



Cofinanciado por la Unión Europea



cooperación
alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT



Estudio de fugas en equipos de Aire Acondicionado tipo split en Costa Rica

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 (GIZ Proklima), Manuel Enrique Salas Salazar

Revisión:
José Alberto Rodríguez Ledezma (DIGECA), Rodolfo Elizondo Hernandez (DIGECA/PNUD), Glenn Hidalgo Mora (HIMO), Jascha Moie (HEAT), Kenneth Román Castro (DIGECA/PNUD)

Diseño:
Oscar Rosabal Ross

Fotografías/fuentes:
© GIZ Proklima, Gianfranco Vivi (foto portada), @ Glenn Hidalgo Mora, Himo (fotos figura 1 y 2), @ Rolf Hühren, HEAT (foto figura 3)

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.

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

En nombre de:
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, 2020

Índice

Lista de Figuras	5
Lista de tablas	6
Lista de abreviaturas	7
Antecedentes del Proyecto	8
Agradecimientos por comentarios y apoyo	9
Resumen	10
1. Introducción	13
2. Desafíos y retos respecto la medición de fugas y obtención de datos de calidad	17
3. Alcance del estudio de fugas	20
3.1 Sondeo de fugas con detector de fugas	21
3.2 Encuesta sobre el servicio de acondicionadores de aire de tipo split	28
3.3 Encuesta y cuestionario a empresas de servicio	33
3.4 Consumo nacional de refrigerantes para equipos de AA tipo split	34
4. Conclusiones	36
5. Bibliografía	41
6. Anexos	43

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama de la metodología de detección de fugas de GIZ.	23
Figura 2. Detección de fuga.	24
Figura 3. Clasificación de todas las unidades por capacidad térmica.	24
Figura 4. Clasificación de las unidades que presentaron fugas por capacidad térmica.	24
Figura 5. Tamaño de la fuga de acuerdo con la descripción cualitativa dada por los técnicos de HIMO en el sitio.	24
Figura 6. Tamaño de la fuga de acuerdo con la descripción cuantitativa dada por el detector de fugas, Detector de fugas de refrigerante por infrarrojos Fieldpiece, modelo: SRL2.	25
Figura 7. Tamaño de la fuga de acuerdo con la descripción cuantitativa dada por el detector de fugas, Detector de fugas electrónico Mastercool, modelo: 55100.	25
Figura 8. Clasificación de las causas de fugas.	27
Figura 9. Pregunta 4: ¿Qué capacidad de AA es más relevante en su empresa?	28
Figura 10. Pregunta 5: ¿Cuántas unidades tipo split de AA atiende por mes?	28
Figura 11. Pregunta 7: ¿Con qué frecuencia da servicio a una unidad AA tipo split durante su vida útil? ¿Y por qué motivo?	29
Figura 12. Pregunta 10: ¿Cuáles son las causas más comunes de mal funcionamiento?	29
Figura 13. Pregunta 12: Al recargar la unidad con refrigerante, ¿cómo se mide la carga de refrigerante?	30
Figura 15. Pregunta 15: ¿Qué equipo y herramientas utilizan los técnicos?	31

Lista de tablas

Tabla 1. Estimación de tasa de fugas	27
Tabla 2. Resumen respecto a fugas	31
Tabla 3. Resumen global de los cuestionarios de las empresas que atendieron principalmente equipos tipo split.	33
Tabla 4. Preguntas del cuestionario a las empresas respecto a prácticas de mantenimiento.	34
Tabla 5. Balance de Inventario para el año 2019 de refrigerantes para Costa Rica	34
Tabla 7. Resumen de resultados obtenidos respecto a tasas de fugas anuales al analizar las distintas fuentes de información.	37
Tabla 8. Comparación de tasas de fugas entre los dos tipos de datos.	39
Tabla 9. Resultados totales del sondeo de fugas con detector de fugas electrónico.	43
Tabla 10. Clasificación cualitativa de tamaño de fugas de los equipos con fugas sondeo de fugas con detector de fugas electrónico.	43
Tabla 11. Clasificación de tamaño de fuga de acuerdo con cantidad de luces LED señaladas por el detector de marca Mastercool en el sondeo de fugas con detector de fugas electrónico.	43
Tabla 12. Clasificación de tamaño de fuga de acuerdo con cantidad de luces LED señaladas por el detector de marca Fieldpiece en el sondeo de fugas con detector de fugas electrónico.	44
Tabla 13. Clasificación de las causas raíz de las fugas en el sondeo de fugas con detector de fugas electrónico.	
Tabla 14. Impacto ambiental por recarga anual de refrigerante por equipo de AA tipo split, estimado según la información de la encuesta y cuestionario a empresas de servicio.	44
Tabla 15. Resumen de datos seleccionados a analizar de la encuesta y cuestionario a empresas de servicio.	45
Tabla 16. Costo monetario para emitir una tonelada de CO ₂ eq por refrigerante por país/zona (US\$) (Costa Rica y Europa)	46

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
BTU/h	Unidad Térmica Británica por hora, usada como alternativa al kW (1 kW = 3412.12 BTU/h)
CICR	Cámara de Industrias de Costa Rica
DIGECA	Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (MINAE)
DCC	Dirección de Cambio Climático (MINAE)
CGR	Contraloría General de la República
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIZ	Agencia de Cooperación para el Desarrollo
HCFC	Hidroclorofluorocarbonos
HFC	Hidrofluorocarbonos
HEAT	HEAT GmbH (Habitat, Application and Technology)
HIMO	HIMO Refrigeración, empresa de servicio de equipos de AA
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
IKI	Iniciativa Internacional sobre el Clima
LAICA	La Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar
LED	Diodo Emisor de Luz (por sus siglas en inglés)
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transporte
NDC	Contribuciones Nacionalmente Determinadas (Nationally Determined Contributions)
PCG	Potencial de Calentamiento Global
SAE	Sociedad de Ingenieros de Automoción (por sus siglas en inglés)
SAO	Sustancia Agotadora de Ozono
RAA	Refrigeración y Aire Acondicionado

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Los procesos de implementación en el mercado nacional de equipos de aire acondicionado ecoeficientes, que operan con refrigerante natural R-290, ha sido gestionado por la Agencia de Cooperación Alemana para el Desarrollo (GIZ) y por la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA), del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) del Gobierno de Costa Rica. Esta iniciativa no habría sido posible sin el apoyo de diferentes proyectos y programas internacionales.

El proyecto: Contribuciones Frescas para Combatir el Cambio Climático (C4), tiene como objetivo final ayudar al Gobierno de Costa Rica a reducir la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del sector de refrigeración, aire acondicionado y espumas con el fin del cumplir con las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC por sus siglas en inglés). El proyecto es implementado por la Unidad Nacional de Ozono de DIGECA y por GIZ. C4 es financiado por el Ministerio Federal Alemán para el Medio Ambiente, la Conservación de la Naturaleza y la Seguridad Nuclear (BMU) bajo su Iniciativa Climática Internacional (IKI).

El proyecto "Una eliminación sostenible y respetuosa con el clima de las sustancias que agotan la capa de ozono (SPODS por sus siglas en inglés)" apoya a determinados países de América Latina y el Caribe en sus procesos de transformación en el cumplimiento de sus

compromisos en el marco del Protocolo de Montreal en relación con la eliminación de las Sustancias que Agotan la capa de Ozono (SAO) y al mismo tiempo con la mitigación de la contaminación por los HFC. SPODS está financiado por la Comisión de la Unión Europea y BMZ y es ejecutado por GIZ. Busca apoyar la formación técnica sobre el uso seguro de los refrigerantes naturales, desarrollar y llevar a cabo cursos de formación que permitan a los participantes realizar su propia modelización financiera detallada de dichos proyectos y proporcionar conocimientos y capacidad completos para el funcionamiento y mantenimiento de la tecnología de refrigeración que utiliza refrigerantes naturales.



© GIZ Proklima, Gianfranco Vivi, 2019.

AGRADECIMIENTOS POR COMENTARIOS Y APOYO

Se agradece la colaboración y apoyo a todas las personas que asistieron en la recolección de datos y asesoramiento de este estudio. Estas personas e instituciones son: HIMO Refrigeración, Glenn Hidalgo Mora, Dennis Michael Jöckel, Cámara de Industria de Costa Rica (CICR), HEAT GmbH, Jascha Moie, Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), y demás instituciones y empresas que facilitaron datos para el estudio.

RESUMEN

El presente estudio se enfoca en analizar y generar un primer acercamiento a la tasa de fugas de refrigerantes que se generan durante la operación de equipos de AA tipo split en Costa Rica. Actualmente existe poca o nula información al respecto, y no hay datos de calidad para este tema. En materiales previos, como el Inventario de GEI para el sector RAA de Costa Rica, se estimaron proyecciones de emisiones usando datos predeterminados de Green Cooling Initiative¹, en función de la zona geográfica y nivel socioeconómico a nivel país. Sin embargo, se piensa que la tasa de fugas en el país puede ser mucho mayor. El dato predeterminado para la operación de equipos de AA tipo split en nuestro país es una tasa de fugas anual de refrigerante del 10%². Para poder aproximar la tasa de fugas de Costa Rica, se analizó cuatro fuentes de información de distinta naturaleza, ya que obtener datos de calidad y precisos de tasas de fugas actualmente en el país es muy difícil, sino improbable.

Primero se contempla un sondeo de fugas con detector de fugas electrónico realizado por técnicos de HIMO Refrigeración, como parte de un proyecto de GIZ. Se sondearon 109 unidades de tipo split de distintos edificios de distintas empresas e instituciones. Del total, 14 unidades presentaron fugas, es decir, un 12,84%. Al evaluar las unidades con fugas contra el tamaño de las fugas, se estima que, de este sondeo, existe una tasa de fugas de 12,39% anual.

¹ GCI, 2020: www.Green-Cooling.Initiative.org

² MINAE, 2019: Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016).

Seguidamente se evalúa una encuesta respecto al servicio de equipo de AA tipo split realizada por GIZ a nivel global. Esta encuesta fue dirigida a empresas de servicio de equipos de AA tipo split. Se destacan nociones contradictorias, ya que se respondió que, la presencia de fugas en los equipos no es de esperar, mientras que un bajo nivel de refrigerante es considerado como uno de los problemas más comunes. Tampoco se considera un detector electrónico de fugas como una herramienta fundamental. Por lo general se atiende 15 equipos tipo split con un cilindro de gas de 14 kg, lo que implicaría una recarga de 0,92 kg por servicio, bastante alta en comparación con la carga usual del Inventario GEI del sector RAA para Costa Rica de 1,29 kg para un equipo de AA tipo split³, por lo tanto, se estima una tasa de fugas anual de 8,93% con esta información.

La tercera fuente de información evaluada fue una encuesta y cuestionario dirigida también a empresas de servicio realizada por la Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR), bajo coordinación de GIZ, información que se utilizó para preparar el Inventario GEI para el sector RAA de Costa Rica. Se identificó las empresas que atendían principalmente unidades tipo split y se estimó la cantidad de refrigerante utilizado por estos equipos, según las respuestas de las empresas. Al comparar el refrigerante utilizado y las unidades atendidas, se obtiene una recarga promedio por servicio de 0,53 kg, lo que resulta en una tasa anual de fugas de 41,15%, considerando conservativamente un servicio donde se recargue el equipo al año.

Por último, se analizan los datos totales a nivel país de consumo de refrigerante para equipo de AA tipo split, de acuerdo con el Inventario GEI para el sector RAA, que se basó en los datos de la Encuesta de Alternativas ante SAO⁴ (Sustancia Agotadora de Ozono). Al contrastar consumo de refrigerantes contra el inventario (stock) de equipo de AA tipo split en el 2019, se obtiene un consumo por equipo de 0,25 kg, o una tasa de fugas anual de 19,44%.

Al promediar las primeras tres fuentes de información, considerando 1,29 kg como carga inicial promedio para equipos de AA tipo split en los cuatro casos, se estima que en Costa Rica se da una recarga anual de 0,27 kg, lo que significa una tasa de fugas anual aproximada a 20,82%. Se asumió solamente una recarga de refrigerante al año, a pesar de que en ocasiones se atiende hasta tres veces al año un solo equipo de AA.

