

**MANEJO SEGURO
DE REFRIGERANTES**

EDITA**Asociación Colombiana del Acondicionamiento de Aire y de la Refrigeración
- ACAIRE**

Calle 70 No. 12-85 Bogotá D.C., Colombia
Teléfonos: (057-1) 3131468 / 3455372 / 3455375
Fax: (057-1) 2489223
Correos: acaire@acaire.org
acairecolombia@etb.net.co
www.acaire.org

Miembros Junta de Dirección General ACAIRE 2007 - 2008

Fabio Clavijo - Presidente, TECNAIRE LTDA.
Yohanna Alzamora, Vicepresidente, SERVIPARAMO S.A.
Andrés Velásquez, ISLATECH LTDA.
Ángela Pachón, FIBERGLASS COLOMBIA S.A.
Camilo Botero
Mauricio Gleiser
Rodrigo Vásquez, COMERCIAL Y SERVICIOS LARCO CSL S.A
Giovanni Barletta, EMERSON ELECTRIC DE COLOMBIA
José Arias, REFRI - AUTO LTDA.
José Mauricio Pardo, UNIVERSIDAD DE LA SABANA
Leonardo Castiblanco
Luis Gay Salvino
Luis Fernando Espinosa, ESPINOSA INGENIERÍA
Silvio Toro

Claudia Sánchez Méndez - Directora Ejecutiva

PRÓLOGO

Los documentos Buenas Prácticas de Ingeniería ACAIRE responden a la necesidad de la Asociación y del sector de contar con guías y recomendaciones, aplicables a nuestro medio y en un lenguaje técnico sencillo, sobre temas específicos de la actividad de Calefacción, Ventilación, Aire Acondicionado y Refrigeración - CVAR- que hoy en día son de práctica regular a nivel mundial.

Este esfuerzo es el resultado de la gestión y compromiso de la Junta de Dirección General de ACAIRE 2007 - 2008, y de manera especial, del Comité de Normalización, cuyos miembros han dedicado su valioso tiempo a las múltiples revisiones y correcciones que ha generado el proceso. A ellos nuestro agradecimiento profundo reconocimiento.

Este documento fue desarrollado con base en directrices formuladas por la JDG de ACAIRE, supervisado por el Comité de Normalización y con el valioso aporte investigativo y de recopilación del Sr. Hermann David Clavijo Contreras - estudiante de último semestre de la Universidad Santo Tomás de Bogotá, a lo largo del primer semestre de 2007.

Invitamos a los lectores a que evalúen los documentos, los apliquen y apoyen esta gestión con sus siempre bienvenidos comentarios y observaciones.

LIMITACIONES

El contenido de los documentos no compromete a ACAIRE y su interpretación debe ser entendida como un esfuerzo para ofrecer criterios técnicos que mejoren el desempeño de los profesionales del sector.

Con la aplicación regular de estos derroteros en el trabajo de campo, se pretende beneficiar la calidad de las instalaciones, incrementar la vida útil de los equipos, optimizar los diseños y aportar conocimiento en la práctica general de la actividad profesional de CVAR por parte de técnicos e ingenieros especializados.

Por la aplicación del documento, ACAIRE no podrá ser sujeto de procesos legales o impugnaciones que atenten contra ella, sus directivos o autores.

El documento no puede ser reproducido para fines comerciales. En caso de utilización para fines académicos, se debe incluir el crédito de ACAIRE.

CONTENIDO	PAG.
1. PROPÓSITO	6
2. GLOSARIO	6
3. CLASIFICACIÓN DE OCUPACIÓN	10
3.1 OCUPACIÓN COMERCIAL	
3.2 OCUPACIÓN DE REUNIÓN PÚBLICA	
3.3 OCUPACIÓN INDUSTRIAL	
3.5 OCUPACIÓN MERCANTIL	
3.6 OCUPACIÓN MIXTA	
3.7 OCUPACIÓN RESIDENCIAL	
4. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO	11
4.1 SISTEMA CERRADO INDIRECTO	
4.2 SISTEMA CERRADO VENTEADO INDIRECTO	
4.3 SISTEMA DOBLE DE ROCIADO ABIERTO INDIRECTO	
4.4 SISTEMA DIRECTO	
4.5 SISTEMA INDIRECTO	
4.6 SISTEMA SENCILLO DE ROCIADO ABIERTO INDIRECTO	
5. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN POR SU SEGURIDAD	13
5.1 SISTEMA DE ALTA PROBABILIDAD	
5.2 SISTEMA DE BAJA PROBABILIDAD	
6. USO DE REFRIGERANTES	14

6.1 DESIGNACIÓN DE LOS REFRIGERANTES

6.1.1 Denominación de compuestos orgánicos e inorgánicos

6.2 CLASIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LOS REFRIGERANTES

6.2.1 Refrigerantes de un solo componente

6.2.2 Mezclas

6.2.3 Clasificación de seguridad

6.2.3.1 CLASE A

6.2.3.2 CLASE B

6.2.3.3 CLASE 1

6.2.3.4 CLASE 2

6.2.3.5 CLASE 3

6.3 PROCEDIMIENTOS SEGUROS DE MANEJO DE REFRIGERANTES

6.3.1 Detección de fugas

6.3.1.1 Método del agua - jabón

6.3.1.2 Detectores por contraste de luz UV

6.3.1.3 Detectores de llama

6.3.2 Recuperación

6.3.2.1 Métodos de recuperación sin equipos

6.3.2.2 Métodos de recuperación con equipos

6.3.2.2.1 Recuperación por transferencia de vapor

6.3.2.2.2 Recuperación por transferencia de líquido

6.3.2.2.3 Recuperación por compresión y aspiración o push/pull

6.3.2.3 Seguridad para los tres métodos

6.3.3 Aplicación del refrigerante

6.3.4. Reconversión

6.3.5 Restricciones de uso de refrigerantes

6.4.1 Excepciones

7. HOJAS DE SEGURIDAD DE ALGUNOS REFRIGERANTES 31

8. BIBLIOGRAFÍA 33

9. LISTADO DE FIGURAS 34

10. LISTADO DE TABLAS 34

1. PROPÓSITO

El propósito de este documento es especificar las características y recomendaciones de manejo seguro de refrigerantes de acuerdo con su clasificación y aplicación.

2. GLOSARIO¹

Los siguientes términos se entenderán en el presente documento según las definiciones aquí establecidas:

ACONDICIONADOR DE AIRE: Es un conjunto ensamblado y protegido en una caja, diseñado como una unidad para instalar en una ventana, a través de una pared o como consola. (Definición según NTC 4366).

ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE: Control combinado de variables como temperatura, presión, humedad, olor, ruido, composición y energía que busca la calidad del aire para confort humano o procesos industriales.

CALOR: "El calor es una forma de energía. Lo anterior es evidente del hecho de que el calor se puede convertir en otra forma de energía y recíprocamente, otras formas de energía se pueden convertir en calor. Por otra parte, desde el punto de vista estrictamente termodinámico, el calor se define como energía en transición de uno a otro cuerpo, como resultado de una diferencia de temperatura entre ambos."² Para efectos de este documento, el termino calor se empleará en cualquiera de los dos sentidos.

CALOR ESPECÍFICO: Es la cantidad de calor requerida para elevar 1° C la temperatura de 1 Kg. de un material.

CALOR LATENTE: Es el calor introducido o extraído a una sustancia para cambiar el estado físico del material sin variar su temperatura.

CALOR SENSIBLE: Es el calor introducido o extraído a una sustancia para variar su temperatura pero sin cambiar el estado físico del material.

CALOR TOTAL: Es la cantidad de contenido total de calor que una sustancia tiene internamente.

CARGA DE REFRIGERANTE: Procedimiento por el cual se introduce la cantidad correcta de refrigerante en un sistema de refrigeración. La carga de refrigerante hace parte de la etapa final del mantenimiento, asegurando que las prácticas de recuperación, barrido, presurización y vacío se han ejecutado adecuadamente.

¹ Unidad Técnica Ozono - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Manual de Buenas prácticas en Refrigeración. Santa Fe de Bogotá, D.C.2005.

² DOSSAT, Roy J., Principios de Refrigeración. México 22, D.F. 1968

CONDENSADOR: Dispositivo cuyo funcionamiento es intercambiar calor latente del fluido refrigerante hacia su medio circundante con el fin de cambiar de estado de gaseoso a líquido.

CONDUCCIÓN: Mecanismo de transferencia de calor a través de cuerpos sólidos.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA: Propiedad que tiene un material de permitir o conducir calor de una fuente alta a otra fuente de baja temperatura.

CONVECCIÓN: Mecanismo de transferencia de calor a través de fluidos.

ENERGÍA: Capacidad intrínseca de la materia para producir trabajo.

ENERGÍA INTERNA: Energía que posee una sustancia debido a los movimientos de las moléculas.

ENTALPÍA: Es el contenido de calor total en una sustancia. Es la suma de energía interna más el producto de la presión y el volumen.

