



Programa País **CARBONO NEUTRALIDAD** 2.0

Oficial del Gobierno de Costa Rica



PORTAFOLIO DE ACCIONES DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO **TEMA: GESTIÓN Y USO SEGURO DE REFRIGERANTES**

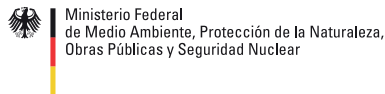




Con el apoyo de:



Por encargo de:



de la República Federal de Alemania



ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO:

El presente documento ha sido elaborado por la Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR) bajo la coordinación y con el financiamiento de la Cooperación alemana para el desarrollo, GIZ en el marco del proyecto global “Contribuciones Frescas para Combatir el Cambio Climático” (C4) por encargo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) en su Iniciativa Climática Internacional (ICI).

Versión del documento: 01. El presente documento se encuentra en su versión 01.

ÍNDICE

Acrónimos	4
Introducción	5
Objetivo del portafolio	5
¿A quién va dirigida esta guía?	5
¿Qué es una acción de mitigación?	5
La huella de carbono debido al uso de gases refrigerantes	5
¿Qué es un equipo de refrigeración y aire acondicionado y qué lo hace ecoeficiente?	6
Antecedentes	7
Conceptos básicos	8
Potencial de Agotamiento de Ozono (PAO)	8
Potencial de Calentamiento Global (PCG)	9
Tipos de gases refrigerantes	10
Inflamabilidad y toxicidad de los refrigerantes	13
Equipos de climatización	13
Equipos de refrigeración	17
Medidas de mitigación de gases de efecto invernadero en el sector RAC	20
Consideraciones ambientales para la elección de un sistema de refrigeración y aire acondicionado con refrigerantes alternativos	20
Regulación de uso de gases refrigerantes convencionales	20
Uso de los refrigerantes naturales	22
Medidas de ahorro energético en sistemas RAC	26
Ahorro energético en sistemas de climatización	26
Medidas de ahorro de hasta 10% de energía	27
Medidas de ahorro de hasta 25 % de energía	28
Ahorro energético en sistemas de refrigeración	28
Referencias	31
Anexos	32

FIGURAS Y CUADROS

Figura 1: Proceso de agotamiento de la capa de ozono por sustancias agotadoras de la capa de ozono	8
Figura 2: Efecto invernadero	9
Figura 3: Condensador evaporativo	14
Figura 4: Circuito refrigerante de refrigerador doméstico	18
Figura 5: Vista transversal de congelador horizontal doméstico	19
Cuadro 1: Características de los refrigerantes hidroclorofluorocarbonados (HCFC)	10
Cuadro 2: Características de los refrigerantes hidrofluorocarbonados (HFC)	11
Cuadro 3: Ejemplos de Refrigerantes Naturales	22
Cuadro 4: Carga de refrigerante hidrocarburo asociada a diversos tipos de aplicación	22

ACRÓNIMOS

AHRI - Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración, por sus siglas en inglés

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

CFC - Clorofluorocarbono

CICR - Cámara de Industrias de Costa Rica

CMNUCC - Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

CO₂ - Dióxido de Carbono

DCC - Dirección de Cambio Climático

DIGECA - Dirección de Gestión de Calidad Ambiental

GEI - Gases de Efecto Invernadero

GIZ - Cooperación alemana para el desarrollo, GIZ

GWP - Potencial de calentamiento global (PCG), por sus siglas en inglés

HC - Hidrocarburo

HCFC - Hidroclorofluorocarbono

HFC - Hidrofluorocarbono

HFO - Hidrofluoroleofinas

MINAE - Ministerio de Ambiente y Energía

NH₃ - Amoníaco

OTO - Oficina Técnica del Ozono

PAO - Potencial de Agotamiento de Ozono, (ODP, por sus siglas en inglés)

PCG - Potencial de Calentamiento Global, (GWP, por sus siglas en inglés)

PNUMA - Programa Naciones Unidas para el Medio Ambiente

RAC - Refrigeración y Aire Acondicionado

SAO - Sustancia Agotadora de la Capa de Ozono

TEWI - Impacto total equivalente de recalentamiento, por sus siglas en inglés

TLV - Threshold Limit Value

TWA - Time-Weighted Average

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO DEL PORTAFOLIO

Brindar información sobre la gestión y uso seguro de refrigerantes alternativos, equipos de refrigeración y aire acondicionado ecoeficientes como parte de las herramientas para implementar el Programa País Carbono Neutralidad 2.0, en las categorías organizacional y cantonal.

¿A QUIÉN VA DIRIGIDA ESTA GUÍA?

Esta guía tiene como público meta a los funcionarios técnicos municipales y de empresas u organizaciones del sector privado, tales como gestores ambientales y responsables de adquisición, instalación, operación, mantenimiento y adquisición de equipos de refrigeración y aire acondicionado; o a quien esté interesado en sustituir estos equipos por tecnologías más eficientes y de menor impacto ambiental.

¿QUÉ ES UNA ACCIÓN DE MITIGACIÓN?

Una acción de mitigación, según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC, 2014), se define como “una intervención humana para reducir las fuentes o aumentar los sumideros de gases de efecto invernadero”. Así, las acciones de mitigación son la principal herramienta para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a través del tiempo. Además, son uno de los componentes medulares para alcanzar la carbono-neutralidad y cumplir las metas fijadas por el país en la Contribución Nacionalmente Determinada. Por otro lado, a nivel territorial se debe procurar que las acciones de mitigación, además de reducir emisiones de GEI, mejoren la calidad de vida de los habitantes y que promuevan el desarrollo cantonal bajo en emisiones.

LA HUELLA DE CARBONO DEBIDO AL USO DE GASES REFRIGERANTES

Dentro de la familia de los GEI se encuentran los gases hidrofluorocarbonados (HFC). Conforme se reduce la importación de hidroc fluorocarbonos (HCFC), se incrementa la importación de los HFC. Estas sustancias se utilizan

para cargar equipos nuevos o para reponer el gas que se ha fugado a la atmósfera producto de una mala manipulación del equipo. Si no cambiamos los patrones de consumo, cada día emitiremos más gases de este tipo, con las terribles consecuencias que nos ha pronosticado la ciencia.

Se recomienda el uso de gases refrigerantes cuyo Potencial como Sustancia Agotadora de la Capa de Ozono (SAO) y Potencial de Gases de Calentamiento Global (PCG) tienen valores marginales o iguales a cero. Ejemplo de ellos es la familia de refrigerantes naturales; dentro de los que están los hidrocarburos, el dióxido de carbono (CO₂), el amoníaco (NH₃), entre otros.

¿QUÉ ES UN EQUIPO DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO Y QUÉ LO HACE ECOEFICIENTE?

Un equipo de Refrigeración y Aire Acondicionado (RAC) es aquel utilizado para la refrigeración y acondicionamiento del aire en edificios, oficinas, hoteles, comercio, entre otros. Un equipo RAC puede considerarse ecoeficiente cuando ha contemplado el análisis de ciclo de vida en su diseño, y lo ha incorporado desde su construcción, operación hasta la recuperación de sus partes una vez finalizada su vida útil. Por ello, es deseable que estén diseñados bajo este enfoque para minimizar su impacto ambiental. Por ejemplo, el uso de gases naturales como agentes espumantes de los aislantes, la utilización de compuestos naturales como gases dentro del sistema de enfriamiento, el uso de tecnologías de flujo variable de refrigerante y los motores de alta eficiencia energética, se consideran elementos que aportan positivamente a la ecoeficiencia.

Por tanto, para considerar un equipo ecoeficiente, debe contemplar gases con potencial de agotamiento de capa de ozono nulo, potencial de calentamiento global con valor marginal o cero y finalmente alta eficiencia energética.

ANTECEDENTES

Algunos de los mayores problemas ambientales a nivel global son de origen antrópico, es decir, que tienen su origen en los esquemas de producción y consumo que son insostenibles en el tiempo y que afectan sustantivamente al ambiente y los medios de vida sobre el planeta. Resultados de esto son el cambio climático, el agujero de la capa de ozono, el consumo energético basado en fuentes no renovables y el agotamiento de recursos. Como parte del esfuerzo para tratar estos problemas, se ha firmado la enmienda de Kigali, que establece la eliminación gradual de gases refrigerantes que tienen un alto aporte al calentamiento global. Costa Rica ratificó y publicó el acuerdo como ley N° 9522 el pasado 19 de marzo del 2018.

La Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) aborda los temas de contaminación desde una perspectiva preventiva, por lo cual se promueve la gestión ambiental mediante mecanismos voluntarios y regulaciones con el fin de garantizar que las actividades, tanto públicos como privados, se enmarquen en una visión de desarrollo sostenible. La DIGECA, como Punto Focal del Protocolo de Montreal en Costa Rica, se suma a los esfuerzos mundiales por proteger la capa de ozono y el clima, desarrollando acciones tendientes a reducir el consumo de los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y los hidrofluorocarbonos (HFC), en el sector de refrigeración y aire acondicionado.