Al considerar el PCG⁵ de los refrigerantes comúnmente utilizados en equipo de AA tipo split, R-22 (PCG 1760) y R-410A (PCG 1923)⁶, y usando la tasa de fugas más conservadora, de 20% anual, se estima que por cada unidad se genera 0,48 toneladas de CO₂ al año y 6,54 toneladas de CO₂ al final de la vida útil del equipo (alrededor de 10 años). Se incluye las fugas que se originan en el proceso de desinstalación, donde se desecha gran parte del refrigerante, lo que resulta en un consumo de 277% de la carga inicial del refrigerante al final de la vida útil.

Se plantean las siguientes recomendaciones:

- Recolección de información respecto a tasas de fugas durante el mantenimiento y desmantelamiento de los equipos.
- Generar sensibilización entre las partes interesadas del sector RAA sobre las fugas de refrigerantes.
- Entrenar la mayor cantidad posible de técnicos de RAA en mejores prácticas y técnicas de recuperación de refrigerantes.
- Regular el precio de los refrigerantes. Como los refrigerantes son tan baratos, no hay una verdadera motivación de reducir las tasas de fugas.
- Incentivar el uso de refrigerantes con bajo PCG como R-290 (PCG 3⁷). Con esta alternativa se puede reducir dramáticamente el impacto ambiental por refrigerantes y reducir también en gran manera las tasas de.

³ Ibid.

⁴ MINAE, 2018: Inventario Nacional de Sustancias Alternativas a las Sustancias Agotadoras de Ozono (SAO), DIGECA

⁵ Potencial de Calentamiento Global (PCG). El PCG es el posible impacto ambiental de una sustancia, al traducir un kilogramo de sustancia en kilogramos equivalentes de CO₂.

⁶ IPCC, 2013: 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.

⁷ Ibid.



© GIZ Proklima, Gianfranco Vivi, 2019.

Foto 1. Uso de manómetro en la instalación de un equipo de AA tipo split.



© GIZ Proklima, Gianfranco Vivi, 2019.

1. INTRODUCCIÓN

La fuga de un refrigerante es el problema que sucede cuando hay un mal funcionamiento o un mal ajuste en un equipo de refrigeración y aire acondicionado (RAA), y esto se podría originar durante la instalación, operación o finalización de vida útil. Las unidades RAA son propensas a este tipo de problema. La fuga genera a su vez resultados negativos para el usuario, como una disminución del rendimiento y de la eficiencia, más recargas de refrigerantes y una emisión elevada de gases nocivos para el ambiente.

La demanda mundial de energía para el sector de RAA aumentará significativamente en las próximas décadas, debido al crecimiento de la población, la urbanización, las cadenas de suministro de alimentos y las economías emergentes. Otro factor que incrementará la demanda de energía en el sector RAA, es la necesidad de mayor climatización debido al incremento de temperatura, producto del calentamiento global. En 2012, el sector RAA fue responsable del 12% de las emisiones totales de CO₂eq, y esta proporción podría crecer hasta un 33% en 2030 y un 55% en 2050⁸. Los datos de Costa Rica se concentran en emisiones directas⁹. Las emisiones de CO₂ en el sector RAA se contabilizan en dos tipos. Primero, las emisiones indirectas, que representan la quema de combustibles fósiles para producir la electricidad que alimenta los equipos RAA. En segundo lugar, las emisiones directas, que es el escape de refrigerantes utilizados en el equipo, refrigerantes que agotan la capa de ozono de la atmósfera y tienen en la mayoría de los casos un potencial impacto ambiental negativo por tener un PCG alto. El análisis de fugas se centra en las emisiones directas.

Los refrigerantes de tipo HFC y HCFC son actualmente los más utilizados en el sector RAA, presentes en los equipos evaluados en este estudio. Ambos son considerados Gases de Efecto Invernadero (GEI), y de acuerdo con el Protocolo de Montreal, y la Enmienda Kigali, los HCFC están en fase de eliminación y desuso hasta el 2030¹⁰. Los HFC (Enmienda Kigali)

están en una fase de desuso hasta 2045 en Costa Rica¹¹. Los HCFC son considerados una Sustancia Agotadora de Ozono (SAO). Los HFC no son SAO, pero sí presentan un PCG bastante alto, inclusive mayor que la mayoría de HCFC. Como la demanda de equipos RAA está creciendo, aún más a causa del mismo calentamiento global, y por las altas tasas de fugas de refrigerantes con PCG alto, el impacto ambiental de este sector crecerá de gran manera si continúa funcionando como lo ha hecho.

En un futuro próximo el uso de HFC será cada vez más restringido (Enmienda Kigali) por su alto impacto ambiental, por lo que sería conveniente tener un buen control de fugas en estos equipos, para que se usen así con el menor impacto posible.

El estudio de las tasas de fugas es de vital importancia para prevenir y controlar las emisiones directas totales emitidas por los refrigerantes en el sector RAA. Alrededor del mundo, no se mantiene un control ideal de este mal funcionamiento. Cualquier equipo del sector RAA puede presentar fugas al instalarse, durante su operación, al darle mantenimiento, o al finalizar su vida útil. Se suele ignorar y se considera normal que un equipo presente alguna fuga durante el año. La solución más fácil, es arreglar la avería de la fuga y recargar el refrigerante, sin contemplar ni dimensionar el impacto ambiental que esto genera. En Costa Rica hay empresas que cuentan con certificaciones de carbono neutralidad. Como parte de esa certificación se comprometen a cuantificar las emisiones a causa de las fugas en equipos de AA. Lamentablemente estas empresas son una minoría.

Actualmente a nivel global y en Costa Rica, hay muy poca o nula información respecto a fugas. No existen protocolos de control adecuados. Es muy desafiante y complejo generar conciencia al respecto. Tampoco es posible planificar una medida de prevención y mitigación si no se conoce la dimensión del problema. Esto deriva en que la calidad de los datos que se pueda obtener no

⁸ MINAE, 2015: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Absorción del Carbono 2012. Instituto Nacional de Meteorología (IMN)

⁹ MINAE, 2019: Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016).

¹⁰ Gobierno de Costa Rica, 2013: Decreto Ejecutivo N° 37614 – MINAE

¹¹ Protocolo de Montreal, 2016: Enmienda Kigali

es la deseada. Sin embargo, el propósito de este documento es interpretar, comparar y analizar las cuatro fuentes de datos al alcance para poder dar una imagen estimada del panorama respecto a fugas de refrigerantes en el país.

De acuerdo con la experiencia de GIZ Proklima, tras trabajar en materia de equipos de RAA por más de 20 años en países en vías de desarrollo, no es extraño encontrar equipos con fugas donde se requiera hasta una recarga total. Esto elevaría en gran medida la tasa de fugas anual para todos los equipos instalados en esos países. Esto significa que el refrigerante se tiene que recargar completamente una o dos veces al año. La poca formación o formación de baja calidad de los técnicos, y la alta presencia de técnicos informales en estos países, son razones que explican estas tasas de fugas tan altas. Sin embargo, en Costa Rica y en otros países con economías emergentes, los técnicos tienen una mejor formación. El sector técnico informal parcialmente calificado y con experiencia cubre aproximadamente el 50% del sector técnico total. Por ende, estos países presentan una menor tasa de fugas. En el caso de Costa Rica, no hay suficientes datos para conocer la tasa de fugas. Esta falta de datos justifica el estudio presente en este documento.

El estudio consiste en el análisis de cuatro fuentes de información respecto a fugas en equipos AA tipo split. En primer lugar¹², se discute los resultados de pruebas de detección de fugas realizadas en diferentes equipos de AA en edificios de distintas instituciones. Estas pruebas son parte de un esfuerzo de GIZ para estudiar las tasas de fugas en el país, ya que no hay realmente información de calidad al respecto.

Una segunda¹³ parte evalúa las respuestas de una encuesta realizada por GIZ a nivel global. En esta

encuesta participaron en Costa Rica 34 empresas de servicio de equipos AA de tipo split. Los resultados son útiles para conocer diferentes particularidades del sector, qué tipo de información es relevante en su quehacer diario y señalar los principales problemas que, según las empresas, afectan a estos equipos.

En tercer lugar¹⁴, se considera el cuestionario realizado a empresas y talleres de servicio para la preparación del Inventario de GEI del sector RAA (2012–2016) publicado por la GIZ Proklima y DIGECA. Este cuestionario, que fue llevado a cabo con la ayuda de la CICR, indaga respecto las recargas de diversos refrigerantes en diversos equipos. Con esta información es posible discriminar a grandes rasgos la magnitud promedio en peso de una recarga para un equipo AA tipo split.

Por último, se observa en el cuarto capítulo los datos a nivel país de la importación, consumo y stock de distintos refrigerantes HFC y HCFC, incluidos los utilizados primordialmente en equipos tipo split. Esta información fue preparada por GIZ en cooperación con DIGECA, MINAE como parte del Inventario de GEI del sector de RAA para Costa Rica¹⁵. Estos se basaron en la Encuesta sobre Alternativas de SAO en el marco del Protocolo de Montreal¹⁶.

¹² Análisis y resultados de la encuesta de HIMO, 2019: Sondeo de fugas con detector de fugas.

¹³ GIZ: 2019: Resultados de la encuesta sobre el servicio de acondicionadores de aire tipo dividido (A/A tipo Split).

¹⁴ Análisis y resultados de la CICR, 2018: Encuesta y Cuestionario de Servicio para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012–2016). Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012–2016).

¹⁵ MINAE, 2019: Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012–2016).

¹⁶ MINAE, 2018: Inventario nacional de sustancias alternativas a las sustancias agotadoras de ozono (SAO), DIGECA.





© GIZ Proklima, Gianfranco Vivi, 2019.

2. DESAFÍOS Y RETOS RESPECTO LA MEDICIÓN DE FUGAS Y OBTENCIÓN DE DATOS DE CALIDAD

El campo del estudio de fugas presenta muchos desafíos, debido a la poca información que se encuentra al respecto. Las cargas de refrigerantes no suelen ser un tema particularmente discutido en el sector RAA. Normalmente se considera en instalaciones de grandes dimensiones, que utilicen equipos como chillers¹⁷, ya que hay que saber la cantidad de refrigerante presente para poder diseñar el sistema de ventilación de emergencia en caso de una fuga. Pero esto sucede especialmente en chillers ya que trabajan con cargas de hasta 250 kg. En otro tipo de unidades de AA, como las unidades tipo paquete, la fuga de refrigerante se escaparía en el techo del edificio o inmueble, por lo que no representa un riesgo ocupacional de importancia. En otros tipos de equipos, por ejemplo, AA tipo split, la carga de refrigerante es aún más pequeña, por lo que realmente no se considera como un riesgo ocupacional. El problema de la falta de datos y de datos de calidad nace de que no se considera el impacto ambiental que puedan tener estas fugas, por lo que no se lleva un control adecuado y prevalece de esta manera el desconocimiento del verdadero impacto.

Un control correcto de fugas en equipos de RAA, implicaría una prueba o medición anual de fugas en todos los equipos. Se debe tener registrado también el tipo de refrigerante, la precarga y la cantidad que se encuentra al finalizar el año. Lamentablemente este tipo de control no se encuentra en el panorama nacional, ni siquiera en una cantidad mínima o representativa de equipos.

El sondeo de fugas por técnicos terceros resulta ser un poco incómoda, ya que requiere intervenir el sistema, lo que puede comprometer las garantías de los mismos equipos con los fabricantes. Por lo que una prueba de fugas podría hacerse a cabalidad, solamente por el equipo técnico de servicio de la unidad, es decir, de la casa de manufactura. Además, el personal de mantenimiento comúnmente no está equipado ni con el capital humano, ni con el tiempo disponible para esta labor, en este estudio

se destaca que el 50% de empresas y técnicos no contemplan tener un detector de fugas dentro de sus herramientas (ver capítulo 3.2) En muchas ocasiones estos datos no son reportados de la mejor manera, ya que las fugas se entienden como producto de un mal trabajo, sea de instalación o de mantenimiento. Sin embargo, cabe destacar que es muy difícil que un país no tenga tasas de fugas del todo, e inclusive existen los casos extremos de los países en vías de desarrollo¹⁸. Es decir, es un problema que existe en todo el mundo y no debería de ser causa de un intento de disimulación, más bien hay que evidenciarlo para poder monitorearlo.