EVAPORADOR: Dispositivo cuyo funcionamiento es intercambiar calor latente del medio circundante hacia fluido refrigerante con el fin de cambiar de estado de líquido a gaseoso y como consecuencia, producir frío.

HUMEDAD RELATIVA: Es la relación de presión parcial del vapor de agua en el aire a condiciones de temperatura y presión de saturación del vapor del agua.

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA: Conjunto compuesto por los elementos de un sistema frigorífico y los complementos específicos correspondientes para lograr un intercambio de calor y controlar su funcionamiento.

INTERCAMBIADOR DE CALOR: Dispositivo en el cual se transfiere calor de un fluido con alta temperatura hacia otro fluido con baja temperatura sin que haya mezcla entre estos dos.

LADO DE ALTA: Comprende la parte del sistema que va desde el compresor, pasa por el condensador y llega al dispositivo de expansión; se le denomina de esta manera porque el fluido refrigerante viaja con alta presión para realizar el proceso de condensación.

LADO DE BAJA: Comprende la parte del sistema que va desde el dispositivo de expansión, pasa por el evaporador y llega a la succión del compresor; se le denomina de esta manera porque el fluido refrigerante viaja con baja presión para realizar el proceso de evaporación.

MEZCLA: Es la unión de dos o más fluidos refrigerantes con el fin de mejorar las propiedades termodinámicas de los mismos; se dividen en dos grupos, zeotrópicas y azeotrópicas.

MEZCLA AZEOTRÓPICA: Es un fluido refrigerante de composición específica que no presenta cambios en su composición cuando evapora o condensa debido a que todos sus componentes tienen exactamente la misma temperatura de saturación a presión constante, comportándose de manera similar a una sustancia pura o sustancia sin mezclas.

MEZCLA ZEOTRÓPICA: Es un fluido refrigerante con dos o más componentes de diferentes presiones de vapor en donde sus componentes de vapor y líquido tienen diferentes composiciones cuando se están evaporando o condensando. A presión constante las temperaturas de evaporación y condensación cambian con la composición, este cambio de temperatura durante la fase de presión constante es llamada "GLIDE".

PAO: Potencial de Agotamiento de la capa de Ozono - en inglés Ozone Depletion Potential - ODP. Es la habilidad que tienen las sustancias para agotar la capa de ozono. A cada sustancia se le asigna un PAO respecto a una sustancia de referencia: el R-11 cuyo PAO por definición tiene el valor de 1.

PCG: Potencial de Calentamiento Global - en inglés Global Warming Potential - GWP. Es la habilidad de un gas de absorber radiación infrarroja. Esta unidad se estima teniendo como referencia el calentamiento atmosférico que genera el Dióxido de Carbono (CO₂).

PLANTA FRIGORÍFICA: Toda instalación que utilice máquinas térmicas para enfriamiento de materias que sean objeto de un proceso de producción o acondicionamiento determinado. Quedan comprendidas en dicho concepto las instalaciones fijas de almacenes frigoríficos, las fábricas de hielo, las instalaciones fijas y centralizadas de acondicionamiento de aire y las plantas para congelación o enfriamiento de productos varios.

POTENCIA: Es energía por unidad de tiempo.

PRESIÓN: Es la fuerza ejercida sobre área.

RECICLAR: Proceso empleado para reducir los contaminantes que se encuentran en el refrigerante usado mediante la separación del aceite, la remoción de las sustancias no condensables y la utilización de filtros para reducir la humedad, la acidez y material particulado. (Definición según ISO 11650).

RECUPERAR: Proceso por el cual se retira el refrigerante en cualquier condición de un sistema y se deposita en un recipiente externo. (Definición según ISO 11650).

REGENERAR: Proceso que se aplica al refrigerante usado para que cumpla con las especificaciones de producto nuevo. Se debe verificar, por medio de un análisis químico, que el refrigerante regenerado si responde a las especificaciones propias de un refrigerante nuevo. (Definición según ISO 11650).

REFRIGERANTE: Fluido utilizado en la transmisión de calor que, en un sistema frigorífico, absorbe calor a bajas temperaturas y presión, cediéndolo a temperatura y presión más elevadas. Este proceso tiene lugar, generalmente, con cambios de estado del fluido.

REFRIGERANTE PRIMARIO: Es el fluido refrigerante que está sometido al ciclo termodinámico de refrigeración.

REFRIGERANTE SEGUNDARIO: Es el fluido que le sustrae calor al producto final y se lo transfiere a la superficie del evaporador y este a su vez le transfiere el calor al refrigerante primario.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN: Disposición técnica utilizada para el enfriamiento o acondicionamiento de un medio o ambiente mediante maquinaria frigorífica, según el número y características de los circuitos utilizados.

SISTEMA FRIGORÍFICO: Conjunto de elementos que constituyen un circuito frigorífico cerrado a través de los que circula o permanece un refrigerante, con el fin de extraer o ceder calor de un medio exterior ha dicho circuito.

SOBRECALENTAMIENTO: La diferencia de temperaturas de vapor en la succión del compresor respecto a la del cambio de estado en el evaporador.

VÁLVULA DE EXPANSIÓN: Válvula que controla el flujo de refrigerante bajándole la presión isoentálpicamente hacia el evaporador.

VAPOR: El vapor es un estado de la materia en el que las moléculas apenas interaccionan entre sí, adoptando la forma del recipiente que lo contiene y tendiendo a expandirse todo lo posible y cuya temperatura es inferior a su temperatura crítica. Su presión no aumenta al ser comprimido, sino que se transforma parcialmente en líquido.

VAPOR SATURADO: Es el vapor que va a comenzar a cambiar de fase (inicio de condensación) con una calidad de un 100% de vapor a una presión y temperatura dada.

VAPOR SOBRECALENTADO: Es el vapor cuya temperatura está por encima de la de saturación.

3. CLASIFICACIÓN DE OCUPACIÓN₃

Los lugares donde están instalados los sistemas de refrigeración son clasificados según la capacidad que tengan sus ocupantes de reaccionar ante una eventual explosión de tales refrigerantes. Dicha clasificación incluye:

3.1 OCUPACIÓN COMERCIAL

Lugares en los cuales sus habitantes desarrollan negocios exceptuando las grandes ocupaciones mercantiles. Ej.: edificios de oficinas, mercados, aéreas de trabajo y almacenes, entre otros.

3.2 OCUPACIÓN DE REUNIÓN PÚBLICA

Lugares donde gran número de personas se reúnen y a su vez sus ocupantes no pueden desalojar rápidamente el espacio Ej.: discotecas, bares, restaurantes, terminales de transporte, aeropuertos y teatros, entre otros.

3.3 OCUPACIÓN INDUSTRIAL

Lugares usados para fabricar, procesar, o almacenar bienes; hay cantidad considerable de personas, no es abierto al público y el acceso por personal autorizado es controlado. Ej.: fábricas, petroleras, grandes minas y siderúrgicas, entre otros.

3.4 OCUPACIÓN INSTITUCIONAL

Lugares en los cuales sus habitantes están total o parcialmente incapacitados, debilitados o recluidos. Ej.: hospitales, albergues, centros geriátricos y cárceles, entre otros.

3.5 OCUPACIÓN MERCANTIL

Lugares en los cuales más de cien (100) personas se congregan en diferentes niveles para comprar mercancía. Ej.: centros comerciales, plazas de mercado e hipermercados, entre otros.

3.6 OCUPACIÓN MIXTA

Cuando dos o más ocupaciones están ubicadas dentro de una misma edificación y además cada ocupación es aislada del resto de la construcción por paredes, pisos, techos y puertas. Ej.: hipermercados o fábricas con oficinas, fábricas con locales comerciales, entre otros.

3 CLASIFICACIÓN DE OCUPACIÓN, traducido y adaptado con autorización de ASHRAE, del Standard 15-2007 ANSI/ASHRAE

3.7 OCUPACIÓN RESIDENCIAL

Lugares en los cuales sus habitantes tienen capacidad plena e independiente de movimiento, además de ser sitios con el aprovisionamiento necesario para vivir, dormir, comer y cocinar. Ej.: apartamentos, dormitorios, hoteles y residencias privadas, entre otros.

4. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO⁴

Los sistemas de enfriamiento son clasificados según el método empleado para la extracción de calor de la siguiente forma:

4.1 SISTEMA CERRADO INDIRECTO

Cuando el refrigerante secundario pasa a través de un sistema cerrado sin entrar en contacto directo con la sustancia a ser enfriada o calentada.

4.2 SISTEMA CERRADO VENTEAADO INDIRECTO

Cuando el refrigerante secundario sale de un tanque adecuadamente abierto y pasa a través de un circuito cerrado sin entrar en contacto directo con la sustancia a ser enfriada o calentada.

