Cofinanciado por la Unión Europea

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

CARBONO NEUTRAL
Reconocido por el Gobierno de Costa Rica

Refrigeración y Aire Acondicionado *verde* en el Sector Hotelero en Costa Rica

Alcanzando la neutralidad de CO_2 y reduciendo los costos de energía

Implementado por

MINAE
Ministerio de Ambiente y Energía

DIGECA
Dirección de Gestión de Calidad Ambiental

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Como empresa federal, la GIZ asiste al Gobierno de la República Federal de Alemania en su labor para alcanzar sus objetivos en el ámbito de la cooperación internacional para el desarrollo sostenible.

Publicado por:
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Domicilios de la Sociedad
Bonn y Eschborn, Alemania

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn, Germany
T: +49 6196 79-0
F: +49 61 96 79-11 15

E: philipp.denzinger@giz.de
I: www.giz.de/en, www.giz.de/proklima, www.green-cooling-initiative.org

Denominación del programa/proyectos:
Contribuciones Frescas para Combatir el Cambio Climático (C4)
Una eliminación sostenible y respetuosa con el clima de las sustancias que agotan la capa de ozono (SPODS)

Responsable:
Bernhard Siegele (GIZ Proklima)

Autores:
Philipp Denzinger, Mairin Herm, Sofia Araya Nunez (GIZ Proklima)
Manuel Enrique Salas Salazar (Consultor)

Apoyo adicional:
Diana Morales Hidalgo

Revisión:
Adolfo Cordoba (GIZ Proklima)

Diseño:
Oscar Rosabal Ross

Fotografías/fuentes:
©GGPhoto/Shutterstock (foto portada); © GIZ/Gianfranco Vivi (fotos número: 1, 4, 11, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 31, 33); © GIZ/Manuel Salas (foto número: 2); © FOGEL/Electrofrio (foto número: 3); © Omega (foto número: 4); © GIZ/Philipp Denzinger (fotos número: 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 19, 25, 26, 32); © FIFCO (foto número: 7); © Shutterstock.com/Aleksandr Ivasenko (foto número: 12); © DJ Srki/shutterstock.com (foto número: 16); © Thermotar (fotos número: 24, 27, 28, 29); © GIZ (fotos número: 34)

Enlaces de URL:
Esta publicación contiene enlaces a sitios web externos. La responsabilidad del contenido de los sitios externos listados siempre recae en sus respectivos editores. En el momento de la primera publicación de los enlaces a estas páginas, GIZ verificó el contenido de terceros para determinar si podía dar lugar a responsabilidad civil o penal. Sin embargo, la revisión constante de los enlaces a sitios externos no puede esperarse razonablemente sin una indicación concreta de una violación de los derechos. Si la propia GIZ tiene conocimiento o es notificada por un tercero de que un sitio externo al que ha proporcionado un enlace da lugar a responsabilidad civil o penal, eliminará inmediatamente el enlace a este sitio. GIZ se distancia expresamente de dichos contenidos.

Por encargo de:
Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ), y cofinanciado por la Unión Europea (UE)
53113 Bonn, Alemania

Ministerio Federal e Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania (BMU)
División KI II 7 Financiamiento Internacional para el Clima, Iniciativa Internacional sobre el Clima (IKI)
11055 Berlín, Alemania

La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo financiero de la Unión Europea (UE), el Ministerio Federal para el Medio Ambiente, la Conservación de la Naturaleza y la Seguridad Nuclear (BMU) y el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). Su contenido es responsabilidad exclusiva de Philipp Denzinger y Manuel Enrique Salas Salazar y no necesariamente refleja los puntos de vista de la Unión Europea (UE) y del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) y Ministerio Federal para el Medio Ambiente, la Conservación de la Naturaleza y la Seguridad Nuclear (BMU).

Impreso en papel 100% reciclado, certificado según los estándares FSC.

San José, 2021

Propósito de esta guía

El principal objetivo de la presente publicación es dar a conocer al sector empresarial hotelero las opciones tecnológicas *verdes* en dispositivos de Refrigeración y Aire Acondicionado (RAA), amigables con el clima y la capa de ozono. Las alternativas *verdes* aquí presentadas, se encuentran, en su gran mayoría, actualmente disponibles en compañías existentes en Costa Rica.[1] Por tecnología *"verde"*, se refiere a aquellas que tengan nulo impacto a la capa de ozono, ultra bajo o cero Potencial de Calentamiento Global (PCG menos 10) y que además sean altamente eficientes en su uso de la energía eléctrica. Se busca también brindar conocimiento acerca de cuáles tecnologías son específicas para qué tipo de aplicaciones, tomando en cuenta las capacidades de sistema, la aplicación final y otras consideraciones pertinentes. La publicación pretende mostrar el camino para alcanzar gran parte de la descarbonización de este sector y también los beneficios de ser organizaciones carbono neutrales. Se muestra la influencia de estas tecnologías en el marketing de la organización, la disminución de costos de energía y su conformidad con las políticas nacionales e internacionales que marcarán el futuro del sector.

En la publicación se presentan además ejemplos de buenas prácticas respecto a equipos RAA. Las empresas en esta publicación aparecen únicamente porque se sabe que actualmente trabajan con tecnologías amigables con el clima y la capa de ozono. GIZ no pretende en ningún momento favorecer a estas empresas, ni tampoco cuenta con alguna relación y/o alianza comercial con ninguna de ellas. Desafortunadamente, el alcance de la publicación no permite un estudio que considere una cantidad mayor de empresas y productos y así mostrar una mayor cantidad de ejemplos de aplicaciones. Sin embargo, sí se conocen otros casos, productos y equipos del sector con tecnología *"verde"*, simplemente no al nivel de detalle necesario para esta publicación.

Proklima, un programa global de la Agencia Cooperación Alemana para el Desarrollo GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH), trabaja desde 1996 a comisión del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) para apoyar de manera técnica y financiera a los países en desarrollo para la aplicación de las disposiciones del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Desde 2008 trabaja también con éxito en nombre del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) en el marco de su Iniciativa Internacional sobre el Clima (IKI) promoviendo la difusión de tecnologías amigables con el ozono y el clima.[2] Desde 2017 en Costa Rica, Proklima trabaja en cooperación con el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), la Dirección de Cambio Climático (DCC) y la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA) bajo los proyectos "Contribuciones frescas para Combatir el Cambio Climático (C4)" y "Una eliminación sostenible y respetuosa con el clima de las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SPODS, por sus siglas en inglés)".

1 A excepción de AA tipo split con R-290.
2 GIZ, s.f: Green Cooling Initiative.

Índice

Lista de figuras 5
Lista de tablas 6
Lista de abreviaturas 7

1 Introducción 10
2 Políticas relevantes 12
3 Refrigerantes verdes 15
4 Emisiones del sector RAA 19
5 Refrigerantes y su impacto ambiental 20
6 Equipo de refrigeración y congelación 24
6.1 Refrigeradores comerciales 24
6.2 Congeladores 27
6.3 Minibares para cuartos de hotel 31
6.4 Máquinas de fabricación y almacenamiento de hielo 32
6.5 Dispensadoras de agua 34
6.6 Cuartos fríos 36
6.7 Monobloques para cuartos fríos 37
6.8 Espumas aislantes 40

7 Aire Acondicionado (AA) 41
7.1 AA tipo Split 41
7.2 Sistema AtA Split centralizado con ducto 46
7.3 AA tipo Paquete 48
7.4 AA Chiller 48

8 Sistemas de calentamiento de agua 52

9 Disposición de residuos en desuso 55
9.1 Disposición de antiguos refrigerantes 55
9.2 Disposición del equipo en desuso 55

10 Conclusiones 56
Bibliografía 57
Anexos 62

Lista de figuras

Figura 1: Cronograma de fases de desusos de gases refrigerantes HCFC. 13
Figura 2: Calendario de reducción gradual de los HFC de la Enmienda Kigali. 13
Figura 3: Categorías del Programa País Carbono Neutralidad 2.0. 14
Figura 4. Refrigerantes comunes a través del tiempo. 15
Figura 5: Ideas y soluciones para refrigeración y aire acondicionado sustentable en hoteles. 18
Figura 6: Representación de la generación de emisiones indirectas y directas. 19
Figura 7: Emisiones directas e indirectas del sector RAA en Costa Rica. 19
Figura 8: Refrigerantes antiguos y actuales. 21

Lista de tablas

Tabla 1: Comparación de Gases Refrigerantes Naturales y Convencionales. 17
Tabla 2: Impacto climático y ambiental de varios refrigerantes. 20
Tabla 3: Comparación cualitativa entre diferentes tipos de refrigerantes según aspectos importantes. 22
Tabla 4: Comparación de ejemplos de refrigeradores comerciales. 25
Tabla 5: Comparación de ejemplos de congeladores horizontales de exposición (usualmente para helados). 28
Tabla 6: Comparación de un ejemplo de un minibar (frigobar) con R-134a y otro con R-600a. 31
Tabla 7: Comparación de un ejemplo de una máquina de hielo con R-404A y con R-290. 33
Tabla 8: Comparación de un ejemplo de una dispensadora de agua con R-134a y con R-600a. 35
Tabla 9: Ejemplos de unidades condensadoras tipo monoblock amigables con el ambiente con refrigerantes de ultra bajo PCG. 37
Tabla 10: Comparación de ejemplos de un monobloque con R-404A/R-507A y con R-290. 38
Tabla 11: Comparación de impacto ambiental estimado en ejemplos de equipos de AA tipo Split en Costa Rica. 43
Tabla 12: Impacto ambiental estimado en ejemplos de equipos de AA tipo centralizado con ducto en Costa Rica. 47
Tabla 13: Comparación entre un ejemplo de chiller convencional y uno con ultra bajo PCG. 51
Tabla 14: Comparación de ejemplos de calentadores de agua caliente eléctricos convencionales vs Sistemas termo-solares de agua caliente. 53

Lista de abreviaturas

AA	Aire Acondicionado
BMU	Ministerio Federal Alemán del Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (por sus siglas en alemán)
BMZ	Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (por sus siglas en alemán)
BTU/h	Unidad Térmica Británica por hora, usada como alternativa al kW (1 kW = 3412.12 BTU/h)
C4	Proyecto Contribuciones Frescas para Combatir el Cambio Climático
UE	Unión Europea
CFC	Clorofluorocarbonos
CO2	Dióxido de carbono
CO_2eq.	Equivalente a dióxido de carbono (dimensionamiento de emisiones)
DCC	Dirección de Cambio Climático (del Ministerio de Ambiente y Energía)
DIGECA	Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (del Ministerio de Ambiente y Energía)
EER	Índice de Eficiencia de la Energía (por sus siglas en inglés, Energy Efficiency Ratio)
ESEER	Índice Europeo Estacional de Eficiencia Energética (por sus siglas en inglés, European Seasonal Energy Efficiency Ratio)
GCF	Fondo Verde del Clima (por sus siglas en inglés, Green Climate Fund)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIZ	Agencia de Cooperación Alemana para el Desarrollo (por sus siglas en alemán)
HC	Hidrocarburos
HCFC	Hidroclorofluorocarbonos
HFC	Hidrofluorocarbonos
HFO	Hidrofluoroolefinas
IKI	Iniciativa Internacional sobre el Clima (BMU) (por sus siglas en alemán)
kW	Kilovatio (1 kW = 3412,12 BTU/h)
kWh	Kilovatio hora
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
NDC	Contribuciones Nacionalmente Determinadas (por sus siglas en inglés, National Determined Contributions)
NH3	Amoniaco
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PAO	Potencial de Agotamiento del Ozono
PCG	Potencial de Calentamiento Global
RAA	Refrigeración y Aire Acondicionado
SAO	Sustancias que Agotan la capa de Ozono
SEER	Índice Estacional de Eficiencia Energética (por sus siglas en inglés, Seasonal Energy Efficiency Ratio)
SPODS	Proyecto "Una eliminación sostenible y respetuosa con el clima de las sustancias que agotan la capa de ozono"
TFA	Ácidos trifluoroacéticos

Agradecimiento para apoyo, cooperación y comentarios

Se agradece enormemente por apoyar esta publicación a Dos Pinos, Electrofrío (FOGEL), FIFCO, Hotel Ambassador, Refrigeración Omega, ROCHE, y Thermotar.

Se agradece además a DIGECA (Dirección de Gestión de Calidad Ambiental), DCC (Dirección de Cambio Climático) y MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía) por su colaboración y cooperación.

Aviso importante

Esta publicación ofrece ejemplos de productos respetuosos con el clima basados en la investigación y referencias bibliográficas en internet y en visitas a tiendas que ofrecen este tipo de productos en el país, por ejemplo: Refrigeración Industrial Beirute, Casa Blanca, DICOMA, Electrofrío, Gollo, Monge, Transclima, PriceSmart, Refrigeración Omega y muchas más. También se hace referencia a experiencias y ejemplos de uso de estas tecnologías en el país. No se favorece ningún producto en particular y no se quiere apoyar a ninguna empresa específica, ni desfavorecer o dañar a ningún producto o empresa. Se hace hincapié en que los ejemplos mostrados no son únicos, lo que significa que probablemente hay muchos más productos disponibles que tienen especificaciones similares y utilizan refrigerantes y agentes espumantes de ultra bajo Potencial de Calentamiento Global (PCG). Algunos productos sólo utilizan refrigerantes con PCG ultra bajo, pero contienen agentes espumantes a base de Hidrofluorocarbonos (HFC) para el material de aislamiento. Por consiguiente, estos productos no son incluidos, a menos que no haya una alternativa, porque no pueden etiquetarse completamente como productos verdes. De acuerdo con nuestra investigación, si sólo una compañía ofrece un producto verde específico, podríamos haber usado algunas fotos del producto. Sin embargo, una vez más, la presente investigación no tiene el alcance para sondear todos los equipos verdes del país. En consecuencia, las listas de productos sólo se utilizarán como ejemplos de productos verdes y recomendamos encarecidamente a cualquiera que quiera adquirir un producto verde que haga su propia investigación de acuerdo con sus requisitos específicos y su aplicación.

1 Introducción

En cualquier ubicación del mundo, los equipos de refrigeración, acondicionamiento de aire y las espumas para el aislamiento son fundamentales para lograr y mantener un nivel adecuado de temperatura para diversas aplicaciones, desde almacenamiento de alimentos hasta el confort de las personas en una habitación. Las tecnologías del sector RAA (Refrigeración y Aire Acondicionado) y las espumas aislantes son responsables de una parte significativa de las emisiones mundiales de Gases de Efecto Invernadero (GEI), los cuales son dañinos para el clima.[3]

Costa Rica produce alrededor un 98 por ciento de su electricidad a partir de fuentes renovables de energía, por lo que la mayor oportunidad de mitigación frente al cambio climático radica en utilizar equipos con tecnologías eficientes y sustancias amigables con el ambiente[4]. Migrar hacia este tipo de soluciones y alternativas en el sector de Refrigeración y Aire Acondicionado (RAA), es uno de los pasos claves para alcanzar el estado de carbono neutralidad a nivel país. De hecho, hay cada vez más hoteles que buscan clasificarse como empresas y/o negocios carbono neutrales.

La huella de carbono del sector hotelero está compuesta principalmente por las emisiones directas e indirectas que emiten los equipos del sector RAA. Apuntar a la condición de carbono neutralidad con el cambio a mejores tecnologías de tales equipos es, por ende, un paso estratégico e inteligente para este sector.

Ser una empresa hotelera que cuenta con la categoría de carbono neutralidad aporta varios beneficios. Por un lado, ser carbono neutral presenta una oportunidad única para las estrategias de mercadeo y publicidad. También, el cambio de los equipos RAA a equipos verdes en una empresa significa ser verdaderamente sostenibles y no aplicar métodos dañinos como *greenwashing*[5]. Por equipos verdes, vamos a entender como aquellos que tengan nulo impacto a la capa de ozono, ultra bajo o cero potencial de calentamiento global y que además sean altamente eficientes en su uso de la energía eléctrica.

Actualmente, los compromisos de sostenibilidad que posean las empresas son importantes para el cliente dado que la conciencia ambiental en la sociedad es más alta que nunca y se prevé que siga aumentando. Por lo tanto, la sostenibilidad y la conciencia ambiental de los negocios van a ser criterios esenciales a la hora de la toma de decisión del consumidor.

3 GIZ, 2016: Avanzando con las contribuciones determinadas nacionales (NDC) mediante refrigeración y aire acondicionado compatibles con el medio ambiente: Orientación para los encargados de formular políticas, p. 6.
4 Casa Presidencial, 2019: Por quinto año consecutivo, Costa Rica superará 98 por ciento de generación eléctrica renovable.
5 Alejos Góngora, Claudia Lucía, 2013: Greenwashing: Ser verde o parecerlo.

Un cambio hacia una tecnología RAA sostenible genera una reducción de los costos de energía y, por lo tanto, un ahorro de costos de operación en general, debido a la mayor eficiencia de los equipos *verdes*. La ventaja inherente de esta transición es tener un negocio en balance con el ambiente y en sintonía con las metas internacionales que se dirigen hacia un desarrollo sostenible de la sociedad.

Este documento pretende explicar las razones por las cuáles es una buena idea buscar la condición de carbono neutralidad y plantea maneras de alcanzarla mediante la implementación de tecnologías verdes RAA. Se trata de exponer la relevancia de los refrigerantes y tecnologías verdes a nivel nacional y mundial, y mediante comparaciones de las diferentes alternativas que existen en el mercado, se destaca la diferencia entre los impactos ambientales y económicos de las tecnologías en cada tipo de equipo. De esa manera, la publicación busca proporcionar orientación sobre la adquisición de equipo de refrigeración y congelación, así como equipo de aires acondicionados.

Adicionalmente, esta publicación se centra en aspectos relacionados con la disposición final, reciclaje o destrucción de equipamiento obsoletos, y la importancia del desmantelamiento de unidades antiguas de refrigeración de acuerdo con las normas internacionales y su debida disposición.