Este estudio, contrasta entonces cuatro fuentes de información distintas, con conclusiones y resultados también diferentes, para poder obtener una imagen aproximada de la naturaleza de las fugas en AA tipo split para Costa Rica. Aun así, los datos no eran de la mejor calidad, y se tuvo que hacer supuestos fundamentados para complementar la información. Al juntar las cuatro diferentes conclusiones, se obtiene la mejor explicación posible con los datos disponibles. En Costa Rica se sabe poco del tema, y las cifras de fugas reportadas hasta el momento no son tan precisas.

Estas fuentes de información se enfocan en datos obtenidos por técnicos y empresas de servicio formal, y datos a nivel país de consumo e importación de refrigerantes. No se contemplan datos de fugas de equipos de AA que han sido instalados por técnicos informales. Sin embargo, este es un sector muy amplio en Costa Rica, podría incluso ser la mitad de todos los técnicos del país. El sector informal no cuenta con la mejor preparación y formación, y tampoco se puede garantizar que estén al tanto de las buenas prácticas que se desarrollan y se fomentan año tras año. Por lo tanto, las tasas de fugas suelen ser más altas en el sector informal que en el sector formal.

Se debe señalar que realmente no existe una tasa de fugas en Costa Rica. El dato reportado en el

¹⁷ Chillers se refiere a enfriadores que abastecen agua helada.

¹⁸ Equipos fugados requieren una gran proporción de recarga, inclusive hasta una recarga total.

Inventario se obtuvo de datos predeterminados de acuerdo con la Green Cooling Initiative¹⁹, para poder hacer estimaciones de futuras emisiones indirectas. Esto se hizo de esta manera debido a la falta de datos de calidad. El estudio plantea la posibilidad de que el factor de fugas de Costa Rica debe ser mayor que el dato predeterminado de 10%²⁰. Esto subraya la necesidad de un mayor control y estudio de este tipo de mal funcionamiento, aún más considerando que el valor predeterminado es realmente conservador en comparación con otros países.

Los refrigerantes utilizados en equipos de AA tipo split son R-22 y R-410A. También se utiliza otros refrigerantes como R-417A y R-407C, pero en cantidades prácticamente despreciables. El refrigerante R-22 está en una fase de desuso, de hecho, ya no se puede importar equipos precargados con este refrigerante²¹. Dada esta razón, se espera que en el futuro próximo aumente considerablemente el uso de R-410A.

El uso de R-410A genera una preocupación particular respecto a una posible fuga. Este refrigerante está compuesto por una mezcla de otros gases refrigerantes, específicamente R-32 y R-125. Según Leonardo Murillo, de Refrigeración Omega, las fugas suelen ocurrir en las secciones de tubería donde el refrigerante fluye en estado gaseoso. En este estado, los dos componentes de R-410A, R-32 y

R-125, pueden separarse, por lo que podrían fugarse de manera dispareja. Esto hace que el refrigerante remanente no se considere "puro".

Al comprometerse la pureza del refrigerante, se debe evaluar la naturaleza o tipo de recarga. Se considera que, si se ha fugado alrededor del 10% o 15% de la carga inicial, se procedería a recuperar todo el refrigerante que queda en el equipo y volver a cargarlo nuevamente de refrigerante. Es decir, con una pérdida de esta magnitud el refrigerante no se considera puro y no se puede dar garantía de su rendimiento.

En Costa Rica existen certificaciones y cursos sobre el impacto ambiental en el servicio de AA y buenas prácticas asociadas, como recuperación de refrigerante al desmantelar los equipos, pero no existen multas necesarias para que realmente se realicen estas buenas prácticas y así minimizar el impacto ambiental de este sector. Para el caso de una posible recarga del refrigerante R-410A, un técnico que no disponga de una unidad recuperadora de refrigerante tendría que decidir entre dos opciones: recargar y dejar en el equipo una mezcla de refrigerante del cual no puede dar garantía alguna de su funcionamiento, o dejar escapar todo el refrigerante y hacer una recarga completa. Ambas opciones son perjudiciales para el ambiente.

¹⁹ GCI, 2020: www.Green-Cooling-Initiative.org

²⁰ MINAE, 2019: Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016).

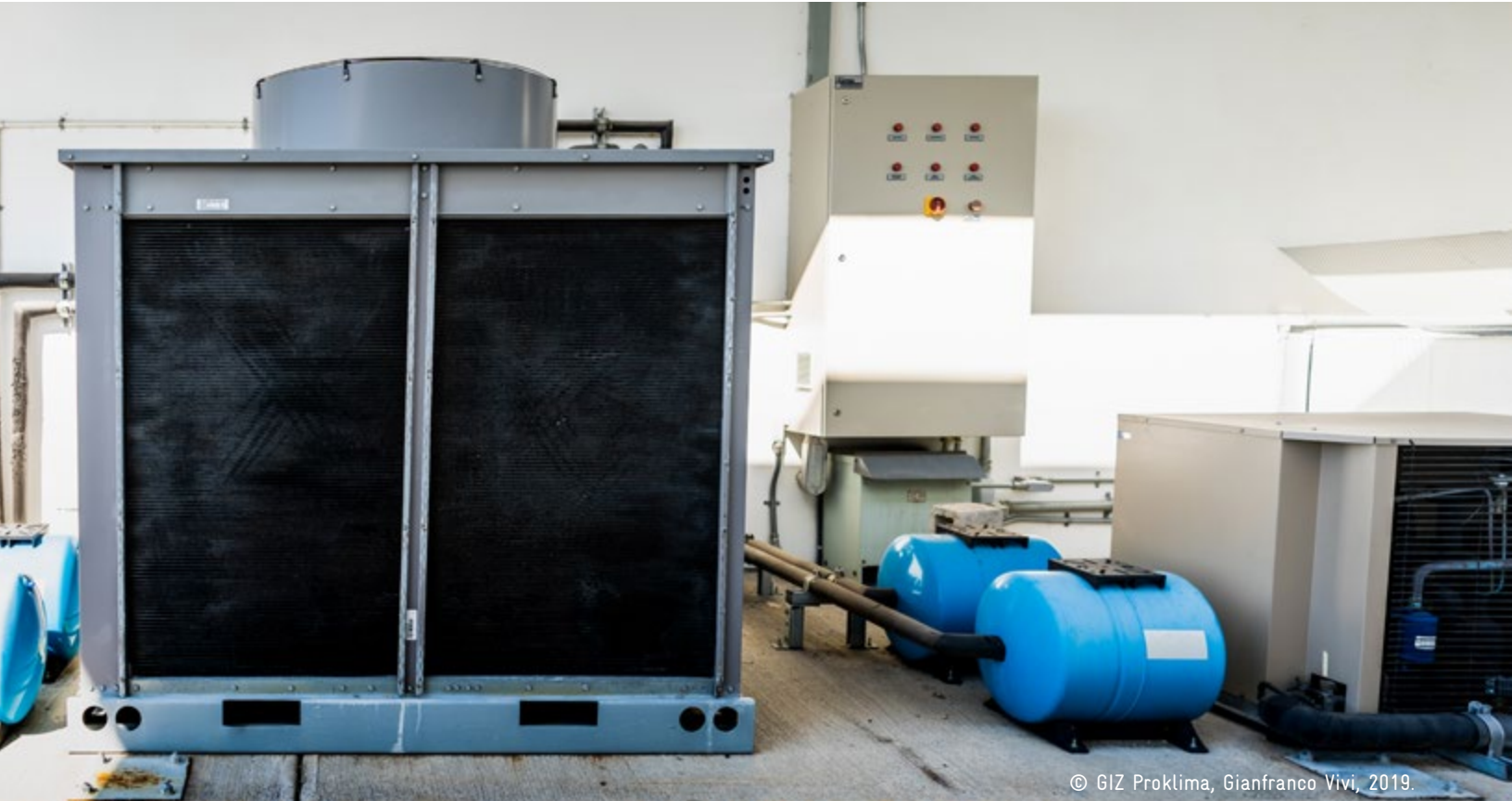
²¹ Gobierno de Costa Rica, 2013: Decreto Ejecutivo N° 37614 – MINAET.



© GIZ Proklima, Gianfranco Vivi, 2019.

3.

ALCANCE DEL ESTUDIO DE FUGAS



© GIZ Proklima, Gianfranco Vivi, 2019.

El estudio presente incluye los siguientes cuatro tipos diferentes de información:

- 3.1 Sondeo de fugas con detector de fugas
- 3.2 Encuesta sobre el servicio de acondicionadores de aire de tipo split
- 3.3 Encuesta y cuestionario a empresas de servicio
- 3.4 Consumo nacional de refrigerantes para equipos de AA tipo split

Al utilizar estas cuatro diferentes fuentes de información, se busca estimar de la manera más precisa y exacta posible, la tasa fugas de refrigerantes en equipos de AA tipo Split.

3.1 Sondeo de fugas con detector de fugas

Las pruebas de fugas se realizaron en un total de 149 unidades de AA, de las cuales 109 eran de tipo split. Estas unidades provenían de diferentes empresas e instituciones que colaboraron con el proyecto. Estas empresas e instituciones son las siguientes:

- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT)
- Contraloría General de la República (CGR)
- Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos
- La Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)
- Agencia de cooperación para el desarrollo (GIZ)
- Dirección de Cambio Climático (DCC, MINAE)

Para las pruebas de fugas en sí, la GIZ contrató a HIMO Refrigeración, una empresa privada que se especializa en servicio y reparación de aire acondicionado. HIMO Refrigeración seleccionó tres técnicos para realizar las pruebas. Los técnicos estaban familiarizados y capacitados en la detección de fugas antes del comienzo del proyecto.

Instrumentos

El equipo utilizado fueron dos detectores electrónicos de fugas; ambos funcionan con óptica infrarroja y un fluido de prueba, en este caso: gas nitrógeno. Los modelos y marcas son los siguientes:

- Detector de fugas de refrigerante por infrarrojos Fieldpiece, modelo: SRL2.
- Detector de fugas electrónico Mastercool, modelo: 55100.

Ambos dispositivos cumplen con las especificaciones establecidas en la norma SAE J1627, con el fin de detectar los refrigerantes utilizados por las unidades RAA en este estudio. Los refrigerantes más utilizados son R-22 y R-410A, presentes en la gran mayoría de los equipos sometidos a prueba. Además, algunos equipos utilizan refrigerantes de poco uso tales como R-407C, R-422D y R-417A. Entre los equipos de tipo split, todos operaban con refrigerante R-22 o R-410A, a excepción de una unidad con R-417A. El equipo técnico de HIMO se capacitó en una metodología de detección de fugas desarrollada por GIZ. Sin embargo, esta metodología y el equipo asociado no se pudieron utilizar ya que es indispensable intervenir el equipo. Además, esta metodología supone un riesgo en caso de que el equipo se dañe, ya que habría problemas de garantías.