En el marco del Programa País Carbono Neutralidad 2.0 (PPCN 2.0) de la Dirección de Cambio Climático (DCC) del MINAE, las municipalidades y empresas de Costa Rica han mostrado interés en conocer sobre el manejo de los aires acondicionados y refrigerantes. Por ello, la presente guía es un complemento a las herramientas del PPCN en el tema de gestión y uso seguro de refrigerantes, de interés tanto a escala organizacional como distrital o cantonal.

CONCEPTOS BÁSICOS

POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DE OZONO (PAO)

Las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) están compuestas de elementos químicos que tienen el potencial de reaccionar con las moléculas de ozono de la estratosfera.

Las SAO son principalmente hidrocarburos halogenados (clorados, fluorados o bromados).

La destrucción de la molécula de ozono ocurre cuando un rayo ultravioleta libera un átomo de cloro de una molécula de clorofluorocarbono (CFCs) o de otro compuesto clorado. El cloro se combina con una molécula de ozono (compuesta por tres átomos de oxígeno). De estos, toma uno y se genera el compuesto de en monóxido de cloro. En promedio, un átomo de cloro es capaz de destruir hasta 100 mil moléculas de ozono.

La habilidad que estas sustancias químicas tienen para agotar la capa de ozono se conoce como potencial de agotamiento del ozono (PAO). A cada sustancia se le asigna un PAO relativo al CFC-11, cuyo PAO por definición tiene el valor 1.

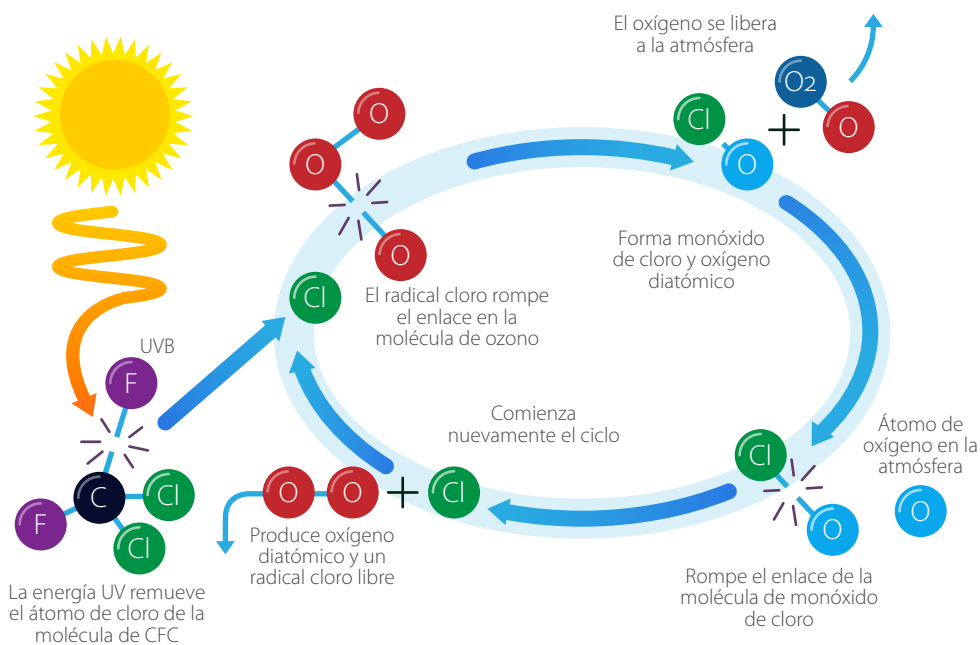


Figura 1: Proceso de agotamiento de la capa de ozono por sustancias agotadoras de la capa de ozono. Fuente: Elaboración propia.

POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG)

El potencial de calentamiento global en la atmósfera (PCG) es un índice que compara el efecto del recalentamiento en un período de tiempo para diferentes gases con respecto a emisiones iguales de CO₂ (por peso), considerado el gas de referencia.

El calentamiento global o efecto invernadero es otro efecto producido por la liberación de los gases refrigerantes a la atmósfera y se manifiesta como la capacidad de retención de la radiación infrarroja recibida del sol sobre la superficie terrestre. La tierra mantiene un equilibrio dinámico de temperatura, donde parte de la radiación es absorbida por la tierra y otra es reflejada de nuevo al exterior de su atmosfera. Este efecto es el responsable del incremento de la temperatura media de la atmósfera, provocando efectos como el cambio climático, cuyas manifestaciones negativas son eventos atmosféricos más intensos (lluvias, huracanes, sequias) y el deshielo de glaciares que aumenta el nivel de los océanos, así como la pérdida de una gran parte de la biodiversidad.

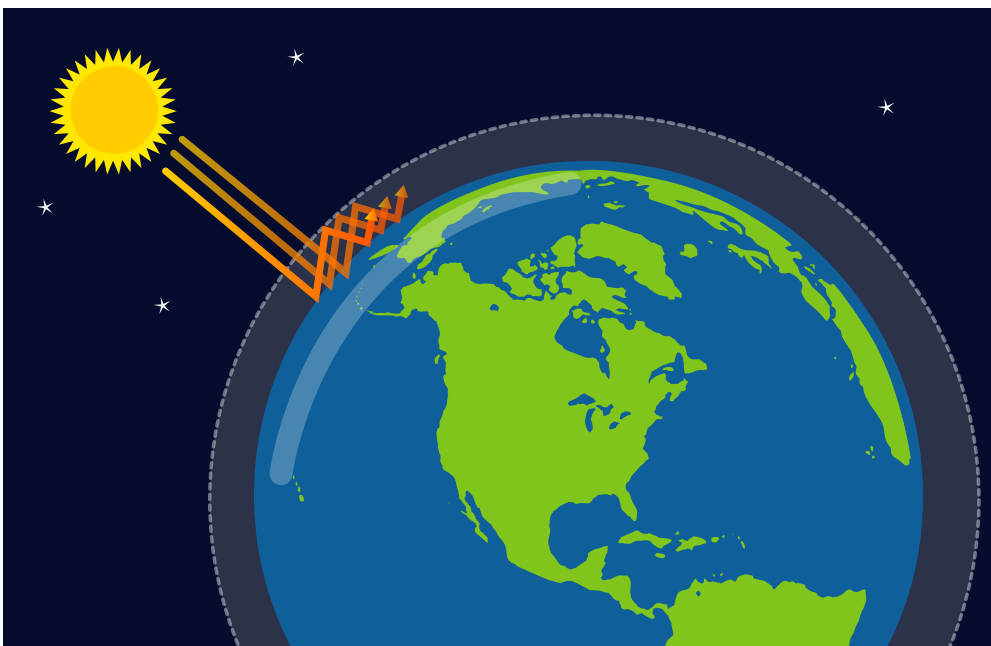


Figura 2: Efecto invernadero.
Fuente: Elaboración propia.

TIPOS DE GASES REFRIGERANTES

En Costa Rica se permite usar tres tipos de refrigerantes en aplicaciones de aire acondicionado y de refrigeración: HCFC, HFC y HC.

Refrigerantes hidroclorofluorocarbonados (HCFC)

Los HCFC son sustancias refrigerantes que incorporan un átomo de hidrogeno, lo cual reduce la estabilidad de la sustancia a menos que la del CFC (familia de refrigerantes cuya importación se prohibió en Costa Rica a partir del 2010). Tienen un poder de agotamiento de ozono estratosférico entre el 2% y el 7% comparado con los CFC y han sido utilizados como sustancias de transición.

Sus principales aplicaciones son como:

- Disolvente,
- propelentes para aerosoles,
- agente espumante,
- refrigerante en sistemas de refrigeración y aire acondicionado y
- limpieza de circuitos de refrigerante antes de cargar.

Cuadro 1: Características de los refrigerantes hidroclorofluorocarbonados (HCFC)

Número ASHRAE	Tipo de sustancia	Nombre químico	Formula química	Envase y color
R22	HCFC	Clorodifluorometano	CHF ₂ Cl	Cilindro Verde Claro
R123	HCFC	Diclorotrifluoroetano	C ₂ H ₂ F ₃ Cl ₂	Tambor Gris
R124	HCFC	Clorotetrafluoroetano	C ₂ H ₂ F ₄ Cl	Cilindro Verde Intenso
R141	HCFC	Diclorofluoroetano	C ₂ H ₃ FCl ₂	-
R141b	HCFC	1,1-dicloro-1-fluoroetano	CH ₃ CFCl ₂	Tambor Gris Verdoso Claro
R142	HCFC	Clorodifluoroetano	C ₂ H ₃ F ₂ Cl	-
R142b	HCFC	1-cloro-1,1-difluoroetano	CH ₃ CF ₂ Cl	Cilindro Gris Verdoso Claro

Fuente: CICR, 2017. Manual de refrigeración y climatización eficiente.

Los refrigerantes más utilizados en Costa Rica son el R22 y el R141b, principalmente en unidades de aire acondicionado tipo mini-split. Los HCFC fueron incorporados en una estrategia de eliminación gradual de su importación que inició en el 2013 y finalizará en el 2030.