2 Políticas relevantes

Existen diversos compromisos y acuerdos internacionales para motivar la implementación de medidas de mitigación y adaptación ante el cambio climático. El Acuerdo de París en el 2015, dentro del trabajo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) es histórico porque logró reunir a todas las naciones en una causa común, basándose en las responsabilidades que les exigen la historia, el presente y el futuro.[6] El acuerdo busca combatir el cambio climático y fomenta medidas e inversiones que buscan alcanzar un futuro bajo en emisiones de carbono que sea resiliente y sostenible al cambio climático. La implementación del Acuerdo de París en Costa Rica, y en los otros países, se plasma en las Contribuciones Determinadas Nacionalmente (NDC, por sus siglas en inglés). Los NDC Costa Rica 2020 toma acciones en pro de la eficiencia energética y también establece una reducción progresiva de los refrigerantes a base de HFC, según lo establecido con la Enmienda Kigali.[7]

El Acuerdo de París no es el primero de los esfuerzos internacionales por reducir el impacto ambiental de la sociedad. El Protocolo de Montreal es una iniciativa internacional que busca proteger la capa de ozono y plantea como objetivo final la eliminación de varios grupos de sustancias que contribuyen al adelgazamiento de la capa de ozono. Costa Rica ratificó el Protocolo de Montreal en 1991 mediante la Ley 7223, y actualmente ha sido ratificado por 196 países más, incluyendo las grandes potencias del mundo.[8] En el 2016, se pacta la Enmienda de Kigali, la cuál es un acuerdo de los países participantes en el Protocolo de Montreal de eliminar gradualmente los hidrofluorocarbonos (HFC).[9] Muchos de los refrigerantes utilizados actualmente en equipos de RAA son sustancias a base de HFC o inclusive HCFC, los cuales ya se están eliminando activamente.

Además, el plan para la gestión de la eliminación de HCFC (HPMP) de Costa Rica que ejecuta el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), bajo el Protocolo de Montreal, busca consolidar el compromiso de reducir el consumo de sustancias HCFC a 2,5 por ciento en el 2030, y eliminarlo totalmente en el 2040 (ver Figura 1).[10]

6 UNFCCC, s.f.: ¿Qué es el Acuerdo de París?
7 Gobierno de Costa Rica, MINAE y DCC, 2020: Contribución Nacionalmente Determinada.
8 MINAE, Oficina Técnica del Ozono y PNUD, 2014: Acciones implementadas por Costa Rica para la preservación de la capa de ozono.
9 Naciones Unidas, s.f.: Día Internacional de la Preservación de la Capa de Ozono, 16 de septiembre: Antecedentes.
10 DIGECA, 2013: Plan para la gestión de la eliminación de HCFC en Costa Rica.

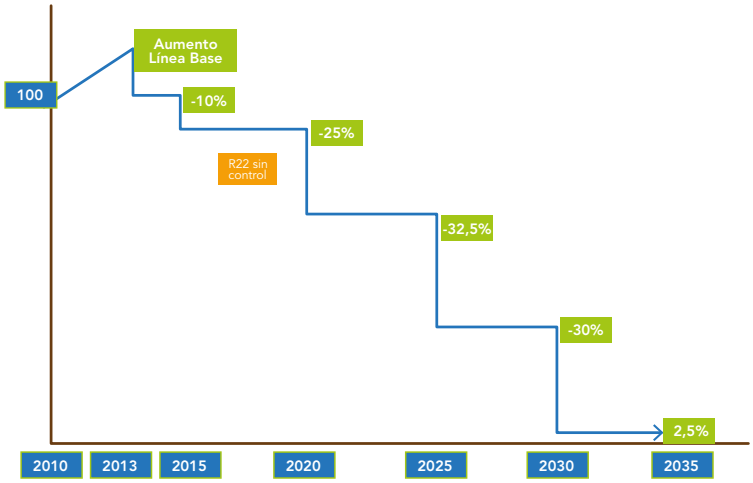


Figura 1: Cronograma de fases de desusos de gases refrigerantes HCFC.[11]

De acuerdo con la Enmienda Kigali, los HFC entran en una fase de control que inicia en 2028 y llega al 2045 con un 80 por ciento de reducción en las importaciones de acuerdo con la línea base de importaciones trazada entre 2020 y 2022 (ver Figura 2).[12]

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), establecidos en 2016, son metas universales que buscan la adopción de medidas para terminar con la pobreza, proteger el planeta y asegurar que haya paz y prosperidad para todas las personas.[14] Debido a la esencialidad del sector RAA para el alcance y mantenimiento de un nivel de vida humano adecuado, sobre todo en los países con temperatura ambiente alta, su uso seguirá incrementándose. Esto sucede ya que una mayor climatización y refrigeración de los espacios está relacionado con el desarrollo económico de una zona o un sector empresarial. Además, el mismo efecto del cambio climático y el calentamiento global, provocarán que sea más necesaria la implementación de estas tecnologías. En este sentido, el sector de RAA presenta una variedad de oportunidades para el apoyo de muchos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible impulsados por las Naciones Unidas.[15]

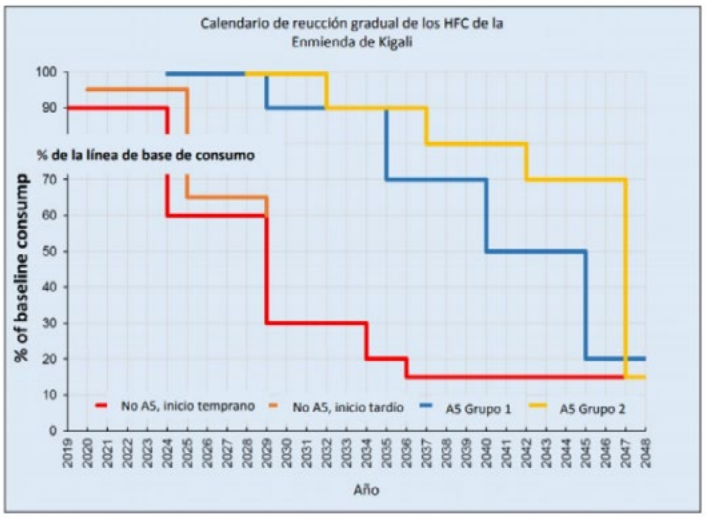


Figura 2: Calendario de reducción gradual de los HFC de la Enmienda Kigali.[13]

11 DIGECA, 2019: Implementación de Enmienda de Kigali en Costa Rica: Eliminación de los HFC.
12 DIGECA, s.f.: Línea Base de los HFC y calendario de reducción.
13 DIGECA, s.f.: Línea Base de los HFC y calendario de reducción. Nota: Costa Rica es miembro del Artículo 5 Grupo 1, la línea azul.
14 Gobierno de Costa Rica, s.f.: Objetivos de Desarrollo Sostenible Costa Rica.
15 GIZ, 2016: Avanzando con las contribuciones determinadas nacionales (NDC) mediante refrigeración y aire acondicionado compatibles con el medio ambiente: Orientación para los encargados de formular políticas, p. 7.

Al igual que las empresas en otros sectores encargadas de diseño, ejecución y mantenimiento de proyectos en áreas de acondicionamiento de aire y refrigeración, las del sector hotelero están en la obligación de cumplir con estos acuerdos. Entre más temprano se aplique el cambio, las empresas contarían con más ventajas y podrían representar un rol de ejemplo a seguir.

A nivel nacional se han establecido estrategias y planes para incentivar y acatar las iniciativas internacionales mencionadas. El Programa País Carbono Neutralidad 2.0, es una iniciativa del gobierno costarricense que a través de la Dirección de Cambio Climático (DCC) del MINAE brinda un mecanismo de reconocimiento del manejo adecuado de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a organizaciones públicas y privadas, gobiernos locales, consejos distritales y/o comunidades. El mecanismo de reconocimiento se alinea con los objetivos de mitigación planteados por los NDC.[16] Las categorías de reconocimiento son:

- Reporte de inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)
- Reporte de inventario de emisiones de GEI y reducciones asociadas
- Carbono reducción plus
- Carbono neutralidad

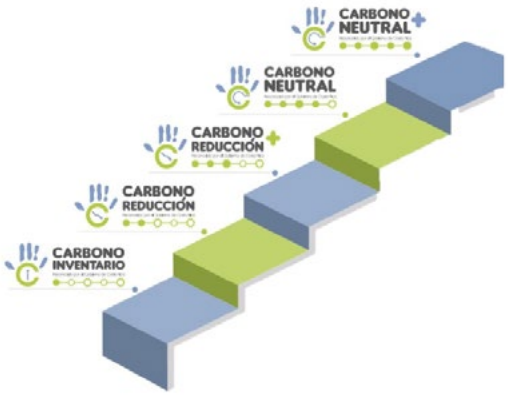


Figura 3: Categorías del Programa País Carbono Neutralidad 2.0.[17]

Otro compromiso esencial en la misión ambiental de nuestro país es el Plan de Descarbonización. En este se sintetizan las acciones estratégicas que el Gobierno del Bicentenario identifica para potenciar la descarbonización de la economía costarricense. La descarbonización y resiliencia se conciben como un medio para transformar el modelo de desarrollo a uno basado en la bioeconomía, el crecimiento verde, la inclusión y la mejora de la calidad de vida de la ciudadanía. Costa Rica se compromete a convertirse en una economía descarbonizada y con cero emisiones netas al año 2050.[18] El Plan ofrece una Hoja de Ruta para impulsar la modernización de la economía costarricense, generar empleos y dinamizar su crecimiento a partir de un modelo basado en la generación de bienes y servicios 3D: descarbonizados, digitalizados y descentralizados en la producción eléctrica.[19]

Retomando la acción de compromisos internacionales en nuestro país, la consulta pública para el NDC 2020, se destacan dos citas, la primera en su sección de Industria, Comercios y Servicios:

"Costa Rica confirma los compromisos establecidos en la Enmienda de Kigali del Protocolo de Montreal para reducir progresivamente los HFC y promover los refrigerantes de bajo poder de calentamiento global."[20]

Además, en la sección de Energía se menciona:

"Para el año 2030 Costa Rica habrá desarrollado y/o actualizado los estándares y regulaciones de eficiencia energética de las tecnologías de uso final (incluyendo, pero no limitada a equipos de refrigeración y aire acondicionado, calderas y otros equipos de alto consumo energético) para asegurar su consistencia con la trayectoria de descarbonización del país para ser carbono neutral al 2050."

16 DCC, MINAE, s.f.: Programa País Carbono Neutralidad.
17 GIZ, 2016: Avanzando con las contribuciones determinadas nacionales (NDC) mediante refrigeración y aire acondicionado compatibles con el medio ambiente: Orientación para los encargados de formular políticas, p. 7.
18 DCC, 2018.: Plan Nacional de Descarbonización.
19 Casa Presidencial, 2019: Síntesis: Plan Nacional de Descarbonización 2018 – 2050.
20 DCC, 2020: Consulta pública de la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) 2020 de Costa Rica.

3 Refrigerantes verdes

El dióxido de carbono (CO_2), el amoníaco, el agua, el aire y los hidrocarburos tales como propano, isobutano y propeno/propileno son refrigerantes considerados verdes que se pueden encontrar en la naturaleza. Este tipo de sustancias poseen cero potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO) y un ultra bajo o cero potencial de calentamiento global (PCG). Además, este tipo de refrigerantes no poseen ácidos trifluoroacéticos (TFA), los cuales son conocidos por su efecto negativo en el medio ambiente, agua subterránea y salud humana.

Los refrigerantes naturales fueron las primeras sustancias en utilizarse en equipos del sector RAA (ver Figura 4). Esto sucedió alrededor del año 1835, pero fueron discontinuados por sustancias con una inflamabilidad más baja, menos tóxicas y que trabajaran a menor nivel de presión en equipos de refrigeración y aire acondicionado. En su momento, parecía una buena idea; sin embargo, esas sustancias afectaban a la capa de ozono y generaban mayor calentamiento global, aun así, muchas de ellas siguen vigentes hoy en día. Casi 200 años después, los refrigerantes naturales vuelven a considerarse y promoverse gracias a su PCG ultra bajo y a que tampoco dañan a la capa de ozono, además con la tecnología actual se pueden minimizar en gran medida los riesgos por inflamabilidad.[21]

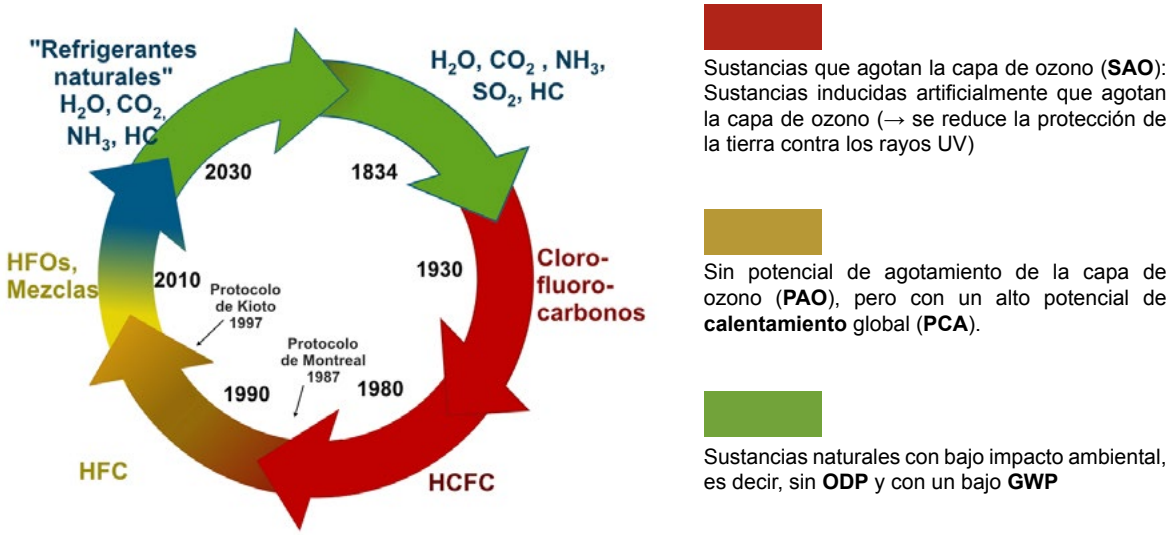


Figura 4. Refrigerantes comunes a través del tiempo.[22]

21 GIZ, 2019: A1 Introducción a la refrigeración y los refrigerantes.
22 Ibid.

Soluciones verdes disponibles

En Costa Rica existen distintas opciones de equipos de RAA verdes que funcionan con alta eficiencia energética y que utilizan sustancias amigables con el ambiente. Si bien hoy en día la oferta nos es muy variada, esta puede incrementarse en función de la demanda. La tecnología y los productos existen y ya se utilizan en varios países de la zona.

Foto 1: Ejemplo de Aire acondicionado de alta eficiencia y refrigerante R-290 con ultra bajo PCG en Costa Rica, © GIZ/Gianfranco Vivi.

Foto 2: Ejemplo minibar con R600a, © GIZ/ Manuel Salas.

Las soluciones verdes se caracterizan entonces por su eficiencia energética y uso de refrigerantes con ultra bajo PCG, por ejemplo, refrigerantes naturales a base de hidrocarburos. Dentro de estos se destacan el R-290 y el R-600a. En la Tabla 1 se presenta una comparación entre estos refrigerantes y los refrigerantes tradicionales como R-22, R-410A, R-134a, R-404A y R-507A (a base de HCFC y HFC), los cuales dañan la capa de ozono y aumentan el calentamiento global.

Tabla 1: Comparación de Gases Refrigerantes Naturales y Convencionales.

	Refrigerantes Naturales		Refrigerantes Convencionales
☺	Característica única, que presenta una oportunidad de comercialización al ser amigable con el ambiente.	☹	No se podría comercializar como una tecnología amigable con el ambiente.
☺	Producen una cantidad despreciable de emisiones, ayuda a lograr ser carbono neutral.	☹	Producen emisiones considerables de CO_2, y dañan la capa de ozono en algunos casos (equipo viejo con HCFC).
☺	Fácil metodología para su reciclaje y destrucción.	☹	Presentan procesos de reciclaje y destrucción complicados.
☺	Cumplen con metas de sostenibilidad internacionales y nacionales.	☹	Se eliminarán progresivamente de acuerdo con iniciativas internacionales.
☺	Su precio disminuirá según tendencias internacionales.	☹	Se importarán de acuerdo con un sistema de cuotas, y su precio aumentará.
☹	Son en su mayoría gases inflamables y tóxicos, se requiere capacitar al personal encargado.	☺	No son inflamables y su manejo es menos riesgoso.
☺	Tienen propiedades termodinámicas que mejoran la eficiencia energética (por lo general utilizan menos cantidad de refrigerante).	☹	Sus propiedades termodinámicas suelen ser inferiores a las propiedades de refrigerantes naturales.

A continuación, se presenta un resumen gráfico de las principales ideas y soluciones respecto al aire acondicionado y a la refrigeración sostenible y amigable con el ambiente en hoteles (ver figura 5).

Figura 5: Ideas y soluciones para refrigeración y aire acondicionado sustentable en hoteles.
https://www.green-cooling-initiative.org/news-media/publications/publication-detail/2018/08/15/poster-climate-friendly-and-energy-efficient-hotels-en-es

4 Emisiones del sector RAA

El aumento del uso de equipos de RAA se traduce en un crecimiento de las emisiones GEI por dos razones. Por un lado, la mayoría de los equipos del sector RAA necesitan electricidad para su funcionamiento. Actualmente en el mundo, la producción de esta electricidad se obtiene en gran parte mediante la combustión de combustibles fósiles, lo que causa la emisión de una alta cantidad de CO_2. Estas emisiones se denominan emisiones indirectas.

Costa Rica representa una excepción en cuanto a este tipo de emisiones por su alta contribución a la red eléctrica de energía a base de fuentes renovables. Por otro lado, la utilización de gases fluorados (HCFC o HFC) como refrigerantes para transferir el calor es muy común e indispensable en la mayoría de los equipos de RAA. El uso de estos gases produce una generación de emisiones considerables porque se escapan durante su uso a través de fugas o al descartar el equipo al final de su vida útil. Estas emisiones se denominan emisiones directas y se pueden dimensionar mediante el índice de Potencial de Calentamiento Global (PCG) de cada sustancia, en este caso refrigerante.[23]

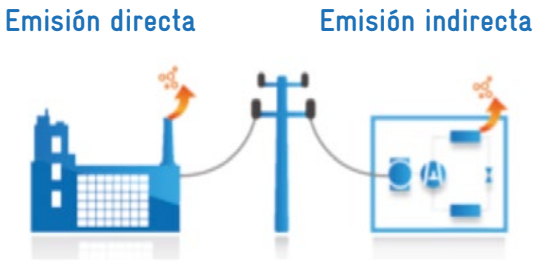


Figura 6: Representación de la generación de emisiones indirectas y directas.[24]

Emisión directa	Emisión indirecta
Son las emisiones generadas por la producción de la energía eléctrica. Dependen de qué tan sostenible y amigable con el ambiente son las fuentes energéticas.	Escapes de gases refrigerantes, durante el servicio mediante fugas o al descartar un equipo al final de su vida útil.