Foto 3. Componentes del detector de fugas Fieldpiece, modelo: SRL2.
©Glenn Hidalgo Mora (HIMO), 2020



Foto 4. Detector de fugas Mastercool, modelo: 55100.
©Glenn Hidalgo Mora (HIMO), 2020



Foto 5. Equipo detector de fugas, metodología GIZ. ©Rolf Hühren (HEAT/GIZ Proklima), 2016

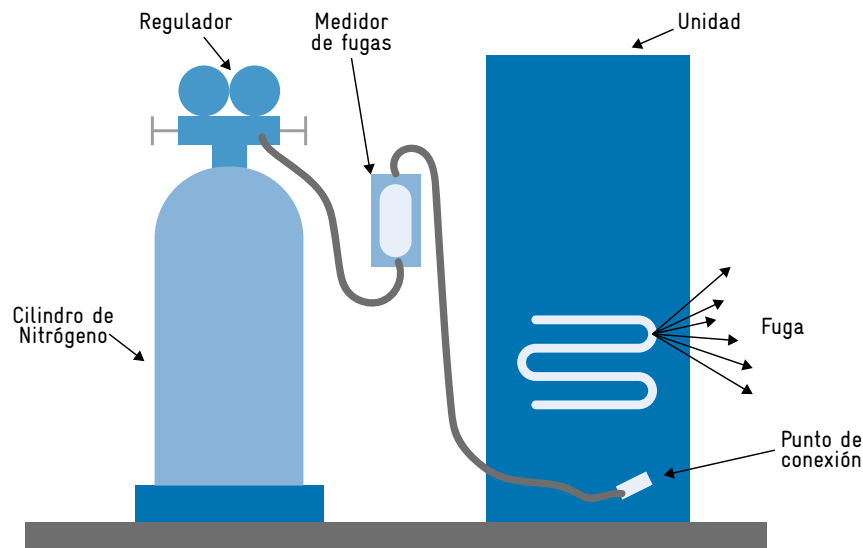


Figura 1. Diagrama de la metodología de detección de fugas de GIZ.²²

Procedimiento

Los técnicos de HIMO realizaron las pruebas de fugas con los siguientes pasos y criterios:

- 1- La empresa o institución seleccionó una o varias unidades para la prueba. Las unidades estaban funcionando normalmente.
- 2- Los técnicos solicitaron abrir todas las carcasas posibles; si la unidad tenía tuberías pasando por el techo, los técnicos también solicitaron acceso a esas secciones. El acceso permitido y el acceso posible variaron dependiendo del permiso otorgado y la infraestructura de instalación, pero se aseguró un 80% de la revisión de las tuberías.
- 3- Revisión de la tubería con el detector de fugas. El detector de fugas hizo un barrido a lo largo de la tubería, señalando cuando una fuga era detectada. Luego, los técnicos procedieron a hacer cuatro lecturas exitosas de la fuga. El barrido del detector de fugas se realizó concentrándose principalmente en los acoplamientos soldados, en los acoplamientos roscados y en el serpentín del evaporador y del condensador.
- 4- Se registraron detalles cualitativos de la fuga y la causa más plausible de la fuga. Se registraron otros detalles como el modelo, la capacidad de enfriamiento, el tipo de refrigerante, la carga inicial de refrigerante y el tamaño de la fuga.

Resultados:

Los resultados de las pruebas de fugas se presentan en las siguientes figuras. Cabe destacar, que las columnas azules se refieren siempre a cantidades o unidades, mientras que la columna naranja se refiere al porcentaje respecto al total de unidades. Ambas varían de acuerdo con lo que se esté observando y analizando.

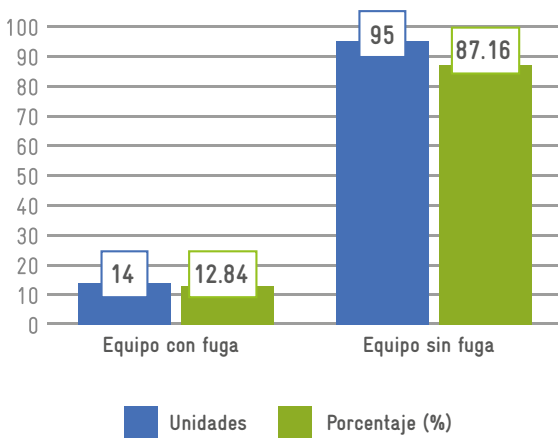


Figura 2. Detección de fuga.²³

En esta figura se visualiza la cantidad de fugas detectadas en los equipos sometidos a prueba. Se observa entonces que un 12,84% del total de equipos presentaron fugas.

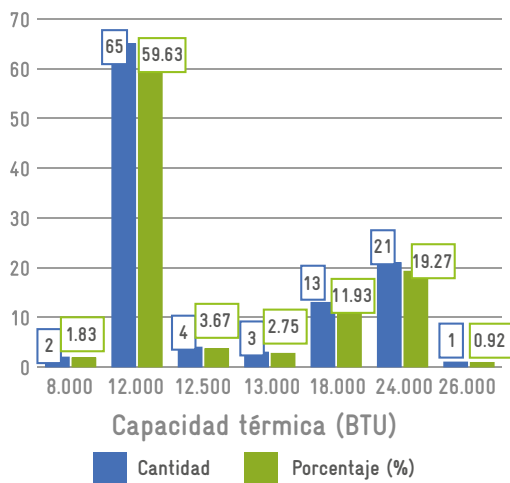


Figura 3. Clasificación de todas las unidades por capacidad térmica.²⁴

En esta figura se señala las capacidades térmicas de todos los equipos que presentaron fugas. La gran mayoría tienen una capacidad de 12.000 BTU, el 59,63% específicamente. Dentro de los equipos que presentaron fugas la proporción de unidades con capacidad de 12.000 BTU aumentó hasta un 70% de todos los equipos donde se detectaron fugas (9,17% del total de unidades).

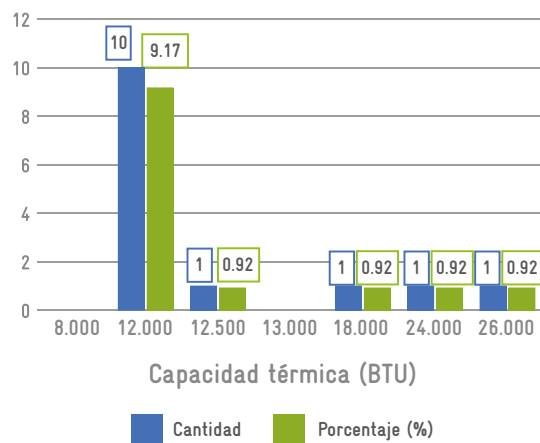


Figura 4. Clasificación de las unidades que presentaron fugas por capacidad térmica.²⁵

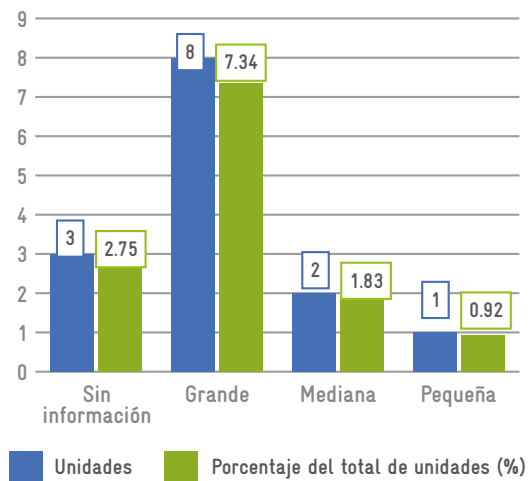


Figura 5. Tamaño de la fuga de acuerdo con la descripción cualitativa dada por los técnicos de HIMO en el sitio.²⁶

²³ Análisis y resultados de la encuesta de HIMO, 2019: Sondeo de fugas con detector de fugas. Elaboración propia.

²⁴ Ibid.

²⁵ Ibid.

²⁶ Ibid.

En muchos equipos no se tenía información respecto a la carga inicial de refrigerante. Por esta razón, las fugas se intentaron de caracterizar de dos formas. La primera de ellas, cualitativamente. En la Figura 7 se aprecia los tamaños de las fugas de acuerdo con el criterio de los técnicos de HIMO Refrigeración.

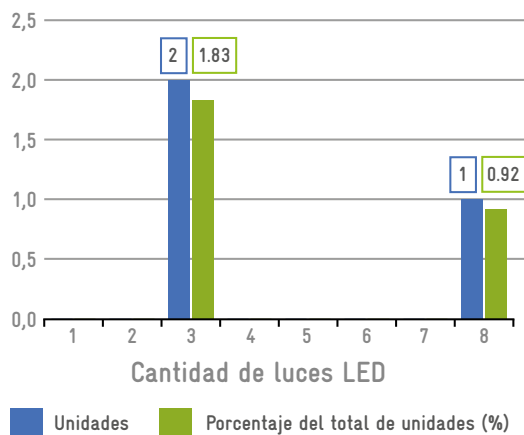


Figura 6. Tamaño de la fuga de acuerdo con la descripción cuantitativa dada por el detector de fugas, Detector de fugas de refrigerante por infrarrojos Fieldpiece, modelo: SRL2.²⁷

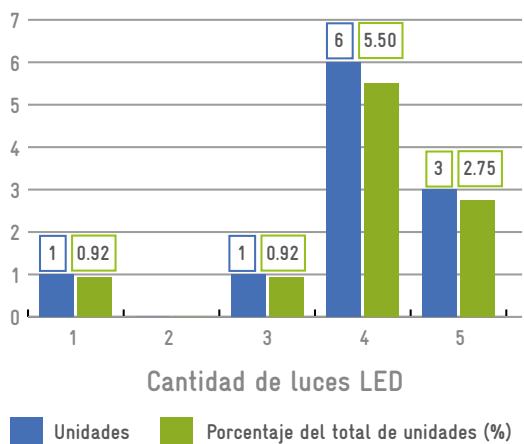


Figura 7. Tamaño de la fuga de acuerdo con la descripción cuantitativa dada por el detector de fugas, Detector de fugas electrónico Mastercool, modelo: 55100.²⁸

Los detectores de fugas son equipos diferentes, por lo que tienen diferentes maneras de dimensionar y de mostrar la cantidad de fuga. El detector de fugas Fieldpiece expresa la dimensión de la fuga mediante ocho niveles de detección (luces LED), y se ajustan mediante tres niveles de sensibilidad. El menor nivel de detección posible es un flujo de 3 g/año. Durante las pruebas se utilizó siempre el nivel de detección máxima, por lo que todos los datos son comparables entre sí.

El detector de fugas Mastercool tiene otra configuración. También tiene tres niveles de sensibilidad, y también una detección mínima de 3 g/año. Pero, tiene cinco niveles de detección (luces LED), y también fue utilizado siempre en el nivel de máxima sensibilidad.

Esta clasificación cuantitativa fue más exhaustiva que el informe cualitativo; solo no se informó en un caso. Aun así, ambos resultados son de los mismos equipos y nos dan una idea de los tamaños de fuga no identificados restantes. Al asociar la fuga de tamaño pequeño (Figura 7) con la fuga con 1 LED identificado con el detector Mastercool (Figura 9), queda claro que ambos porcentajes se corresponden entre sí. Dicho esto, se podría suponer que la mayoría de todas las fugas, incluidas las clasificadas cualitativamente sin información, fueron de tamaño mediano o grande.

Según Glenn Hidalgo, gerente del equipo HIMO, "estos tamaños de fugas son visibles a simple vista". Una fuga grande podría evidenciarse con una fisura en la tubería o algún componente reventado, como válvulas roscadas. Fugas medianas se evidencian con manchas de aceite o equipo mal ajustado. En estas ocasiones se requiere realizar pruebas para ubicar con exactitud la fuga, ya que se sabe a qué componente está asociada, como acoples y tuercas, pero no está ubicada con exactitud.

Estas fugas ocasionarían la pérdida total de refrigerante relativamente en poco tiempo. Las fugas grandes donde ocurre una falla de un acople pueden quedarse sin refrigerante en el transcurso de solamente una semana, es decir, requiere atención inmediata. Otras fugas que sean bastante evidentes,

²⁷ Ibid.
²⁸ Ibid.



se les escaparía la totalidad del refrigerante entre dos y cuatro meses, mientras que a causa de una fuga mediana se escaparía entre cuatro y seis meses. Una fuga pequeña puede pasar desapercibida por más tiempo, pero sería improbable que el refrigerante no se haya fugado en un año.

También se destaca que empresas como HIMO reconocen la falta de información respecto a fugas. Se detalla que cuando se realiza un servicio rutinario, no se sabe con exactitud por cuanto tiempo es útil la recarga de refrigerante, ni saben si se lleva un control al respecto. Por los bajos precios de refrigerantes, no se presta mucha atención en el gasto de la recarga.