Refrigerantes hidrofluorocarbonados (HFC)

Los HFC son sustancias que se incorporan al mercado comercial como sustitutos del CFC-12 y del HCFC-22 principalmente. Se han diseñado químicamente de tal manera que la presencia del hidrogeno y el flúor en su estructura molecular hace que su poder de agotamiento de ozono estratosférico sea de cero.

Se aplican como

- propelentes para aerosoles,
- agente espumante en la fabricación de espumas y
- refrigerante en sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

Cuadro 2: Características de los refrigerantes hidrofluorocarbonados (HFC)

Número ASHRAE	Tipo de sustancia	Nombre Químico	Formula química	Envase y color
R23	HFC	Trifluorometano	CHF ₃	Cilindro Gris Azulado Claro
R32	HFC	Fluoruro de Metileno	CH ₂ F ₂	
R125	HFC	Pentafluoroetano	CF ₃ CHF ₂	Cilindro Marrón Claro
R134a ¹	HFC	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	CF ₃ CH ₂ F	Cilindro Azul Cielo
R143a	HFC	1,1,1-Trifluoroetano	CF ₃ CH ₃	Cilindro Gris Verdoso Claro
R152a	HFC	1,1-Difluoroetano	CHF ₂ CH ₃	Cilindro Gris Verdoso Claro

Fuente: CICR 2017. Manual de refrigeración y climatización eficiente.

1. Como refrigerante puro, el más utilizado es el R-134a, sin embargo, hay mezclas de HFCs como el R-410a que ha venido sustituyendo al R-22 en equipos de acondicionamiento de aire, ya que se ha considerado erróneamente como un refrigerante ecológico cuando en realidad no lo es, dado su alto potencial como gas de calentamiento global (el PCG del R-410a en 100 años es de 2100 veces mayor al del CO₂; el del R22 para ese mismo plazoperíodo es de 1810 veces).

LOS SUSTITUTOS DEL CFC

Desde que la Humanidad se enteró en los años 1980 de la enorme destrucción que estaban ocasionando los fluorocarbonos (CFC) a la capa de ozono, se inició el proceso de eliminación de esta familia de sustancias químicas. En el año 1987 varias naciones se comprometieron a aportar a esta meta a través de la promulgación del Protocolo de Montreal, el cual para el año 2009 fue firmado por la totalidad de los países del mundo y se ha convertido en el acuerdo internacional ambiental más exitoso. Costa Rica firmó este protocolo en 1991 mediante la Ley #7223, y sus enmiendas posteriores, incluyendo la de Kigali (quinta enmienda).

Históricamente, los CFC fueron utilizados como los principales refrigerantes en la mayoría de los sistemas de enfriamiento. Se consideraron sustancias de uso común, usadas ampliamente desde el 1950. Como características químicas, poseen gran estabilidad y un período de degradación muy largo; razón por la que tienen un alto poder de agotamiento del ozono estratosférico, y han sido considerados como la base de todo cálculo (100%) referente a posibles sustituciones por otras familias químicas. Al requerirse la pronta eliminación de los CFC por su potencial como sustancias agotadoras de la capa de ozono, varios fabricantes introdujeron en el mercado los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) como gases sustitutos.

Estas sustancias se han usado desde entonces como gases de cambio en equipos electrodomésticos nuevos, o como gases sustitutos en sistemas recientemente instalados, o bien para reabastecer el refrigerante en los sistemas existentes que han perdido el refrigerante por fugas. Hoy en día, por ejemplo, un aire acondicionado tipo mini-split en Costa Rica usa HCFC-22 en el circuito de refrigeración y HCFC-141b como el agente soplante en el aislamiento de espuma de poliuretano.

Posteriormente, como un paso adicional en la eliminación de sustancias con potencial de agotamiento de ozono, se introdujo la familia de los gases refrigerantes hidrofluorocarbonados (HFC), que tienen como característica distintiva un potencial de cero como sustancias agotadoras del ozono (SAO). Sin embargo, sustituir los HCFCs por esta alternativa no trae consigo una reducción en las emisiones de GEI, sino que en varios casos más bien las aumenta.

En consecuencia, se ha hecho cada vez más necesario encontrar alternativas con cero potencial de agotamiento de la capa de ozono, y un potencial de calentamiento global muy reducido y/o con valor de cero, tal como los refrigerantes hidrocarburos (HC).

Las industrias fabricantes de gases refrigerantes han puesto en el mercado una cantidad de opciones disponibles que cumplen con las características anteriormente mencionadas, y que han sido diseñadas para el uso específico en refrigeración y climatización, y que responden a una amplia gama de aplicaciones; no obstante, es importante resaltar que cada opción requiere de un análisis técnico-económico para obtener el mayor beneficio desde el punto de vista operacional y ambiental.

Refrigerantes hidrocarburos (HC)

Los refrigerantes hidrocarburos (HC) son refrigerantes naturales que fueron utilizados en los primeros sistemas de refrigeración mecánica de compresión de vapor desde mediados del siglo XIX. Los HC poseen un PAO de cero y un PCG muy bajo. Sin embargo, su mayor característica negativa es que son inflamables, por lo que todas sus aplicaciones requieren de la consideración de normas de seguridad específicas.

Sus principales aplicaciones han sido como:

- propelentes para aerosoles,
- refrigerante en sistemas de refrigeración,
- refrigerante en sistemas de climatización.

INFLAMABILIDAD Y TOXICIDAD DE LOS REFRIGERANTES

La matriz para la valoración de los factores de seguridad para la selección de un refrigerante alternativo se fundamenta en las características de toxicidad e inflamabilidad, interpretándose de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba respectivamente, según se muestra en el Cuadro 3.

Su toxicidad está basada en los índices TLV/TWA. El TLV (Threshold Limit Value) es la concentración máxima permisible a la exposición al gas en periodos de 8 a 12 horas por día, cinco días a la semana durante 40 años. El TWA (Time-Weighted Average) es la concentración ponderada en el tiempo, expresada en horas por día. Los refrigerantes están clasificados en dos clases, de acuerdo con el tiempo que una persona puede estar expuesta a éstos en:

- Clase A: TLV/TWA 400 ppm o mayor
- Clase B: TLV/TWA 399 ppm o menor

EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN

Se describe a continuación los sistemas y equipos más comunes que se utilizan para proporcionar aire acondicionado a distintas aplicaciones finales.

Sistema de Aire Acondicionado Central

Este se utiliza para acondicionar en grandes espacios en edificios, oficinas, hoteles, comercios, entre otros y cuenta con un compresor grande con la capacidad de producir cientos de toneladas de refrigeración, ubicado generalmente en un cuarto de máquinas, y un condensador separado del compresor, donde el refrigerante se enfría en unidades evaporativas o de aire. Adicionalmente, estos equipos cuentan con una válvula de expansión termostática y uno o varios evaporadores, los cuales llevan a cabo funciones muy similares a las que realiza un sistema compacto, pero en una escala mayor. El aire frío pasa a través de conductos a salones, pasillos y otros espacios que se van a climatizar.

En cada sector hay un conducto de inyección y otro de retorno; el caudal de aire que necesita cada sector se define en función de la carga térmica y puede ser controlado a través de rejas modulantes.

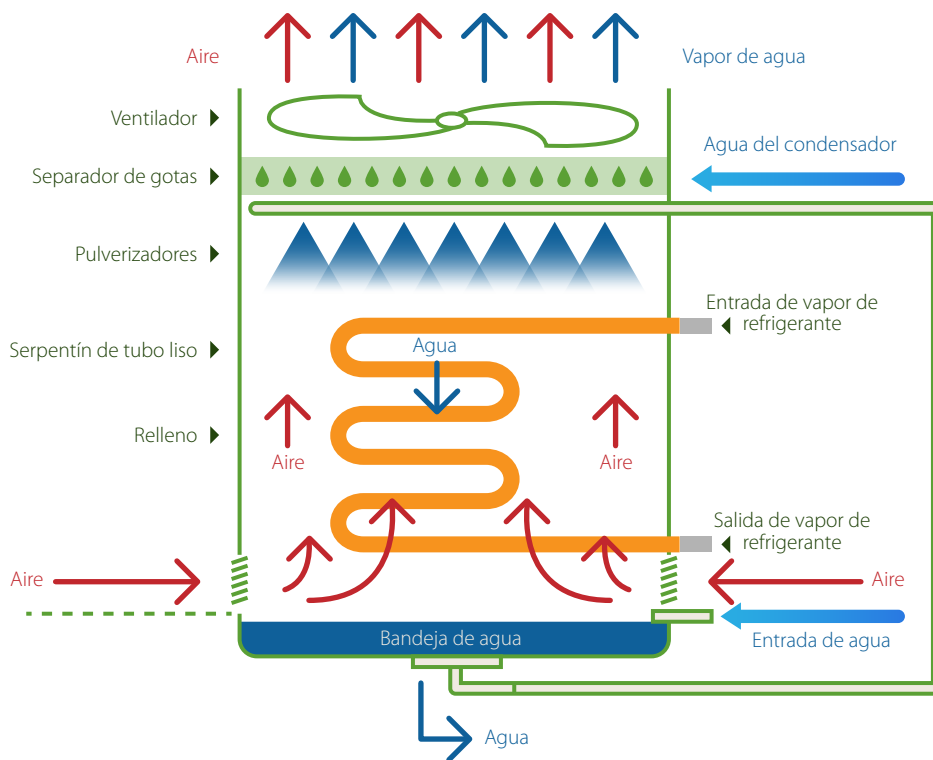
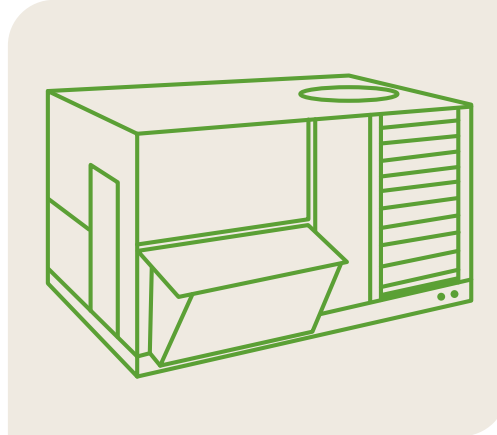


Figura 3: Condensador evaporativo.