Las emisiones indirectas del sector RAA (sin aires acondicionados en carros, autobuses y camiones) en Costa Rica constituyen aproximadamente el 35 por ciento y las emisiones directas representan aproximadamente el 65 por ciento del inventario RAA en Costa Rica, como se puede observar en la siguiente figura.

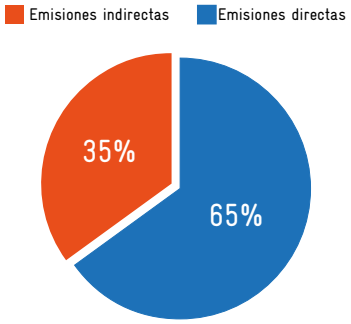


Figura 7: Emisiones directas e indirectas del sector RAA en Costa Rica.[25]

En Costa Rica, la cantidad de emisiones indirectas es considerablemente más baja que la de las emisiones directas, gracias a la energía obtenida de fuentes renovables del país. A su vez, todas las emisiones del sector RAA representan el 13,5 por ciento de las emisiones totales del país, y por el aumento de uso esperado de las tecnologías de este sector previamente discutido, estas emisiones aumentarán progresivamente, representando cada vez una porción mayor del total de las emisiones del país.[26]

23 GIZ, 2016: Avanzando con las contribuciones determinadas nacionales (NDC) mediante refrigeración y aire acondicionado compatibles con el medio ambiente: Orientación para los encargados de formular políticas, p. 6
24 GIZ, s.f: Green Cooling Initiative.
25 MINAE, 2019: Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016).
26 Ibid.

5 Refrigerantes y su impacto ambiental

Los gases refrigerantes son sustancias cuyo impacto ambiental puede ser evaluado mediante dos índices de referencias: PAO (Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono) y PCG (Potencial de Calentamiento Global).[27] El primero nos indica que tanto daño podría provocar una sustancia en particular en la capa de ozono, por su posibilidad de liberar cloro y bromo que reaccionan con la luz ultravioleta, lo cual desgasta a esta capa. El segundo es prácticamente un factor de conversión para entender cuántos kilogramos de dióxido de carbono equivalentes corresponden a un kilogramo de una sustancia en específico.

Tabla 2: Impacto climático y ambiental de varios refrigerantes.[28]

Sustancia	Tipo	Potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO)	Potencial de Calentamiento Global (PCG)[29]
R-12	CFC	1	10200
R-22	HCFC	0,055	1760
R-141b	HCFC	0,110	782
R-32	HFC	0	677
R-134a	HFC	0	1300
R-404A	HFC	0	3922
R-407A	HFC	0	2107
R-410A	HFC	0	1924
R-507A	HFC	0	3985
R-245fa	HFC	0	858
R-365mfc	HFC	0	804
R-290	HC (propano)	0	3
R-744	CO_2	0	1
R-600a	HC (isobutano)	0	3
R-717	HN_3 (amoníaco)	0	0
C5H10	HC (ciclopentano)	0	11
R-601	HC (pentano)	0	4±2
R-601a	HC (isopentano)	0	4±2

27 IPCC, 2018: AR5 Assessment Chapter 8 Anthropogenic and Natural Radiative Forcing (p. 73-79)
28 Ibid.
29 Representación de la equivalencia entre un kilogramo de sustancia y kilogramos de CO_2.

La Tabla 2 muestra que el impacto en la atmósfera es mucho más alto en el caso de los refrigerantes convencionales de aire acondicionado en comparación con los refrigerantes a base de gases naturales. Si bien muchos de los refrigerantes convencionales ya no agotan la capa de ozono (aquellos a base de HFC), sí mantienen valores de PCG elevados, inclusive mayores en algunos casos al comparar contra refrigerantes más viejos como los refrigerantes a base de HCFC. El Protocolo de Montreal planteó la eliminación del uso de gases HCFC (R-22), y luego amplió esta idea en su Enmienda Kigali, al incluir la reducción progresiva del uso de los gases HFC (R-410A)[30]. Respecto a los gases naturales, estos cuentan con un PCG insignificante y ninguno agota la capa de ozono.

Los gases observados son de tipo HCFC, HFC y HC, pero existen más sustancias que se han utilizado como refrigerantes. La Figura 6 muestra cuales estaban o están aún en uso. Como se puede ver, los refrigerantes a base de CFC ya están prohibidos. Muchos equipos utilizan en la actualidad refrigerantes a base de HCFC, HFC y HFO. Los equipos con HCFC precargado se han prohibido desde enero del año 2020 y en la actualidad ya están regulados y existen cuotas de importación. Cambiar los HCFC por refrigerantes a base de HFC (serán regulados mediante cuotas de importación) y HFO no solo significa contribuir al calentamiento global, sino también optar por una menor eficiencia energética y por ende altos costos energéticos. Los refrigerantes naturales no solo tienen un ultra bajo PCG, también son altamente eficientes, lo que genera un ahorro significativo de costos de operación.

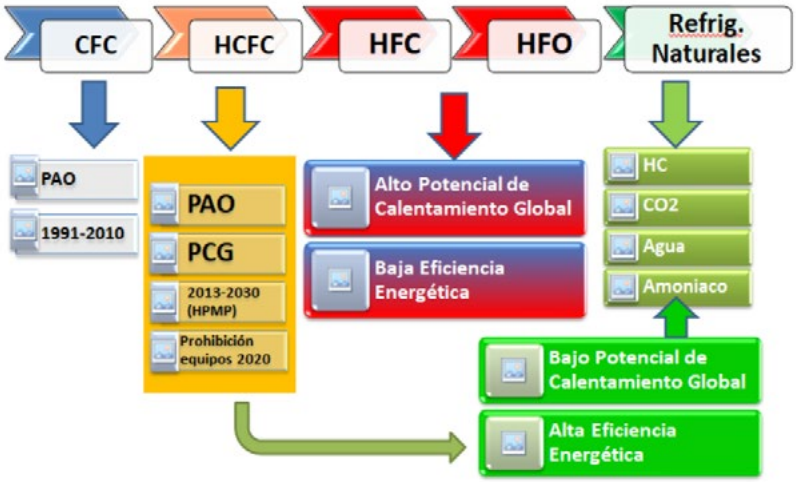


Figura 8: Refrigerantes antiguos y actuales.[31]

30 GIZ, 2018: Good Service Practices and Installation of Room Air-conditioners with HCFC-22 and Flammable Refrigerants: Trainers Handbook, p. 9
31 DIGECA. s. f.: Gestión de Sustancias Químicas: Protocolo de Montreal.

La Tabla 3 compara los diferentes refrigerantes existentes respecto a varios aspectos y muestra que en total los refrigerantes naturales aportan más beneficios.

Tabla 3: Comparación cualitativa entre diferentes tipos de refrigerantes según aspectos importantes.

Aspectos para evaluar	Refrigerantes Convencionales			Refrigerantes Naturales		
	HCFC	HFC	HFO	NH_3	CO_2	HC
Reducción de la Capa de Ozono	☹	☺	☺	☺	☺	☺
Potencial de Calentamiento Global	☹	☹	☺	☺	☺	☺
Desechos persistentes	☹	☹	☹	☺	☺	☺
Recursos Agotables	☹	☹	☹	☺	☺	☺
Reciclaje/Eliminación	☹	☹	☹	☺	☺	☺
Aspectos de seguridad (precauciones disponibles)	☺	😐	☹	☹	☺	☹
Eficiencia Energética	☺	☺	☺	☺	😐	☺
Costos	☺	☹	☹	☹	☹	☺
Posibilidad de producción local de refrigerantes	☺	☺	☹	☹	☹	☺

En fin, las ventajas de implementar el uso de refrigerantes naturales se pueden resumir en:

- Son sustitutos directos para HCFC (p. ej. R-22) y/o HFC (p.ej. R-134a, R-404A, R-507a, etc.).
- Alta eficiencia energética (Incluso en las altas temperaturas ambientales presentes en las zonas tropicales).
- No tienen un impacto perjudicial para la capa de ozono.
- Ultra bajo o cero potencial de calentamiento global (PCG).
- No tienen residuos remanentes.
- Se pueden producir localmente.
- Por su alta eficiencia energética, requieren menor carga.
- Costos de materiales más bajos. Se suelen realizar instalaciones de mayor calidad para evitar fugas, lo que reduce los costos de recarga.

Aunque son inflamables y tienen bajos límites de carga, lo que restringe su aplicación, los equipos son altamente eficientes. Esto último compensa las cargas menores que presentan estos equipos. Además, los sistemas de mitigación y control de hoy en día minimizan en gran medida el riesgo por inflamabilidad. Desde el punto de vista económico, migrar a una nueva tecnología implica una inversión relativamente mayor; sin embargo, esta migración será obligatoria en el corto plazo para aquellas instituciones donde se utilicen refrigerantes a base de HCFC (como el R-22).

En un mediano plazo también será obligatorio donde se utilicen equipos con refrigerantes a base de HFC. Al migrar hacia equipos con refrigerantes naturales, en la mayoría de los casos, la inversión es mayor que comprar un equipo con tecnología convencional, pero los costos de operación y mantenimiento son menores. Se considera inclusive que el valor de la inversión se recupera en plazos de tiempo razonables, los cuales varía según el tipo de equipo. Inclusive, el precio de estos refrigerantes a base de HFC subirá debido a los mecanismos de cuota de importación que limitan su oferta en el mercado.[32] Sin embargo, si se considerara dentro del análisis económico de costos las externalidades ambientales, las fugas, recargas, recuperación y destrucción de refrigerantes, el equipo verde sería mucho más barato.

Al igual que el acondicionamiento de aire, la refrigeración tiene un papel importante para la mayoría de los hoteles en las regiones más cálidas del planeta como en Costa Rica. La segunda mayor parte del consumo de energía de un hotel se debe a la refrigeración. Asimismo, la mayor parte de las emisiones de CO_2 se pueden atribuir al consumo de energía que se ha producido con combustibles fósiles, a fugas de refrigerantes y a agentes espumantes que se utilizan para la producción de refrigeradores. Por lo tanto, si un hotel busca la neutralidad de CO_2, necesita revisar la eficiencia energética, los refrigerantes y agentes espumantes de sus equipos de refrigeración. Para la mayoría de los sistemas de refrigeración hay aplicaciones *verdes* disponibles. Las soluciones amigables con el clima y energéticamente eficientes se presentan en el siguiente capítulo.

32 GIZ, 2018b: Implications of natural refrigerants for cooling technologies – Converting from HFCs/HCFCs to natural refrigerants: A guide for refrigeration manufacturers, p. 22.

6 Equipo de refrigeración y congelación

En los hoteles se atienden diversos servicios de refrigeración y congelación, muchas veces de todo tipo, especialmente en materia de alimentación. Por esto se implementan varios equipos de refrigeración y congelación para preservar el buen estado de estos insumos. Generalmente, en el país se favorece el uso de refrigerantes a base de HFC como R-134a, R-507 y R-404A, los cuales tienen un alto potencial de calentamiento global (1.300, 3.985 y 3.922 respectivamente). Sin embargo, cada vez hay una mayor presencia de las alternativas verdes como R-290 y R-600a. Estas opciones se pueden ver desde frigobares y refrigeradores domésticas hasta congeladores y cuartos de enfriamiento. Estas alternativas inclusive no tienen un costo de inversión inicial significativamente diferente a las opciones convencionales. Los precios han bajado y son realmente competitivos, eso sin considerar el valor agregado de las alternativas verdes al ayudar a disminuir el impacto ambiental.

Hoy en día, ya no hay ninguna necesidad de comprar equipos de refrigeración comercial que utilicen HFC con alto PCG. Las alternativas respetuosas con el clima se utilizan ampliamente y están disponibles comercialmente en Costa Rica desde hace al menos cinco años. Este tipo de equipos utiliza refrigerantes de ultra bajo PCG, principalmente R-600a y R-290, los cuales son también altamente eficientes.[33] Existen soluciones climáticas para todo tipo de equipo de refrigeración y congelación, como refrigeradores comerciales, máquinas de hielo, y urnas de exposición como congeladores con puerta de vidrio comúnmente utilizados para helados. Estos equipos suelen tener una mayor eficiencia energética y, por lo tanto, ahorran costos de operación. Su impacto climático y medioambiental es mucho menor.

A pesar de esta realidad, en Costa Rica el 90 por ciento de los refrigeradores todavía utiliza el R-134a, con un PCG de 1300 kg CO_2/kg refrigerante. No obstante, cada vez se venden más refrigeradores R-600a, e inclusive en algunas presentaciones con refrigerante R-290. Ejemplos como Casa Blanca, Gollo, Monge, Pricesmart, Walmart, y muchas otras tiendas ya venden unidades R-600a.[34] Las alternativas verdes no tienen un precio considerablemente mayor, e inclusive en algunas ocasiones los precios son indistinguibles entre un equipo con refrigerante tipo HFC y otro tipo HC.
En las siguientes secciones del capítulo, se muestran comparaciones de equipos comúnmente usados en hoteles. Se compara específicamente la diferencia de impacto ambiental y costo monetario entre equipos con refrigerantes convencionales y equipos verdes con refrigerantes naturales. Las especificaciones de todos los equipos se obtuvieron mediante catálogos en línea y visitas físicas a distintas tiendas del país.

6.1 Refrigeradores comerciales

En los hoteles suele tenerse mercadería a la venta en distintos puntos, y muchas veces de productos de franquicias, como lo son las bebidas. Los refrigeradores comerciales son aquellos utilizados para almacenar comúnmente bebidas en venta como en los supermercados. En un hotel también se pueden utilizar en las cocinas, ya que tienen un mayor volumen útil que un refrigerador doméstico. En estos equipos la opción tradicional de refrigerante es el R-134a, mientras que la alternativa amigable con el ambiente suele ser el R-600a (muy utilizado en refrigeradores domésticas), pero también hay presencia del refrigerante R-290.

De hecho, debido al alto potencial de calentamiento global del R-134a, este es visto ahora como una solución provisoria. Previamente se ha considerado que el R-134a es un "asesino climático" por su alto impacto en el clima.[35] Como un ejercicio comparativo, se muestran en la siguiente tabla dos equipos de gran uso en cocinas y supermercados, como lo son los refrigeradores de dos puertas de gran volumen, utilizadas para bebidas y alimentos.

33 GIZ, 2016: Avanzando con las contribuciones determinadas nacionales (NDC) mediante refrigeración y aire acondicionado compatibles con el medio ambiente: Orientación para los encargados de formular políticas, p. 18
34 Productos en línea disponibles en tiendas durante el año 2020 y 2021.
35 GIZ, 2018a: 25 years Greenfreeze: A fridge that changed the world: Learning from a leapfrogging success story to implement the Kigali Amendment, p. 25.

Tabla 4: Comparación de ejemplos de refrigeradores comerciales.[36]

Tipo	Refrigerador comercial convencional 1.000 litros/ 35 pies cúbicos (ft^3)	Refrigerador comercial verde 1.050 litros/37 pies cúbicos (ft^3)
Marca/modelo	Imbera/VR35 2PC	Fogel/X-37-PD3-HC
Refrigerante	R-134a	R-290
PCG	1300	3
Carga de refrigerante	420 g	105 g
Promedio de refrigerante acumulado[37]	420 g	105 g
Consumo de energía promedio (kWh/año)	2.666	1.415
Promedio de emisiones directas durante vida útil	0,55 toneladas de CO_2eq	0,0003 toneladas de CO_2eq
Promedio de emisiones indirectas durante vida útil	2,24 toneladas de CO_2eq	1,19 toneladas de CO_2eq
Promedio del total de emisiones (directas e indirectas) durante vida útil	2,78 toneladas de CO_2eq	1,19 toneladas de CO_2eq
Promedio del impacto ambiental equivalente de un vehículo en kilómetros recorridos	10.014 km	4.273 km
Promedio costos por consumo eléctrico a lo largo de la vida útil	¢ 4.255.671	¢ 2.258.445
Ahorros monetarios durante la vida útil	----------	Contra R-134a: ¢ 1.997.226

36 Para todas las suposiciones y cálculos, por favor ver Anexo 1.
37 Vida útil de 15 años. Equipos autocontenidos que requieren poco mantenimiento en materia de refrigerante. Se asume que no se necesitan recargas.

De este ejercicio de comparación se puede destacar en primer lugar la gran diferencia en las emisiones directas que son 1.800 veces mayores en el caso del equipo convencional, lo que constituye la principal motivación para escoger las alternativas verdes. La diferencia de magnitud, en el equipo verde entre tipos de emisiones, es tal que, a la hora de sumar las emisiones totales del equipo verde, el resultado representa prácticamente el valor de las emisiones indirectas. En el caso de los ejemplos comparados, la diferencia en consumo eléctrico también es considerable. Todo esto conlleva a que el equipo convencional genere más del doble de emisiones que el equipo verde. Es importante resaltar el ahorro monetario que presenta utilizar el equipo verde, un total de 1.997.226 colones, tan solo en cuanto al consumo energético. Este ahorro es bastante significativo y podría financiar una renovación de equipo al finalizar la vida útil. Este ahorro podría ser mayor ya que los equipos convencionales suelen requerir una recarga de refrigerante, costo que no se contemplaría en el equipo verde. Esta recarga no contemplada aumentaría también las emisiones directas, por lo que la comparación realizada es bastante conservadora. Un hotel que cambie tres refrigeradores en su cocina por refrigeradores verdes generaría 4,77 toneladas de CO_2 eq menos al fin de la vida útil de los equipos.

A continuación, se muestran equipos como ejemplo de algunos proveedores comerciales de equipos verdes, como lo son ElectroFrío (FOGEL), Refrigeración OMEGA y TRANSCLIMA.