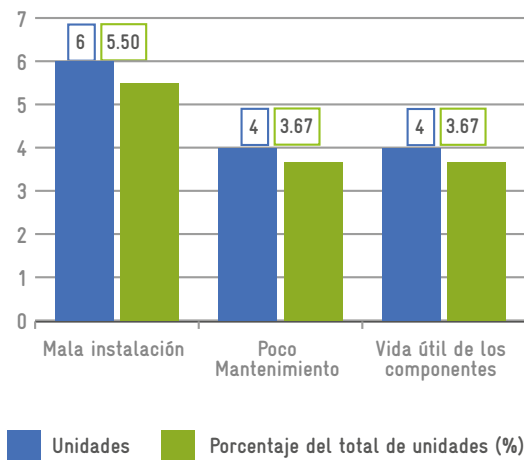


Figura 8. Clasificación de las causas de fugas.²⁹

Finalmente, se clasificó las causas de fugas determinadas por el equipo de HIMO. Como se puede ver en la Figura 10, la gran mayoría corresponden a causas que pueden ser prevenidas mediante un programa de mantenimiento más exhaustivo, dado que las causas principales señaladas fueron "Poco mantenimiento" y "Mala instalación", lo cual coincide con lo mencionado por el señor Glenn Hidalgo.

Tamaño de fuga	Cantidad	Tasa de recarga promedio en un año
Pequeñas	1	50%
Medianas	5	100%
Grandes	8	100%
Sin fugas	95	0%
Tasa de fugas anual	109	12,39%

Tabla 1. Estimación de tasa de fugas.³⁰

El 12,84% del total de unidades presentaron fugas. Las fugas, eran en su gran mayoría de tamaño mediano o grande. Sólo se reporta una fuga de tamaño pequeña, la cual podría requerir una recarga completa al finalizar el año. Al comparar los datos de la Figura 7 contra las Figuras 8 y 9, se puede considerar conservativamente, que los tamaños de las fugas sin información según la descripción cualitativa son de tamaño mediano de acuerdo con los datos de los detectores de fugas.

Al considerar la información suministrada por HIMO, se realizan las siguientes suposiciones. Por una fuga pequeña se escaparía todo el refrigerante en el plazo de un año. Las fugas medianas, podrían incidir en la pérdida total del refrigerante en solamente seis meses, y las fugas grandes en cuatro meses. Se entiende entonces que, al momento de un servicio rutinario, las fugas pequeñas pasarían en su mayoría desapercibidas. Se repararía el 50% de las fugas medianas y grandes, ya que algunas podrían pasar desapercibidas y otras serían notables en otro momento, por lo que no se repararían hasta después. Hay que considerar también que nuevas fugas se van a generar en los equipos detectados y especialmente se van a generar en equipos donde no se detectó una fuga. Si el equipo tiene tubería de largas dimensiones, cuenta con una carga adicional de refrigerante, y además, puede estar ubicada en zonas poco accesibles, por lo que podría pasar mucho tiempo antes que se identifique la fuga. Si se trabaja con equipo de AA viejo hay más incidencia de fugas. Bajo estas suposiciones se define las recargas anuales de refrigerante: 50% para fugas

29 Ibid.
30 Ibid.

pequeñas y 100% para fugas medianas y grandes. Con estas suposiciones, se realiza una conservadora estimación de tasa de fugas anuales promedio de 12,39%.

Cabe destacar, que la gran mayoría de equipos, alrededor de un 80%, indicaban la carga inicial de refrigerante. La carga inicial de refrigerante de las unidades que no indicaban este dato se estimó de acuerdo con tipo de refrigerante y capacidad térmica de los equipos que sí lo indicaban. Se estima entonces la carga promedio de todos los equipos, que sería 0,95 kg, y la recarga promedio de acuerdo con la tasa de fugas sería 0,12 kg, cuando se divide el número entre el número total de equipos de AA.

3.2 Encuesta sobre el servicio de acondicionadores de aire de tipo split

La encuesta fue respondida por 34 técnicos individuales y técnicos de empresas de servicios RAA de Costa Rica. Fue parte de un esfuerzo de la GIZ a nivel global respecto a las iniciativas globales de eliminación gradual de las Sustancias Agotadoras de Ozono (SAO) y el desuso de las sustancias HFC, como parte de sus proyectos en materia de aire acondicionado, precisamente tasas de fugas en equipos de AA tipo split. La encuesta se llevó a cabo a través de la plataforma digital SurveyMonkey. Los resultados de las preguntas más relevantes son los siguientes:

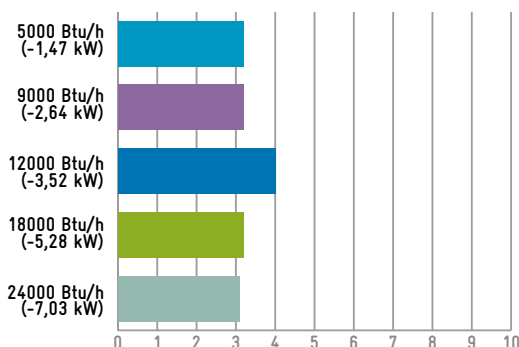


Figura 9. Pregunta 4: ¿Qué capacidad de AA es más relevante en su empresa?³¹

Las unidades con una capacidad de 12 000 BTU/h son las más atendidas por las empresas. También es una capacidad de rango medio, lo cual es una solución práctica para la mayoría de los casos en edificios residenciales y en pequeñas empresas. Los casos de las otras capacidades térmicas mostraron prácticamente la misma relevancia.

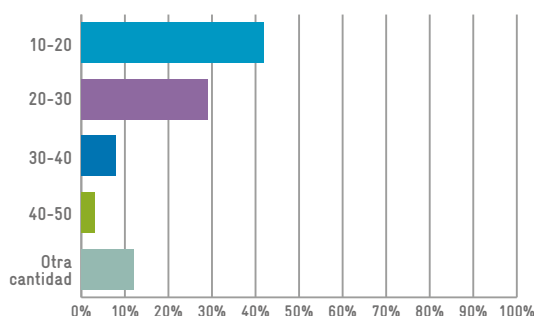


Figura 10. Pregunta 5: ¿Cuántas unidades tipo split de AA atiende por mes?³²

La mayoría de las empresas atendían a una pequeña cantidad de unidades de AA tipo split, alrededor de 10 a 20 unidades. Sin embargo, entre las respuestas de "Otra cantidad", dos empresas respondieron que daban servicio a 100 unidades por mes. De todas las unidades de AA tipo split, el 20% se distribuye dentro del sector residencial.³³

En la pregunta 6, se les preguntó a las empresas sobre el costo promedio de mantenimiento de una unidad de AA tipo split para un cliente. El costo promedio es de 37.640,00 colones (66,35 USD).

³¹ GIZ: 2019: Resultados de la encuesta sobre el servicio de acondicionadores de aire tipo dividido (A/A tipo Split).

³² Ibid.

³³ MINAE, 2019: Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016).

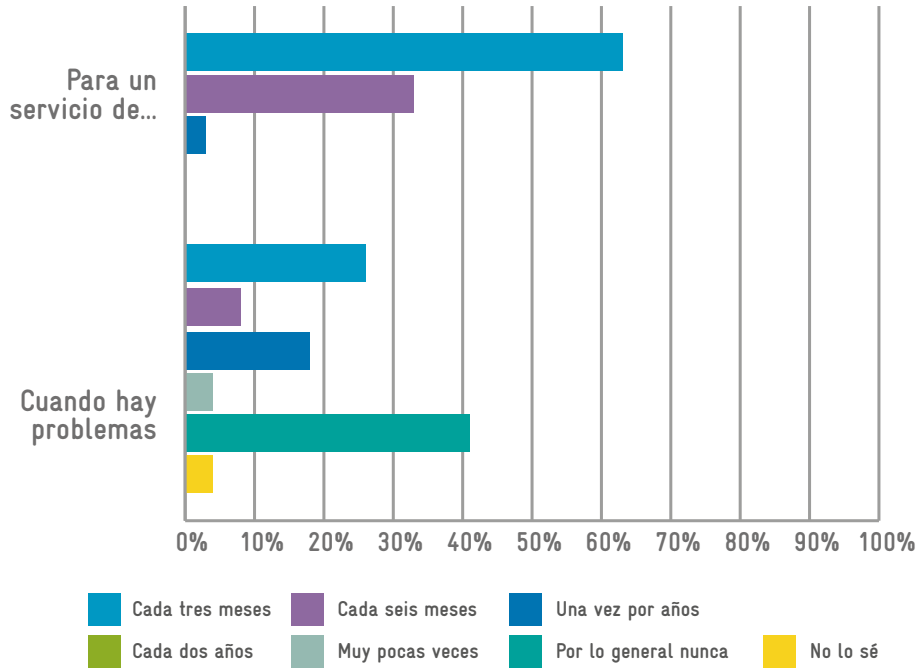


Figura 11. Pregunta 7: ¿Con qué frecuencia da servicio a una unidad AA tipo split durante su vida útil? ¿Y por qué motivo?³⁴

En la pregunta 7, las empresas tuvieron que responder respecto a dos categorías de servicio: servicio de rutina y servicio en caso de llamada de emergencia. Las respuestas muestran que es preferible el servicio de rutina cada tres meses. También se afirma que muy pocas veces estas empresas son llamadas a emergencias. Esta pregunta tenía una opción de opinión para una respuesta más detallada. Desde estas respuestas, las compañías afirman que, si la unidad está bien instalada y con un programa de mantenimiento correcto, no debe haber ninguna emergencia o fuga. También afirman que el incumplimiento de una o las dos últimas condiciones mencionadas, es la principal causa de emergencia.

Según la pregunta 8, una unidad de AA tipo split con tecnología Inverter tiene una vida útil promedio de 8 años. Este resultado es desalentador en contraste con la Pregunta 9, donde la vida útil promedio de una unidad de AA split normal fue

de 12 años. La tecnología Inverter representa una inversión adicional en el equipo, pero ofrece una mayor eficiencia energética.

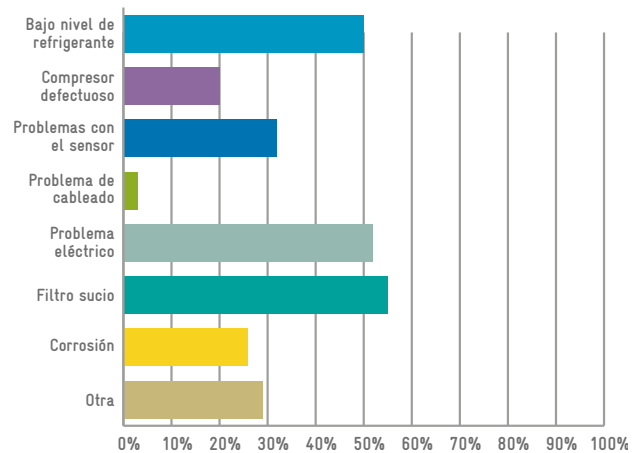


Figura 12. Pregunta 10: ¿Cuáles son las causas más comunes de mal funcionamiento?³⁵

³⁴ GIZ: 2019: Resultados de la encuesta sobre el servicio de acondicionadores de aire tipo dividido (A/A tipo Split).

³⁵ Ibid.

Las causas del mal funcionamiento variaron y no hubo una tendencia clara. El bajo nivel de refrigerante fue la tercera causa más frecuente de mal funcionamiento, y esto se relaciona directamente a fugas. Asociado también con un mantenimiento deficiente, el filtro sucio fue la causa más frecuente de mal funcionamiento. La segunda causa más común de mal funcionamiento fue un problema eléctrico, y esto puede estar asociado a las condiciones ambientales de la instalación del equipo. Entre las "Otras" causas, se mencionó una mala instalación y falta de mantenimiento. También se entiende que las condiciones ambientales locales pueden ser demasiado hostiles para cualquier equipo, lo que genera corrosión y problemas eléctricos. Por último, el mal uso del controlador o el termostato se mencionó como un problema común.