4.3 SISTEMA DOBLE DE ROCIADO ABIERTO INDIRECTO

Cuando la sustancia secundaria para el sistema de rociado abierto indirecto es calentado o enfriado por el refrigerante secundario de un segundo sistema cerrado.

4.4 SISTEMA DIRECTO

Cuando el evaporador o condensador está en contacto directo con el aire o con la sustancia a ser enfriada o calentada.

4.5 SISTEMA INDIRECTO

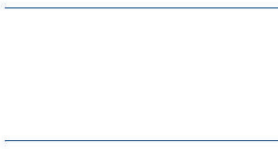

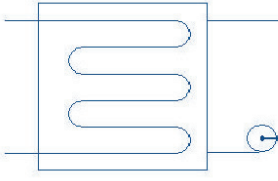
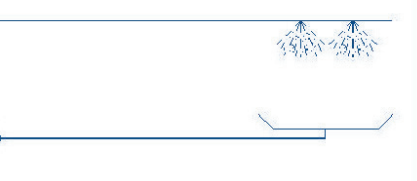
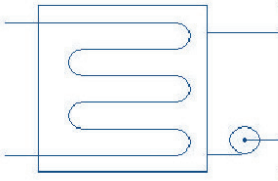
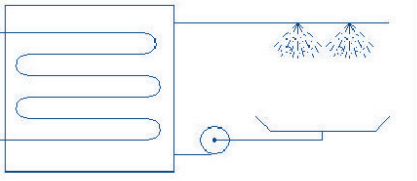
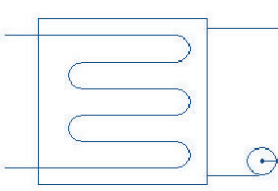
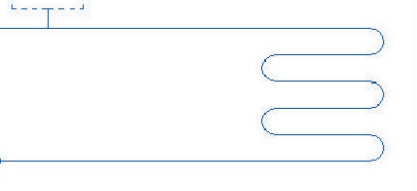
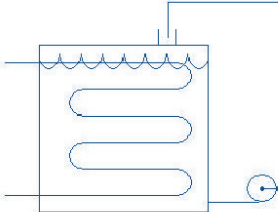
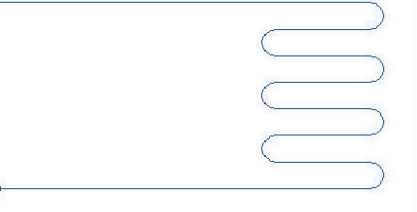
Cuando el fluido refrigerante secundario enfriado o calentado por el sistema de refrigeración entra en contacto con la sustancia a ser enfriada o calentada.

4.6 SISTEMA SENCILLO DE ROCIADO ABIERTO INDIRECTO

Cuando el refrigerante secundario está en contacto directo con la sustancia a ser enfriada o calentada.

⁴ CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO, traducido y adaptado del Standard 15-2007 ANSI/ASHRAE.

Figura 1. Designación de sistemas de refrigeración.

DESIGNACIÓN	Enfriamiento o calentamiento primario	Enfriamiento o calentamiento secundario
Sistema directo		
Sistema sencillo de rociado abierto indirecto		
Sistema doble de rociado abierto indirecto		
Sistema cerrado indirecto		
Sistema cerrado venteado indirecto		

Norma 15-2007 ANSI/ASHRAE, Seguridad para sistemas de refrigeración.

5. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN POR SU SEGURIDAD⁵

Los sistemas de refrigeración se clasifican de acuerdo al grado de probabilidad que una fuga de refrigerante ingrese a una determinada área:

5.1 SISTEMA DE ALTA PROBABILIDAD

Es cualquier sistema en el cual el diseño básico o la localización de los componentes, es tal que una fuga de refrigerante de una conexión, sello, o componente en malas condiciones, ingresa al espacio ocupado.

Típicamente los sistemas con alta probabilidad son:

- * Sistemas directos
- * Sistemas sencillos de rociado abierto indirecto, en los cuales el refrigerante es capaz de producir mayor presión que el fluido refrigerante secundario.

5.2 SISTEMA DE BAJA PROBABILIDAD

Es cualquier sistema en el cual el diseño básico, o la localización de los componentes, es tal que una fuga de refrigerante de una conexión, sello, o componente en malas condiciones, no ingresa al espacio ocupado.

Típicamente los sistemas con baja probabilidad son:

- * Sistemas cerrados indirectos.
- * Sistemas dobles de rociado abierto indirecto.
- * Sistemas sencillos de rociado abierto indirecto, si la siguiente condición se cumple:

En un sistema de rociado abierto indirecto de baja probabilidad, la presión del refrigerante secundario es mayor que la presión del refrigerante en todas las condiciones de operación y de reposo.

⁵ CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN POR SU SEGURIDAD, traducido y adaptado del Standard 15-2007 ANSI/ASHRAE.

6. USO DE REFRIGERANTES

6.1 DESIGNACIÓN DE LOS REFRIGERANTES

Según el estándar ASHRAE 34, se han clasificado los refrigerantes con una codificación alfanumérica que inicia con la letra R mayúscula seguida por uno, dos o tres dígitos de acuerdo a sus componentes químicos. Esta codificación se debe interpretar de la siguiente forma:

R - XYZ_a

R = De la palabra refrigerante

X = Número de átomos de Carbono menos uno (- 1) (cuando este último dígito es cero no se escribe en su denominación)

Y = Número de átomos de Hidrogeno más uno (+ 1)

Z = Número de átomos de Flúor (en los compuestos que carezcan de Bromo)

A = Letra en minúscula que indica la existencia de isómeros (compuesto que contiene los mismos átomos pero con diferente distribución de los mismos alrededor de la cadena de carbonos).

Para los compuestos de dos carbonos en los cuales se pueden presentar tres (3) isómeros se incluyen subíndices con las letras a, b. En el caso de compuestos de tres carbonos se utilizan las letras a, b, c, etc. dependiendo de las combinaciones que puedan presentarse.

Las letras se asignan por la distribución de átomos en el carbono central de la cadena, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 1. Codificación de la estructura de los isómeros.

Átomo del carbono central	Letra código
-CCl ₂ -	A
-CCIF-	B
-CF ₂ -	C
-CCIH-	D
-CHF-	E
-CH ₂ -	F

* Un ejemplo de cómo se construye la denominación de un refrigerante a partir de la siguiente formulación, es:

$$R = (C-1) + (H+1) + F$$

C = No de átomos de carbono.

H = No de átomos de Hidrógeno

F = No de átomos de Flúor

Cl = No de átomos de cloro

Las letras dependen también de peso molecular de los átomos en cada carbono se muestra a continuación:

Tabla 2. Ejemplo de una segunda manera de interpretar la codificación de la estructura de los isómeros.

R-141	CHFCI - CH ₂ Cl (Pesos atómicos entre los 2 carbonos = 37.5 y 55.5)
R-141 ^a	CHCl ₂ - CH ₂ F (Pesos atómicos entre los 2 carbonos = 21 y 72)
R-141b	CFCl ₂ - CH ₃ (Pesos atómicos entre los 2 carbonos = 3 y 90)

6.1.1 Denominación de compuestos orgánicos e inorgánicos

Los compuestos orgánicos misceláneos tienen asignada la serie 600, ejemplo R600a para el isobutano; mientras que los compuestos inorgánicos tienen asignada la serie 700 y su número de identificación se completa agregando la masa molecular.

6.2 CLASIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LOS REFRIGERANTES

6.2.1 Refrigerantes de un solo componente

Son clasificados dentro de grupos de seguridad, basados en toxicidad y flamabilidad, de acuerdo con la Norma 34 ANSI/ASHRAE, Designación y clasificación de seguridad de refrigerantes.

6.2.2 Mezclas

Las mezclas de refrigerantes serán clasificadas según su composición de fraccionamiento

de acuerdo con la Norma 34 ANSI/ASHRAE, Designación y clasificación de seguridad de refrigerantes.

6.2.3 Clasificación de seguridad.

Esta clasificación consiste en una denominación alfanumérica de dos caracteres. La letra en mayúscula, que puede ser la A o la B, indica la toxicidad y el número, que puede ser el 1, el 2 o el 3, indica la inflamabilidad.

6.2.3.1 CLASE A.

Refrigerantes cuyo nivel de toxicidad, en concentraciones iguales o inferiores a las 400ppm por volumen, no ha sido identificada.

6.2.3.2 CLASE B.

Refrigerantes con evidencia de toxicidad, en concentraciones inferiores a las 400ppm por volumen.

6.2.3.3 CLASE 1.

Refrigerantes que no muestran propagación de flama, cuando se realiza un ensayo en el aire, bajo unas condiciones de 101kPa y de 21°C.

6.2.3.4 CLASE 2.

Refrigerantes que tienen un Límite Inferior de Inflamabilidad (LII de + 0.10 kg/m³) bajo unas condiciones de 101kPa y de 21°C y un calor de combustión menor que 19000kJ/kg.