Foto 3: Ejemplos refrigeradores comerciales modelos FOGEL con R-290, © FOGEL/Electro Frío.

Foto 4: Ejemplos refrigeradores comerciales modelos Omega con R-290, © Omega.

Foto 5: Ejemplo dispensador refrigerado Turbo Air con R-290, Pricesmart, © GIZ/Philipp Denzinger.

Foto 6: Ejemplo Heineken/Imbera refrigerador comercial con R-290, © GIZ/Philipp Denzinger

Para profundizar en el uso de equipos verdes amigables con el ambiente, se presenta a continuación ejemplos de buenas prácticas implementadas por distintos grupos empresariales en Costa Rica.

Ejemplo de Buenas Prácticas: FIFCO

La empresa FIFCO tiene 1.670 equipos con refrigerante R-290 (2018). Para el año 2019 la empresa estimó que compraría 3.000 equipos adicionales con R-290. Los equipos se colocan a lo largo de todo el territorio nacional y para el año 2025 se estima que el 100 por ciento del equipo frío utilizará gas refrigerante R-290. Los equipos vienen con iluminación LED, lo cual mejora también la eficiencia energética. Estos equipos varían entre 17 tipos de dispensadores de agua, dispensadores de cerveza y 15 tipos de cámaras frías. Estos equipos han presentado una gran reducción del consumo eléctrico.

Foto 7: Ejemplos de aplicaciones comerciales de refrigeración con R-290 © FIFCO

6.2 Congeladores

La mayoría de los hoteles tienen congeladores en sus cocinas. También se encuentran congeladores para exponer distintos productos en venta, tales como helados u otros congelados. En estos equipos resaltan las ventajas económicas de los equipos verdes, porque la eficiencia energética es en promedio entre un 15 a un 35 por ciento mejor que la de los equipos con refrigerantes de tipo HFC. En estos equipos se puede encontrar el refrigerante R-134a, pero tampoco es extraño encontrar el R-404A y el R-507A, los cuales tienen un PCG superior a 3900 kg CO_2/kg refrigerante, y, por lo tanto, un impacto ambiental mucho mayor. La alternativa suele ser el refrigerante R-290 o R-600a.

Para el ejercicio comparativo, se seleccionaron dos congeladores estilo urna o exposición, usualmente utilizados para productos congelados. Estos son de gran utilidad en cualquier hotel ya que se pueden usar tanto en las cocinas como en espacios designados para la venta de helados.

Foto 8: Ejemplo de congeladores con R-600a en Pricesmart © GIZ/Philipp Denzinger

38 Sheikh, Mujahid; Qureshi, Mohd Abuzar, 2015: Comparative Analysis of Energy Efficiency Ratio & Electric Power Consumption of Domestic Refrigerator using Refrigerant R134a & R600a at Constant Evaporator Temperature.

Tabla 5: Comparación de ejemplos de congeladores horizontales de exposición (usualmente para helados).[39]

Tipo	Congelador convencional horizontal con puerta de vidrio	Congelador verde horizontal con puerta de vidrio
Marca/modelo	Fogel/MILAN-9-MAC	Fogel/BLIZZ-12-HC-COB
Volumen	255 litros / 9 pies cúbicos (ft^3)	340 litros / 12 pies cúbicos (ft^3)
Refrigerante	R-134a	R-290
PCG	1300	3
Carga de refrigerante	198 g	71 g
Promedio de refrigerante acumulado[40]	198 g	71 g
Consumo de energía promedio (kWh/año)	1.083	929
Promedio de emisiones directas durante vida útil	0,26 toneladas de CO_2eq	0,0002 toneladas de CO_2eq
Promedio de emisiones indirectas durante vida útil	0,91 toneladas de CO_2eq	0,78 toneladas de CO_2eq
Promedio del total de emisiones (directas e indirectas) durante vida útil	1,17 toneladas de CO_2eq	0,78 toneladas de CO_2eq
Promedio del impacto ambiental equivalente de un vehículo en kilómetros recorridos	4.198 km	2.805 km
Promedio costos por consumo eléctrico a lo largo de la vida útil	¢ 1.729.750	¢ 1.482.643
Ahorros monetarios durante la vida útil	----------	Contra R-134a: ¢247.107

39 Para todas las suposiciones y cálculos, por favor ver Anexo 1.
40 Vida útil promedio de 15 años. Equipos autocontenidos que requieren poco mantenimiento en materia de refrigerante. Se asume que no se necesitan recargas.

Se evidencia nuevamente la gran diferencia en emisiones directas entre un equipo con refrigerante convencional y otro que utiliza refrigerante natural. Las emisiones indirectas no fueron mucho mayores, por lo que la diferencia en las emisiones totales fue solamente 1,5 veces mayor en el equipo convencional. A pesar de esta diferencia menor a la observada en los refrigeradores comerciales, el ahorro monetario es significativo y podría también impulsar una inversión de equipo nuevo al final de la vida útil. Cabe destacar que este ejercicio comparativo se realizó con dos equipos de diferente capacidad, es decir, el congelador *verde* cuenta con un 33 por ciento más de capacidad que el congelador convencional. Este aspecto podría significar un mayor consumo eléctrico, sin embargo, el consumo eléctrico sigue siendo menor en el equipo verde que en el convencional.

Ejemplo de Buenas Prácticas: Dos Pinos

La empresa Dos Pinos indica haber empezado a utilizar equipos con R-290 desde el año 2016. Dispone de congeladores horizontales y cámaras de enfriamiento verticales. Los congeladores horizontales son de 5, 7, 9 y 11 pies y las cámaras de enfriamiento de 5, 7, 17, 25 y 35 pies. Estos equipos se utilizan para almacenar los distintos productos que manufactura la empresa en los puntos de venta a lo largo y ancho de todo el país. Se indica que el consumo eléctrico de los equipos es hasta tres veces menor que el de las alternativas con refrigerantes a base de HFC y HCFC. Esto destaca la alta eficiencia energética de los equipos con refrigerantes verdes.

Foto 9: Ejemplo congelador de Dos Pinos, © GIZ/Philipp Denzinger

6.3 Minibares para cuartos de hotel

Las habitaciones de los hoteles actuales están equipadas normalmente con minibares o refrigeradores para ofrecer a los huéspedes distintos aperitivos y bebidas desde la comodidad de la misma habitación. En estos equipos predomina el R-134a, pero en las opciones verdes se pueden encontrar en equipos con R-600a y algunos casos con R-290. A continuación, se presenta una comparación entre dos equipos minibar con refrigerante convencional y refrigerante natural.

Foto 10: Ejemplo minibar con R600a, © GIZ/Philipp Denzinger

Tabla 6: Comparación de un ejemplo de un minibar (frigobar) con R-134a y otro con R-600a.[41]

Tipo	Minibar con HFC	Minibar verde con HC
Marca/modelo	Imbera/ SVC01	Mabe/ RMF0260XMXX3
Refrigerante	R-134A	R-600a
PCG	1300	3
Carga de refrigerante	65 g	15 g
Promedio de refrigerante acumulado[42]	65 g	15 g
Consumo de energía (kWh/año)	470	260
Promedio de emisiones directas durante vida útil	84,5 kg de CO_2eq	0,045 kg de CO_2eq
Promedio de emisiones indirectas durante vida útil	262,7 kg CO_2eq	145,5 kg CO_2eq
Promedio del total de emisiones (directas e indirectas) durante vida útil	347 kg CO_2eq	146 kg CO_2eq
Promedio del impacto ambiental equivalente de un vehículo en kilómetros recorridos	1.248 km	523 km
Promedio costos por consumo eléctrico a lo largo de la vida útil	¢ 499.524	¢ 276.692
Ahorros monetarios durante la vida útil	----------	Contra R-134a: ¢222.832

41 Para todas las suposiciones y cálculos, por favor ver Anexo 1.
42 Vida útil promedio de 15 años. Equipos autocontenidos que requieren poco mantenimiento en materia de refrigerante. Se asume que no se necesitan recargas.

Las emisiones totales durante la vida útil (10 años) de un minibar con R-134a representan 347 kg CO_2 equivalente, significativamente superiores a las emisiones totales del R-600a en ese mismo lapso. El consumo de energía del minibar verde es un 44 por ciento menor que el del refrigerador convencional. Por lo tanto, un hotel con 50 minibares verdes en lugar de convencionales podría ahorrar unos 10.500 kWh y 10,1 toneladas de CO2 equivalente a lo largo de la vida útil de estos equipos. El costo de inversión de un minibar con R-600a es ahora el mismo que el de un minibar con R-134a. El ahorro monetario podría implicar también la compra de un nuevo equipo.

6.4 Máquinas de fabricación y almacenamiento de hielo

Las máquinas de fabricación y almacenamiento de hielo son otros tipos de equipo de uso común en los hoteles. Se suelen utilizar en las cocinas, pero no es extraño encontrar estos equipos dispuestos en algún punto de los pasillos de habitaciones, al igual que los dispensadores de agua.

Foto 11: Ejemplo de máquina de fabricación de hielo con R-290, © GIZ/Gianfranco Vivi

Foto 12: Ejemplo de almacenamiento de hielo marca Indufrial con R-290, © GIZ/Philipp Denzinger.

A continuación, se muestra una tabla comparativa de dos máquinas de hielo que operan con gas refrigerante convencional y natural respectivamente.
En este caso, el equipo a comparar con refrigerante tradicional utiliza el refrigerante R-404A, el cual es mucho más dañino que la mayoría de los demás gases HFC y HCFC, al menos al considerar su PCG (3922 kg CO2/kg refrigerante). Por esta razón se da una diferencia tan marcada en el impacto ambiental. El equipo convencional genera 3.922 veces más emisiones de gases de efecto invernadero que el equipo verde. También destaca la reducida carga de refrigerante del equipo verde que es suficiente para el funcionamiento de este debido a su alta eficiencia energética.

Tabla 7: Comparación de un ejemplo de una máquina de hielo con R-404A y con R-290.[43]

Tipo	Máquina de hielo con HFC	Máquina de hielo verde con HC
Marca/modelo (ejemplos)	ETL TT-SK-280P[44]	FETL TT-SK-219S[45]
Capacidad	127 kg/24 h.	127 kg/24 h.
Refrigerante	R-404A	R-290
PCG	3922	3
Carga de refrigerante	0,290 kg	0,125 kg
Promedio de refrigerante acumulado[46]	0,290 kg	0,125kg
Consumo de energía (kWh/año)	No hay datos disponibles. Dependiendo del uso y la eficiencia energética.	Promedio se asume un 15 por ciento menos de consumo de energía.
Emisiones directas durante vida útil	1,137 toneladas de CO_2eq	0,0005 toneladas de CO_2eq
Emisiones indirectas durante vida útil	No hay datos disponibles. Dependiendo del uso y la eficiencia energética.	Promedio se asume un 15 por ciento menos de consumo de energía.
Impacto ambiental equivalente de un vehículo en kilómetros recorridos	Emisiones directas: 4.090 km	Emisiones directas: 1,6 km

43 Para todas las suposiciones y cálculos, por favor ver Anexo 1.
44 Two Thousand, sf.: 127Kg por día R404a Máquina para fabricar cubos de hielo comercial TT-SK-280P
45 Two Thousand, sf.: 127 kg por día R290 enfriado por aire ETL máquina de fabricación de hielo en cubos de gran capacidad TT-SK-289S
46 Vida útil de 15 años. Equipos autocontenidos que requieren poco mantenimiento en materia de refrigerante. Se asume que no se necesitan recargas.

6.5 Dispensadoras de agua

En los hoteles suelen encontrarse dispensadores de agua. Los estilos más utilizados a lo largo del tiempo han sido aquellos con refrigerantes HFC e ineficientes energéticamente.
En Europa el reglamento sobre gases fluorados (nº 517/2014) ya prohibió en 2020 la importación y venta de dispensadores de agua que contengan refrigerantes a base de HFC como el R-134a.

En están tecnologías, las alternativas de dispensadores de agua verdes operan con refrigerante R-600a. Son equipos de alta eficiencia energética y están disponibles en el mercado. Se promueve entonces una mayor demanda e implementación de estos equipos en el sector hotelero.

En la siguiente tabla se presenta un ejercicio comparativo entre ejemplos de dispensadores de agua convencionales y verdes. Se demuestra como un dispensador verde con incluso una capacidad ligeramente mayor posee un mejor desempeño ambiental y un mayor rendimiento energético

Foto 13: Ejemplo de un Dispensador de Agua, © GIZ/ Philipp Denzinger

Tabla 8: Comparación de un ejemplo de una dispensadora de agua con R-134a y con R-600a.[47]

Tipo	Dispensadora de agua con HFC	Dispensadora de agua verde con HC
Marca/modelo (ejemplos)	Waterlogic/ WL270	Waterlogic/ WL3 Firewall[45]
Capacidad (tanque)	Caliente: 1.5 litros Frio 4: litros	Caliente: 2 litros Frio 4: litros
Refrigerante	R-134a	R-600a
PCG	1300	3
Carga de refrigerante	0,058 kg	0,032 kg
Promedio de refrigerante acumulado[49]	0,058 kg	0,032 kg
Consumo promedio de energía (kWh/año)[50]	Solo frío: 672	Solo frío: 580[51]
Promedio de emisiones directas durante vida útil	0,075 toneladas de CO_2eq	0,0009 toneladas de CO_2eq
Promedio de emisiones indirectas durante vida útil	0,56 toneladas de CO_2eq	0,48 toneladas de CO_2eq
Promedio del total de emisiones (directas e indirectas) durante vida útil	0,64 toneladas de CO_2eq	0,48 toneladas de CO_2eq
Impacto ambiental equivalente de un vehículo en kilómetros recorridos	2.300 km	1.751 km
Promedio costos por consumo eléctrico a lo largo de la vida útil	¢1.072.713 (solo agua fría)	¢925.854 (solo agua fría)
Ahorro promedio a lo largo de la vida útil	----------	Contra R-134a: ¢146.859 (solo agua fría)

47 Para todas las suposiciones y cálculos, por favor ver Anexo 1.
48 Waterlogic, sf.: Looking after the environment with R600a
49 Vida útil de 15 años. Equipos autocontenidos que requieren poco mantenimiento en materia de refrigerante. Se asume que no se necesitan recargas.
50 Estos equipos suelen usarse para calentar y enfriar agua. En este caso, observaremos solamente el consumo al únicamente enfriar agua.
51 Waterlogic, sf.: Energy Consumption Comparison. Se supone que es un 15% más eficiente de media que el modelo HFC.

6.6 Cuartos fríos

Los cuartos fríos ofrecen una muy oportuna solución cuando se manejan volúmenes grandes de comida. También resultan imprescindibles cuando los restaurantes buscan ofrecer comida más fresca y que requiere ser procesada en cierta manera en el mismo hotel, como algunas verduras y cortes de carne. Uno de los refrigerantes más usados en aplicaciones comerciales grandes es el R-404A, otros son R-507A y R-134a. El R-404A es actualmente el refrigerante más utilizado con el mayor potencial de calentamiento global (PCG igual a 3922 kg CO2/kg refrigerante)).

Las cámaras frigoríficas pequeñas convencionales se pueden encontrar en la mayoría de los hoteles con una media de 1 kg R-404A, dependiendo del tamaño y de los requisitos de temperatura. Esto significa que, si se cambia un sistema de refrigeración de un cuarto frío con 1 kg de R-404A, y este se fuga al medio ambiente y no se realiza la recuperación de gases correspondiente, equivale a la liberación de 3,9 toneladas de CO2. Como se ha mencionado en los casos anteriores, existen alternativas disponibles que utilizan en este caso el refrigerante natural R-290.

Foto 14: Ejemplo de Cuarto Frío,
© Shutterstock / Alexandr Ivasenko

6.7 Monobloques para cuartos fríos

Los equipos de tipo monobloque son unidades de tipo paquete para cuartos fríos de pequeño volumen, con capacidades de medias a bajas temperaturas. Este tipo de equipo se instala sobre el techo o pared del cuarto a refrigerar, dejando el volumen del cuarto totalmente libre. En estos equipos ha predominado el uso del refrigerante R-404A, pero existen opciones que utilizan R-290. Para esta tecnología no presentamos un ejemplo de buenas prácticas, pero sí se ofrece una lista de equipos amigables con el ambiente con refrigerantes naturales. Al igual que el panorama del mercado en las otras tecnologías, no existe realmente una demanda por lo que no se presenta una sólida oferta, pero la tecnología sí existe y está presente en la región Latinoamericana. La Tabla 8 ofrece una visión general de las unidades monobloque disponibles (según la solicitud) en Costa Rica. Es decir, los equipos de Intarcon son distribuidos por Dicoma y Refrigeración Omega. Los equipos de Zanotti son a su vez distribuidos por Beirute Industrial.

Tabla 9: Ejemplos de unidades condensadoras tipo monoblock amigables con el ambiente con refrigerantes de ultra bajo PCG.

Fabricante	Refrigerante	Rango de temperatura (°C)	Capacidad de enfriamiento (kW)	Volumen del cuarto (m^3)[52]	Consumo energético (kW)
Intarcon[53]	R-290	+10 a 0 +10 a -5 +10 a -5 -15 a -25 -15 a -25 -20 a -35	0,7 -2,1 (+5°C) 0,8 -2,8 (+5°C) 6,5 –51,5 (+5°C) 0,4 –1,1 (-20°C) 0,4 –1,2 (-20°C) 5 –29,7 (-20°C)	7 -43 (+5°C) 6 -28 (+5°C) Sin información 2 -8 (-20°C) 2 -14 (-20°C) Sin información	0,4 – 1,31 0,30 – 1,34 2,5 – 17,8 0,26 – 0,96 0,38 – 0,97 3,5 – 20,1
Zanotti (Daikin)[54]	R-290	+10 a -5 +10 a -5 -15 a -25 -15 a -25	1,4 – 2,4 1,4 – 6,3 0,8 0,8 – 2,4	10 – 25 (+5°C) 9,1 – 81 (+5°C) 3,4 -4-4 (-20°C) 2,7 – 22 (-20°C)	0,94 – 1,61 0,94 – 4,66 1,26 1,26
	R-744 (CO_2)[55]	+10 a -5 -16 a -25	1,7 – 12,8 0,8 – 4,8	40 - 200 17 – 72	Sin información

52 Depende de la temperatura ambiente.
53 INTARCON, 2020a: Intarblock R-290
INTARCON, 2020b: Intartop R-290
INTARCON, 2020c: Superblock R-290
54 ZANOTTI, sf.: CO2 Monoblock units
DAIKIN, 2018: Catálogo de Productos de Refrigeración 2018; de Zanotti para unidades con R-290 que sean montadas en el techo o montadas en la pared.
55 EEl R-744 es respetuoso con el medio ambiente, tiene cero ODP (potencial de agotamiento de la capa de ozono) y un PCG de uno. También tiene excelentes propiedades termodinámicas y un bajo consumo de energía, lo que lo hace adecuado para una variedad de aplicaciones, como extracción de calor industrial, almacenamiento refrigerado, embarcaciones, refrigeración comercial y aire acondicionado móvil.