En la pregunta 11, se preguntó a las empresas cuántas veces necesitan recargar completamente el refrigerante. Solo 6 responden cada dos años y 1 cada año, el 80% afirmó que nunca. Entre las razones de esta respuesta, se dijo que las unidades están herméticamente selladas, o que, si se instala correctamente, nunca debería tener fugas. Este es un resultado notorio, dado que el bajo nivel de refrigerante fue una de las causas más comunes de mal funcionamiento en la pregunta 10 (Figura 14), con un 50,00%. De acuerdo con la Pregunta 13, con un tamaño promedio de cilindro de 14 kg se puede dar mantenimiento a 15 unidades de AA tipo split, es decir, cada recarga equivaldría a 0,92 kg por equipo que presenta una fuga, lo cual sería mucho refrigerante, al menos para las unidades más representativas del mercado, con capacidad térmica de 12.000 BTU. La pregunta 10 y la pregunta 13, son por lo tanto contradictorias a la pregunta 11. Hay que subrayar que normalmente fugas se asocian con una mala instalación o un mal servicio, por lo que no están motivados a decir que tienen fugas. Otra encuesta reciente (GIZ, 2020), donde dos empresas de servicio atendieron un total de 236 unidades de AA, encontraron solamente una fuga, lo cual es altamente improbable. Esto muestra que las compañías de servicio no están motivados a admitir la existencia de fugas en sus equipos.

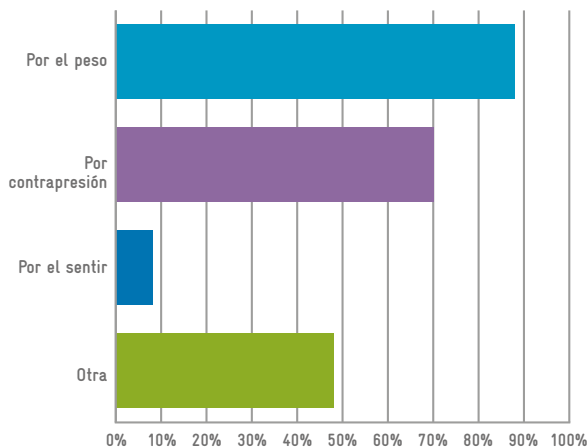


Figura 13. Pregunta 12: Al recargar la unidad con refrigerante, ¿cómo se mide la carga de refrigerante?³⁶

La mayoría de las compañías de servicio prefieren recargar según el peso, comparando la cantidad de refrigerante que se encuentra en el sitio y la cantidad establecida por las especificaciones técnicas de la unidad. También usan frecuentemente el manómetro, conociendo la presión esperada de la tubería. Entre las respuestas de "Otro", medir el amperaje del consumo eléctrico del compresor es un método común.

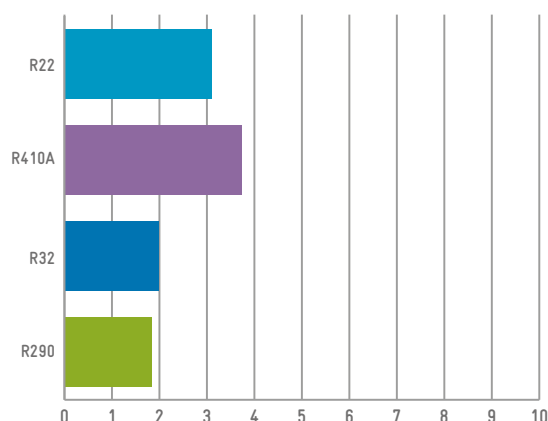


Figura 14. Pregunta 14: ¿Qué refrigerantes usa para recargar? Clasificar según relevancia.³⁷

36 Ibid.
37 Ibid.

Se clasificó la predominancia con la que se usan ciertos tipos de refrigerantes. Se destacan R-22 y R-410A. Se evidencia claramente que todavía están bastante presentes en el mercado, a pesar de que ya no se puede importar equipo con R-22, y que el refrigerante R-410A se encuentra en una fase de desuso. El menos relevante es el R-290, el cuál es propano, refrigerante con un PCG despreciable al compararse con las otras alternativas.

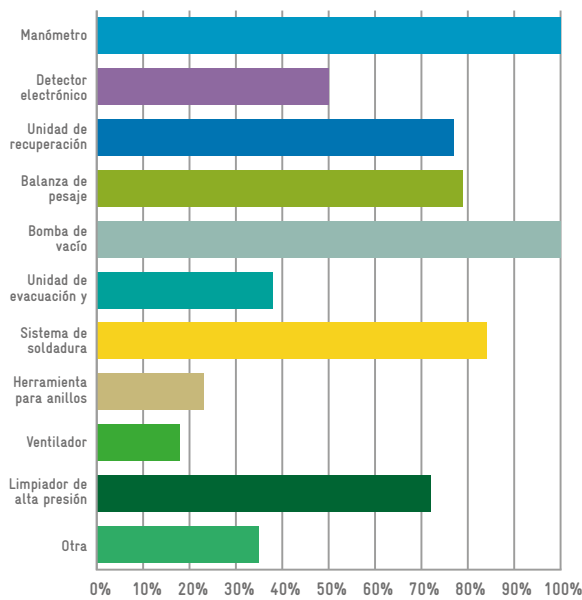


Figura 15. Pregunta 15: ¿Qué equipo y herramientas utilizan los técnicos?³⁸

Se puede ver que se utilizan una gran variedad de equipos, donde predominan la bomba de vacío y el manómetro, lo cual concuerda con los métodos de recarga mencionados. Cabe mencionar, que un detector de electrónico de fugas no es exactamente de los más presentes, solamente es relevante para el 50% de las empresas.

Resumen respecto a fugas

De las preguntas de la encuesta, se resalta las preguntas 7, 10, 11 y 13. Estas preguntas nos ofrecen tres maneras diferentes de extrapolar la

tasa de fugas. Según la pregunta 13, se recarga en promedio 0,92 kg en cada equipo con fuga. Según la pregunta 11, sólo el 20% de todos los equipos presentan fugas. Por lo tanto, al considerar estos dos datos se obtendría una tasa de fugas de 14,24% para todos los equipos. Sin embargo, no se tiene bien definido a lo largo de cuánto tiempo se da esta tasa de fugas. Es en este aspecto donde se podría analizar de tres maneras. Se decide evaluar todas las maneras y reportar el promedio de ellas como la tasa de fugas.

Tasas de fugas	
Pregunta	Datos de interés
7	3,2 servicios de rutina al año. 1,4 servicios de emergencia al año
10	Bajo nivel de refrigerante es de los problemas más comunes (50%)
11	80% de los equipos nunca presentan fugas. 17,14% presentan fugas cada dos años y 2,86% cada año, es decir, cada 1,86 años.
13	En equipos fugados, cada recarga es de alrededor de 0,92 kg.
Tasas de fugas	
Por servicios de rutina	9,13%
Por servicios de emergencia	10,00%
Por frecuencia de recarga	7,67%
TOTAL	8,93%

Tabla 2. Resumen respecto a fugas.³⁹

Se utiliza los datos de las preguntas 7 y 10 para estimar las tasas de fugas anuales por servicios de rutina y por servicios de emergencia. Se asume

³⁸ Ibid.
³⁹ Ibid.



que un 20% de todos los servicios de rutina y un 50% de los servicios de emergencia, presentaran fugas, es decir, problemas por bajo nivel de refrigerante. Al dividir la tasa de fugas de 14,24% entre ambas cantidades de servicios al año, 0,64 y 0,70 respectivamente, se obtienen las tasas de fugas anuales de 9,13% y 10,00 %.

De acuerdo con la pregunta 11, los equipos presentan fugas cada 1,86 años, lo que significaría una tasa anual de fugas de 7,67%. Al promediar todas las tasas anuales de fugas obtenidas, se obtiene una tasa de fugas de 8,93%, de acuerdo con las respuestas de esta encuesta.

3.3 Encuesta y cuestionario a empresas de servicio

Este cuestionario fue respondido por 15 empresas, que prestaron servicios a varios tipos de equipos RAA, con el objetivo de recolectar datos, por la CICR, para el Inventario de GEI del sector RAA para Costa Rica (2012-2016), publicado por MINAE, en el 2019. El cuestionario recolectó información respecto al tipo y cantidad de unidades atendidas mensualmente por estas empresas, caracterizando la capacidad térmica (BTU/h), los refrigerantes utilizados y la eficiencia de estos equipos. Además, se realizaron unas preguntas respecto a prácticas de mantenimiento.

Las empresas atienden diversos tipos de equipos y además con distintos tipos de refrigerantes. Para enfocar estos resultados en los equipos tipo split, se seleccionó primero los refrigerantes que utilizan los sistemas split, R-22 y R-410A. Una vez seleccionado estos refrigerantes, se observó qué otros equipos utilizan estos refrigerantes. Luego se seleccionó a las compañías con mayor presencia de equipos tipo split atendidas, y se agruparon los datos (ver Tabla 14 en Anexos).

Al seleccionar los datos de las empresas que atendieron principalmente unidades de AA tipo split, se busca obtener el dato de la recarga de refrigerante en kilogramos por equipo, cada vez que se atiende o

se da el servicio. Para esto se consideró la cantidad de refrigerante que utilizan las empresas por mes y se divide entre la cantidad total de equipos de AA tipo split que usan estos refrigerantes por mes. Como se mencionó anteriormente, no todos eran split. En los datos de las empresas donde había equipos de otros tipos, se estimó la cantidad de refrigerante utilizado por los equipos tipo split, considerando la carga inicial usual que tienen estos equipos y los tipos de refrigerantes que estos utilizan⁴⁰. De las 10 empresas, 5 atendían otros tipos de equipos, pero en cantidades muy bajas y con cargas de refrigerantes similares a las de tipo split. En todo caso, en todas las empresas se dedujo alguna cantidad de refrigerante, el porcentaje varío de acuerdo con la presencia de cada tipo de equipo y sus cargas iniciales usuales.

Considerando las estimaciones realizadas, y la alta presencia de equipos tipo split en estas empresas, se presenta el dato de la recarga promedio de refrigerante en kilogramos por equipo atendido, para equipos de tipo split.

Resumen global		Total	Promedio ponderado
Unidades por mes	Split	296	29,60
Recarga de refrigerante promedio por mes para equipo split (promedio ponderado)	R-22	74,00	11,60
	R-410A	83,11	9,14
	TOTAL	157,11	20,74
Kilogramos de recarga de refrigerante por unidad promedio (kg)		0,53	
Tasa de fugas para unidades tipo split por año		41,15%	

Tabla 3. Resumen global de los cuestionarios de las empresas que atendieron principalmente equipos tipo split.⁴¹

En la Tabla 3 se aprecian los resultados globales para las 10 empresas que atienden principalmente unidades tipo split. Se obtiene entonces una recarga

⁴⁰ GCI, 2020: www.Green-Cooling.Initiative.org

⁴¹ Análisis y resultados de la CICR, 2018: Encuesta y Cuestionario de Servicio para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016). Elaboración propia.

de refrigerante por unidad promedio de 0,53 kg por servicio por equipo, lo que significa además una tasa de fugas del 41,15%, contemplando una carga usual de equipo de AA tipo split de 1,29 kg⁴².

Preguntas respecto a prácticas de mantenimiento	
¿Ha realizado recuperación de equipos?	
Sí	9
No	1
¿Realiza recuperación de refrigerantes?	
Sí	10
No	0
¿Ha recibido capacitación formal para el mantenimiento de equipos y recuperación de sustancias?	
Sí	8
No	2
¿Atiende a cada equipo individualmente una vez o dos veces al año?	
Sí	2
No	2

Tabla 4. Preguntas del cuestionario a las empresas respecto a prácticas de mantenimiento.⁴³

Por último, se realiza un sondeo respecto buenas prácticas de mantenimiento. Se destaca un comportamiento ejemplar, ya que la gran mayoría de las empresas realizan recuperación de equipos y refrigerantes. Además, han participado en capacitaciones formales para poder llevar a cabo estas actividades. Lamentablemente, la última pregunta no fue contestada por todas las empresas. Esta nos indica que los equipos se atienden 1,5 veces al año, sin embargo, esto no es un dato confiable debido a la poca representatividad. Por esta razón en el cálculo de la tasa de fugas anual, se consideró solamente una recarga de refrigerante anual (ver Tabla 3).

3.4 Consumo nacional de refrigerantes para equipos de AA tipo split

De acuerdo con el Inventario GEI para el sector RAA, que se basó en los datos de la Encuesta de Alternativas ante SAO, se presenta la siguiente tabla con los datos de las importaciones de refrigerantes e importaciones de equipo precargado.