Fuente: Unidad de Ozono (sf). Manual de buenas prácticas de refrigeración.

Equipo central tipo paquete

Es un equipo que en un solo gabinete reúne los componentes principales (condensador y evaporador). El aire es llevado y extraído del interior por medio de ductos instalados en techos y muros. Este tipo se utiliza comúnmente en edificios de oficinas, agrupando las unidades por piso, o por área común.



Equipos centrales divididos

Se compone de dos secciones; interior y exterior. La unidad condensadora se ubica en el exterior y la unidad evaporadora en el interior, integrada a los sistemas de distribución de aire (ductos).

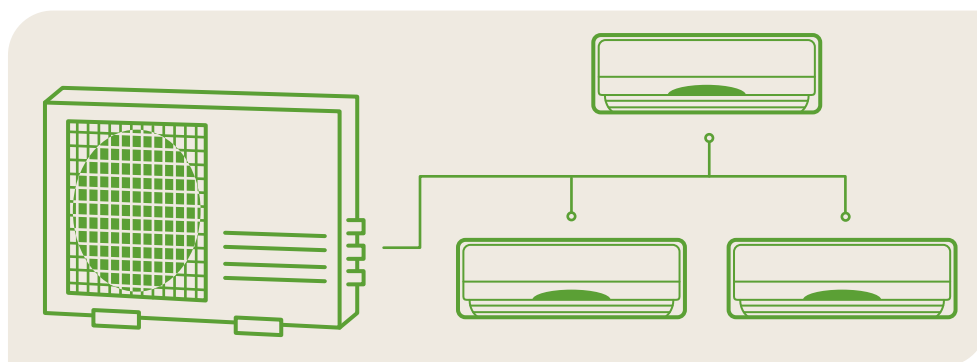
Sistemas de aire acondicionado tipo dividido descarga libre y sin ductos de aire

Estos son los equipos más utilizados en todo tipo de aplicaciones pequeñas o individuales. Más del 90% de las unidades de aire acondicionado que ingresan al país, se clasifican dentro de esta categoría.



Unidades mini-split y multi-split

Se consideran ideales para las nuevas aplicaciones en pequeños comercios, oficinas, hogares, ya que no necesitan conductos. La sección interior simplemente se coloca en una pared del recinto que requiere climatización. Las unidades exteriores e interiores generalmente tienen un perfil muy delgado en comparación con los sistemas convencionales. Se dividen en dos grupos:



- **Aire acondicionado mini-split**

Son sistemas que cuentan con una sola sección al aire libre y una sección interior. El ciclo de operación de ambas partes responde a un termostato interior individual.

- **Acondicionadores de aire multi-split**

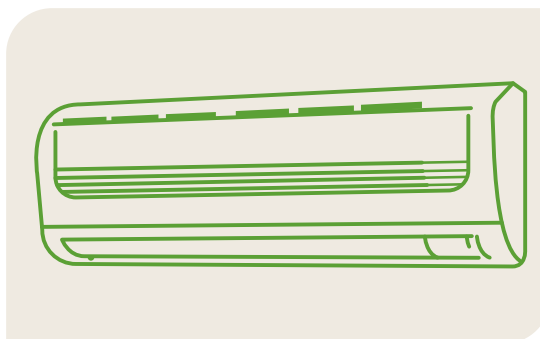
Tienen dos o más secciones interiores. Éstas operan de manera independiente. Pueden ser utilizados para diferentes condiciones en múltiples zonas y responden a múltiples termostatos interiores.

Acondicionador de aire tipo dividido de flujo variable de refrigerante

Los sistemas de flujo variable de refrigerante se clasifican dentro de los sistemas de tipo dividido, ya sea de operación individual o múltiple.

Sus principales ventajas radican en:

- menores niveles de ruido,
- facilidad en la instalación,
- flexibilidad en el diseño,
- control efectivo por zonas y
- menor consumo de energía.



El caudal de refrigerante se regula dentro del sistema con dispositivos conocidos como *"Inverter"*, ubicados en los compresores con los que se varía la frecuencia de alimentación eléctrica al motor del compresor para que éste varíe su velocidad y por ende el flujo de refrigerante, de acuerdo a las necesidades del momento.

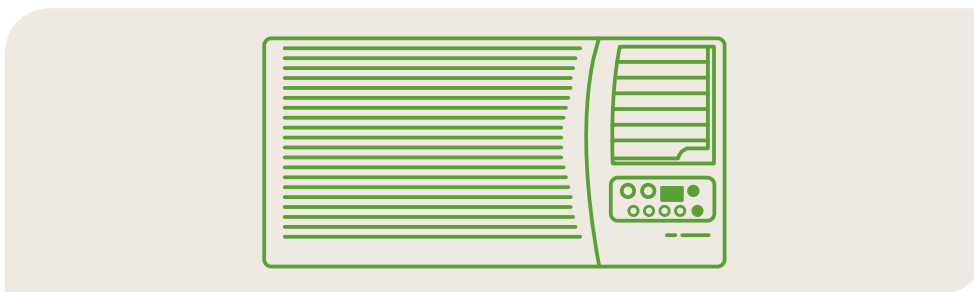
Otro componente innovador es la utilización de válvulas de expansión electrónicas utilizadas en la unidad evaporadora, para un control de temperatura de los espacios a acondicionar con variaciones mínimas.

Sistema de aire acondicionado de ventana

Es el sistema de aire acondicionado que en el pasado fue el más utilizado en nuestro país. Por ser un equipo robusto todavía quedan muchos en operación; sin embargo, durante los últimos 10 años su uso ha sido desplazado por las unidades tipo mini-split. Hoy en día su distribución es muy escasa por parte de las empresas comerciales.

Para colocar el aire acondicionado de ventana en una habitación o recinto, es necesario hacer un buque o boquete en una de las paredes o ventana de la habitación.

Una particularidad de esta tecnología es que cuentan con componentes como el compresor, el condensador, la válvula de expansión y el evaporador o el serpentín de enfriamiento, todo ello alojado en una sola caja.



Este sistema se extiende alrededor de 60 centímetros desde la pared en la parte posterior, por lo que detrás de la misma debe haber espacio libre disponible para que el aire caliente pueda ser expulsado fácilmente desde los condensadores.

La humedad del área climatizada también es extraída por la misma unidad de acondicionamiento de aire, por lo que solamente se pueden utilizar sólo si existe un lugar disponible en la pared para disipar el calor y el goteo de agua.

EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN

Los evaporadores se diseñan de modo que el refrigerante líquido se evapore y deje la bobina como vapor. El compresor extrae el vapor

de la bobina del evaporador mediante la línea de succión y después de la compresión lo descarga en el condensador. El proceso de compresión causa que aumente la temperatura del vapor refrigerante. Cuando el refrigerante pasa por el condensador, este rechaza el calor (que se absorbe desde el interior del refrigerador y el compresor) hacia el aire del entorno al condensarse como líquido. El refrigerante líquido pasa por el tubo capilar donde entra al evaporador como mezcla de dos fases de baja presión, baja temperatura.

Para producir sistemas herméticos de refrigerante HC seguros y confiables se pueden optimizar los componentes del circuito de refrigeración involucrados en el ciclo básico del refrigerador mediante rediseño.