La tabla 9 presenta características relacionadas al impacto ambiental que poseen dos ejemplos de monobloques para cuartos fríos. Como se observa en la siguiente tabla, el monobloque que trabaja con una tecnología verde aporta un 99.9 por ciento menos de emisiones de efecto invernadero y potencial de calentamiento global en comparación con un monobloque convencional.

Las emisiones directas resultantes del refrigerante R-404A o R-507A suponen unas 4 toneladas de CO2 equivalente de la vida útil. En cambio, la unidad verde sólo emite 5 kg de emisiones directas de CO2 equivalente. La unidad verde es, en promedio, un 15 por ciento más eficiente energéticamente que las unidades de HFC.

Tabla 10: Comparación de ejemplos de un monobloque con R-404A/R-507A y con R-290.[56]

Tipo	Monobloque convencional con HFC	Monobloque verde
Refrigerante	R-404A / R-507A	R-290
PCG	3922 / 3985	3
Promedio carga de refrigerante	1 kg	0,15 kg
Promedio refrigerante acumulado[57]	1 kg	0,15 kg
Consumo de energía promedio (kWh/año)	Según el tamaño, el producto, el uso, etc.	Se asume un mínimo de 15 por ciento menos.
Promedio de emisiones directas durante vida útil	3,92 / 3,99 toneladas de CO_2eq	0,005 toneladas de CO_2eq
Promedio de emisiones indirectas durante vida útil	No hay datos disponibles. Dependiendo del uso, la temperatura y la eficiencia energética.	Promedio se asume un 15 por ciento menos de emisiones indirectas.
Promedio total de emisiones (directas e indirectas) durante vida útil	Depende del uso del equipo y su eficiencia energética correspondiente	Más de mil veces menos emisiones directas.
Promedio del impacto ambiental equivalente de un vehículo en kilómetros recorridos	Para las emisiones directas: 14.100 km / 14.353 km	Para las emisiones directas: 18 km
Promedio de ahorros monetarios durante la vida útil	----------	Contra R-404A/R-507A: Se asume una reducción del 15 por ciento de costos electricidad.

56 Para todas las suposiciones y cálculos, por favor ver Anexo 1.
57 Vida útil promedio de 15 años. Equipos autocontenidos que requieren poco mantenimiento en materia de refrigerante. Se asume que no se necesitan recargas.

Ejemplo de Buenas Prácticas: Roche

ROCHE Servicios S.A. dispone de un sistema de refrigeración industrial de cuartos fríos con R-290. Desde el Centro de Distribución de ROCHE Servicios S.A. se envían medicamentos para toda la región de Centroamérica y el Caribe (más de 23 países). Sus productos son biotecnológicos, lo que significa que deben de mantenerse en condiciones de temperatura controlada para no perder sus propiedades y eficacia (cadena de frío). Se cuenta con dos cuartos fríos (de 160 m3 y 75 m3) donde se guardan todos los productos que requieran una cadena de frío de 2°C a 8°C (los productos almacenados son para tratamiento de cáncer principalmente). Un tercer cuarto (-18°C a -20°C grados) es de congelado y se utiliza para almacenar elementos de refrigeración para mantener la cadena de frío durante el transporte de los medicamentos.
En primera instancia se almacenan los medicamentos en la cámara de frío (2°C a 8°C grados). Para la distribución de los medicamentos se requiere mantener la cadena de frío, por lo que se utilizan hieleras con elementos refrigerados y congelados para transportar el medicamento hasta su destino.

El edificio actual inició sus operaciones en 2015 con los sistemas actuales de R-290 y desde ese momento no ha habido cambios en los equipos. Se implementaron 5 compresores Dorin entre los cuartos fríos, y todo el trabajo fue ensamblado por Refrigeración Beirute Industrial. Cada compresor trabaja con aproximadamente 5 kg de refrigerante R-290. ROCHE es una empresa muy comprometida con el cuido del medio ambiente a nivel global en todas sus filiales, por lo que tiene como objetivo la adopción de refrigerantes no contaminantes y que disminuyan el impacto en la huella de carbono.

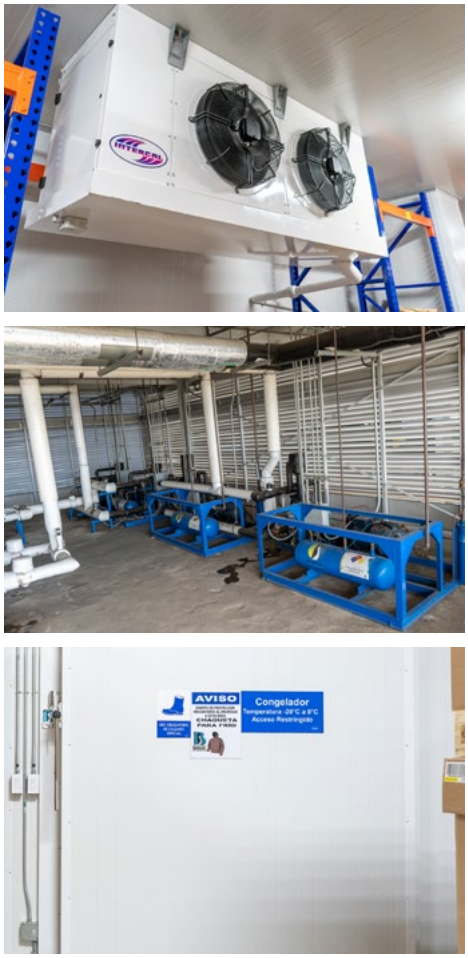


Foto 15: Ejemplo de cuartos Fríos con R-290, ROCHE en Costa Rica © GIZ/Gianfranco Vivi

6.8 Espumas aislantes

En los equipos de refrigeración y en cuartos fríos, se utiliza agentes espumantes para fabricar el aislamiento térmico, que cumplen la función esencial de reducir pérdidas de energía y mantener una alta eficiencia y ahorro energético, y por tanto ahorro monetario. Estas sustancias se manufacturan con bases iguales o similares a las bases de los refrigerantes (HCFC R-141b y HC, CO2, H2O). Por esta razón también son sustancias por reemplazar con opciones que posean un impacto al ambiente ultra bajo.

Actualmente, todavía se utilizan sustancias HCFC, particularmente R-141b, el cual tiene un PCG de 782 kg CO2/kg refrigerante y un PAO de 0,11. Y como se mencionó anteriormente, se tiene previsto que los refrigerantes a base de la misma composición química, como el R-22, serán eliminados globalmente para el año 2030. Sin embargo, los agentes espumantes todavía podrán contener R-141b u otros agentes de tipo HFC. En Costa Rica no existe por el momento una empresa que facilite la destrucción de estas espumas. Esto resulta en grandes cantidades de emisiones al final de la vida útil de estos equipos ya que no queda más remedio que desecharlos sin el tratamiento necesario.

Como sucede con los demás equipos y tecnología, ya existen alternativas amigables con el ambiente con PCG ultra bajo. Estas opciones también se basan en hidrocarburos (HC) como pentano, isopentano, ciclopentano e inclusive CO2 líquido. El impacto ambiental de estos agentes es ultra bajo o ninguno. Muchos productores de espumas ya han hecho los cambios correspondientes en su oferta y muchos otros lo harán en el futuro cercano. Consecuentemente, se recomienda obtener equipos de refrigeración, desde refrigeradores domésticas hasta cuartos fríos, que utilicen materiales aislantes que contengan agentes espumantes con ultra bajo PCG.

Foto 16: Paneles de espumas aislantes,
© Shutterstock / DJ Srki

58 Multilateral Fund, 2019: HCFC Phase – Out Management Plans and HCFC Production Phase – Out Management Plans.
59 GIZ, 2009: Natural Foam Blowing Agents Sustainable Ozone and Climate – Friendly Alternatives to HCFCs.

7 Aire Acondicionado (AA)

El aire acondicionado (AA) tiene un papel esencial en la mayoría de los hoteles en las regiones más cálidas del mundo y en la mayor parte de Costa Rica. El aire acondicionado suele ser un gran consumidor de la energía eléctrica en un hotel. La mayoría de las emisiones de CO2 de un hotel en estos equipos se deben a fugas de refrigerantes y al consumo de energía que ha sido producida mediante la combustión de combustibles fósiles. Cuando se trabaja con refrigerantes naturales, la emisión se reduce en enormes cantidades por el ultra bajo PCG y la nula existencia de fugas. Las refrigerantes naturales son sustancias inflamables, por lo que los equipos están diseñados para mitigar el riesgo de fuga, evitando además posibles costos de operación por recargas de refrigerante. En el siguiente capítulo se mostrarán los distintos equipos de aire acondicionado que pueden estar presentes en un hotel, y se compararan las alternativas convencionales contra las alternativas verdes de alta eficiencia energética y refrigerantes naturales.

7.1 AA tipo Split

Actualmente en el país no existe una oferta verdadera de equipos verdes en esta tecnología. La tecnología se ha implementado en otras latitudes, principalmente en la India (se calcula que hay unos 2 millones de equipos instalados) y en China también hay una gran presencia de estos equipos, por lo que el mercado está listo para atender una posible demanda desde Costa Rica.

Foto 17: Equipo de AA verde con R-290 (condensador) © GIZ/Gianfranco Vivi.

Sin embargo, sí existen equipos de AA tipo Split verde instalado en Costa Rica. Durante el año 2019, GIZ en colaboración con DIGECA y SICA, realizaron la donación de 100 equipos altamente eficientes (SEER 20,68) y que operan con refrigerante R-290 (PCG de solamente 3 kg CO2/kg refrigerante). El proyecto y donación de los equipos se realizó dentro de una estrategia de entrenamientos a personal técnico, y otra estrategia de monitoreo energético, donde se comparó el consumo de las unidades instaladas contra el consumo de unidades de referencia en distintos edificios. Se capacitó exitosamente a 98 personas como instructores e instructoras en el manejo de gas refrigerante a base de hidrocarburos (R-290 y R-600a) y los resultados del monitoreo energético fueron bastante favorables para los equipos verdes.

Actualmente, los refrigerantes R-22 y R-410A están comercialmente disponibles y son los más utilizados para el acondicionamiento de aire en cuartos de habitación. Aunque estas sustancias químicas no tienen un potencial de agotamiento de la capa de ozono (el valor del R-22 es prácticamente despreciable), su potencial de calentamiento global es alto.

60 GIZ, 2020a: Introducción de Equipos de Aire Acondicionado Ecoeficientes tipo split con R-290 en Costa Rica.

Foto 18: Aire Acondicionado tipo Split con R-290
© GIZ/Gianfranco Vivi

Se prevé que en el futuro próximo la implementación de unidades de AA con refrigerante R-290 sea mucho más agresiva, a la luz de eventos recientes. Finalmente, en Europa ingresará en el mercado este tipo de unidades, específicamente de la casa manufacturera Midea de China. Este equipo fue el único que ganó el estricto sello ecológico alemán "Blue Angel".[61] También existen otras compañías como ElectriQ, quien es uno de los grandes comerciantes de accesorios y equipos eléctricos en el Reino Unido y, ya vende unidades de AA con R-290. [62] Además, ya se ha preparado e implementado ciertas medidas que favorecen la entrada de más equipos de AA con R-290. La regulación europea EU F-Gas, desde el año 2020 prohíbe el uso de refrigerantes HFC con valores de PCG mayores a 150 en equipos de AA portables. Se han vendido centenares de miles de unidades de AA portables y desde el 2020, todos los equipos nuevos trabajan con R-290. Existen al menos ocho empresas de manufactura de AA tipo Split.

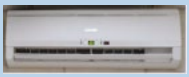
Cabe resaltar, que más de 600.000 unidades de AA con refrigerante R-290 se han instalado en India desde el 2009 sin ningún problema, y 370.000 unidades de AA con R-290 en el 2020 en China. Además, bajo el Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal, las líneas de producción de AA van a cambiar a R-290 en el futuro cercano. La tendencia es clara y sería entonces cuestión de tiempo para que este tipo de unidades de AA estén disponibles globalmente. Las capacidades de enfriamiento disponibles actualmente fuera de Costa Rica en equipos de AA Split con R-290 son de 12.000, 18.000 y 24.000 BTU/h.

En Costa Rica, Beirute Industrial y Refrigeración Omega están negociando con Midea y pretenden importar AA con R-290. Estos equipos serían súper eficientes energéticamente (SEER 29) y ostentan la etiqueta ecológica alemana "Blue Angel". Sin embargo, para apoyar la introducción en Costa Rica, necesitan una demanda suficiente.

La tabla 10 muestra una comparación de AA tipo Split con los refrigerantes R-22, R-410A y R-290 respecto al impacto negativo a la capa de ozono (para R-22) y su potencial de calentamiento global (para todos) en Costa Rica. El gas refrigerante R-22 es el utilizado tradicionalmente en estos equipos. Según el Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016), un índice de eficiencia EER de 3,2 y refrigerante R-22 es el equipo promedio instalado en Costa Rica. Muchas instituciones y empresas han migrado a equipos con R-410A. Por esta razón se decide también comparar contra una unidad con este refrigerante, y que además tenga una eficiencia SEER 19. De acuerdo con un estudio de mercadeo sobre la eficiencia energética de los AA tipo Split en Costa Rica realizado por GIZ en el 2020, la eficiencia de SEER 19 es el promedio de los equipos en venta en el mercado. El equipo R-290 es uno de los equipos donados por GIZ y MINAE en 2019.

61 Hydrocarbons21, 2020: Highly Rated Midea R-290 Room AA Expected in Germany This Year.
62 Electriq, 2020: ElectriQ, 2020: Environmentally friendly smart Wifi controlled wall mounted inverter split air conditioner with heat pump eiQ-12WMINV-V3 12,000 BTU/h.

Tabla 11: Comparación de impacto ambiental estimado en ejemplos de equipos de AA tipo Split en Costa Rica.[63]

Tipo	Convencional con HCFC	Inverter con HFC	Inverter Verde con HC
Foto	FOTO 19[64]	FOTO 20[65] 	FOTO 21[66]
Ejemplos: Marca/modelo	Samsung/AS18UBAN	Innovair/Vexus	Godrej/GIC 18 LAH 5 GWQG
Tipo	On-off	Inverter	Inverter
BTU/h	18.000	18.000	18.000
Refrigerante	R-22	R-410A	R-290
PCG	1760	1924	3
PAO	0.055	0	0
Carga de refrigerante	0,89 kg	0,90 kg	0,34 kg
Refrigerante acumulado promedio[67]	1,65 kg	1,66 kg	0,34 kg
EER/SEER	EER 3,2[68]	SEER 19[69]	SEER 20,68[70]
Consumo de energía promedio (kWh/año)[71]	3.216	1.848	1.684
Promedio de emisiones directas durante vida útil	2,90 toneladas de CO2eq	3,2 toneladas de CO2eq	0,001 toneladas de CO2eq
Promedio de emisiones indirectas durante vida útil	1,80 toneladas de CO2eq	1,03 toneladas de CO2eq	0,94 toneladas de CO2eq
Promedio de emisiones totales (directas e indirectas) durante vida útil	4,70 toneladas de CO2eq	4,20 toneladas de CO2eq	0,94 toneladas de CO2eq
Promedio del impacto ambiental equivalente de un vehículo en kilómetros recorridos	16.898 km	15.243 km	3.393 km
Promedio costos por consumo eléctrico a lo largo de la vida útil	¢3.422.467	¢1.966.641	¢1.792.112
Ahorro promedio a lo largo de la vida útil		Contra R-22: ¢1.455.826 Contra R-410a: No aplica	Contra R-22: ¢1.630.354 Contra R-410A: ¢174.528

63 Para todas las suposiciones y cálculos, por favor ver Anexo 1.
64 Foto 19: Ejemplo Aire Acondicionado tipo split con R-410A © GIZ/Philipp Denzinger
65 Foto 20: Ejemplo Aire Acondicionado tipo split con R-410A © GIZ/Gianfranco Vivi
66 Foto 21: Ejemplo Aire Acondicionado tipo split con R-290 © GIZ/Gianfranco Vivi
67 Promedio vida útil de 10 años, 10% de fugas por año, 90% de fugas al final de la vida útil y 5% de fugas al instalar el equipo, para los equipos convencionales. El equipo verde no tendría fugas. Ver Anexo 1.
68 MINAE, 2019: Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016). Según el inventario, EER 3,2 es el promedio de EER en Costa Rica.
69 GIZ, 2020: Estudio de mercadeo sobre la eficiencia energética de los AA tipo split en Costa Rica.
70 Se toma un SEER de 20,68 porque fueron importados en el 2018. Sin embargo, un buen ejemplo es Midea que posee una unidad R-290 con un SEER de 29.
71 Dato calculado con un uso anual de 1951 horas, tiempo estimado para la zona geográfica de Costa Rica según:
UNEP, 2019: United for Efficiency, Energy - Efficient and Climate - Friendly Air Conditioners. MODEL REGULATION GUIDELINES.

La Tabla 10 muestra que los equipos de AA tipo Split con el refrigerante R-22 y R-410A tienen un estimado de emisiones directas que equivalen a 2,90 y 3,20 toneladas de CO2 equivalente respectivamente a lo largo de la vida útil. En cambio, el equipo de AA tipo Split que utiliza R-290 tiene virtualmente cero emisiones directas (un solo kilogramo de CO_2eq).