6.2.3.5 CLASE 3.

Refrigerantes que son altamente inflamables, que tienen un alto límite de inflamabilidad (igual o inferior a 0.1kg/m³) bajo unas condiciones de 101kPa y de 21°C ó un calor de combustión superior o igual a 19000kJ/kg.

Esta clasificación se muestra en la siguiente matriz:

Figura 2. Designación y clasificación de seguridad de refrigerantes.

GRUPO DE SEGURIDAD		
Aumento de inflamabilidad ↑	Alta inflamabilidad	A3 B3
	Baja inflamabilidad	A2 B2
	No propaga llama	A1 B1
		Baja toxicidad Alta toxicidad
	Aumento de toxicidad →	

Tabla 3. Asignación de los grupos de seguridad para algunos refrigerantes.

REFRIGERANTES DE UN SÓLO COMPONENTE

Refrigerante	Grupo de seguridad
R-11	A1
R-12	A1
R-13	A1
R-14	A1
R-21	B1
R-22	A1
R-23	A1
R-30	B2
R-31	A1
R-32	A2
R-40	B2
R-41	
R-50	A3
R-113	A1
R-114	A1
R-115	A1
R-116	A1
R-123	B1
R-124	A1
R-125	A1
R-134 ^a	A1
R-141b	A1
R-142b	A2
R-143b	A2
R-152 ^a	A2
R-170	A3
R-218	A1
R-290	A3
R-600	A3
R-600a	A3
R-610	
R-611	B2
R-620	
R-630	
R-631	
R-702	A3
R-704	A1
R-717	B2
R-718	A1
R-720	A1
R-728	A1
R-732	A1
R-740	A1
R-744	A1
R-764	B1
R-1150	A3
R-1270	A3

MEZCLAS ZEOTRÓPICAS

Refrigerante	Grupo de seguridad
R-400	A1
R-401A	A1
R-401B	A1
R-401C	A1
R-402A	A1
R-402B	A1
R-403A	A1
R-403B	A1
R-404A	A1
R-405A	A1
R-406A	A2
R-407A	A1
R-407B	A1
R-407C	A1
R-407D	A1
R-407E	A1
R-408A	A1
R-409A	A1
R-409B	A1
R-410A	A1
R-410B	A1
R-411A	A2
R-411B	A2
R-412A	A2
R-413A	A2
R-414A	A1
R-414B	A1
R-415A	A2
R-415B	A2
R-416A	A1
R-417A	A1
R-418A	A2
R-419A	A2
R-420A	A1

MEZCLAS AZEOTRÓPICAS

Refrigerante	Grupo de seguridad
R-500	A1
R-501	A1
R-502	A1
R-503	-
R-504	-
R-505	-
R-506	-
R-507A	A1
R-508A	A1
R-508B	A1
R-509A	A2

Tabla 4. Clasificación, denominación, fórmula química y grupo de seguridad de algunos refrigerantes.

Clasificación	Denominación	Composición o fórmula química	Clasificación de seguridad
REFRIGERANTES INORGÁNICOS			
R717	Amoniaco	NH ₃	B2
R718	Agua	H ₂ O	A1
R744	Dióxido de carbono	CO ₂	A1
REFRIGERANTES ORGÁNICOS			
Hidrocarburos			
R170	Etano	CH ₃ CH ₃	A3
R290	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	A3
R600a	Isobutano	CH(CH ₃) ₂ CH ₃	A3
Halo carbonados			
Clorofluorocarbonados (CFC)*			
R11	Triclorofluorometano	CCl ₃ F	A1
R12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂	A1
Hiclorofluorocarbonados (HCFC)**			
R22	Clorodifluorometano	CHClF ₂	A1
R141b	1,1-dicloro-1-fluoroetano	CH ₃ CCl ₂ F	A2
R142b	1-cloro-1,1-difluoroetano	CH ₃ CClF ₂	A2
Hidrofluorocarbonados (HFC)			
R32	Difluorometano	CH ₂ F ₂	A2
R125	Pentafluoroetano	CHF ₂ CF ₃	A1
R134a	1,1,1,2-tetrafluoroetano	CH ₂ FCF ₃	A1
R143a	1,1,1-trifluoroetano	CH ₃ CF ₃	A2
R152a	1,1-difluoroetano	CH ₃ CHF ₂	A2
Mezclas azeotrópicas***			
R502		R22/R115 (48.8/51.2)	A1
R507		R125/R143a (50/50)	A1
Mezclas zeotrópicas***			
R404A		R125/R143a/R134a (44/52/4)	A1
R407C		R32/R125/R134a (23/25/52)	A1
R410A		R32/R125 (50/50)	A1

Fuente: UTO. Cartilla "El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales".2006.

* El Protocolo de Montreal establece que se suspende producción de equipos nuevos con refrigerantes CFCs en el año 1999 y se elimina su producción definitiva en 2010.

** El protocolo de Montreal, establece que se suspende producción de equipos nuevos con refrigerantes HCFCs en el año 2016 y se elimina su producción definitiva en 2040.

*** Las fechas de suspensión de producción de equipos nuevos y eliminación total, son acordes a la composición de CFCs o HCFCs.

6.3 PROCEDIMIENTOS SEGUROS DE MANEJO DE REFRIGERANTES

6.3.1 Detección de fugas

Los detectores de fugas únicamente permiten descubrir o identificar las fugas de gas en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado, pero no sirven para identificar el tipo de gas que se encuentra en un sistema o recipiente. Existen diferentes tipos de equipos y procedimientos para descubrir o detectar las fugas en un sistema.

6.3.1.1 Método del agua - jabón

Consiste simplemente en preparar una mezcla de agua y jabón y aplicarla en los componentes o uniones de los sistemas donde se presume pueden estar las fugas; en el lugar donde se encuentre la fuga se formaran burbujas que se pueden detectar a simple vista.

6.3.1.2 Detectores por contraste de luz UV

Se utilizan aditamentos con tintes UV o fluorescentes. Estos aditamentos se incorporan en el sistema para que circulen junto con el gas refrigerante y a través de una lámpara de luz ultravioleta o a simple vista se inspecciona la tubería y componentes del equipo detectando las fugas gracias al brillo fluorescente que emite el aditamento.

6.3.1.3 Detectores de llama

Este procedimiento funciona utilizando un dispositivo que desprende una llama constante de color azul (producida por la quema de gas propano o butano). El dispositivo se pasa a lo largo de la tubería del sistema de refrigeración y cuando se encuentra una fuga de gas, la llama se torna de color verde indicando la ubicación del punto de fuga.

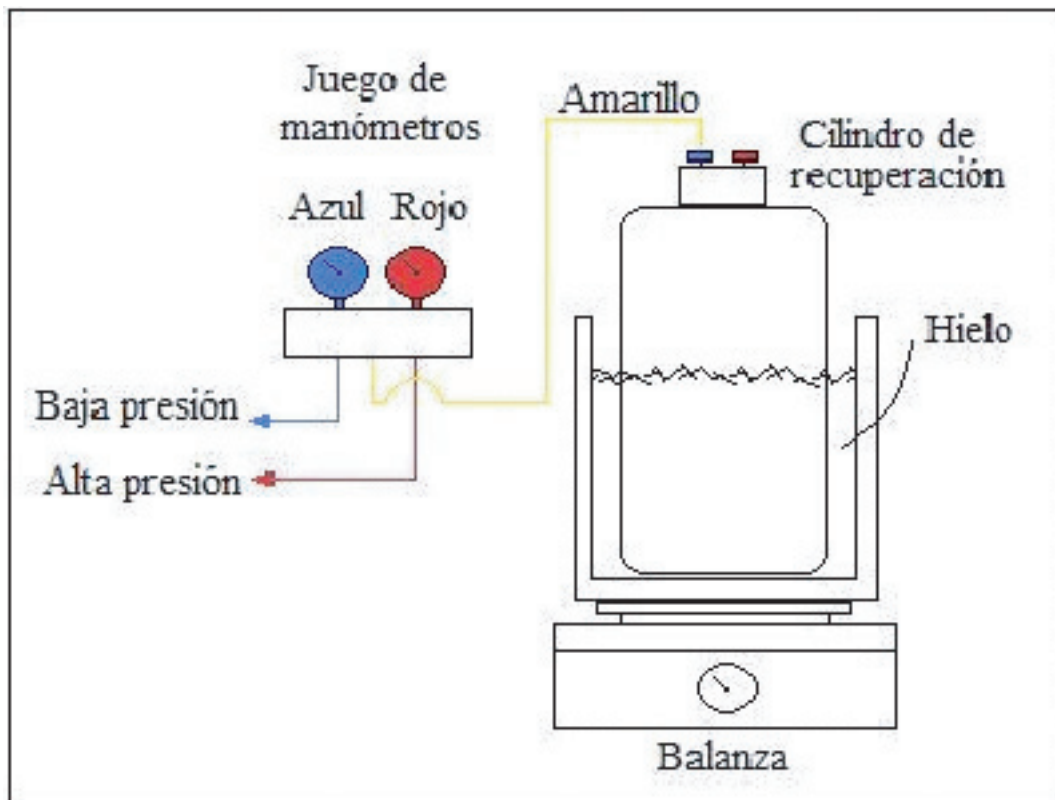
6.3.2 Recuperación

6.3.2.1 Métodos de recuperación sin equipos

Como su nombre lo indica, estos métodos no utilizan un equipo de recuperación. Para generar la diferencia de presión necesaria se emplean técnicas recursivas que buscan disminuir la presión en el cilindro de recuperación y/o elevar la presión de condensación del sistema.

