos de consumo humano	1
Recubrimiento y pinturas	1
Sistemas de colectores solares térmico	1
Taxonomía para fitoplancton en sistemas acuáticos	4
Taxonomía para sedimentos acuáticos	2
Taxonomía y muestreo para sedimentos acuáticos	14
Textil, calzado y cuero	1
TOTAL, LABORATORIOS	941

Fuente: Elaboración propia con referencia INN, <http://acreditacion.innonline.cl/>

En una revisión de los certificados de laboratorios con acreditación para las áreas; Físico-química para aire y gases, Química para aire, Físico-química para gases especiales, que podrían estar relacionadas con análisis de refrigerantes, el certificado indica que el ensayo que acredita corresponde a:

Tabla 7: Laboratorios con área de acreditación gases.

LABORATORIO	ÁREA DE ACREDITACIÓN	ENSAYO ACREDITADO
1	Físico-química para aire y gases	<ul style="list-style-type: none"> • Metales en filtros impactados con material particulado. • Metales en filtros personales impactados con material particulado. • Metales de emisiones de material particulado de fuentes estacionarias contenidos en filtros, sólidos y/o solución.
2	Físico-química para aire y gases	<ul style="list-style-type: none"> • Material particulado en filtros impactados con material particulado. • Material particulado en filtros impactados con material particulado PM10. • Material particulado retenido en boquilla y sonda del tren de muestreo.
3	Físico-química para aire y gases	<ul style="list-style-type: none"> • Material particulado en filtros con material particulado. • Material particulado retenido en boquilla y sonda del tren de muestreo.
4	Físico-química para gases especiales	<ul style="list-style-type: none"> • Material particulado en filtros con material particulado. • Material particulado retenido en boquilla y sonda del tren de muestreo. • Muestreo de material particulado.
5	Química para aire	<ul style="list-style-type: none"> • Metales en filtros personales PM-10.
6	Química para aire	<ul style="list-style-type: none"> • Polvo respirable, material particulado contenido en filtro de PVC. • Polvo total, material particulado contenido en filtro de PVC. • Sílice Cristalizada cuarzo, material particulado contenido en filtro de PVC. • Sílice Cristalizada cristobalita, material particulado contenido en filtro de PVC.
7	Físico-química para gases especiales	<ul style="list-style-type: none"> • Dióxido de carbono en mezclas especiales que contienen CO₂. • Monóxido de carbono en mezclas especiales que contienen CO. • Óxido nítrico en gases especiales que contienen NO. • Propano en mezclas especiales que contienen C₃H₈.

Fuente: Elaboración propia con referencia INN, <http://acreditacion.innonline.cl/>

La información en tabla 7, fue extraída desde el sitio web de INN, en la sección directorio de acreditados, donde se revisaron los certificados; LE 119, LE 1195, LE 1467, LE 1474, LE 279, LE 1414, LE 1324, durante agosto de 2019.

La revisión realizada a la acreditación de los laboratorios, muestra la ausencia para realizar la determinación de pureza e impurezas en refrigerantes nuevos o reciclados bajo metodología normalizada como lo es AHRI, habiendo un vacío para las empresas que se dediquen a la regeneración de refrigerantes.

11. ANEXOS

Anexo 1

Ejemplo de registro de ingreso de refrigerante.

INGRESO DE REFRIGERANTE

INGRESO

Cotización: _____ FOLIO _____

Ord. de compra: _____ Rut: _____

Cliente: _____ Fecha: _____

Contacto: _____ Fono: _____

Correo: _____

Entregado por:

Nº cilindros: _____ Marca identificador _____

Observaciones:

EVALUACIÓN INICIAL

Identificación Cilindro	Código	Masa bruta	Masa neta Aprox.	% de pureza	Tipo de Refrigerante

Responsable Ingreso

Nombre: _____ Firma _____

Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo de certificado de calidad de refrigerante regenerado.

CERTIFICADO DE CALIDAD DE GAS REGENERADO

Con fecha _____, se certifica que el gas Refrigerante N° de Batch _____, correspondiente al producto _____ el cual fue procesado y regenerado, cumple con los controles de calidad establecidos y las especificaciones técnicas de pureza del Air-Conditioning, Heating & Refrigeration Institute, bajo AHRI Standar 700.