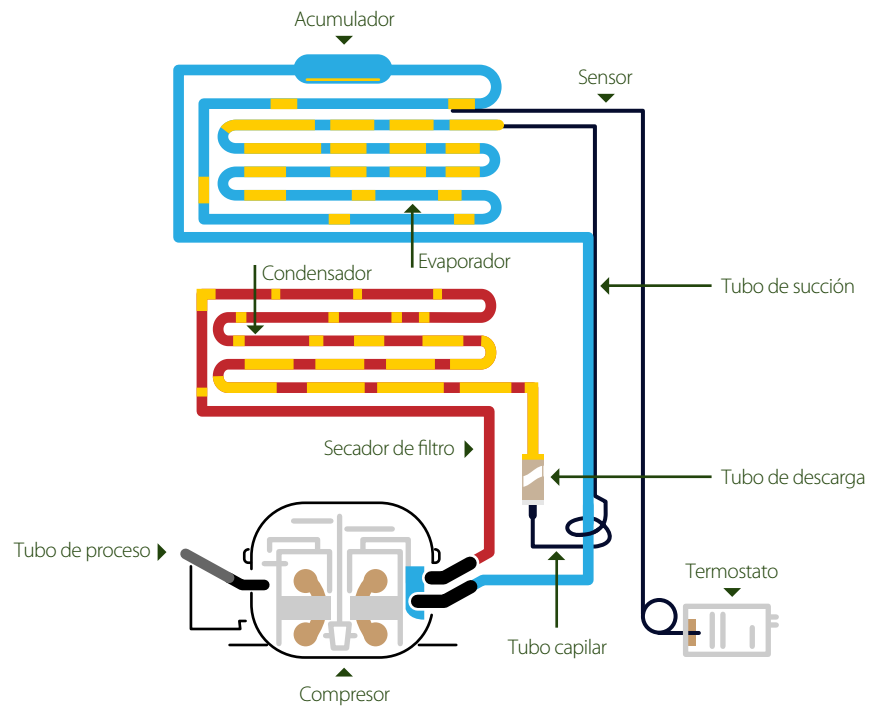


Figura 4: Circuito refrigerante de refrigerador doméstico.
Fuente: Narayan. 2014. Guía de reconversión de la producción de refrigeradores domésticos: de refrigerantes halogenados a refrigerantes de hidrocarburo.

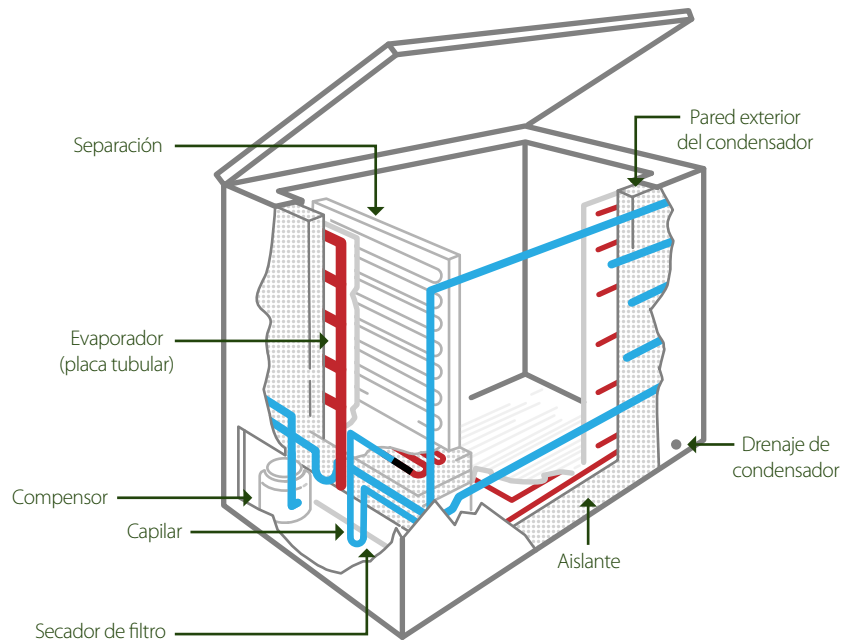


Figura 5: Vista transversal de congelador horizontal doméstico.
 Fuente: Narayan. 2014. Guía de reconversión de la producción de refrigeradores domésticos: de refrigerantes halogenados a refrigerantes de hidrocarburo.

Refrigerador-congelador (R/C)

Tiene por lo menos un compartimiento de alimentos con temperaturas cercanas a los 4°C y otro de congelación independiente con temperaturas de -13.3°C en promedio. Generalmente, el usuario puede ajustar su temperatura dependiendo del clima y de las necesidades.

Refrigerador convencional

Cuenta con un compartimiento de alimentos y por lo menos un compartimiento congelador incorporado con temperaturas entre 0°C y -13.3°C. Se caracteriza por su superficie refrigerada que envuelve parcialmente el compartimiento congelador y enfría el compartimiento de alimentos por convección natural. Usualmente tiene una división, bandeja de carnes, que cuando se quita o ajusta expone un área adicional de la superficie refrigerada hacia el compartimiento de alimentos.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL SECTOR RAC

CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA LA ELECCIÓN DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO CON REFRIGERANTES ALTERNATIVOS

La selección de un sistema de refrigeración y aire acondicionado es una tarea que debe considerar una serie de factores que en el pasado no eran relevantes. Conforme las regulaciones impulsadas por organizaciones internacionales y adoptadas por los gobiernos al interno de cada país respecto al desempeño ambiental, esta tarea se ha convertido en un desafío cada vez más importante y necesario, con fin de buscar la sostenibilidad y el cumplimiento, bajo consideraciones financieras más ajustadas, en búsqueda de cambios tecnológicos y con mayor eficiencia desde el punto de vista térmico, eléctrico, y del más bajo impacto ambiental.

Desde que se inició el proceso de eliminación de gases refrigerantes incorporados en el Protocolo de Montreal, la industria química ha trabajado en el desarrollo de nuevas alternativas, considerando la reducción de los impactos ambientales exigidas por regulaciones internacionales. Existe una cantidad de opciones disponibles, diseñadas para el uso específico en aplicaciones de refrigeración y climatización que permiten obtener el mayor beneficio desde el punto de vista operacional, económico y ambiental.

Las nuevas opciones de refrigerantes, tanto actuales como futuras, deben cumplir con cuatro premisas fundamentales: Seguridad, Protección al Medio Ambiente, Desempeño y Economía. Por lo tanto, su selección es una condición integrada de los factores anteriormente indicados, es decir, requiere de un “enfoque holístico” en el cual la suma de todos los factores considerados no tendrá una solución única posible, sin comprometer alguno de los elementos considerados.

REGULACIÓN DE USO DE GASES REFRIGERANTES CONVENCIONALES

El mecanismo establecido por el Protocolo de Montreal para la eliminación de CFC y HCFC en los países en desarrollo consiste en la regulación y

reducción gradual de la importación de los gases refrigerantes, de acuerdo con un calendario previamente establecido y progresivo, hasta llegar a niveles de cero importaciones. Estos calendarios establecen un plazo amplio de cumplimiento, con el fin de que los países, tengan la oportunidad de realizar un proceso de transición hacia otras tecnologías de forma planificada, con la menor afectación económica posible.

Las primeras sustancias refrigerantes controladas y eliminadas por el Protocolo de Montreal fueron los gases CFC, cuyo calendario de eliminación total se cumplió el 1 de enero de 2010. En nuestro país a partir de esa fecha se prohibió la importación de estos compuestos químicos.

Actualmente se implementa la estrategia de eliminación de la segunda familia de gases controlados por el Protocolo de Montreal, los HCFC, cuyo PAO es 95% menor que el de los CFC, y el plazo de cumplimiento es para el año 2030 en un proceso escalonado.

A partir del año 2020 se prohíbe la importación de sistemas y/o equipos de refrigeración y climatización con gases hidroclorofluorocarbonos (DE-37614-MINAE). Esto permitirá que los usuarios de equipos de refrigeración y climatización opten por otras alternativas, que tengan un menor impacto ambiental y cumplan con requerimientos de seguridad y de eficiencia energética.

Casi todos los refrigerantes desarrollados por el ser humano poseen potencial de calentamiento atmosférico, por tanto el consumo de gases refrigerantes (fugas) y el consumo energético de los sistemas de refrigeración y climatización son responsables por emisiones de GEI que impactan en el cambio climático de dos formas: en forma directa por causa de la emisión misma del refrigerante y de forma indirecta por el consumo de combustibles fósiles para suministrar la energía eléctrica que requieren para la operación.

En la actualidad se comercializan los HFC como gases refrigerantes y sistemas “amigables con el ambiente”, dado que no tienen potencial de agotamiento de ozono, pero poseen valores muy significativos de potencial de calentamiento global.

En el mes de octubre de 2016 se estableció la Enmienda de Kigali, a través de la cual finalmente se incorporan los HFC en el Protocolo de Montreal para su regulación. En el caso de los países en vías de desarrollo el inicio de la

regulación se dará a partir del año 2024. Esta acción es consecuente con el objetivo del Acuerdo de París, firmado el 22 de abril de 2016, de reducir las emisiones de gas de efecto invernadero para limitar el incremento de temperatura media de la atmósfera por debajo de los 2° Celsius.

USO DE LOS REFRIGERANTES NATURALES

Los refrigerantes naturales existen en la biósfera de una forma natural y se han utilizado para sistemas de frío, principalmente en la elaboración y almacenamiento de alimentos, desde mediados del siglo XIX.