Se enunciarán dos métodos de recuperación sin equipos, entendiendo que, en la práctica, pueden tener múltiples variaciones. En el primer método, conocido como migración de carga, se suele enfriar el cilindro de recuperación, rodeándolo con hielo dentro de un tanque, según se observa en la siguiente gráfica:

Figura 3. Método de migración de carga



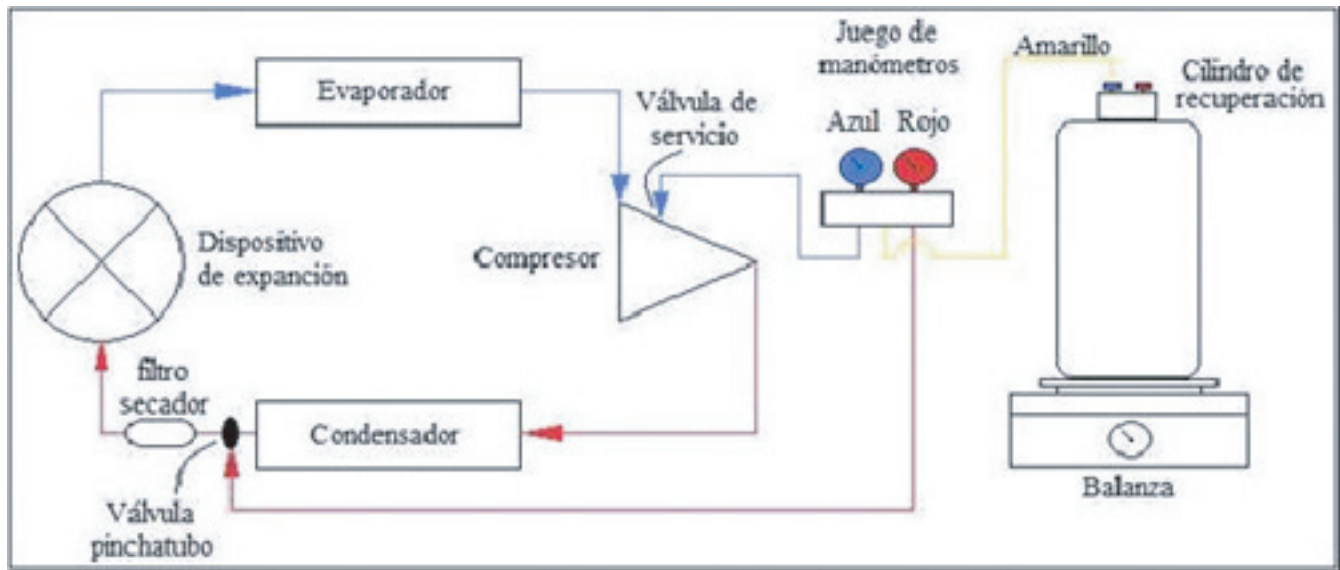
Para efectos de interpretación de gráficos de este documento, se adoptan el siguiente código de colores:

- " Amarillo: salida del manómetro sin importar su presión.
- " Azul: líneas y/o tuberías de baja presión, y válvulas de líquido (en cilindros de recuperación).
- " Rojo: líneas y/o tuberías de alta presión, y válvulas de vapor (en cilindros de recuperación).

En el segundo método, conocido como recuperación pasiva acelerada, es condición necesaria que el compresor del sistema esté funcionando. En la gráfica siguiente se

observa la conexión sugerida para un sistema de compresor hermético, sin válvula de servicio. El mismo compresor del sistema genera la diferencia de presión requerida para que el refrigerante se desplace hacia el cilindro de recuperación, verificando constantemente que la presión de succión del compresor no funcione por debajo de 0 psig.

Figura 4. Método de recuperación pasiva acelerada.



6.3.2.2 Métodos de recuperación con equipos

Los equipos o unidades recuperadoras se clasifican en:

- * Unidades de Recuperación, que recuperan o remueven el refrigerante.
- * Unidades de Recuperación / Reciclado (R y R), que recuperan y reciclan el producto.

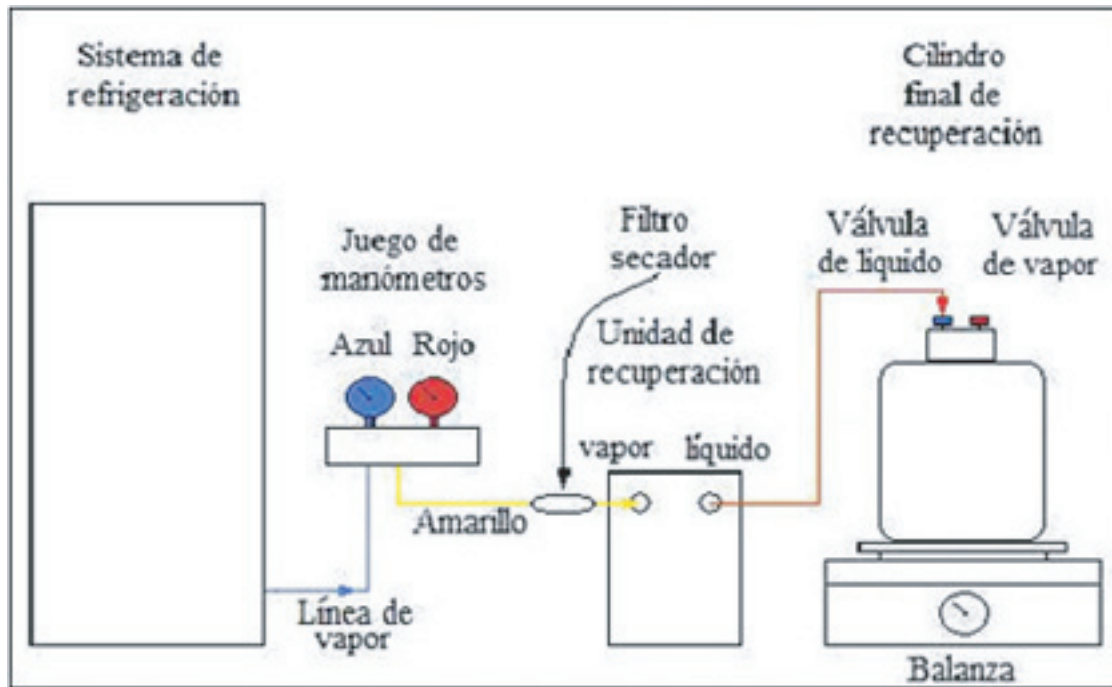
Los métodos de recuperación pueden clasificarse en función de las fases de transvase.

6.3.2.2.1 Recuperación por transferencia de vapor

Este método complementa la recuperación, asegurando que todo el refrigerante sea retirado del sistema y consiste en permitir que el flujo de refrigerante en estado de vapor desde el sistema hacia un cilindro de recuperación.

La manguera del sistema se conecta en la línea de succión, es decir, entre el evaporador y el compresor. La función principal de la máquina recuperadora es disminuir la presión del sistema; una vez inicie el flujo del refrigerante en estado de vapor, la máquina lo condensa y lo deposita en el cilindro de recuperación en estado líquido. Ahora bien, si se hace uso de este método para recuperar todo el refrigerante, esto exigirá más tiempo que cuando se transfiere en estado líquido, y por lo tanto esta consideración debe ser tomada en cuenta cuando se seleccione el método de recuperación para un sistema en particular.

Figura 5. Recuperación por transferencia de vapor.



6.3.2.2 Métodos de recuperación con equipos
Los equipos o unidades recuperadoras se clasifican en:

- * Unidades de Recuperación, que recuperan o remueven el refrigerante.
- * Unidades de Recuperación / Reciclado (R y R), que recuperan y reciclan el producto.

Los métodos de recuperación pueden clasificarse en función de las fases de transvase.⁶

6.3.2.2.1 Recuperación por transferencia de vapor.⁷

Este método complementa la recuperación, asegurando que todo el refrigerante sea retirado del sistema y consiste en permitir que el flujo de refrigerante en estado de vapor desde el sistema hacia un cilindro de recuperación.