Un hotel que tiene, por ejemplo, 40 equipos de AA tipo Split generan, debido a las fugas de los refrigerantes, emisiones que equivalen aproximadamente a unas 7 toneladas de emisiones directas de CO2 equivalente al año, mientras que con la alternativa con refrigerante R-290 la emisión sería nula. Esto se debe a que los equipos cuentan con sistemas que mitigan toda posibilidad de fuga. La emisión directa de estos equipos se da solamente en el desmantelamiento al final de la vida útil, y en ese caso para los 40 equipos de AA tipo Split, la emisión sería de solamente 40,8 kg de CO_2 equivalente. El consumo eléctrico de estos equipos va a depender de los hábitos de usuario, por lo que podrían cambiar mucho en magnitud. El dato calculado asume un uso de 1951 horas al año, estimado según UNEP para la zona climática y el desarrollo económico de Costa Rica.[72]

72 Dato calculado con un uso anual de 1951 horas, tiempo estimado para la zona geográfica de Costa Rica según: UNEP, 2019: United for Efficiency, Energy - Efficient and Climate - Friendly Air Conditioners. MODEL REGULATION GUIDELINES.

Ejemplo de Buenas Prácticas: Hotel Ambassador

El Hotel Ambassador está ubicado en el Paseo Colón, San José, Costa Rica. Fue fundado aproximadamente en el año 1978 y en los últimos tres años, se cambió la administración y se han realizado cambios a nivel estético y de eficiencia energética en el edificio.

Foto 22: Hotel Ambassador © GIZ/Gianfranco Vivi

Algunos de estos cambios han sido la inclusión de paneles solares para el abastecimiento del edificio en su totalidad y remodelación de la fachada y de la estructura interna. A finales de 2018 y principios de 2019, se ha realizado otro cambio importante con la instalación de 20 acondicionadores de aire tipo Split de bajo consumo y amigables con el ambiente (con refrigerante R-290), como parte de una cooperación con DIGECA, MINAE y GIZ Proklima.

Foto 23: Ejemplo de AA verde en Hotel Ambassador en Costa Rica © GIZ/Gianfranco Vivi

El señor Edgar Bonilla Sandoval, gerente general del hotel Ambassador expresa:
"Ya se cuenta con un sistema solar en el techo del hotel y está planeando adquirir más Aires Acondicionados R-290 en un futuro cercano para que el hotel Ambassador sea el primer hotel neutral en Costa Rica en cuanto a CO2."

Más información sobre AA con R-290 y el Hotel Ambassador y sus buenas prácticas en: Introducción de Equipos de Aire Acondicionado Ecoeficientes tipo split con R-290 en Costa Rica

73 GIZ, 2020a: Introducción de Equipos de Aire Acondicionado Ecoeficientes tipo split con R-290 en Costa Rica.

7.2 Sistema AA Split centralizado con ducto

Al igual que la situación que se presenta con los otros equipos de AA, no existe realmente una oferta fuerte en el mercado nacional, pero sí lo existe en la región. Es entonces un asunto de si la demanda o la oferta da el primer paso. La tecnología está lista, experimentada y al alcance. Costa Rica ha capacitado también a casi cien técnicos para el manejo de refrigerantes naturales.

Muchos hoteles utilizan unidades centrales de AA. Estos sistemas se componen de un equipo condensador, normalmente instalado en el exterior, y un equipo evaporador, también conocido como manejadora de aire, instalado en un cuarto de máquinas. Entre estos dos equipos sucede el ciclo de refrigeración y luego el aire frío se envía a otras partes del edificio por medio de ductos. Normalmente tienen una capacidad de enfriamiento mayor de 36.000 hasta 60.000 BTU/h, lo que equivale a tres a cinco habitaciones de hotel o una sala de conferencias mediana a grande. Una unidad de Sistemas de AA centralizado convencional que utiliza R-410A (PCG 1924) se carga con unos 2 kg de este refrigerante. Las emisiones directas estimadas se sitúan alrededor de 8,93 toneladas de CO2 equivalente al final de su vida útil.[74]

Los sistemas de AA centralizado con ducto también están disponibles con un refrigerante ecológico R-290 con variador de frecuencia (tecnología *verde*). Por ejemplo, la empresa colombiana Thermotar (Starlight) produce sistemas centralizados de AA en Colombia con una capacidad de 36.000 y 60.000 BTU/h. Los sistemas son muy eficientes energéticamente. Según el fabricante, son hasta 35 por ciento más eficientes que los sistemas convencionales.[75]

Foto 24: Ejemplo unidad de AA centralizado con ducto con R-290, © Thermotar

Como se observa en la Tabla 11, el impacto ambiental de un sistema de AA centralizado con ducto R-290 es en promedio de 10 a 12 toneladas de CO_2 equivalente menos que los sistemas convencionales. Se plantea también, como un cálculo aproximado, que las emisiones indirectas de un equipo convencional serían al menos 1,18 toneladas de CO2 equivalente mayores que las del equipo con R-290. Esto significa que un sistema de AA centralizado con ducto convencional con R-410A emite alrededor de 10 toneladas más de CO2 equivalente durante su vida útil.

Estos sistemas se pueden conectar a sistemas de equipos multi Split con ductos, o de tipo cassette. Para los sistemas multi Split se necesitaría el evaporador. El cassette se implementa en el cielo raso de cualquier habitación. Normalmente el aire de los ductos sueles salir también por rejillas. Ambos necesitan tener previsto los ductos. Estos equipos complementarios son más fáciles de adquirir en el mercado nacional.

Debido a que los sistemas de AA centralizado con ducto de R-290 son relativamente nuevos y desconocidos en Costa Rica, no hay una demanda fija. Sin embargo, se venden en Colombia y se exportan a otros países. Thermotar exporta equipos a Costa Rica, lo que significa que si existe una demanda en el país. Colombia cuenta con todas las condiciones y disponibilidad para atender la demanda de estos equipos a Costa Rica.

74 Promedio: Suponiendo un 2% fugas en instalación, 10% de fugas al año y un 90 % de fugas al final de la vida útil (promedio 15 años). Ver Anexo 1.
75 Thermotar, s.f.: Catálogo Star Light, UNIDAD CONDENSADORA REFRIGERANTE NATURAL CV290 y Thermotar, s.f.: Sistema Aire Acondicionado Split Central para R290

Tabla 12: Impacto ambiental estimado en ejemplos de equipos de AA tipo centralizado con ducto en Costa Rica.[76]

Tipo	Convencional con HCFC	Convencional con HFC	Condensador verde con HC
Foto	FOTO 25 [77]	FOTO 26 [78]	FOTO 27 [79]
Ejemplos: Marca/modelo	Modelo promedio con HCFC	Modelo promedio con HFC	Thermotar/ CV290-060[80] con HC
BTU/h	60.000	60.000	60.000
Refrigerante	R-22	R-410A	R-290
PCG	1760	1924	3
PAO	0.055	0	0
Carga de refrigerante[81] [82]	2,2 kg	2,0 kg	1,0 kg
Refrigerante acumulado promedio[83]	5.1 kg	4,64 kg	1,0 kg
Eficiencia energética promedio	35% menos eficiente en comparación con una unidad con R-290[84]	15% menos eficiente en comparación con una unidad con R-290[85]	
Consumo de energía promedio (kWh/año)[86]	12.641 kWh/año	10.769 kWh/año	9.364 kWh/año[87]
Promedio de emisiones directas durante vida útil	8,98 toneladas de CO_2eq	8,93 toneladas de CO_2eq	0,003 toneladas de CO_2eq
Promedio de emisiones indirectas durante vida útil	10,61 toneladas de CO_2eq	9,04 toneladas de CO_2eq	7,86 toneladas de CO_2eq
Promedio de emisiones totales (directas e indirectas) durante vida útil	19,60 toneladas de CO_2eq	17,97 toneladas de CO_2eq	7,86 toneladas de CO_2eq
Promedio del impacto ambiental equivalente de un vehículo en kilómetros recorridos	70.486 km	64.632 km	28.288 km
Promedio costos por consumo eléctrico a lo largo de la vida útil	¢20.178.828	¢17.190.554	¢14.947.753
Ahorro promedio a lo largo de la vida útil		Contra R-22: ¢2.988.274 Contra R-410a: No presenta ahorro	Contra R-22: ¢ 5.231.075 Contra R-410A: ¢ 2.242.801

76 Para todas las suposiciones y cálculos, por favor ver Anexo 1.
77 Foto 25: Ejemplo Aire Acondicionado tipo split con R-410A © GIZ / Philipp Denzinger
78 Foto 26: Ejemplo Aire Acondicionado tipo split con R-410A © GIZ / Philipp Denzinger
79 Foto 27: Ejemplo Aire Acondicionado tipo split con R-290 © Thermotar
80 Thermotar, s.f.: Catálogo Star Light, UNIDAD CONDENSADORA REFRIGERANTE NATURAL CV290, y Thermotar, s.f.: Sistema Aire Acondicionado Split Central para R290
81 PUND, 2020: Preguntas webinar: PNUD-PM Experiencia en el uso de HC en la fabricación de sistemas acondicionadores de aire centralizados con ductos.
82 MINAE, 2019: Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016).
83 Vida útil promedio de 15 años, 2% de fugas al instalar el equipo, 10% de fugas por año, 90% de fugas al final de la vida útil para los equipos convencionales. El equipo verde no tendría fugas. Ver Anexo 1.
84 Thermotar, s.f.: Catálogo Star Light, UNIDAD CONDENSADORA REFRIGERANTE NATURAL CV290, y Thermotar, s.f.: Sistema Aire Acondicionado Split Central para R290
85 PUND, 2020: Preguntas webinar: PNUD-PM Experiencia en el uso de HC en la fabricación de sistemas acondicionadores de aire centralizados con ductos.
86 Dato calculado con un uso anual de 1951 horas, tiempo estimado para la zona geográfica de Costa Rica según: UNEP, 2019: United for Efficiency, Energy - Efficient and Climate - Friendly Air Conditioners. MODEL REGULATION GUIDELINES
87 4,8 KWh x 1.951 horas 100% (4,8 kWh) = 9.364 KWh al año x 15 años = 140.472 kWh

7.3 AA tipo Paquete

Las unidades centrales de AA, también conocidas como AA tipo paquete, son sistemas que contienen todos los circuitos de refrigeración (condensador, evaporador, compresor y válvula de expansión) en un solo gabinete. Estos suelen usarse en hoteles que demanden una gran necesidad de climatización. Sus capacidades de enfriamiento pueden ir de 2 ó 3 hasta 15 toneladas de refrigeración.[88] El aire refrigerado que se genera se puede circular mediante manejadoras de aire, o de la misma manera que un sistema centralizado de AA con ductos.

Actualmente en estos equipos predomina el uso del refrigerante R-410A, de tipo HFC. Las alternativas amigables con el ambiente no están todavía presentes en la región, pero sí se está trabajando en desarrollar futuras soluciones. Las empresas que se han mencionado a lo largo del documento, como Thermotar, están adecuando sus equipos para operar con gas refrigerante R-290.

Foto 28. Ejemplo de AA tipo paquete, © Thermotar

7.4 AA Chiller

Los hoteles más grandes suelen utilizar sistemas centralizados AA llamados chillers. Este equipo puede transportar agua fría, que a su vez enfría aire a transportarse por manejadoras de aire a las habitaciones. También se puede calentar agua (con el calor extraído), que se puede utilizar para duchas y piscinas.

Por lo tanto, un sistema centralizado de aire por chiller, aclimata muchas habitaciones de hotel al mismo tiempo, utilizando así la energía eficientemente. Estos sistemas centralizados de aire acondicionado emplean mucha más carga de refrigerante (R-22 o R-410A), y también, estos sistemas suelen tener fugas del refrigerante. Muchos hoteles todavía tienen chillers con R-22 que además del impacto climático también tienen un impacto en la capa de ozono. Muchos de esos chillers R-22 necesitan ser reemplazados en un futuro cercano debido al plan de eliminación de HCFC del Protocolo de Montreal. Pero incluso los chillers que utilizan el refrigerante R-410A tendrán que cambiar en el futuro próximo debido a la Enmienda de Kigali del Protocolo de Montreal (plantea desuso y luego eliminación de HFC).

Al igual que con los otros tipos de equipos, existen alternativas respetuosas con el clima con refrigerantes naturales (R-290) disponibles comercialmente en Europa, Asia y Costa Rica (en demanda). Existen gran variedad de fabricantes en Europa y Asia; sin embargo, en la región no hay muchos fabricantes actualmente. Cabe destacar el ejemplo del caso de la empresa Thermotar[89] en Colombia, que produce sus propios equipos chillers que operan con refrigerante R-290. Existen desde capacidades de 60.000 a 240.000 BTU/h (5 - 20 toneladas de refrigeración), chillers que se podrían considerar "pequeños".

88 Una tonelada de refrigeración es equivalente a 12.000 BTU/h o 3,5 kW.
89 Thermotar, s.f.: Chiller R-290 | Enfriador de agua para R290.

Debido a que los chillers con R-290 son relativamente nuevos y desconocidos en Costa Rica, no hay una demanda fija. Sin embargo, se venden en Colombia y se exportan a otros países. Thermotar exporta equipos a Costa Rica, lo que significa que si existe una demanda en el país. Colombia cuenta con todas las condiciones y disponibilidad para atender la demanda de estos equipos a Costa Rica.

Un ejemplo de chillers de capacidad más grande existentes son los que ofrece la compañía Sabroe, desde 45 a 115 toneladas de refrigeración (1 tonelada de refrigeración = 12.000 BTU/h). Para el caso de estos equipos, la carga de refrigerante toma un papel mucho más crítico que en los otros casos. Al trabajar con mayores cantidades de refrigerante, la diferencia en emisiones directas se hace aún más evidente. Al igual que con los otros equipos de aire acondicionado, el consumo eléctrico dependerá de los hábitos del usuario, lo que implicaría una estrategia de monitoreo para poder presentar datos concretos. Esto no está contemplado dentro del alcance de este documento.

Foto 29: Ejemplo Thermotar AA chiller con R-290, © Thermotar

Ejemplo de Buenas Prácticas: Roche 2 Chillers con R-290

En Costa Rica, la compañía farmacéutica ROCHE Servicios S.A., que se encuentra ubicada en la zona franca Ultrapark 1, Heredia, ha implementado equipos con refrigerantes naturales. En 2015, en Refrigeración Beirute Industrial se instalaron dos chillers (SABlight A-340-1)[90] con R-290 para su nuevo edificio de oficinas regionales (alrededor de 4.000 m2 y 150 espacios de oficinas). En comparación con las emisiones directas anteriores, un chiller R-290 emite casi nada porque no tiene fugas.[91] ROCHE ha confirmado que ambos chillers están funcionando muy bien y son altamente eficientes energéticamente. Esto se debe a que el R-290 suele tener una mayor eficiencia energética (también en zonas de clima más cálido) debido a las mejores propiedades termodinámicas del refrigerante.

Por el momento, los chillers con R-290 suelen ser más caros que los chillers convencionales, dada la mayor eficiencia energética (aumenta el precio para los equipos con R-290). Además, los chillers convencionales pueden utilizarse hasta que sea necesario sustituirlos por cuestiones técnicas del sistema ya que tienen una vida útil muy larga (más de 25 años). Por el momento no entran en el ámbito de aplicación de ningún acuerdo internacional sobre medio ambiente, como el Protocolo de Montreal, solamente los refrigerantes. Al considerar que los HFC como el R-410A serán cada vez más caros debido a estas restricciones, y los costos adicionales para la gestión y destrucción de los refrigerantes, puede decirse que los costos de inversión inicial en un chiller con R-290 probablemente se armonizarán a lo largo de 30 años de vida útil.

Foto 30 y 31: Ejemplo chiller con R-290, en ROCHE Servicios S.A, Heredia, © GIZ/Gianfranco Vivi.

En la Tabla 12, se muestra una comparativa entre el equipo instalado en Roche Servicios S.A. y un equipo convencional que opera con gas refrigerante R-410A. Se observa como el equipo verde, al no tener fugas, acumula mucho menos refrigerante y por lo tanto tiene un impacto ambiental despreciable en comparación con el equipo convencional.

90 Sabroe, s.f.: SABlight.
91 Por la mayor inflamabilidad del refrigerante, se instalan mejores controles de presión para monitorear posibles fugas. Esto a su vez incide en virtualmente cero costos por recargas de refrigerante.

Tabla 13: Comparación entre un ejemplo de chiller convencional y uno con ultra bajo PCG.[92]

Tipo	Chiller Convencional	Chiller Verde
Ejemplos: Marca/modelo	Daikin/EWAQ-E-XS/XL[93]	Sabroe/SABlight A-340-1[94]
Capacidad de enfriamiento	334 kW	324 kW
Refrigerante	R-410A	R-290
PCG	1924	3
ESEER[95]	4,14	4,70
Carga de refrigerante	53 kg	40 kg
Promedio de refrigerante acumulado[96]	116 kg	40 kg
Consumo de energía promedio (kWh/año)	No hay datos para comparar.	Se asume un mínimo de 13,5 por ciento menos.
Promedio de emisiones directas durante vida útil	224,00 toneladas de CO_2eq	0,12 toneladas de CO_2eq
Promedio de emisiones indirectas durante vida útil		Se asume un 13,5 por ciento menos de emisiones indirectas promedio.
Promedio del impacto ambiental equivalente de un vehículo en kilómetros recorridos	Para las emisiones directas: 806.972 km	Para las emisiones directas: 431 km
Promedio de ahorros monetarios durante la vida útil	----------	Se asume una reducción del 13,5 por ciento de costos electricidad.

92 Para todas las suposiciones y cálculos, por favor ver Anexo 1.
93 Daikin, 2017: Catálogo de producto de Sistemas Aplicados, p 32.
94 Sabroe, s.f.: SABlight R-290 Chiller.
95 ESEER: Índice Europeo Estacional de Eficiencia Energética (por sus siglas en inglés, European Seasonal Energy Efficiency Ratio).
96 Se supone una vida útil de 25 años promedio. En el caso del equipo convencional, una tasa de fugas de 5% anual y 95% al final de su ciclo de vida (End of Life). En el equipo verde no hay fugas anuales considerables. Ver Anexo 1.