Balance para el año 2019, Inventario C4 del sector RAA					
Refrigerante	Consumo de refrigerante en sustancia en 2019 (t)	OTO: importaciones en 2017 (t)	Importado (= ventas) en equipos en 2019 (t)	Existencias / stock en 2019 (t)	% de consumo para AA tipo Split
R 22	82,5	152,0	9825	316,9	24
R 410A	92,1	72,0	50257	284,6	76
Total	175	224	60 082	602	

Tabla 5. Balance de Inventario para el año 2019 de refrigerantes para Costa Rica.⁴⁴

La tabla muestra claramente que Costa Rica consume actualmente los refrigerantes R-22 y R-410A en grandes cantidades. Considerando los diferentes equipos que utilizan estos refrigerantes que hay en el país, se puede estimar que un 24% de todo el R-22 es consumido por equipos de AA tipo split, de acuerdo con los datos del Inventario GEI del sector RAA. De igual manera, se estima que un 76% del R-410A se utiliza en AA tipo split. Consecuentemente, Costa Rica está consumiendo 82,5 toneladas de R-22 y 92,1 toneladas de R-410A en total, de acuerdo con la proyección para 2019⁴⁵. Este consumo de refrigerante representa el consumo en equipos que se compran descargados y el consumo por recarga de refrigerante. No se contempla el consumo de refrigerante de los equipos

⁴² MINAE, 2019: Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016).

⁴³ Ibid.

⁴⁴ Análisis y resultados de MINAE, 2019: Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016) y MINAE, 2018: Inventario Nacional de Sustancias Alternativas a las Sustancias Agotadoras de Ozono (SAO). Elaboración propia.

⁴⁵ MINAE, 2019: Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016).

precargados. Esto significaría una mayor emisión en el desmantelamiento de los equipos, pero no se considera ya que no se tiene el dato concreto, y se hace la siguiente estimación conservadora.

Split AA (tipo split) Resumen				
Carga de refrigerante usual (kg)	Existencias (stock) 2019	Consumo total de refrigerante (t) 2019	Consumo por equipo (kg)	Tasa anual de fugas (%)
1,29	277.659	89,83	0,25	19,44

Tabla 6. Tabla resumen de consumo de refrigerantes para equipo de AA tipo split a nivel país.⁴⁶

Si tomamos los dos datos y los dividimos por el número de equipos de AA tipo Split (2019: 277.659) actualmente instalados en Costa Rica, nos muestra que en promedio se consume 0,25 kilogramos de refrigerante por año por razones de mantenimiento y recarga. Se estima que la tasa de fugas en Costa Rica es en promedio por equipo de AA tipo split 19,44%, al considerar la carga usual de 1,29 kg por unidad tipo split.

⁴⁶ Análisis y resultados de MINAE, 2019: Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016) y MINAE, 2018: Inventario Nacional de Sustancias Alternativas a las Sustancias Agotadoras de Ozono (SAO). Elaboración propia.



© GIZ Proklima, Gianfranco Vivi, 2019.

4.

CONCLUSIONES

Este estudio evalúa las tasas de fuga de equipos de AA tipo split en Costa Rica. Cuatro diferentes fuentes de información y datos se analizaron, y sus principales resultados son los siguientes:

En el sondeo de fugas realizado por técnicos de HIMO en el año 2019 (ver capítulo 3.1) con detectores de fugas, se encontró que un 12,84% de las unidades, 14 unidades de un total de 109 presentaron fugas. Al considerar el tamaño de las fugas (Figuras 8, 9 y 10), se pueden estimar conservadoramente una tasa de fugas del 12,39%. Esta estimación se realiza al considerar la cantidad de refrigerante fugado de las 14 unidades con fugas (12,84%) dentro de la totalidad de equipos, 109 unidades.

De acuerdo con la encuesta realizada por GIZ en el 2019 (ver capítulo 3.2) se obtiene respuestas un poco contradictorias, lo cual indica desconocimiento del tema. Esto se señala, ya se respondió que pocas veces hay que atender a los equipos por emergencia y no se espera que sucedan fugas, ya que es entendido como un error de falta de mantenimiento o de instalación, lo cual es cierto. Sin embargo, bajo nivel de refrigerante es señalado como una de las mayores causas de imperfecciones, lo cual es atribuible a una fuga en el equipo. Se destaca que un detector electrónico de fugas no es particularmente una herramienta esencial dentro de los equipos de estas compañías. Se destaca también que, en promedio, utilizan un cilindro de 14 kilogramos de refrigerante para atender a 15 unidades de AA tipo split. Esto significaría una recarga de 0,92 kg por equipo que haya presentado fuga cada vez que se atiende nuevamente. Se analizaron tres maneras diferentes para obtener el dato de tasas de fugas anual, y al final se promediaron, cuyo resultado fue 8,93%.

En el cuestionario realizado por CICR en 2018 (ver capítulo 3.3) se logra identificar exitosamente 10 compañías de 15 que operan principalmente con unidades tipo split, lo cual coincide con la información del Inventario, donde los sistemas tipo split sin ducto representan el 92% de los sistemas

unitarios de aire acondicionado⁴⁷. Las empresas reportaron la cantidad de equipos y de ciertos refrigerantes atendidos al mes. Con estos datos se estima una tasa de fugas anual aproximada de 41,15%.

Capítulo	Detección de fugas	Tasa de fugas anual (kg)	Tasa de fugas anual (%) ⁴⁸
3.1	12,84 % de equipo presentó fugas al evaluar con detector de fugas, (14 de 109).	0,12 ⁴⁹	12,39 ⁵⁰
3.2	Las empresas de servicio afirman que bajo nivel de refrigerante está presente el 50 % de las veces que se presenta un problema, y que un 20% de los equipos presentan fugas.	0,12	8,93
3.3	N/A	0,53	41,15
Promedio		0,27	20,82

Tabla 7. Resumen de resultados obtenidos respecto a tasas de fugas anuales al analizar las distintas fuentes de información.⁵¹

Los datos totales a nivel país de acuerdo con el Inventario de GEI del sector RAA (MINAE, 2019) (ver capítulo 3.4) respecto al consumo de refrigerantes y unidades tipo split, indican que se consumen anualmente 82,5 toneladas de refrigerante R-22 y R-410A en conjunto. Se señala también la proyección de inventario de equipos tipo split, el cual se estima en 277.659 unidades. Al considerar estos datos se obtiene una tasa de fugas de 19,44% en el 2019.

En conclusión, de acuerdo con las cuatro fuentes de información analizadas, asumiendo una carga inicial promedio de 1,29 kg para todos los casos, la tasa de fugas anual por equipo de AA tipo split

⁴⁷ MINAE, 2019: Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016).

⁴⁸ Según la carga inicial usual de refrigerante de 1,29 kg para un equipo de AA tipo split (MINAE, 2019, Inventario GEI del sector RAA).

⁴⁹ En este caso, se contaba con los datos de las cargas iniciales de los equipos. Por lo tanto, el dato es calculado respecto a la carga promedio de: 0,95 kg.

⁵⁰ Ibid.

⁵¹ Elaboración propia.



© GIZ Proklima, Gianfranco Vivi, 2019.

Foto 6. Carga de refrigerante en equipo de AA tipo split.

es 0,27 kilogramos o 20,82%, asumiendo solamente una recarga de refrigerante al año, a pesar de que se atienden dos veces o hasta tres veces al año (ver Figura 13 y Tabla 4). Cabe mencionar que los datos de las tres encuestas (3.1 a 3.3) sólo evalúan el sector formal de servicios empresas y técnicos de AA, que cuentan con técnicos formalmente capacitados y siguen las mejores prácticas. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, una gran proporción de los técnicos de la RAA en Costa Rica pertenecen al sector informal y sólo recibieron una capacitación limitada. Por consiguiente, es muy probable que las tasas de fuga del sector informal no estructurado superen considerablemente a las del sector estructurado. Por lo tanto, el 20,82% puede considerarse una tasa de fuga general conservadora.

La cantidad de fugas encontradas es por lo tanto mayor a la esperada de acuerdo con el factor 10% de emisión de servicio del Inventario Nacional de GEI para el sector RAA. Esto evidencia la naturaleza conservadora de esa cifra, y amerita una mayor investigación sobre la verdadera situación de fugas en el país. Esto no es posible sin las medidas, equipos y hábitos de mantenimiento necesarios. Se considera el factor de emisión como una cifra conservadora ya que en otros países suelen tener un valor mayor.

La tasa de fugas obtenida sería entonces una estimación representativa del sector formal. Sin embargo, el sector informal representa una gran porción del mercado de servicio y mantenimiento de equipos de AA. Este sector cuenta con menos preparación y podrían incidir en prácticas y hábitos que generen un mayor impacto. Por lo que tasa de fugas, estimada conservadoramente, sería mayor al considerar los datos del sector informal.

Comparación tasas de fugas	
Datos indagados (3.1, 3.2 y 3.3)	20,82%
Datos macroeconómicos (3.4)	19,44%

Tabla 8. Comparación de tasas de fugas entre los dos tipos de datos.⁵²

Las cuatros fuentes de información se pueden clasificar en dos tipos. Datos indagados, es decir, los datos que fueron suministrados a través de una tercera entidad, como la detección de fugas por HIMO y las encuestas contestadas por técnicos y empresas de servicio. El otro tipo de datos serían los macroeconómicos, datos a nivel país de consumo e importaciones con el propósito de evaluar como crecería el sector y el consumo correspondiente de refrigerantes. Como los datos son de diferente naturaleza, primero se considera los datos indagados en la Tabla 7, y este sería valor estimado de tasas de fugas anual de este estudio. Se contrasta con los datos macroeconómicos y se aprecia que ambos datos finales son muy similares.

Las fugas tienen un impacto negativo en el rendimiento de los equipos y, por lo tanto, afectan la eficiencia energética, el consumo y los costos energéticos.

Además, el impacto climático por cada equipo de AA tipo split por año de acuerdo con el caso más conservativo, es decir, una tasa de fugas anual de 20%, se estima en alrededor de 0,49 toneladas equivalentes de CO₂ (ver Tabla 13), al considerar una carga inicial promedio de 1,29 kg de refrigerante. Asumiendo una vida útil de 10 años, lo que significa 9 años de recargas adicionales de servicio y asumiendo además una tasa de fugas de 2% al instalarse el equipo y una tasa de fugas de 95% al término de la vida útil, se obtiene un total de 277% de consumo de refrigerante al final de la vida útil del equipo, lo que es equivalente

a 6,54 toneladas equivalentes de CO₂ (emisiones directas). Finalmente, al considerar el inventario existente de 277.659 unidades de AA en Costa Rica en 2019, el impacto anual promedio de los equipos es de 0,13 millones de toneladas equivalentes de CO₂ (solamente tasa de fuga anual), o 0,18 millones de toneladas CO₂ por año (incluyendo el desmantelamiento por fin de vida útil). El impacto al término de la vida útil sería 1,8 millones toneladas por 10 años de vida útil promedio de los equipos, contemplando solamente emisiones directas.

Cabe destacar que, debido a la alta contribución de fuentes de energía renovables en Costa Rica para la generación eléctrica⁵³, las acciones de mitigación en el sector RAA ejercerán un impacto muy bajo en las emisiones indirectas. El mayor potencial de mitigación se encuentra en la reducción de las emisiones directas.

Los resultados aproximados demuestran que se requiere realizar acciones en materia de reducción del impacto ambiental a causa del sector RAA, especialmente para estar a futuro en conformidad con la Enmienda Kigali. Se recomiendan los siguientes pasos:

- Obtener más información respecto a tasas de fugas durante el mantenimiento y desmantelamiento de los equipos. Se deben llenar tablas estandarizadas con la información pertinente durante el mantenimiento.
- Generar sensibilización entre los consumidores, empresas, instituciones y especialmente administradores de facilidades, oficiales ambientales, compañías de servicio de RAA, técnicos de servicio y demás partes involucradas en el sector RAA.
- Entrenar la mayor cantidad posible de técnicos (formal e informal) de RAA en mejores prácticas y técnicas de recuperación de refrigerantes.
- Procurar que cada vez más técnicos tengan unidades de recuperación o que puedan pedir las prestadas o alquilarlas.