La manguera del sistema se conecta en la línea de succión, es decir, entre el evaporador y el compresor. La función principal de la máquina recuperadora es disminuir la presión del sistema; una vez inicie el flujo del refrigerante en estado de vapor, la máquina lo condensa y lo deposita en el cilindro de recuperación en estado líquido. Ahora bien, si se hace uso de este método para recuperar todo el refrigerante, esto exigirá más tiempo que cuando se transfiere en estado líquido, y por lo tanto esta consideración debe ser tenida en cuenta cuando se seleccione el método de recuperación para un sistema en particular.

⁶ DOOLCO, Inc. La Biblia Doolin Para el Técnico Reparador. Dallas, Texas 75229. 2000.

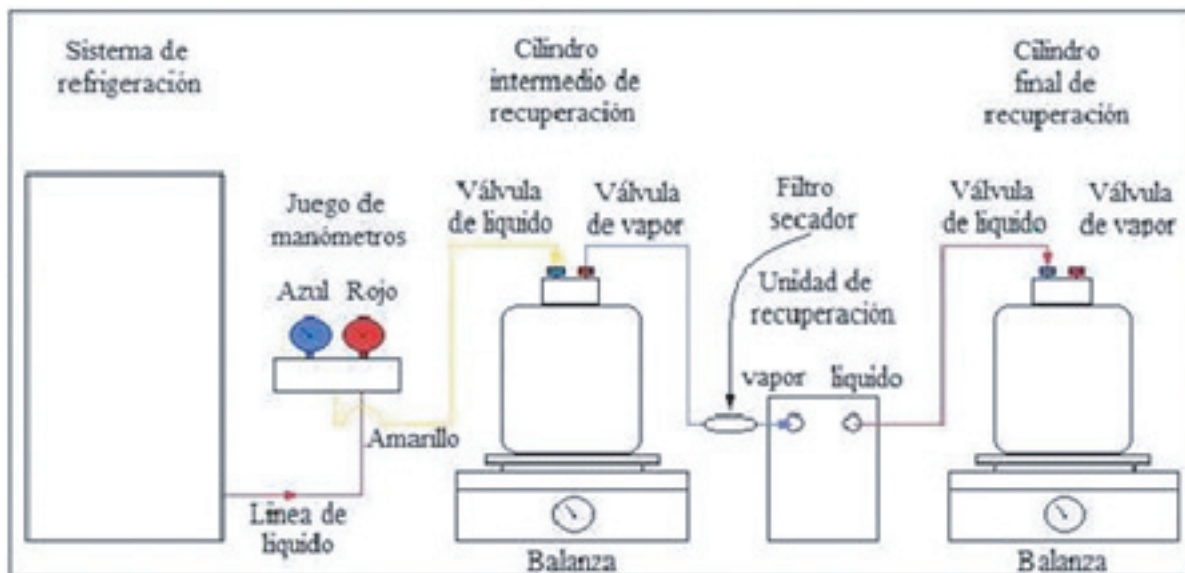
⁷ Unidad Técnica Ozono - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Cartilla "El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales". Santa Fe de Bogotá, D.C. 2007. UTO, Manual de buenas prácticas en refrigeración. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá D.C. 2005.

- * Mediante una válvula, conectar una manguera desde el lado de baja presión del puerto de acceso del sistema (lo más cercano posible a la succión del compresor) hacia la válvula de succión de la unidad recuperadora.
- * La otra manguera se conecta desde la descarga de la unidad de recuperación hasta la entrada del tanque o cilindro de recuperación.
- * Una vez listas las conexiones, el dispositivo se arranca y comienza la recuperación.
- * Al completarse el proceso, se cierra la válvula del lado de baja presión y se deja asentar el sistema por lo menos 5 minutos. Si la presión se eleva a 10 psig o más, es probable que hayan permanecido restos de refrigerante líquido a través del sistema, por lo que será necesario reiniciar el proceso.

6.3.2.2 Recuperación por transferencia de líquido

La manguera del sistema se conecta en la línea de líquido. La función principal de la máquina recuperadora es disminuir la presión al interior del primer cilindro, para lo cual se requieren dos cilindros: el primero recibe el refrigerante líquido que sale directamente del sistema; el segundo recibe el refrigerante que la máquina recuperadora extrae en estado de vapor del primer cilindro, facilitando el flujo del refrigerante desde el sistema de refrigeración.

Figura 6. Recuperación por transferencia de líquido.



6 DOOLCO, Inc. La Biblia Doolin Para el Técnico Reparador. Dallas, Texas 75229. 2000.

7 Unidad Técnica Ozono - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Cartilla "El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales". Santa Fe de Bogotá, D.C. 2007. UTO, Manual de buenas prácticas en refrigeración. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá D.C. 2005.

Los accesorios y equipos mínimos necesarios para realizar una recuperación por transferencia de líquido son los siguientes:

- * El sistema de refrigeración a recuperar
- * Juego de manómetros con mangueras
- * Máquina recuperadora
- * Dos cilindros de recuperación

Este método requiere un cilindro con válvula de dos puertos y la conexión de mangueras por la línea de líquido (después del condensador).

La unidad de transferencia bombea el vapor de refrigerante de la parte superior del cilindro y presuriza la unidad de refrigeración. La diferencia de presión entre el cilindro y la unidad transfiere el refrigerante líquido hacia el cilindro. Una vez que se ha removido el líquido, el vapor restante es removido al cambiar las conexiones.

Se recomienda cambiar el filtro de la unidad de recuperación al terminar el proceso, reemplazar con frecuencia el filtro deshidratador cuando esté en constante uso y purgar las mangueras antes de transferir un refrigerante.

6.3.2.2.3 Recuperación por compresión y aspiración o push/pull.

Este método consiste en forzar el flujo de refrigerante en estado líquido del sistema a un cilindro de recuperación, utilizando la máquina recuperadora para aumentar la presión en el sistema.

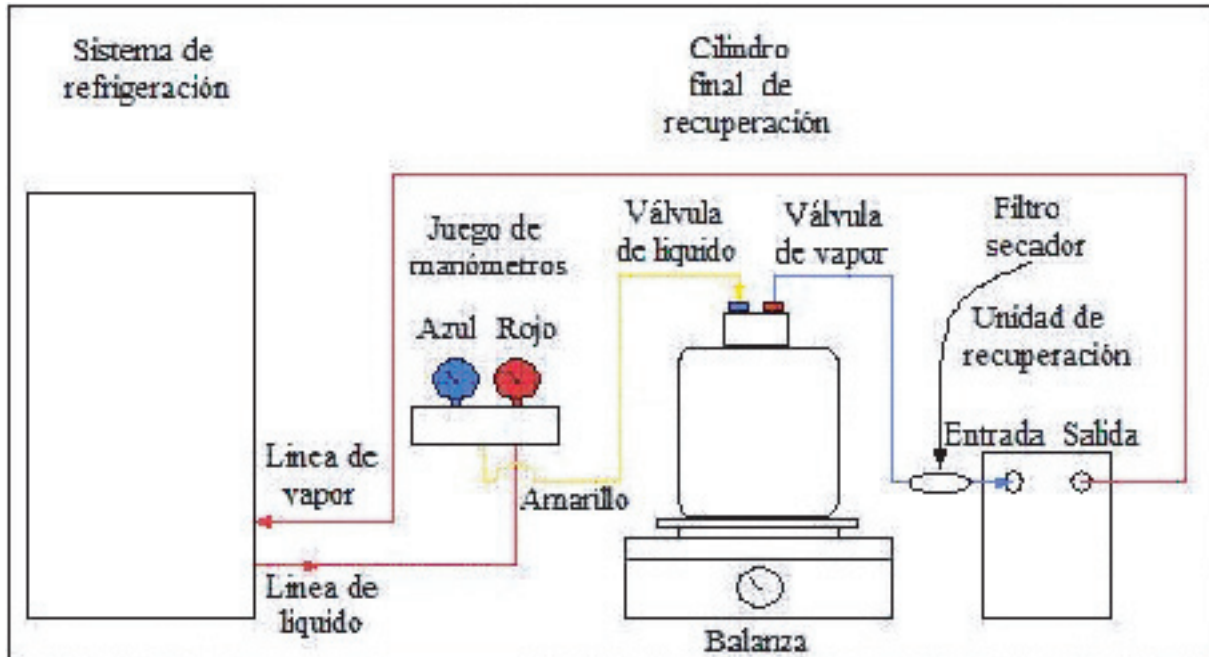
El proceso de recuperación inicia cuando la unidad de recuperación disminuye la presión del cilindro, generando un efecto de succión (movimiento "pull") que inducirá la salida del refrigerante líquido del sistema. Las condiciones ambientales causan que, parte del refrigerante recuperado en el cilindro, se evapore. Para mantener la diferencia de presión entre el sistema y el cilindro, la unidad recuperadora succiona el refrigerante evaporado y lo inyecta nuevamente al sistema (movimiento "push").

Para lograr una recuperación exitosa con este método, se conecta la válvula de gas del cilindro a la unidad de recuperación y la válvula de líquido del cilindro a la línea de líquido del sistema.