8 Sistemas de calentamiento de agua

Si un hotel tiene como objetivo ser carbono neutral, un paso estratégico sería investigar sobre tecnologías de calentamiento de agua. Después del aire acondicionado, las calderas de agua o los calentadores de agua son probablemente el segundo mayor consumidor de energía en un hotel. Algunos argumentan que la energía en el país es aproximadamente un 98 por ciento renovable y que, por lo tanto, el impacto del carbono es bastante pequeño. Sin embargo, los cálculos sobre las emisiones indirectas de esta publicación han demostrado que incluso el último 2% de la energía que se produce a través de los combustibles fósiles tiene un impacto ambiental significativo. Esto se traduce en cualquier equipo de un hotel que utilice electricidad de la malla eléctrica nacional. Por supuesto, siempre depende del tipo, el tamaño y la eficiencia energética del sistema de calentamiento de agua. Sin embargo, en Costa Rica muchos hoteles suelen tener calentadores de agua individuales para cada habitación del hotel, debido a que muchas habitaciones de hotel o cabañas, bungalows o villas están bastante descentralizadas, lo que dificulta un sistema central. Además de calentadores de agua, o también tanques de agua caliente, la otra solución individualizada que se implementan son las tradicionales termoduchas, muy populares en el país.

En promedio, un calentador de agua individual consume unos 1.500 kWh al año. Suponiendo una vida útil de 15 años, el resultado es de 22.500 kWh. Una manera de evitar las emisiones indirectas por uso de electricidad es implementar soluciones que no utilicen esta fuente energética. Por ejemplo, cada vez son más los hoteles que instalan sistemas termo-solares individuales de agua caliente. Su principal objetivo es reducir los costos energéticos, pero esto también mitiga en gran medida el impacto ambiental. Hay muchas empresas en Costa Rica que ofrecen sistemas termo-solares de agua caliente. Los costos de inversión suelen amortizarse en pocos años y los costos de mantenimiento son comparativamente bajos, pero dependen de la calidad del agua. Están muy aislados y almacenan el agua caliente durante bastante tiempo. Además, están equipados con una resistencia eléctrica, por lo que, si no hay sol durante dos días o se necesita más agua caliente, también utilizan electricidad para calentar el agua.

A continuación, se comparan la tecnología de calentador eléctrico, tanque de agua caliente, contra un sistema termo solar. Se evidencia el gran ahorro energético y monetario de la opción termo solar. En este caso se considera solamente el factor eléctrico y las emisiones indirectas ya que no hay sustancias refrigerantes.

Tabla 14: Comparación de ejemplos de calentadores de agua caliente eléctricos convencionales vs Sistemas termo-solares de agua caliente.[97]

Tipo	Calentador electrico convencional	Calentador Sistema termo-solar
Consumo de energía promedio (kWh/año)	1500	500[98]
Consumo de energía promedio (kWh/vida útil)	22.500	7.500
Promedio de emisiones indirectas durante vida útil	1,26 toneladas de CO_2eq	0,42 toneladas de CO_2eq
Promedio del impacto ambiental equivalente de un vehículo en kilómetros recorridos	4.529 km	1.510 km
Promedio costos por consumo eléctrico a lo largo de la vida útil	¢2.394.450	¢798.150
Ahorros monetarios durante la vida útil	----------	¢1.596.300

Además, también hay sistemas de agua caliente disponibles en Costa Rica que utilizan la unidad de aire acondicionado (AA) ya existente para producir agua caliente, como por ejemplo Thermo Solutions, quién también ofrece sistemas termo-solares.[99]

El refrigerante del AA extrae el calor del aire de la habitación. Este calor suele expulsarse a través de la unidad de condensación exterior. En este sistema, el calor o parte de él se transfiere a un depósito de agua caliente aislado. En promedio, una unidad de aire acondicionado

Foto 32: Ejemplo de un sistema termo-solares para agua caliente en Costa Rica, © GIZ, Philipp Denzinger

97 Para todas las suposiciones y cálculos, por favor ver Anexo 1.
98 Esta cifra depende de la ubicación, las horas de sol, los días de sol y la cantidad de uso del agua caliente. En muchas regiones y para un uso medio, este número ser probablemente mucho más bajo, lo que se traduce en un potencial de ahorro energético y económico mucho mayor.
99 e.g. Costa Rica Solar Solutions, s.f.: Green Heat by Thermo Solutions.

puede producir unos 150 litros al día de agua caliente, lo que es suficiente para un hogar de 5 personas o una habitación de hotel. Por lo tanto, si el aire acondicionado se utiliza durante unas pocas horas al día, como ocurre en muchas regiones de Costa Rica, no hay demanda de energía adicional para calentar el agua caliente. Este sistema puede ser altamente eficiente, e inclusive seis veces más eficiente que las clásicas termoduchas.

Inclusive, hay investigaciones que profundizan el concepto de soluciones alternativas en aras de impactar aún menos al ambiente. El profesor Michael Stanimirov de la Universidad Tecnológica de Panamá comenta que se podría generar un sistema que funcione en el sentido contrario. En este caso, se implementaría un sistema termo-solar, de tal volumen que genere agua caliente que más bien impulse el funcionamiento del sistema de aire acondicionado. El agua remanente o sobrante podría utilizarse para las duchas.

En un país tropical como Costa Rica, existen la particularidad de situaciones, como temperatura anual relativamente estable, agua de lluvia que se puede recuperar, calor en el suelo, y costumbres ahorrativas en el uso de aire acondicionado, le presentan a este país grandes oportunidades de innovación. Sistemas alternativos, ahorrativos, eficientes y amigables con el ambiente para calentar agua caliente existen en el mercado y se está desarrollando variaciones y mejoras constantemente. Este es otro de los muchos pasos hacia el estatus de carbono neutralidad.

9. Disposición de residuos en desuso

Existe una gran cantidad de minibares, refrigeradores, congeladores, equipos de frío y congelación para cuartos fríos, aire acondicionado y chillers en los hoteles que ya no funcionan según los requisitos de la OMS, son antiguos o que ya no trabajan correctamente. Para minimizar el daño al medio ambiente, a la capa de ozono y al clima, se demanda desmantelar estos aparatos e instalaciones de acuerdo con las normas internacionales, recuperar y recoger los refrigerantes, así como destruir los materiales de aislamiento (espumas aislantes), que contengan CFC R-11 o HCFC R-141b. A nivel nacional, la ley para la gestión integral de residuos establece para los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, la declaratoria de residuo de manejo especial. Por lo que los generadores de este tipo de residuos deben incorporarlos dentro del plan de gestión de residuos que se presenta ante el ministerio de salud y gestionarlos por medio de empresas gestoras autorizadas ante dicho ministerio. Aparte de los refrigerantes y los materiales de aislamiento los residuos electrónicos deberían al menos intentar ser reciclados de acuerdo con las mejores prácticas internacionales y nacionales.[100]

Sería ideal que las compañías que brindan este tipo de tecnologías proporcionen al usuario alternativas para la disposición de los equipos que van a quedar en desuso una vez que migren hacia las nuevas soluciones, cumpliendo así, con el principio de responsabilidad extendida del productor. Cuando llega el momento de disposición del equipo, es importante considerar los refrigerantes, aceites de refrigerantes y los materiales aislantes ya que debe evitarse a toda costa que sean liberados al ambiente.[101]

9.1 Disposición de antiguos refrigerantes

El país cuenta con centros de acopio que reciben y disponen del gas en desuso que incineran para que no sea liberado al ambiente causando los efectos aversos citados. Empresas como SOLIRSA, Green Costa Rica y Preserve Planet (ver Anexo 2) reciben antiguos refrigerantes y la empresa HOLCIM cuenta con los permisos para la incineración de R-12, R-22, R-134a, y en un futuro próximo, R-410A, R-404A y R-507A (Ver ANEXO 2).

9.2 Disposición del equipo en desuso

Cuando se trata de equipo de refrigeración listo para su disposición final, existen diversas empresas en el país autorizadas por el Ministerio de Salud para tratar de forma correcta estos residuos (Ver Anexo 3), además de las empresas que reciben equipo en desuso ya listadas en el Anexo 2.

Foto 33: Equipo de refrigeración obsoleto © Shutterstock / Songkran Wannatat

Foto 34: Refrigeradores obsoletas © Shutterstock / Mikhail P.

100 GIZ, 2017a: Management and Destruction of Existing Ozone Depleting Substances Banks.
101 GIZ, 2017: Guía para el desensamble manual de refrigeradores y aires acondicionados
GIZ, 2014: Guía de reconversión de la producción de refrigeradores domésticos: de refrigerantes halogenados a refrigerantes de hidrocarburo.

10 Conclusiones

La demanda de soluciones de climatización y refrigeración de espacios por parte del sector hotelero aumentará indudablemente como parte del cambio climático. Los equipos de aire acondicionado y refrigeración ya son una fuente importante de emisiones dañinas al ambiente, e irónicamente entre más aumente la temperatura global, más aumentará las emisiones de este sector. Por lo que es muy importante considerar e implementar las alternativas verdes que existen en este sector para disminuir todo lo posible el impacto que se va a generar. Muchas de las tecnologías convencionales y dañinas están en un proceso de eliminación o desuso en conformidad con acuerdos climáticos mundiales. Eso significa que cada vez será más caro conseguir insumos como refrigerantes, por lo que un cambio temprano de tecnología es también recomendable.

Esta publicación hace un ejercicio de demostración y comparación de las diferentes alternativas que existen, y fundamentalmente, destaca la diferencia entre los impactos ambientales y económicos de las tecnologías en cada tipo de equipo. En los equipos de refrigeración, se muestra como están ya presentes en el mercado costarricense, y que, si bien la inversión inicial podrá ser mayor, la alta eficiencia de estos equipos los hace más rentables al final de la vida útil. En los equipos de aire acondicionado resalta el hecho que no se encuentran con facilidad o del todo en Costa Rica. Sin embargo, el mercado está listo y sí existe oferta de estos equipos en la región Latinoamericana y Caribe. Se reduce el dilema a quién da el primer paso, si la oferta o la demanda. Diversos esfuerzos se han realizado para que estas tecnologías verdes sean relevantes en el mercado. Aires acondicionados tipo Split han sido instalados y se han destacado por buen rendimiento y bajo consumo energético. También, se han capacitado a muchos instructores y técnicos, en el manejo de gases refrigerantes a base de hidrocarburos, específicamente R-290 y R-600a. Esto demuestra que en Costa Rica ya existe la infraestructura para dar soporte e implementar en el sector hotelero, cualquier equipo que contenga gases de ultra bajo PCG.

Se espera que esta publicación brinde una visión general de los impactos climáticos de los HFC convencionales y su contraste al comparar los equipos y sistemas de refrigeración y aire acondicionado alternativos respetuosos con el clima. Como se ha mostrado, los sistemas alternativos de climatización y refrigeración eficiente están disponibles en Costa Rica y también son rentables. En Europa, Asia y otras regiones, estos sistemas alternativos ya son ampliamente utilizados. Sin embargo, es el consumidor quien tiene que exigir este tipo de equipos. Además de los beneficios medioambientales hay otros beneficios, como los costos y una buena imagen que puede vender a sus clientes.

Si el objetivo de un hotel es poseer una huella de carbono neutra, entonces tiene que empezar a comprar sistemas alternativos de este tipo. Se recomienda que se pongan en contacto con sus proveedores o con GIZ Costa Rica si necesita más información sobre proveedores de estos sistemas alternativos. Se aconseja firmemente que cualquier inversión que se planee, sea una inversión en el futuro del planeta y de Costa Rica. Entonces, ¿por qué no invertir ahora de forma voluntaria en sistemas alternativos? Usted estará encabezando las empresas en Costa Rica. Gracias a los acuerdos internacionales y esfuerzos globales, en un futuro, estos sistemas serán los únicos en funcionamiento y aprobados por el país.

Esta publicación le recomienda a gerentes, propietarios y propietarias de hoteles:

- Usar refrigerantes con PCG ultra bajo (menor a 10), como los refrigerantes naturales a base de hidrocarburos.
- Que los equipos contengan aislantes de agentes espumantes con ultra bajo PCG (menor a 12), preferiblemente producidos a partir de refrigerantes naturales.
- Utilizar equipos que un alto índice de eficiencia energética (SEER mayor a 19), o un bajo consumo de kWh/día. Los equipos deberían utilizar tecnología Inverter en el compresor.
- Para minimizar el daño al medio ambiente, la capa de ozono y el clima, los equipos e instalaciones en hoteles que han llegado al final de su ciclo de vida deben ser desmantelados de acuerdo con las normas nacionales e internacionales. Los refrigerantes deben ser recuperados y reciclados o destruidos y los materiales de aislamiento que contengan agentes espumantes de HCFC tienen que ser debidamente destruidos.

¡Gracias por hacer del planeta un lugar más verde!

Bibliografía

Alejos Góngora, Claudia Lucía, 2013: Greenwashing: Ser verde o parecerlo. Cátedra de "la Caixa" de Responsabilidad Social de la Empresa y Gobierno Corporativo, Universidad de Navarra. Disponible en: https://media.iese.edu/research/pdfs/ST-0328.pdf (Accedido 07 de diciembre del 2020).

Casa Presidencial, 2019: Por quinto año consecutivo, Costa Rica superará 98 por ciento de generación eléctrica renovable. Disponible en: https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2019/09/por-quinto-ano-consecutivo-costa-rica-superara-98-de-generacion-electrica-renovable/ (Accedido el 30 de junio del 2020).

Casa Presidencial, 2019: Síntesis: Plan Nacional de Descarbonización 2018 – 2050. Disponible en: https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2019/02/sintesis-plan-nacional-de-descarbonizacion-2018-2050/ (Accedido el 07 de diciembre del 2020).

Costa Rica Solar Solutions, s.f.: Green Heat by Thermo Solutions. Disponible en: Green Heat by Thermo Solutions - Costa Rica Solar Solutions (crsolarsolutions.com) (Accedido el 5 de mayo del 2021).

Daikin, 2017: Catálogo de producto de Sistemas Aplicados, p 32. Disponible en: Applied Systems_Product catalogue_ECPEN17-400_English.pdf (daikin.eu) (Accedido 07 de diciembre del 2020).

DAIKIN, 2018: Catálogo de Productos de Refrigeración 2018; de Zanotti para unidades con R-290 que sean montadas en el techo o montadas en la pared. Disponible en: https://www.daikin.eu/content/dam/internet-denv/catalogues_brochures/industrial/800_1%20-%20Refrigeration%20Product%20Catalogue%20with%20Zanotti.pdf (Accedido el 15 de diciembre del 2020).

DCC, MINAE, s.f.: Programa País Carbono Neutralidad. Disponible en: https://cambioclimatico.go.cr/metas/descarbonizacion/#1587693123310-68169ff1-9578 (Accedido el 07 de diciembre del 2020).

DCC, 2020: Consulta pública de la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) 2020 de Costa Rica. Disponible en: https://cambioclimatico.go.cr/consulta-publica-de-la-ndc-2020/ (Accedido el 15 de diciembre del 2020).

DCC, s.f.: Plan Nacional de Descarbonización. Disponible en: https://cambioclimatico.go.cr/plan-nacional-descarbonizacion/ (Accedido el 07 de diciembre del 2020).

DIGECA, 2013: Plan para la gestión de la eliminación de HCFC en Costa Rica. Disponible en: http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/plan_de_gestion_para_eliminacion_de_hcfc.pdf

DIGECA, 2019: Implementación de Enmienda de Kigali en Costa Rica: Eliminación de los HFC. Disponible en: Implementación de Enmienda de Kigali en Costa Rica: eliminación de los HFC | Digeca | Dirección de Gestión de Calidad Ambiental

DIGECA, s. f.: Línea Base de los HFC y calendario de reducción. Disponible en: http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/linea_de_base_de_los_hfc_y_calendario_de_reduccion.pdf (Accedido el 07 de diciembre del 2020).

DIGECA. s. f.: Gestión de Sustancias Químicas: Protocolo de Montreal. Disponible en: http://www.digeca.go.cr/areas/sustancias-agotadoras-de-la-capa-de-ozono-protocolo-de-montreal-oficina-tecnica-del-ozono (Accedido el 16 de abril del 2019).

ElectriQ, 2020: Environmentally friendly smart Wifi controlled wall mounted inverter split air conditioner with heat pump eiQ-12WMINV-V3 12,000 BTU/h. Disponible en: https://www.electriq.co.uk/p/eiq-12wminv/electriq-12000-btu-panasonic-powered-smart-wall-mounted-split-air-conditioner-with-heat-pump-5-meters-pipe-kit-and#!#maindesc (Accedido el 30 de julio del 2020)

EPA, 2021: Greenhouse Gas Equivalencies Calculator. Disponible en: https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator (Accedido el 05 de abril del 2021).

GIZ, s.f.: Green Cooling Initiative Disponible en: https://www.green-cooling-initiative.org/about-x/giz-proklima/ (Accedido el 16 de abril del 2019).

GIZ, 2008: Natural Refrigerants. Disponible en: https://www.green-cooling-initiative.org/fileadmin/Publications/en-gtz-proklima-natural-refrigerants.pdf (Accedido el 16 de abril del 2021).

GIZ, 2009: Natural Foam Blowing Agents Sustainable Ozone and Climate – Friendly Alternatives to HCFCs. Disponible en: https://www.green-coolinginitiative.org/es/noticias-y-medios-deinformacion/publicaciones/publicationdetail/2012/09/01/natural-foam-blowing-agents-sustainable-ozone-and-climate-friendly-alternatives-to-hcfcs (Accedido el 16 de abril del 2021).

GIZ, 2014: Guía de reconversión de la producción de refrigeradores domésticos: de refrigerantes halogenados a refrigerantes de hidrocarburo. Disponible en: 2014_Guideline_production_conversion_domestic_refrigerators_ES.pdf.pdf (green-cooling-initiative.org) (Accedido el 16 de abril del 2021).

GIZ, 2016: Avanzando con las contribuciones determinadas nacionales (NDC) mediante refrigeración y aire acondicionado compatibles con el medio ambiente: Orientación para los encargados de formular políticas, p. 6. Versión 1.0. Disponible en: https://www.giz.de/expertise/downloads/giz2018-es-ncd-rac-brochure.pdf (Accedido el 16 de abril del 2021).

GIZ, 2017: Guía para el desensamble manual de refrigeradores y aires acondicionados. Disponible en: https://www.international-climate-initiative.com/fileadmin/Dokumente/2017/171219_ES-weee-colombia.pdf (Accedido el 16 de abril del 2021).