Cuadro 3: Ejemplos de Refrigerantes Naturales

Refrigerantes naturales		
Naturales	Hidrocarburos	Mezclas de hidrocarburos
R-702 (Hidrógeno)	R-1150 (Etileno)	R-432a R-1270/E170 (80/20)
R-704 (Helio)	R-1270 (Propileno)	R-433a R-1270/290 (30/70)
R-717 (Amoníaco)	R-270 (Etano)	R-436A R290/600a (56/44)
R-718 (Agua)	R-290 (Propano)	R-436B R290/600a (52/48)
R-729 (Aire)	R-600 (Butano)	R-510A R-E170/600a (88/12)
R-744 (Dióxido de Carbono)	R-600a (Isobutano)	
R-764 (Dióxido de Azufre)		

Fuente: CICR, 2017. *Manual de refrigeración y climatización eficiente.*

El amoníaco (R-717) fue el refrigerante preferido para plantas industriales y tuvo una gran importancia en ese tipo de instalaciones a lo largo del tiempo. El CO₂ perdió importancia con el nacimiento de los CFC y otros refrigerantes sintéticos, debido a la estabilidad y baja toxicidad de estos nuevos compuestos.

Ambas sustancias (CO₂ y amoníaco) se utilizan desde hace años en sistemas de refrigeración en gran escala. En Costa Rica, las agroindustrias y empresas de alimentos que requieren refrigerar alimentos han optado por el amoníaco. Para el caso de los hidrocarburos, al ser considerados subproductos derivados

de la destilación de petróleo, o acompañantes de gas natural, se pueden obtener de forma económica y abundante.

El CO₂ como refrigerante se está expandiendo en aplicaciones comerciales; actualmente es muy utilizado en el sector de los supermercados en Brasil y Europa, debido a que sus niveles de presión y la potencia frigorífica son similares a los del R-502 y del R-22. El propano (R-290) se utiliza ampliamente como sustituto del R-502 y del R-22, este último prohibido actualmente en Europa en las instalaciones nuevas.

El uso de refrigerantes naturales como el amoníaco y los hidrocarburos se presentan como posibles sustitutos en la mayoría de las aplicaciones, ya que son amigables con el medio ambiente y se ha demostrado que poseen mejores cualidades operacionales en sistemas de refrigeración, como un mayor calor latente de vaporización, mejor coeficiente de desempeño en el compresor, mejor relación de eficiencia energética y, por lo tanto, menos consumo de energía.

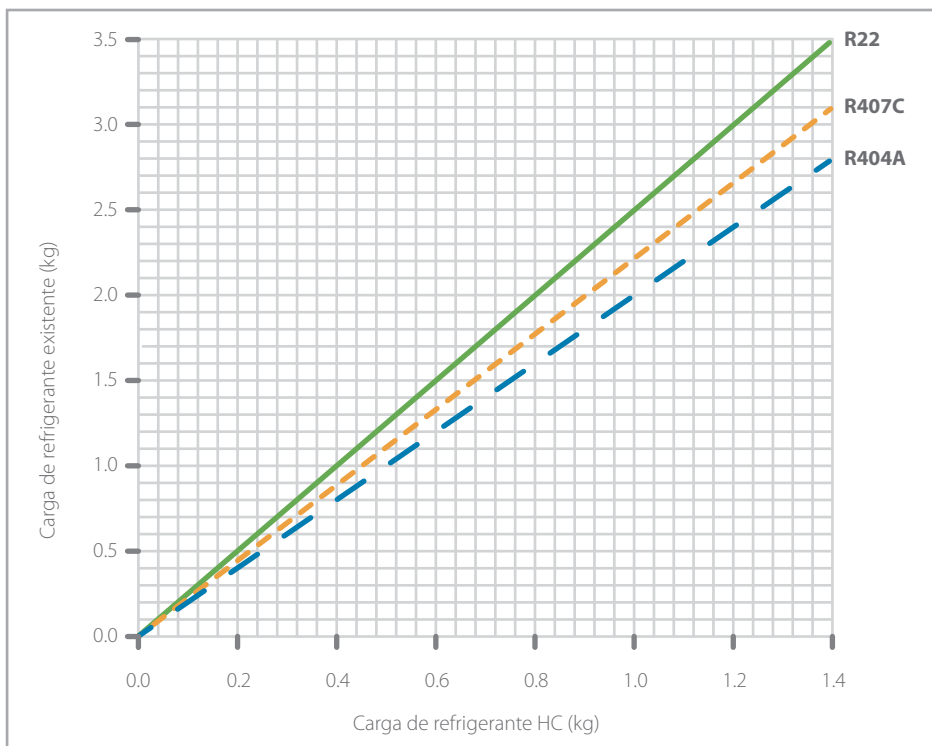
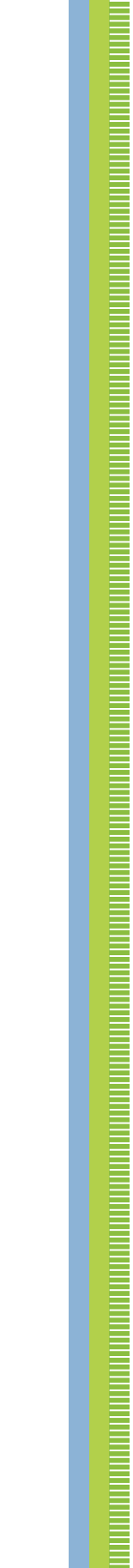


Figura 7: Conversión para estimar la carga equivalente de HC.
Fuente: GIZ, 2014. Operación de equipo de aire acondicionado tipo split con hidrocarburos.



Sin embargo, es importante resaltar que algunos son inflamables o tóxicos, por lo que las implicaciones de seguridad del uso de dichos fluidos pueden requerir el diseño de un sistema específico y rutinas de operación y mantenimiento adecuadas. Se ha confirmado que los sistemas que usan este tipo de refrigerantes disminuyen al menos un 10% de consumo energético con respecto a otras tecnologías de refrigerantes químicos tradicionales; a su vez estas tecnologías requieren menos de refrigerante que los refrigerantes actuales.

Por ejemplo, un sistema minisplit que utiliza 2kg de R22, requiere únicamente 0.8 kg de HC; lo cual equivale a una reducción del 60%.

Varios de los principales fabricantes europeos y asiáticos de refrigeradores tipo doméstico han optado por el uso del refrigerante Isobutano (R-600a), ya que brinda grandes beneficios en la disminución del consumo energético y requiere una cantidad inferior de refrigerante por sistema. El caso de Europa es considerado muy exitoso, dado que desde el año 2000 solo se pueden fabricar equipos con esta familia de refrigerantes.

Una gran ventaja a considerar es que los sistemas que operan con hidrocarburos, para aquellos con cargas iguales o menores a 0.15 kg, pueden ser instalados en cualquier habitación sin restricción de seguridad, mientras que aquellos con cargas superiores a los 0.15 kg deben ser instalados de tal manera que cualquier pérdida de refrigerante del sistema no aumente su concentración más allá de la permitida por su límite de inflamabilidad.

Cuadro 4: Carga de refrigerante hidrocarburo asociada a diversos tipos de aplicación

Categorías	Ejemplos	Cantidades
A (Doméstica/ Pública)	Hospitales, teatros, escuelas, supermercados, hoteles	<ul style="list-style-type: none"> • <1.5 kg para un sistema sellado • <5 kg en cuartos de maquinarias especiales o en sistemas indirectos al aire libre
B (Comercio/Áreas Privadas)	Oficinas, pequeños negocios, restaurantes, lugares de manufactura o espacios de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • <2.5 kg para sistemas sellados • <10 kg en cuartos de maquinarias especiales o en sistemas indirectos al aire libre
C (Industrias/Áreas restringidas)	Tiendas frías, áreas de acceso restringidos en plantas y supermercados	<ul style="list-style-type: none"> • <10 kg en espacios ocupados por personas • <25 kg si se encuentran altas presiones en espacios localizados en las áreas de la maquinaria • No existe límite si el refrigerante es contenido en una maquinaria especial para su utilización

Fuente: Australian Standard AS 1677 (Seguridad en Refrigeración y Aire Acondicionado) en Crincoli, C. (sf). Refrigerantes hidrocarburos como alternativa para los Sistemas de refrigeración.



MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO EN SISTEMAS RAC

AHORRO ENERGÉTICO EN SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

Los equipos de climatización contribuyen en un alto porcentaje del consumo energético total a nivel mundial. Debido al aumento en los costos de la energía eléctrica y para ser congruentes con las prácticas de sostenibilidad que promueven distintas naciones, entre ellas la nuestra, es importante implementar medidas para optimizar el uso de la energía.

Las tres razones de mayor importancia, que justifican la reducción del consumo de energía en un edificio son:

- el alto costo energético,
- las perspectivas de escasez energética para las próximas décadas,
- el elevado impacto medioambiental, debido al efecto de los GEI y
- el compromiso de reducir emisiones, por protocolos internacionales.

Algunas medidas para optimizar la climatización, que se pueden implementar para lograr la reducción del consumo energético son:

- Eliminar fugas.
- Instalar un sistema economizador.
- Aprovechamiento del aire externo para reducir el trabajo de las máquinas de enfriamiento.
- Dar mantenimiento preventivo a los equipos, de manera constante y a profundidad.
- Limpieza de serpentines.
- Contar con una instalación eficiente.
- Utilizar válvulas termostáticas.
- En caso de fallas, contar con un plan de mantenimiento correctivo.
- Elevar la temperatura en el interior del edificio.
- Reducir la temperatura en el exterior.
- Limpiar los evaporadores, condensadores o torres de enfriamiento.
- Suministrar aire fresco a los condensadores.
- Ajustar los valores de control de temperatura.
- Eliminar fuentes de calor internas.
- Revisar y reparar el aislamiento de paredes, piso y techo.
- Aislar las tuberías de refrigerante.
- Instalar termómetros.