Consideraciones generales:

- * Recuperar refrigerante contaminado solamente en cilindros que contengan refrigerante contaminado y estén debidamente marcados con esta característica.
- * Recuperar los diferentes tipos de refrigerantes en cilindros designados para cada uno de ellos.
- * Llenar los cilindros solamente hasta el 80% de su capacidad de almacenamiento.
- * Utilizar solamente cilindros apropiados, cilindros de recuperación.

Figura 7. Recuperación por compresión y aspiración



6.3.2.3 Seguridad para los tres métodos

- *Llevar siempre gafas de protección y guantes mientras trabaja en sistemas de refrigeración.
- *Asegurarse que el espacio en el se trabaja, esté lo suficientemente ventilado, especialmente si se sospecha de alguna fuga.
- *Leer las hojas de seguridad de los refrigerantes con los que vaya a entrar en contacto. Obtenga las hojas de datos de seguridad de su proveedor de refrigerante.
- *No utilizar oxígeno para comprobar las fugas. Cualquier aceite en contacto con el oxígeno bajo presión formará una mezcla explosiva.
- *Desconectar el sistema del suministro eléctrico antes de intervenir.
- *Almacenar siempre los envases de refrigerante en un lugar fresco y seco.
- *Abrir lentamente las válvulas de servicio y de los envases de refrigerante. Esto le ayudará a controlar rápidamente el caudal de los gases si existe algún peligro.
- *Una vez seguros de que no existe peligro alguno, abrir las válvulas totalmente.
- *Mantener todo limpio, seco y debidamente conectado con el sistema de refrigeración.
- *Impedir el ingreso de humedad.

6.3.2 Aplicación de refrigerante.8

Por razones de seguridad se deben utilizar adecuadamente los elementos de protección personal (EPP). Se requiere determinar la cantidad de refrigerante a cargar. La carga de refrigerante la suministra el fabricante del sistema de refrigeración; sin embargo, en ausencia de ésta información, existen procedimientos que permiten hacer un buen ajuste práctico de dicha carga.

Se deben tener a la mano las tablas de presión y temperaturas del refrigerante a usar. El refrigerante se debe cargar por la línea de líquido. También se puede cargar por la línea de succión, siempre y cuando se asegure que el refrigerante está en estado gaseoso.

No todos los refrigerantes se pueden cargar por baja: todas las mezclas zeotrópicas de la serie R-400 solo se cargan por la línea de líquido y con el sistema de refrigeración apagado, ya que se desconoce el comportamiento de sus componentes en estado gaseoso y se podría cargar más porcentaje de un componente que otro de la mezcla.

Si el filtro del sistema posee una válvula, no se debe utilizar para la carga de refrigerante. La carga inicial se debe realizar con el sistema apagado, aprovechando la diferencia de presión entre el vacío del sistema y la presión positiva del cilindro que contiene refrigerante.

* **Carga y ajuste por peso.** Se requiere que el sistema no tenga una carga inicial de refrigerante. Esta es la forma más fácil, siempre que el equipo haya sido desarrollado por un fabricante y facilite la carga de refrigerante en peso óptimo para su equipo. Si el equipo es compacto, con tuberías instaladas en fábrica, se utiliza una balanza con la cual se mide el peso del cilindro que contiene una cantidad inicial de refrigerante.

Se realizan las conexiones necesarias y se procede a cargar el sistema. La cantidad exacta de refrigerante estará dada por la lectura de la balanza hasta que la diferencia en peso sea igual a la cantidad óptima suministrada por el fabricante. En el caso de sistemas que requieran instalación de tubería (split), se calcula una carga adicional de refrigerante teniendo en cuenta la longitud y diámetro de la tubería y el valor adicional en peso que recomienda el fabricante para un refrigerante en particular.

* **Ajuste de carga por el valor de sobrecalentamiento del refrigerante:** cuando se requiera ajustar la carga de refrigerante, verifique que la presión del sistema y la del cilindro de carga sean iguales y luego proceda a encender el sistema. Con el manómetro se mide la presión de succión del refrigerante y con las Tablas P-T de refrigerante saturado se obtiene la temperatura de saturación. Con un termómetro (de contacto, infrarrojo, termocupla, etc.) se mide la temperatura del refrigerante en la línea de succión del compresor. La diferencia entre el valor de temperatura medida y el valor de temperatura leída en tabla debe estar entre 5 y 8° C.:

8 Basado de las referencias 1, 6 y 9.

- Si el valor es superior a 8° C, quiere decir que la última gota de líquido se ha evaporado antes de salir del evaporador, por lo que el refrigerante llegará más sobrecalentado al compresor y se corre el riesgo de tener una temperatura muy alta en la descarga del compresor. Hay una carga insuficiente de refrigerante. Para corregir, se agrega lentamente más refrigerante hasta obtener un valor de temperatura en el rango de referencia.

- Si el valor es inferior a 5° C, en refrigerantes puros o en mezclas zeotrópicas, quiere decir que existen gotas de refrigerante líquido en la línea de succión, en este caso se puede ocasionar un deterioro mecánico del compresor, que no está diseñado para comprimir líquido. Hay un exceso de refrigerante en el sistema. Para corregir, ajuste la válvula de expansión, restringiendo el flujo de refrigerante. Este procedimiento sólo es válido para ajustes muy pequeños. Si el elemento de expansión del sistema es fijo, hay que recuperar el exceso de refrigerante.

A continuación, pasos generales para poner en práctica cuando se manipulen recipientes a presión:

* Utilizar el regulador de presión apropiado en un cilindro. Cada regulador está diseñado para un rango de presiones determinado y para un tipo de gas específico. No trate de adaptar o modificar un regulador para que se ajuste a un cilindro. Los reguladores están diseñados para entallar válvulas específicas de cilindros, para evitar el uso inapropiado. Las válvulas están hechas normalmente en forma de ángulo recto, que permite colocarle un tapón de seguridad. Estos protegen a la válvula y el cilindro contra un aumento inesperado de presión permitiendo escapes del gas.

* Mantener siempre calibrada las agujas de los manómetros, ésta calibración debe ser realizada por personal calificado o una entidad habilitada como ICONTEC. Cerciórese del rango de presiones para el cual está diseñado el regulador antes de utilizarlo.

* No transferir gases de un cilindro a otro. El gas puede ser incompatible con los residuos del gas que quedaron en el cilindro, o con el material del cilindro.

* Colocar todos los cilindros de tal manera que la válvula principal siempre está accesible. Cierre la válvula principal del cilindro cuando no esté en uso.

* Quitar los reguladores de los cilindros que no se usan, y siempre poner una tapa de seguridad para proteger la válvula.

* Asegurar los cilindros, no importa si estén vacíos o llenos para evitar que al caer dañen la válvula.

* Colocar la tapa de seguridad y asegurar el cilindro a un cargador en una posición vertical. Nunca rodar un cilindro.

* Marcar los cilindros vacíos y almacenarlos aparte.

* Impedir que se golpeen o se caigan los cilindros, sin importar que estén vacíos.

* No exponer los cilindros a una fuente de calor bajo ninguna condición.

6.3.4. Reconversión

La reconversión consiste en cambiar el refrigerante de un equipo, que tenga efectos nocivos para el medio ambiente, por un refrigerante transitorio o definitivo cuyos efectos sean mínimos para el mismo.

Se debe realizar sin cambiar las características de diseño del equipo de refrigeración, es decir, conservando su temperatura de aplicación y su respectiva capacidad frigorífica o de extracción de calor por unidad de tiempo.

La siguiente tabla indica los parámetros que dentro del sistema de refrigeración deben variar y los que deben permanecer constantes.

Para efectos de la siguiente tabla, se adopta la siguiente simbología:

- C: Para el parámetro que permanece constante.
- V: Para el parámetro que varía.

Tabla 5. Parámetros a tener en cuenta en el proceso de reconversión. ACAIRE, Curso Instalación y Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado Doméstico Módulo 3.

Refrigerante	Compresor	Evaporación		Condensación		Capacidad frigorífica	Dispositivo de expansión	Cantidad de Refrigerante
		Presión	Temperat.	Presión	Temperat.			
V	C	V	C	V	C	C	V	V

6.3.5 Restricciones de uso de refrigerantes

La cantidad de refrigerante en cada sistema de refrigeración, independientemente de la clasificación por seguridad, no excederá la cantidad que se muestra en la tabla 6. Para mezclas de refrigerantes no listados en dicha tabla, la cantidad de cada componente será limitado en igual proporción y el total de todos los componentes en cada sistema, no debe exceder de 69,100 ppm en volumen bajo riesgo de liberación al espacio. Para determinar el volumen del espacio en el que se pueda liberar un cierto refrigerante, se debe calcular el volumen del espacio y la masa de refrigerante que se podría dispersar en caso de fuga.

Para ocupaciones institucionales, los valores que se muestran en la tabla 6 serán reducidos a un 50% para todas las áreas de ocupación institucional. También, el total de los grupos A2, B2, A3, y B3 de refrigerantes, no excederá 250kg en las áreas ocupadas y cuartos de maquinas.