RESULTADOS ENSAYOS DE CALIDAD

Parámetro	Unidad	Especificación*	Resultado
Pureza	%		
Agua	ppm	<10	
Acidez	ppm	<1	
Cloruro	--	Pasa/falla	
Residuos	%	<0.01	

*AHRI Standar 700

Anexos:

1.	_____
2.	_____
3.	_____
4.	_____
5.	_____

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3
Ejemplo de cadena custodia.

CADENA DE CUSTODIA

Número de cotización:								Análisis requeridos				Observaciones					
Cliente / Contacto:				Cantidad de envases (Acero / Bolsas Tedlar)				Tipo de muestreo			Tipo de preservación						
Teléfono/ e-mail:								Simple	Compuesto	Otro							
Fecha:																	
Hora de inicio:		Hora de fin actividad:															
T°de traslado:		Condición de almacenamiento lab:															
Ítem	Identificación	Hora	A	B													
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	

Enviado por:		Muestras recibidas intactas: SI NO			
Recibido por laboratorio :		Recipiente adecuado: SI NO			
Hora recepción:		Muestras recibidas dentro del periodo: SI NO			

Fuente: Elaboración propia.

12. BIBLIOGRAFÍA

- AHRI. (Septiembre de 2017). AHRInet.org. Obtenido de Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute: http://www.ahrinet.org/App_Content/ahri/files/STANDARDS/AHRI/AHRI_Standard_700_2017_Add_1.pdf
- AHRI. (2014). Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute. Obtenido de AHRI: http://www.ahrinet.org/App_Content/ahri/files/STANDARDS/AHRI/AHRI_2012_Appendix_D_to_700_2014.pdf
- AHRI. (2018). Terms and Technical Definitions. Obtenido de AHRI.org: <http://www.ahrinet.org/Resources/Terms-and-Technical-Definitions>
- AHRInet.org. (2008). Appendix C for Analytical Procedures For AHRI Standard 700-2014 - Normative. Obtenido de AHRI.org: http://www.ahrinet.org/App_Content/ahri/files/STANDARDS/AHRI/AHRI_2008_Appendix_C_to_700_2014.pdf
- DUPONT. (21 de 9 de 2015). DuPont Position Statement on Montreal Protocol. Obtenido de Dupont.com: <http://www.dupont.com/corporate-functions/our-company/insights/articles/position-statements/articles/montreal-protocol.html>
- Geoff, R.-c. (2000). Química inorgánica descriptiva (Segunda ed.). México: Addison Wesley Longman de México S.A. de C.V.
- GISMA. (29 de Agosto de 2014). Proyecto diseño del programa de regeneración para la implementación de centros de regeneración recuperación, reciclaje, y acopio de gases refrigerantes en Chile. Obtenido de Ministerio del Medio Ambiente: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/01/08-Anexo-6-Informe-Final-Proyecto-diseno-del-programa-de-regeneracion-1.pdf>
- INN. (s.f.). Instituto Nacional de Normalización. Recuperado el 04 de 07 de 2019, de <https://www.inn.cl/Acreditacion>
- Instituto Nacional de Normalización - Ministerio del Medio Ambiente. (31 de 05 de 2015). Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y climatización. (M. d. Ambiente, Ed.) Santiago, Chile.
- ISO. (16 de 07 de 2019). ISO 9000:2015(es) Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario. Obtenido de International Organization for Standardization: <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia. (2014). Manual de buenas prácticas en refrigeración. Bogotá: Grupo de Divulgación de Conocimiento y Cultura Ambiental - Centro de documentación.

- Peter, b., & Regina, S. (2006). Water Determination by Karl Fischer Titration. Metrohm Monograph. Herisau, Switzerland.
- Secretaría del Ozono, ONU Medio Ambiente. (2019). Manual del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la Capa de Ozono. Obtenido de United Nations Environment Programme: <https://ozone.unep.org/sites/default/files/Handbooks/MP-Handbook-2019-Spanish.pdf>
- Skoog, D., West, D., & Holler, J. (1995). Química Analítica. (Sexta Edición). Naucalpan de Juárez, México: McGraw-Hill/ Interamericana de México S.A. de C.V.
- United Nations Environment Programme. (2010). trade name of chemicals containing ozone depleting substances and their alternatives. Obtenido de United Nations Environment programme: <http://www.unep.fr/ozonaction/information/tradenames/trade.asp?s=5>
- Velázquez de Castro, F. (2001). El Ozono ¿Cuándo Protege y cuándo destruye? (primera ed.). Madrid, España: McGraw-Hill/Interamericana de España. S.A.U.



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