Fuente: SEMARNAT (sf). Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. México.

MEDIDAS DE AHORRO DE HASTA 10% DE ENERGÍA

Siguendo las medidas recomendadas a continuación, un sistema RAC, que no las tenga en sus procedimientos de operación actualmente, puede llegar a ahorrar hasta un 10% del consumo de energía dedicado a la refrigeración y el acondicionamiento de aire.

- **Aumentar las temperaturas de evaporación y reducir las temperaturas de condensación**
Con estas medidas se busca fortalecer la transferencia de calor sin tener que hacer inversiones adicionales en el sistema. De esta forma, se reducen las horas de operación del compresor y aumenta la capacidad del sistema.
- **Aislar adecuadamente las líneas de refrigerante**
Entre menos pérdidas térmicas ocurran, el compresor tendrá menos horas de operación, y la capacidad del sistema también se ve mejorada.
- **Limpieza frecuente de evaporadores y condensadores**
El mantenimiento preventivo de estos elementos propician que el sistema pueda operar al máximo de su eficiencia de diseño.
- **Aumento de las temperaturas requeridas**
Las áreas climatizadas deben operar entre 23 y 24° C; temperaturas de máximo confort. Valores menores de temperatura harán que los compresores deban trabajar durante más horas.
- **Reducción de cargas térmicas en las zonas refrigeradas mediante cortinas plásticas de grado alimentario o cortinas de aire**
El ingreso de aire fresco disminuye la eficiencia de refrigeración al introducir calor y humedad adicionales que deberán ser removidos.
- **Eliminar infiltraciones de aire**
Puertas y ventanas no diseñadas para operar en áreas con aire acondicionado pueden elevar el consumo de energía del sistema de un 10 a un 30% adicionales.

Otras medidas que se pueden aplicar para ahorrar energía hasta un 10% son:

- Tratamiento de agua en condensadores y torres de enfriamiento con productos químicos para evitar depósitos.

- Limpieza de ductos.
- Deshielo frecuente.
- Cierre de zonas refrigeradas cuando no se usan.
- Aumento de las temperaturas a las necesidades requeridas.
- Uso de luz eficiente y reducción de las intensidades de luz.
- Corrección de la mala ubicación del bulbo de la válvula de expansión.
- Sobrecarga en espacios refrigerados.
- Fraccionar las cargas de los compresores alternando equipos en función de la demanda de refrigeración y la eficiencia de los equipos.
- Capacitación del personal que opera el área de producción y/o la instalación frigorífica.
- Mejorar los servicios, como lubricación de los compresores, variaciones en la alimentación de electricidad, lo cual puede dañar los equipos, bombas de recirculación de agua o los condensadores.
- Mantener limpios los filtros.
- Minimizar las caídas de presión en eliminadores de humedad.
- No sobrepresionar el sistema.
- Evitar la carga parcial.
- Reducir la temperatura de entrada del aire (cada 2.5 °C = 1% más cantidad de aire).
- Revisar el diámetro de las tuberías (cada 5 psig de caída de presión = 2% más energía).
- Eliminar toda la tubería innecesaria.
- Utilizar válvulas para separar líneas con diferente presión.
- Aislar los equipos con tendencia a tener fugas.
- Medir y calcular el tamaño y costo de las fugas.
- Establecer metas de reducción de fugas.

MEDIDAS DE AHORRO DE HASTA 25 % DE ENERGÍA

Siguiendo las medidas recomendadas a continuación, un sistema RAC, que no las tenga en sus procedimientos de operación actualmente, puede llegar a ahorrar hasta un 25% del consumo de energía dedicado a la refrigeración y el acondicionamiento de aire.

- **Mejoramiento de capacidad de enfriamiento de los condensadores**
Una buena ubicación y aumento en la capacidad de enfriamiento de los condensadores permitirá incrementar la eficiencia de los condensadores.
- **Optimizar el aislamiento de las zonas refrigeradas y de las líneas de refrigerante**
Se requiere del aislamiento adecuado para cada temperatura de refrigeración y así evitar pérdidas térmicas que deberán ser compensadas con mayores tiempos de operación de compresores, evaporadores y condensadores.
- **Cambio de compresores, condensadores, evaporadores, ventiladores de los evaporadores, motores y bombas por equipos de alta eficiencia**
Cuando finalice la vida útil de los componentes de los sistemas RAC, usar tecnologías eficientes es una forma de reducir el costo de operación, al disminuir el consumo de energía y los costos de mantenimiento. La inversión en los equipos llega a recuperarse al reducirse los pagos de electricidad.
- **Uso de sistemas de enfriamiento natural para temperaturas medias en lugar de equipo de refrigeración**
Las primeras opciones son el uso del aire y del agua como refrigerantes naturales que no requieren de ciclos de refrigeración.

Otras medidas que se pueden aplicar para ahorrar energía hasta un 25% son:

- Mejoramiento del movimiento de aire en aposentos climatizados.
- Mejoramiento de la regulación de los compresores.
- Aislamiento de tuberías.
- Automatización de la línea de proceso y/o sistemas de refrigeración.
- Sustitución tecnológica, ya sea porque el equipo es obsoleto en cuanto a su tecnología, no cumple con su función o consume demasiada energía.
- Instalación de sistemas de refrigeración de absorción a base de energía térmica de cogeneración o excedente de energía.
- Instalación de capacitores de corrección de bajo factor de potencia o controladores automáticos, que ofrecen la cantidad de potencia reactiva necesaria (kVAR) de forma que la instalación eléctrica no tiene que aportar esta energía.

AHORRO ENERGÉTICO EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

Mantenimiento y operación de la instalación

El adecuado mantenimiento de la instalación frigorífica cumple un papel preponderante para lograr que se alcancen los resultados de ahorro energético esperados.

El mantenimiento debe considerar:

- Limpieza de condensadores.
- Limpieza de evaporadores.
- Sustitución de filtros.
- Control de humedad en la instalación frigorífica.
- Recomendaciones de colocación del producto a enfriar.
- Correcciones debido a modificaciones de uso de alguna parte de la instalación.

Es importante que se realice un chequeo del funcionamiento de todos los componentes de los sistemas para garantizar su operación de manera eficiente. Para ello es recomendable monitorear el desempeño de los principales componentes.

Monitoreo de los sistemas de refrigeración

La utilización de sistemas automatizados de monitoreo sirve para rastrear el consumo de energía de los sistemas de refrigeración, así como poder optimizar su desempeño e identificar problemas o deterioros (como resultado de una baja carga o contaminación del refrigerante).

El costo del monitoreo automatizado es proporcional al tamaño del sistema de refrigeración. Se estima que con esta medida se puede reducir hasta un 3% de la energía consumida en refrigeración.

Monitoreo de la succión de filtros

Cuando los filtros de succión se tapan por remociones de materiales del circuito del refrigerante, aumenta su caída de presión, lo que reduce la eficiencia en el sistema. Es importante monitorear de dónde provienen las remociones que arrastra el vapor retornado, porque pueden deberse a la corrosión de alguna tubería. Este monitoreo aplica, principalmente, en sistemas pequeños de expansión directa.

El monitoreo de cualquier caída de presión inusual puede contribuir con ahorros de energía eléctrica cercanos al 3%.

Monitoreo de la contaminación del refrigerante

Un monitoreo periódico de contaminación en los refrigerantes puede asegurar una detección temprana de problemas de operación y mantenimiento. Los ahorros de energía por la implementación de esta medida se estiman en 2 por ciento.

Aislamiento de líneas de enfriamiento y de tanques

Si las líneas de enfriamiento no están aisladas y se presenta una diferencia promedio significativa entre la temperatura ambiente y la de las líneas de enfriamiento, una medida costo-efectiva es aislarlas.

Por otro lado, los tanques con aislamiento tienden a utilizar menos energía para la refrigeración, que los que se no se encuentran debido a que sufren menores pérdidas de energía. Esta medida puede resultar en ahorros en el consumo energético, cercano al 3%.

Operación a una presión menor en el sistema

La operación de los sistemas de refrigeración a alta presión resulta en un mayor consumo de energía en los compresores y mayores pérdidas de carga. La disminución de esta presión puede reducir el uso de energía en los compresores y abatir costos de mantenimiento. Sin embargo, tanto los condensadores como los evaporadores deben operar en los niveles óptimos de presión y temperatura para asegurar su máxima eficiencia energética. La optimización de estos elementos lleva a inversiones que se recuperan en menos de dos años.