- Hacer cumplir la reglamentación sobre la recuperación obligatoria de refrigerantes y tal vez incluso introducir multas.
- Aumentar la recolección y los centros de recolección, así como la destrucción de refrigerantes.
- Regular el precio de los refrigerantes. En los países nórdicos se desmotiva el uso de refrigerantes dañinos al medio ambiente de esta manera. Los precios en Costa Rica son muy baratos. Por ejemplo, 0,52 kg de R-410A (PCG de 1923)⁵⁴ cuesta 2,90 USD en Costa Rica, lo que equivaldría aproximadamente a una tonelada de CO₂.eq. Como los refrigerantes son tan baratos, y no se practica a gran medida la recuperación de estos, es muy fácil tomar la decisión de liberarlos a la atmósfera una vez que se desmantela el equipo. Además, tampoco hay una verdadera motivación de reducir las tasas de fugas. En contraste, en Dinamarca, 0,5 kg de R-410A cuesta alrededor de 48,18 USD, y tienen en consecuencia bajas tasas de fugas (ver Tabla 15).
- Incentivar el uso de refrigerantes con bajo PCG, como R-290 que tiene un PCG de 3⁵⁵. Con esta alternativa se puede reducir drásticamente el impacto ambiental por refrigerantes y reducir también en gran manera las tasas de fugas. Equipos con este tipo de refrigerantes no pueden tener fugas, por lo que los equipos tienen componentes diferentes y métodos para detectar fugas y detener el funcionamiento. Por lo tanto, introducir esta alternativa en el mercado tiene que ir de la mano de la capacitación correspondiente al sector de servicio.

⁵³ EcoWatch, 2018: Costa Rica's New President Vows 'Emancipation' From Dirty Transport.

⁵⁴ IPCC, 2013: 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.

⁵⁵ Ibid.

BIBLIOGRAFÍA

Beirute, 2020: Precios de los refrigerantes para mayo de 2020 en Costa Rica. Disponible en: <https://www.beirute.com/> (Accedido el 15 de mayo del 2020).

CICR, 2018: Encuesta y Cuestionario de Servicio para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016).

EcoWatch, 2018: Costa Rica's New President Vows 'Emancipation' From Dirty Transport. Disponible en: <https://www.ecowatch.com/costa-rica-renewable-energy-quesada-2556249115.html> (Accedido el 1 de junio del 2020).

Euro Refrigerant, 2020: Precios de los refrigerantes para países europeos (España, Reino Unido, Alemania y Francia), para mayo 2020. Disponible en: www.eurorefrigerant.com (Accedido el 15 de mayo del 2020).

Frioman, 2020: Precios de los refrigerantes para mayo 2020 en Francia. Disponible en: <https://gas-refrigerant-frioman.com/index.php> (Accedido el 15 de mayo del 2020).

Gas UK, 2020: Precios de los refrigerantes para mayo 2020 en el Reino Unido. Disponible en: <https://www.gas-uk.co.uk> (Accedido el 15 de mayo del 2020).

Gobierno de Costa Rica, 2013: Decreto Ejecutivo N° 37614 – MINAET, Reglamento para implementar un mecanismo de cuotas de importación para la eliminación gradual del uso de HCFC limitados en el grupo I del Anexo C del protocolo de Montreal. Disponible en: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=74569&nValor3=92131&strTipM=TC (Accesado el 19 de junio del 2020)

GCI, 2020: Green Cooling Initiative, Disponible en: www.green-cooling-initiative.org (Accedido el 1 de mayo del 2020).

GIZ, 2019: Resultados de la encuesta en línea sobre el servicio de acondicionadores de aire tipo dividido (A/A tipo Split).

GIZ, 2020: Análisis y resultados de registros de servicio de 236 equipos de AA de dos empresas de servicio en una institución pública en el año 2020.

Grupo LEAHO, 2020: Precios de los refrigerantes para mayo de 2020 en Costa Rica. Disponible en <https://leaho.com> (Accedido el 15 de mayo del 2020).

HEAT/GIZ Proklima, 2016: Términos de Referencia de Estudio de Fugas de GIZ.

HIMO, 2019: Sondeo de fugas con detector de fugas.

IPCC, 2013: 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. Fuglestedt, 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

Lexxan GmbH, 2020: Precios de los refrigerantes para mayo 2020 en Alemania. Disponible en: www.lexxan.de (Accedido el 15 de mayo 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 (Accesado el 10 de mayo del 2020).

MINAE, 2018: Inventario Nacional de Sustancias Alternativas a las Sustancias Agotadoras de Ozono (SAO), DIGECA.

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> (Accesado el 19 de junio del 2020).

Protocolo de Montreal, 2016: Enmienda Kigali.

Refrigeración OMEGA, 2020: Precios de los refrigerantes para mayo de 2020 en Costa Rica. Disponible en: www.refrigeracionomega.com (Accedido el 15 de mayo del 2020).

RESOCO, 2020: Precios de los refrigerantes para mayo de 2020 en Costa Rica. Disponible en: <https://resoco.com> (Accedido el 15 de mayo del 2020).

Ro-Ka, 2020: Precios de los refrigerantes para mayo de 2020 para Dinamarca.

SKH Kältetechnik GmbH, 2020: Precios de los refrigerantes para mayo 2020 en Alemania. Disponible en: www.skh-kaeltetechnik.de (Accedido el 15 de mayo del 2020).

Total Parts, 2020: Precios de los refrigerantes para mayo de 2020 en Costa Rica. Disponible en: <https://total-parts.com/site> (Accedido el 15 de mayo del 2020).

Wolseley, 2020: Precios de los refrigerantes para mayo 2020 en el Reino Unido. Disponible en: www.wolseley.co.uk/refrigeration (Accedido el 15 de mayo del 2020).

ANEXOS

Tabla 9. Resultados totales del sondeo de fugas con detector de fugas electrónico.⁵⁶

Detección de fuga	Unidades	Porcentaje (%)
Fuga detectada	14	12,84%
Fuga no detectada	95	87,19%
TOTAL	109	100,00%

Tabla 10. Clasificación cualitativa de tamaño de fugas de los equipos con fugas sondeo de fugas con detector de fugas electrónico.⁵⁷

Tamaño de la fuga	Unidades	Porcentaje del total de unidades (%)
Sin información	3	2,75
Grande	8	7,34
Mediana	2	1,83
Pequeña	1	0,92
Total	14	12,84

Tabla 11. Clasificación de tamaño de fuga de acuerdo con cantidad de luces LED señaladas por el detector de marca Mastercool en el sondeo de fugas con detector de fugas electrónico.⁵⁸

Cantidad de LED's	Unidades	Porcentaje del total de unidades (%)
1	1	0,92
2	0	0,00
3	1	0,92
4	6	5,50
5	3	2,75
TOTAL	11	10,09

⁵⁶ GIZ, 2019: Resultados de la encuesta en línea sobre el servicio de acondicionadores de aire tipo dividido (A/A tipo Split).

⁵⁷ Ibid.

⁵⁸ Ibid.

Tabla 12. Clasificación de tamaño de fuga de acuerdo con cantidad de luces LED señaladas por el detector de marca Fieldpiece en el sondeo de fugas con detector de fugas electrónico.⁵⁹

Cantidad de LED's	Unidades	Porcentaje del total de unidades (%)
1	0	0,00
2	0	0,00
3	2	1,83
4	0	0,00
5	0	0,00
6	0	0,00
7	0	0,00
8	1	0,92
TOTAL	3	2,75

Tabla 13. Clasificación de las causas raíz de las fugas en el sondeo de fugas con detector de fugas electrónico.⁶⁰

Clasificación	Unidades	Porcentaje del total de unidades (%)
Mala instalación	6	5,50
Poco mantenimiento	4	3,67
Vida útil de los componentes	4	3,67
Total	14	12,84

Tabla 14. Impacto ambiental por recarga anual de refrigerante por equipo de AA tipo split, estimado según la información de la encuesta y cuestionario a empresas de servicio.⁶¹

Impacto ambiental		
Refrigerante	PCG (kg CO ₂ eq)	Presencia (%)
R-22	1760	55,93
R-410A	1923	44,07
PCG promedio	1831,84	100,00
Refrigerante a recargar por unidad promedio (kg)	0,27	
CO ₂ eq (kg) por recarga de refrigerante	494,60	

⁵⁹ Ibid.

⁶⁰ Ibid.

⁶¹ Análisis y resultados de la CICR, 2018: Encuesta y Cuestionario de Servicio para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración y Aire Acondicionado para Costa Rica (2012-2016).

Tabla 15. Resumen de datos seleccionados a analizar de la encuesta y cuestionario a empresas de servicio.⁶²

		Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5	Empresa 6	Empresa 7	Empresa 8	Empresa 9	Empresa 10
Unidades atendidas por mes	Split	6	5	20	25	50	100	35	15	30	10
	Ventana	2	0	0	1	30	4	6	0	15t	1
	Paquete	0	0	1	0	4	5	0	0	0	0
	Unidad de condensación	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0
	Sistema centralizado para supermercados	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0
	Urnas autocontenedoras	4	0	0	2	2	0	0	4	0	0
	Chiller	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	12	5	24	28	90	109	42	19	48	11
Rango de BTU de los equipos	Split	12 000 a 36 000	18 000	60 000	12 000 a 60 000	60 000	12 000	12 000 a 60 000	12 000 a 60 000	9 000 a 60 000	12 000 a 60 000
	Ventana	12000	0	0	12 000	24 000	18 000	12000	0	9 000 a 24 000	12 000
	Paquete	0	0	120 000	0	120 000	60 000	0	0	0	0
	Unidad de condensación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sistema centralizado para supermercados	0	0	180 000	0	0	0	0	0	0	0
	Urnas autocontenedoras	0	0	0	3/4 HP 2hp.	0	0	0	2	0	0
	Chiller	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recarga de refrigerante promedio por mes para todas las unidades	R-22	0,91	4,54	13,61	27,22	11,34	31,75	0,00	13,61	2,27	4,54
	R-410A	6,80	6,80	27,22	27,22	9,07	13,61	6,80	9,07	13,61	4,54
	TOTAL	7,71	11,34	40,82	54,43	20,41	45,36	6,80	22,68	15,88	9,07
Recarga de refrigerante promedio por mes para unidades tipo split	R-22	0,59	4,54	0,26	25,60	1,01	24,52	0,00	11,93	1,25	4,31
	R-410A	4,46	6,80	4,62	25,60	5,11	10,51	6,24	7,95	7,51	4,31
	TOTAL	5,05	11,34	4,88	51,19	6,12	35,02	6,24	19,88	8,76	8,62
Kilogramos de refrigerante por unidad	0,84	2,27	0,24	2,05	0,12	0,35	0,18	0,18	1,33	0,29	0,86

62 Ibid.

Tabla 16. Costo monetario para emitir una tonelada de CO₂eq por refrigerante por país/zona (US\$) (Costa Rica y Europa)⁶³

Impacto ambiental potencial de diferentes refrigerantes y su costo monetario					
Refrigerante	PCG (kg de CO ₂ eq)	Cantidad de refrigerante que emite 1 t de CO ₂ eq (kg)	Costo monetario para emitir una tonelada de CO ₂ eq por refrigerante por país/zona (US \$)		
			Costa Rica US \$	Europa* US \$	Dinamarca US \$
R-290	3	333,33	3 098,04	7 597,69	14 533,33
R-410A	1923	0,52	2,90	29,73	48,18
R-22	1760	0,57	2,71	45,03	-
R-404A	3922	0,25	1,94	17,06	52,80
R-507A	3985	0,25	1,73	23,19	-
R-32	675	1,48	19,19	40,82	-

*Precios ponderados de Alemania, Francia y Reino Unido.

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Oficina registrada Bonn and Eschborn

Friedrich-Ebert-Allee 36
+ 49 53113 Bonn, Germany
T +492284460-0
F +492284460-1766

Dag-Hammarskjöld-Weg 1 - 5
65760 Eschborn, Germany
T +49619679-0
F +49619679-1115

E info@giz.de
I www.giz.de