GIZ, 2017a: Management and Destruction of Existing Ozone Depleting Substances Banks | Guideline on the Manual. Disponible en: 171219_EN-weee.pdf (international-climate-initiative.com) (Accedido el 16 de abril del 2021).

GIZ, 2018: Good Service Practices and Installation of Room Air-conditioners with HCFC–22 and Flammable Refrigerants: Trainers Handbook. Disponible en: https://www.giz.de/expertise/downloads/giz2018-en-air-conditioner-trainer-handbook-india.pdf (Accedido el 16 de abril del 2019).

GIZ, 2018a: 25 years Greenfreeze: A fridge that changed the world: Learning from a leapfrogging success story to implement the Kigali Amendment. Disponible en: https://www.giz.de/expertise/downloads/giz2018-en-greenfreeze-story.pdf (Accedido el 16 de abril del 2019).

GIZ, 2018b: Implications of natural refrigerants for cooling technologies – Converting from HFCs/HCFCs to natural refrigerants: A guide for refrigeration manufacturers. Disponible en: https://www.giz.de/expertise/downloads/giz2018-en-study-implications-refrigeration.pdf (Accedido el 16 de abril del 2019).

GIZ, 2019: A1 Introducción a la refrigeración y los refrigerantes. Disponible en: Refrigerante hidrocarburo R290 (digeca.go.cr) (Accedido el 16 de abril del 2021).

GIZ, 2019a: R290 Split Air Conditioners Resource Guide. Disponible en: https://www.international-climate-initiative.com/fileadmin/Dokumente/2019/R290_SplitAC_ResourceGuide_Proklima.pdf (Accedido el 25 Enero del 2021).

GIZ, 2020: Estudio de fugas en equipos de Aire Acondicionado tipo split en Costa Rica. Disponible en: http://www.digeca.go.cr/documentos/estudio-de-fugas-en-equipos-de-aire-acondicionado-tipo-split-en-costa-rica (Accedido el 25 Enero del 2021).

GIZ, 2020a: Introducción de Equipos de Aire Acondicionado Ecoeficientes tipo split con R-290 en Costa Rica. Disponible en: http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/giz_2020_introduccion_de_equipos_de_aire_acondicionado_ecoeficientes_tipo_split_con_r-290_en_costa_rica.pdf (Accedido el 25 Enero del 2021).

Gobierno de Costa Rica, MINAE y DCC, 2015: Contribución Nacionalmente Determinada. Disponible en: https://cambioclimatico.go.cr/metas/politicas/contribucion-nacionalmente-determinada/ (Accedido el 16 de abril del 2019)
.
Gobierno de Costa Rica, s.f.: Objetivos de Desarrollo Sostenible Costa Rica. Disponible en: http://ods.cr/ (Accedido el 08 de diciembre del 2020).

Grupo ICE, 2021: Tarifas Actuales. Disponible en: https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/669c79e9-84c9-4682-b63b-136238ebc7e2/Tarifas+actuales.pdf?MOD=AJPERES (Accedido el 04 de abril del 2021).

Hydrocarbons21, 2020: Highly Rated Midea R-290 Room AA Expected in Germany This Year. Disponible en: http://hydrocarbons21.com/articles/9638/highly_rated_midea_r290_room_ac_expected_in_germany_this_year?mc_cid=09434ab3e0&mc_eid=2d1daa5356 (Accedido el 03 de agosto del 2020).

IMN, 2020: Factores de emisión de gases de efecto invernadero. Disponible en: http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/factoresemision/factoresemision2020/index.html (Accedido el 15 de abril del 2021).

INTARCON, 2020a: Intarblock R-290. Disponible en: https://www.intarcon.com/pdfs/EN/intarblock-R290.pdf (Accedido el 16 de abril del 2021).

INTARCON, 2020b: Intartop R-290. Disponible en: https://www.intarcon.com/pdfs/EN/intartop-r290.pdf (Accedido el 16 de abril del 2021).

INTARCON ,2020c: Superblock R-290 industrial monoblock for large cold rooms. Córdoba. Disponible en: https://www.intarcon.com/pdfs/EN/superblock-R290.pdf (Accedido el 16 de abril del 2021).

IPCC AR5 Assessment, 2018: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf (Accedido el 11 de diciembre del 2020).

MINAE, 2015: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Absorción del Carbono 2012. Instituto Nacional de Meteorología (IMN). Disponible en: http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/InventariosGEI/InventarioGEI-2012/offline/download.pdf (Accedido el 08 de diciembre del 2020).

MINAE, 2019: Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016). Disponible en: www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/racinventoryc4-cr-span-v5_002.pdf (Accedido el 08 de diciembre del 2020).

MINAE, Oficina Técnica del Ozono y PNUD, 2014: Acciones implementadas por Costa Rica para la preservación de la capa de ozono. Disponible en: https://www.cr.undp.org/content/costarica/es/home/library/acciones-costa-rica-preservacion-capa-de-ozono.html (Accedido el 08 de diciembre del 2020).

Multilateral Fund, 2019: HCFC Phase – Out Management Plans and HCFC Production Phase – Out Management Plans. Disponible en: http://www.multilateralfund.org/Our%20Work/policy/Shared%20Documents/HPMPs-HPPMPs%2084.pdf (Accedido el 15 de diciembre del 2020).

Naciones Unidas, s.f.: Día Internacional de la Preservación de la Capa de Ozono, 16 de septiembre: Antecedentes. Disponible en: http://www.un.org/es/events/ozoneday/background.shtml (Accedido el 16 de abril del 2019).

PUND, 2020: Webinar: PNUD-PM Experiencia en el uso de HC en la fabricación de sistemas acondicionadores de aire centralizados con ductos. (Accedido el 16 de abril del 2021).

PUND, 2020: Preguntas del webinar: PNUD-PM Experiencia en el uso de HC en la fabricación de sistemas acondicionadores de aire centralizados con ductos. (Accedido el 16 de abril del 2021).

PNUD, s.f.: Objetivos de Desarrollo Sostenible. ¿QUÉ SON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE? Disponible en: https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/ (Accedido el 16 de abril del 2019).

Sabroe, s.f.: SABlight R-290 Chiller. Disponible en: https://www.sabroe.com/en/products/chillers-and-heat-pumps/sablight/ (Accedido el 15 de diciembre del 2020).

Sheikh, Mujahid; Qureshi, Mohd Abuzar, 2015: Comparative Analysis of Energy Efficiecy Ratio & Electric Power Consumption of Domestic Refrigerator using Refrigerant R134a & R600a at Constant Evaporator Temperature. Disponible en: https://www.ijsr.net/archive/v4i4/SUB153070.pdf (Accedido el 20 de marzo del 2021).

Thermotar, s.f.: Chiller R-290 | Enfriador de agua para R290. Disponible en: Chiller R290 – Thermotar (Accedido el 15 de diciembre del 2020).

Thermotar, s.f.: Sistema Aire Acondicionado Split Central para R290. Disponible en: CATALOGO R290 2018.cdr (thermotar.com) (Accedido el 16 de abril del 2021).

Thermotar, s.f.: Catálogo Star Light, UNIDAD CONDENSADORA REFRIGERANTE NATURAL CV290. Disponible en: CATALOGO R290 2018.cdr (thermotar.com) (Accedido el 16 de abril del 2021).

Thermotar, s.f.: Refrigerante R-290. Disponible en: https://thermotar.com/r290 (Accedido el 16 de abril del 2019).

Two Thousand, sf.: 127 kg por día R290 enfriado por aire ETL máquina de fabricación de hielo en cubos de gran capacidad TT-SK-289S. Disponible en: 127Kg Per Day R290 Air Cooled ETL Large Capacity Cube Ice Maker Machine TT-SK-289S (twothousand.com) (Accedido el 16 de abril del 2021).

Two Thousand, sf.: 127Kg por día R404a Máquina para fabricar cubos de hielo comercial TT-SK-280P. Disponible en: 127Kg Per Day R404a Commercial Ice Cube Making Machine TT-SK-280P (twothousand.com) (Accedido el 16 de abril del 2021).

UNEP, 2019: United for Efficiency, Energy – Efficient and Climate – Friendly Air Conditioners. MODEL REGULATION GUIDELINES. Disponible en: Model Regulation Guidelines for Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners - United for Efficiency (united4efficiency.org) (Accedido el 16 de abril del 2021).

UNFCCC, s.f.: ¿Qué es el Acuerdo de París? Disponible en : https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/que-es-el-acuerdo-de-paris (Accedido el 08 de diciembre del 2020).

Waterlogic, sf.: Energy Consumption Comparison. Disponible en: Energy_Consumption_Comparison.pdf (waterlogic.fr) (Accedido el 5 de mayo del 2021).

Waterlogic, sf.: Looking after the environment with R600a. Disponible en: WL-R600a-brochure.pdf (waterlogic.com) (Accedido el 5 de mayo del 2021).

ZANOTTI, sf.: CO2 Monoblock units | The solution for medium and large cold rooms Monoblock unit for wall mounting. Disponible en: https://fb6106ee-a27d-4c99-bf7f42d34c5fca1.filesusr.com/ugd/413a2b_9f690c9cedd24986a9c8c45186a87615.pdf (Accedido el 16 de abril del 2021).

Anexos

Anexo 1. Respecto a los cálculos ambientales en las tablas comparativas (Tablas: 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12)

Tipo	Se especifica el tipo de equipo (refrigeración comercial, AA mini split u otros), si es de tecnología convencional o verde, y una característica distintiva (volumen en pies3 en caso de equipo de refrigeración o congelación, y BTU/h en caso de AA). Se busca presentar ejemplos, no hay intento de promoción de ninguno de los artículos. Hay otras compañías que venden estos equipos. No se pretende favorecer ni desfavorecer ninguna tienda en especial. Estos ejemplos son los más prominentes, a nuestra opinión, en Costa Rica. Los datos no referenciados a un catálogo fueron obtenidos mediante visitas físicas a distintos puntos de venta de cada tipo de equipo.
Marca	Marca y modelo del equipo a analizar.
Refrigerante	Sustancia refrigerante utilizada por el equipo. Por lo general a base de HFC o HC.
PCG	Potencial de Calentamiento Global (PCG) del refrigerante utilizado. Este índice es básicamente un factor de conversión de un kilogramo de la sustancia a kilogramos de CO2 equivalente, unidad designada para evaluar el impacto ambiental de distintas sustancias.
PAO	El potencial de agotamiento del ozono (PAO) del refrigerante utilizado. Este índice se refiere a la cantidad de destrucción de ozono estratosférico causado por una sustancia. En este documento, presente solamente en gases refrigerantes tipo HCFC. Los gases HFC y HC tienen cero PAO.
Carga de refrigerante	Cantidad en masa (gramos o kilogramos), que utiliza el equipo. Por tener usualmente una mayor eficiencia energética, los equipos con refrigerantes naturales suelen tener una carga menor que un equipo con refrigerante tradicional para la misma aplicación, capacidad de enfriamiento o volumen.
Promedio de refrigerante acumulado	La cantidad de refrigerante utilizado al final de la vida útil del equipo. Esta cantidad considera las posibles recargas de refrigerante que pueda necesitar un equipo. En AA se hace rutinariamente por fugas (tecnología convencional) y en equipos de refrigeración se puede necesitar una única recarga completa de refrigerante. En el caso de los equipos de refrigeración herméticos, se supone que no hay fugas durante la vida útil. Sin embargo, incluso algunos de estos equipos presentan fugas durante su vida útil. Para los equipos AA split y de condensación se asumió una tasa de fuga media del 2% en la instalación, y una tasa de fuga media anual del 10% y del 95% al final de la vida útil, basándose en un estudio detallado de fugas para Costa Rica.[102] Para los chillers se asumió un índice de fuga anual del 5% y del 95% al final de la vida útil.

102 GIZ, 2020: Estudio de fugas en equipos de Aire Acondicionado tipo split en Costa Rica.

Consumo de energía promedio (kWh/año)	NO APLICA EN TODOS LOS CASOS. Valor obtenido de las especificaciones técnicas de equipos cuyo uso no se ven muy influenciados por los hábitos de usuario, como los equipos de refrigeración que siempre están enchufados. En equipos de AA, cuya demanda energética depende de los hábitos de usuario, no se determina este dato por el alcance de este documento.
Promedio de emisiones tdirectas durante vida útil	Se convierte la cantidad de refrigerante acumulado en kg CO_2eq al multiplicar este dato por el PCG. Esto representa el impacto ambiental acumulado al desmantelar el equipo al final de su vida útil. Este es un cálculo aproximado.[103]
Promedio de emisiones indirectas durante vida útil	Se obtiene al multiplicar el Consumo de energía (kWh/año) por la cantidad de años de la vida útil del equipo, y todo esto multiplicado por el factor de emisión de la red eléctrica (kg CO_2eq/kWh). Al final se obtiene una cifra con unidades kg CO_2eq. El factor de emisión de red eléctrica es una medida de que tan amigable son las fuentes energéticas de la red eléctrica de donde los equipos toman la energía eléctrica. En el caso de Costa Rica, por el gran uso de fuentes renovables, este factor es un valor muy bajo. Los cálculos de esta guía utilizan un valor de 0,056 kg CO_2eq/kWh, el cual es un promedio de los años 2014-2019. Este es un cálculo aproximado.
Promedio del total de emisiones (directas e indirectas) durante vida útil	La suma de las emisiones directas e indirectas en kg CO_2eq. Este es un cálculo aproximado.
Promedio del impacto ambiental equivalente de un vehículo en kilómetros recorridos	Para un vehículo compacto (sedán), cuyo motor opera con gasolina, se emiten aproximadamente 278 kg CO_2eq por cada 1.000 kilómetros de recorrido.[104]
Promedio costos por consumo eléctrico a lo largo de la vida útil	NO APLICA EN TODOS LOS CASOS. Cálculo aproximado al multiplicar el Consumo de energía (kWh/año) por la vida útil del equipo. Luego el dato se multiplica por la tarifa eléctrica. Para objeto de este documento, se tomó la tarifa mensual T-CO: Comercios y Servicios de 106,42 colones por cada kWh para consumos menores o iguales que 3.000 kWh. Este dato es publicado por el ICE en el Alcance N°65 Gaceta N°60 del 26 de marzo del 2021.[105] Si no se cuenta con el dato de Consumo de energía (kWh/año) no se presenta este dato.
Promedio de ahorros monetarios durante la vida útil	NO APLICA EN TODOS LOS CASOS. Cálculo aproximado al multiplicar la diferencia de Promedio costos por consumo eléctrico a lo largo de la vida útil entre el equipo convencional y el equipo verde. Esta diferencia se multiplica por los años de vida útil y luego se multiplica por la tarifa eléctrica. Si no se cuenta con el dato de Consumo de energía (kWh/año) se puede considerar que, a grandes rasgos, la diferencia de eficiencia energética entre un equipo que opera con refrigerante HFC y otro que opere con refrigerante HC, es alrededor de un 15%.[106] Esta diferencia de eficiencia energética se refleja en un 15 por ciento menos costos de operación por consumo eléctrico en los equipos con refrigerantes HC.

103 IMN, 2020: Factores de emisión de gases de efecto invernadero.
104 EPA, 2021: Greenhouse Gas Equivalencies Calculator.
105 Grupo ICE, 2021: Tarifas Actuales.
106 Sheikh, Mujahid; Qureshi, Mohd Abuzar, 2015: Comparative Analysis of Energy Efficiency Ratio & Electric Power Consumption of Domestic Refrigerator using Refrigerant R134a & R600a at Constant Evaporator Temperature.GIZ, 2019: R290 Split Air Conditioners Resource Guide.
GIZ, 2008: Natural Refrigerants.

Anexo 2. Lista de gestores de residuos autorizados de gases refrigerantes

Número de identificación (cédula física, jurídica o DIMEX)	Gestor de residuos autorizados registrados ante el Ministerio de Salud	Dirección física	Código de registro	Descripción de residuos
3101006846	Holcim Costa Rica S.A.	Agua Caliente,5Km.SE.de Tribunales de Cartago	DPAH-UASSAH-RGA- 005-2014	Gases refrigerantes: R-12, R-22 y R-134a.
3101640000	Soluciones Integrales de Reciclaje S.A. (SOLIRSA)	50 m este de oficinas de Migración y Extranjería. Bodegas de color azul a mano izquierda. La Uruca	DPH-UASSAH-RGA-018-2013	Gases refrigerantes.
3101568107	Valu Shred Costa Rica VSCR S.A.	Parque Industrial Zeta Montecillos, Bodega 32 A	DPAH-UASSAH-RGA-020-2014	Equipos de refrigeración y aires acondicionados, gases refrigerantes, aceites de equipos de refrigeración, llantas, equipo médico.
3101388233	Manejo de Desechos Industriales S.A. (MADISA)	La Lima, 100 Sur, 150 Oeste, contiguo a la entrada del tajo el Caracol. Cartago	DPAH-UASSAH-RGA-049-2014	Gases industriales.
110880809	Rigoberto Chaves Vargas (Centro de Acopio Preserve Planet)	275 m este de la entrada a calle Gamboa. Desamparados	DPAH-UASSAH-RGA-049-2015	Gases refrigerantes de sistemas de enfriamiento (R-12, R-22 y R 134 A).
3101388233	Gestión de Residuos Manejo Especial M&I S.S. (Green Costa Rica)	Ciruelas, San Antonio, Alajuela.	DPAH-UASSAH-RGA-002-2017	Gases refrigerantes

Anexo 3: Lista de gestores de residuos aprobados de equipo antiguo de RAA

https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/informacion/gestores-de-residuos-ms

Gestores de residuos

www.ministeriodesalud.go.cr

Listado de gestores de residuos aprobados. En este espacio encontrará la información concerniente a las empresas registradas ante el Ministerio de Salud como gestores autorizados de residuos.

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Oficina registrada Bonn and Eschborn

Friedrich-Ebert-Allee 36
53113 Bonn, Germany
T: +492284460-0
F: +492284460-1766

Dag-Hammarskj ld-Weg 1-5
65760 Eschborn, Germany
T: +49 6196 79-0
F: +49 6196 79-11 15

E: info@giz.de
I: www.giz.de/proklima, www.green-cooling-initiative.org