Finalmente, y con el fin de tener un mayor control sobre los equipos, el técnico que opere y dé mantenimiento a los equipos siempre debe realizar un reporte de operación, que contenga como mínimo la siguiente información:

Generalidades

- Fecha
- Hora
- Tipo de motor
- Consumo de potencia del equipo (kW)
- Marca
- Temperatura del cuarto

Compresor

- Marca
- Presión de succión
- Temperatura de succión
- Presión de descarga
- Temperatura de descarga
- Temperatura de la línea de succión

Condensador

- Marca
- Fluido de enfriamiento (agua, aire, flujo másico)
- Temperatura a la entrada
- Temperatura a la salida

Evaporador

- Tipo de enfriador (líquidos, aire)
- Marca
- Temperatura a la entrada
- Temperatura a la salida
- Temperatura de la línea de succión
- Temperatura del aire atmosférico

Figura 8: Información básica de un reporte de operación técnica

Fuente: Construcción propia basada en Cero Grados, 2014. Eficiencia energética en sistemas de refrigeración. Obtenida de: <https://0grados.com.mx/eficiencia-energetica-en-sistemas-de-refrigeracion/>

REFERENCIAS

Calderón, M. (sf). Manual de Buenas Prácticas en Refrigeración. SEAM/PNUD/PNUMA. Paraguay

Cero Grados. (2014). Eficiencia energética en sistemas de refrigeración. Obtenida de: <https://0grados.com.mx/eficiencia-energetica-en-sistemas-de-refrigeracion/>

CMNUCC. (2014). Glossary of climate change acronyms and terms. Obtenida de: http://unfccc.int/essential_background/glossary/items/3666.php#M.

Narayan (2014). Guía de reconversión de la producción de refrigeradores domésticos: de refrigerantes halogenados a refrigerantes de hidrocarburo. GIZ. Alemania

Narayan (2014). Operación de equipo de aire acondicionado tipo split con hidrocarburos. GIZ. Alemania

Crincoli, C. (sf). Refrigerantes hidrocarburos como alternativa para los Sistemas de refrigeración. Universidad Simón Bolívar.

Guzmán, G. y Rodríguez, A. (2017). Manual refrigeración y climatización eficiente: El Primer paso para el Ahorro Energético. Cámara de Industrias de Costa Rica.

Guzmán, G. et al (2014). Manual técnico sobre ecoeficiencia para sistemas de refrigeración y climatización. MINAE/PNUD. Costa Rica

Proklima (2010). Buenas prácticas de refrigeración. GIZ. Alemania

SEMARNAT (sf). Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. México

Unidad de Ozono (sf). Manual de buenas prácticas de refrigeración para la reconversión de sistemas de refrigeración y aire acondicionado. MVOTMA/PNUD. Uruguay

ANEXOS

ANEXO 1. RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACIÓN, USO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS RAC CON HC

A1.1: REQUISITOS TÉCNICOS

La primera recomendación general es que para manejar estas instalaciones se requiere que los técnicos en refrigeración y aire acondicionado cuenten con los conocimientos, las debidas habilidades y certificaciones correspondientes.

Los trabajos relacionados con la instalación y el mantenimiento requieren que únicamente personal correctamente capacitado y equipado con equipos de protección personal, maquinarias y herramientas en buenas condiciones y de buena calidad realicen tales operaciones.

Durante la instalación y el mantenimiento de equipos existe alta posibilidad de que se pierda refrigerante. Puede haber una fuente potencial de ignición, especialmente en las áreas alrededores donde se realiza la carga y recuperación del refrigerante.

Los equipos diseñados para gases no inflamables como el R-22 o el R-410a no están diseñados para usar refrigerantes inflamables y viceversa:

- Los técnicos no deben valorizar sistemas RAC convencionales para usar refrigerantes inflamables.
- Los técnicos no deben usar soluciones tipo "drop in" para usar refrigerantes inflamables en sistemas que no han sido diseñados para usar refrigerantes inflamables.

A1.2: SEÑALIZACIÓN ADECUADA

Se recomienda el uso de:

- Señales de advertencia



- Señales de prohibición



- Señales de rescate



- Señales de obligación



- El uso de vestimenta adecuada que incluya el uso de guantes de protección, protección auditiva, de anteojos, casco y calzado de seguridad.

ZONA DE INFLAMABILIDAD TEMPORAL

Los técnicos deben considerar las áreas de trabajo como zonas temporalmente consideradas como inflamables durante la instalación y mantenimiento de sistemas.

Esta zona tiene un mínimo de 2 metros en todas las direcciones para equipos pequeños como unidades minisplit en aire acondicionado o refrigeradores domésticos.

SALUD EN RIESGO 4. Mortal 3. Muy peligroso 2. Peligroso 1. Poco peligroso 0. Sin riesgo	INFLAMABILIDAD 4. Debajo de los 25 °C 3. Debajo de los 37 °C 2. Debajo de los 93 °C 1. Sobre los 93 °C 0. No arde
RIESGO ESPECÍFICO	REACTIVIDAD 0. Estable 1. Inestable en caso de calentamiento 2. Cambio químico violento 3. Puede explotar en caso de choque o calentamiento 4. Puede explotar

A1.3: REQUISITOS ADICIONALES DE SEGURIDAD

- Las herramientas eléctricas y electrónicas utilizadas en sistemas que contienen refrigerantes inflamables deben estar diseñadas para el uso en áreas peligrosas.
- El área de trabajo debe estar monitoreada con un detector de fugas diseñado para el refrigerante que se está utilizando.
- Un extintor de fuego de polvo seco o de CO₂ debe estar disponible en el área de trabajo.
- Cuando se trabaja en áreas confinadas o con una ventilación natural insuficiente, se requiere de un ventilador a prueba de explosiones para ser usado durante todo el tiempo de la instalación o mantenimiento.
- Utilizar solo bombas de vacío diseñadas para gases inflamables. Se recomienda el uso de bombas de dos etapas.
- Usar equipo de carga de refrigerante que tenga balanza de masa muy precisa.
- Las máquinas de recuperación de refrigerante deben estar diseñadas para gases inflamables. No se debe usar máquinas diseñadas para HCFC/HFC.

- Nunca utilizar cilindros desechables para recuperar refrigerante. Cada cilindro de recuperación debe estar apropiadamente etiquetado para indicar el tipo de refrigerante.
- El detector de fugas debe estar diseñado para el uso de hidrocarburos. Un detector de HFC no tiene capacidad de detección de hidrocarburos.

ANEXO 2: BUENAS PRÁCTICAS PARA LA RECUPERACIÓN, LIMPIEZA Y DESTRUCCIÓN DE REFRIGERANTES

Hoy en día se han desarrollado buenas prácticas para el manejo de los refrigerantes con el fin de mantener sus características operativas durante el mayor plazo posible.

Para maximizar la vida útil de un refrigerante se recomienda realizar buenas prácticas, entre ellas el manejo de estos durante el mantenimiento de los equipos.

Para ello se definen 3 grupos de buenas prácticas: la recuperación del gas refrigerante, la limpieza del gas refrigerante, y la destrucción de los residuos de refrigerantes para evitar que sean venteados a la atmósfera.

A2.1: RECUPERACIÓN DEL GAS REFRIGERANTE

Al dar mantenimiento a un equipo de refrigeración o aire acondicionado, se recomienda recuperar el gas refrigerante, para posteriormente utilizarlo de nuevo en el mismo equipo.

Para el caso de eliminación de un equipo RAC, se recomienda extraer todo el refrigerante que se encuentra en el equipo y en la red misma. Este gas refrigerante, si se encuentra en buenas condiciones, se puede almacenar para reutilizar de nuevo en equipos que estén usando el mismo gas.

A2.2: LIMPIEZA DEL GAS REFRIGERANTE

Para mantener las condiciones de operación de un gas refrigerante es necesario que se encuentre en el mayor grado de pureza. Para ello los gases se pueden limpiar en equipos diseñados para tal fin. Esto garantiza que su posterior utilización no dañará los equipos, y que se logrará las capacidades refrigerantes del gas.

A2.3: DESTRUCCIÓN DE LOS RESIDUOS DE REFRIGERANTES

Los residuos de gases refrigerantes que se obtienen en el proceso de limpieza de gas refrigerante, o para los casos de mezclas de gases no azeotrópicos, en que se haya dado una pérdida por fuga de alguno de los componentes, es importante recuperarlos y almacenarlos temporalmente para su posterior destrucción. Esta destrucción debe realizarse de forma responsable, para lo cual existen protocolos y gestores ambientales autorizados.

Para mayor referencia en este punto específico se recomienda contactar a la Oficina Técnica del Ozono en la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental del Ministerio de Ambiente y Energía, al correo rodolfo.elizondo@undp.org.



Programa País **CARBONO NEUTRALIDAD** 2.0

Oficial del Gobierno de Costa Rica


PARA MAYOR INFORMACIÓN CONTACTAR A LA DIRECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO DEL MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA

Teléfonos: 2253-4298 / 2253-4295 / 2234-0076

Fax: 2253-4298 / 2253-4295 / 2234-0076

Correo electrónico: programapais.dcc@minae.go.cr

Apartado Postal: 10104-1000 San José, Costa Rica

www.minae.go.cr • cambioclimatico.go.cr  [/dccCostaRica](https://www.facebook.com/dccCostaRica)



Por encargo de:



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,
Obras Públicas y Seguridad Nuclear



de la República Federal de Alemania