6.4.1 Excepciones


* Equipos que contengan más de 3.3 Kg. de refrigerante, independientemente de su clasificación de seguridad de refrigerante, teniendo en cuenta que el equipo sea instalado de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

* Equipos para laboratorios con más de 9.3 m² de espacio por persona, independientemente de la clasificación de seguridad del refrigerante, teniendo en cuenta que el equipo sea instalado de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Tabla 6. Cantidad de refrigerante por espacio ocupado.

REFRIGERANTE	CANTIDAD DE REFRIGERANTE POR ESPACIO OCUPADO	
	En volumen	En masa
	[ppm]	[g/m ³]
GRUPO A1		
R-11	4000	25
R-12	40000	200
R-13	67000	290
R-13B1	57000	350
R-14	67000	240
R-22	42000	150
R-113	4000	31
R-114	21000	150
R-115	67000	430
R-134	60000	250
R-C318	67000	550
R-500	47000	200
R-502	65000	300
R-503	67000	240
R-744	50000	91
GRUPO A2		
R-142b	14000	60
R-152a	7000	20
GRUPO A3		
R-170	6400	8
R-290	4400	8
R-600	3400	8.2
R-600a	3400	8.2
R-1150	5200	6
R-1270	3400	5.9
GRUPO B1		
R-123	1000	6.3
R-764	100	0.26
GRUPO B3		
R-40	10000	21
R-611	5000	12
R-717	500	0.35

7. HOJAS DE SEGURIDAD DE ALGUNOS REFRIGERANTES

AMONIACO (ANHIDRO)			
N°CAS 7664-41-7 N° NU 1005 N° ICSC 0414 N° RTECS BO0875000 N° CE 007-001-00-5		AMONIACO (ANHIDRO) Trihidruro de nitrógeno NH ₃ Masa molecular: 17.03	
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable. Combustible en condiciones específicas. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.	Evitar llama abierta.	Cortar el suministro. Si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, deje que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos se apaga con polvos, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Mezclas de amoniaco y aire originarán explosión si se encienden en condiciones inflamables.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosiones.	En caso de incendio: mantener fría la botella por pulverización con agua.
EXPOSICION		¡EVITAR TODO CONTACTO!	
INHALACION	Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria. (Síntomas de efectos no inmediatos: véanse Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semi incorporado y atención médica. Respiración artificial si estuviera indicado.
PIEL	EN CONTACTO CON LIQUIDO: CONGELACION.	Guantes aislantes del frío, traje de protección.	EN CASO DE CONGELACION: Aclarar con agua abundante. NO quitar la ropa y solicitar atención médica.
OJOS	Quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después consultar a un médico.
INGESTION			
DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Evacuar la zona de peligro; consultar a un experto; ventilación. Si las botellas tienen fugas: NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido. Trasladar la botella a un lugar seguro a cielo abierto, cuando la fuga no pueda ser detenida. Si está en forma líquida dejar que se evapore. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio. Separado de oxidantes, ácidos, halógenos. Mantener en lugar frío. Ventilación a ras del suelo y techo.	Botellas con accesorios especiales. símbolo T símbolo N R: 10-23-34-50 S: (1/2)-9-16-26-36/37/39-45-61 Clasificación de Peligros NU: 2.3 CE:	
			

AMONIACO (ANHIDRO)		
D A T O S - I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Gas licuado comprimido incoloro, de olor acre.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación.
	PELIGROS FISICOS El gas es más ligero que el aire. Dificil de encender. El líquido derramado tiene muy baja temperatura y se evapora rápidamente.	RIESGO DE INHALACION Al producirse una pérdida de gas se alcanza muy rápidamente una concentración nociva en el aire.
	PELIGROS QUIMICOS Se forman compuestos inestables frente al choque con fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva (p.ej: Aluminio y zinc). Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, halógenos e interhalógenos. Ataca el cobre, aluminio, cinc y sus aleaciones. Al disolverse en agua desprende calor.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION Corrosivo. Lacrimógeno. La sustancia es corrosiva de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación de altas concentraciones puede originar edema pulmonar (véanse Notas). La evaporación rápida del líquido puede producir congelación.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV (como STEL): 35 ppm; 24 mg/m3(ACGIH 1990-1991).	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: -33°C Punto de fusión: -78°C Densidad relativa (agua = 1): 0.68 at -33°C Solubilidad en agua: Buena (34 g/100 ml at 20°C) Presión de vapor, kPa a 26°C: 1013	Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.59 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): Punto de inflamación: (Veánse Notas)°C Temperatura de autoignición: 651°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 15-28
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
La sustancia es combustible pero no se encuentra en la bibliografía del punto de inflamación. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto a menudo hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son por ello imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un spray adecuado por un médico o persona por él autorizada. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. Nombre Comercial: Nitro-sil. Tarjeta de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-1. Código NFPA: H 3; F 1; R 0.		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 1-030 AMONIACO (ANHIDRO)		

Fuente: ACAIRE, Curso Instalación y Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado Domestico, Módulos 3. Bogotá. 2007.

* LISTA DE LAS HOJAS DE SEGURIDAD DE ALGUNOS REFRIGERANTES

- * R 290
- * R 600^o
- * R 22
- * R 141b
- * R 134^o
- * R 507
- * R 404^o
- * R 407C

8. BIBLIOGRAFÍA

ACAIRE, Curso Instalación y Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado Domestico, Módulos 1, 2, y 3. Bogotá. 2007.

ANSI/ASHRAE Standard 15- 2007, Safety Standard for Refrigeration System. American Society of Heating, Refrigeration and Air- Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA. 30329. 2007.

ANSI/ASHRAE Standard 32.1- 1997, Methods of Testing for Rating Bottled and Canned Beverage Vending Machines. American Society of Heating, Refrigeration and Air - Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA. 30329. 1997.

ANSI/ASHRAE Standard 32.2- 1997, Methods of Testing for Rating Bottled and Canned Beverage Vending Machines. American Society of Heating, Refrigeration and Air - Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA. 30329. 1997.

ANSI/ASHRAE Standard 34- 2004, Designation and Safety Classification of Refrigerants. American Society of Heating, Refrigeration and Air - Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA. 30329. 2004.

ANSI/ASHRAE Standard 147- 2002, Reducing the Release of Halogenated Refrigerants from Refrigeration and Air -Conditioning Equipment System. American Society of Heating, Refrigeration and Air - Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, GA. 30329. 2002.

DOSSAT, Roy J., Principios de Refrigeración. México 22, D.F. 1968.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Buenas Prácticas en Refrigeración, Recuperación y reciclaje de refrigerantes. Santa Fe de Bogotá, D.C.

Unidad Técnica Ozono, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Cartilla "El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales". Bogotá D.C. 2007.

Unidad Técnica Ozono, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Manual de buenas prácticas en refrigeración. Bogotá D.C. 2005.

UTP, Universidad Tecnológica de Pereira, Grupo de Investigación de Producción Más Limpia (PML). Proyecto: Variables Ambientales. Introducción a la Recuperación y Reciclaje de refrigerantes. Pereira. 2006.

9. LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Designación de sistemas de refrigeración. Norma 15-2007 ANSI/ASHRAE. Seguridad para sistemas de refrigeración.

Figura 2. Norma 34 ANSI/ASHRAE. Designación y clasificación de seguridad de refrigerantes.

Figura 3. Método de migración de carga.

Figura 4. Método de recuperación pasiva acelerada.

Figura 5. Recuperación por transferencia de vapor.

Figura 6. Recuperación por transferencia de líquido.

Figura 7. Recuperación por compresión y aspiración.

10. LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Norma 34-2004 ANSI/ASHRAE. Codificación de la estructura de los isómeros.

Tabla 2. Ejemplo de una segunda manera de interpretar la codificación de la estructura de los isómeros.

Tabla 3. Asignación de los grupos de seguridad para algunos refrigerantes.

Tabla 4. Clasificación, Denominación, Fórmula química y grupo de seguridad de algunos refrigerantes. UTO, Manual de buenas prácticas en refrigeración.

Tabla 5. Parámetros a tener en cuenta en el proceso de reconversión. ACAIRE, Curso Instalación y Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado Doméstico Módulo 3.

Tabla 6. Cantidad de refrigerante por espacio ocupado. Norma 15-2007 ANSI/ASHRAE, Seguridad para sistemas de refrigeración.

Tabla 7. Hojas de seguridad de algunos refrigerantes. ACAIRE, Curso Instalación y Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado Doméstico Módulo 3.

Documento elaborado por el comité de Normalización y Certificación ACAIRE

Miembros del comité de Normalización:

Camilo Botero

Fabio Clavijo

Hermann Clavijo - pasante de Ingeniería Mecánica, Universidad Santo Tomas de Aquino.

Aprobado por la Junta de Dirección General, Noviembre de 2007.