

Plan de Acción en Enfriamiento, México

REFRIGERANTES CON BAJO POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO





**GOBIERNO DE
MÉXICO**

MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

KIGALI
COOLING EFFICIENCY PROGRAM



*Al servicio
de las personas
y las naciones*

Plan de Acción en Enfriamiento, México

REFRIGERANTES CON BAJO POTENCIAL
DE CALENTAMIENTO GLOBAL Y EFICIENCIA
ENERGÉTICA EN EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN
Y AIRE ACONDICIONADO

**Enmienda de Kigali,
Protocolo de Montreal**

Derechos reservados: Gobierno de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (Semarnat).

Dirección General de Industria, Energías Limpias y Gestión de la Calidad del Aire, (DGIELGCA).
Unidad Nacional de Ozono (UNO).

Av. Ejército Nacional 223
Col. Anáhuac I Sección, CP. 11320
Alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México.

Citar como:
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2022. Plan de Acción en Enfriamiento México. Refrigerantes con Bajo Potencial de Calentamiento Global y Eficiencia Energética en Equipos de Refrigeración y Aire Acondicionado. México. Semarnat.

Agosto de 2022.

Créditos:

SEMARNAT

Alonso Jiménez Reyes

Subsecretario de Fomento y
Normatividad Ambiental

Adolfo Cimadevilla Cervera

Director General de Industria, Energías
Limpias y Gestión de la Calidad del Aire

Daniel López Vicuña

Director de Calidad del Aire

OTROS PARTICIPANTES

Alan Bastida Morales

Especialista en HFC

Ignacio Vázquez Ramírez

Especialista en Agenda Climática

Itzel Vargas Rodríguez

Especialista de Comunicación

UNIDAD NACIONAL DE OZONO

Sergio Merino González

Oficial Nacional de Ozono

René Álvarez Gutiérrez

Especialista en Eficiencia Energética

Teresa Zárate Romano

Coordinadora Nacional de Proyectos de
HFC

Claudia Cedillo

Especialista en Comunicación

PNUD

Kasper Koefoed

Coordinador Regional

Edgar González

Oficial de Programas Nacionales México

Paloma Somohano

Analista de Programas

Roberto Peixoto

Consultor Internacional

Enrique Pérez Flores

Consultor Nacional

Marcela López González

Consultora Nacional

RESUMEN EJECUTIVO

La Enmienda de Kigali (EK), es la más reciente enmienda al Protocolo de Montreal (PM) y busca evitar el aumento de hasta 0.5°C del calentamiento global a finales del presente siglo a través de la reducción escalonada del consumo de los hidrofluorocarbonos (HFC). Además, busca facilitar el acceso al financiamiento para apoyar los procesos de conversión industrial encaminados a adoptar tecnologías con refrigerantes de bajo potencial de calentamiento global (PCG), e impulsar la capacitación y el equipamiento especializado de técnicos en refrigeración para el manejo eficiente y seguro de los nuevos refrigerantes. México ratificó la EK el 25 de septiembre de 2018, y su decreto de promulgación se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 30 de noviembre de 2018.

La EK inicia sus compromisos de reducción de los HCF en los países en desarrollo firmantes, como México, en el año de 2024, y será necesario contar con todas las herramientas técnicas y políticas para su cumplimiento. Además del acceso a refrigerantes de bajo PCG, uno de los fundamentos técnicos que facilitará la adopción de alternativas a los HFC es contar con refrigerantes de bajo PCG que conlleva la Eficiencia Energética (EE). Además ayudará a potenciar los beneficios de mitigación del cambio climático con un menor consumo de electricidad respecto a las tecnologías convencionales, y a su vez, de manera indirecta, disminuirá las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

El Plan de Acción en Enfriamiento (PAE) para México surge con el sentido de establecer líneas de acción y proyectos sobre refrigerantes de bajo PCG y EE en el sector del aire acondicionado y la refrigeración para contribuir al cumplimiento de los compromisos de reducción de los HFC, y maximizar los beneficios ambientales en el país. El PAE se suma a las políticas nacionales vigentes, y a los compromisos en acuerdos adquiridos por el país, destacando las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC por sus siglas en inglés).

Los planteamientos de este Plan se centran en los sectores residencial y comercial (edificaciones), al ser estos los espacios donde se emplean mayoritariamente los HFC en los equipos de enfriamiento.

En el 2020 existían en el país 30.8 millones de equipos de refrigeración residencial, y un estimado de 5.5 millones de equipos de refrigeración comercial, entre equipos autocontenidos, unidades centrales de supermercado, y condensadoras remotas empleadas en cuartos fríos.

En la actualidad la penetración de equipos residenciales es del 87.5% y a la fecha cerca de 4.4 millones de viviendas en el país no cuentan con refrigerador. El crecimiento poblacional y de vivienda en el país motivará la entrada al inventario de 7.5 millones, hasta alcanzar los 38 millones de refrigeradores residenciales en el 2030, y se estima la incorporación de 6.6 millones de aparatos y unidades comerciales.

En equipos de aire acondicionado se estima la presencia de 10.4 millones de equipos en los subsectores residencial y comercial, y el uso de equipos de aire acondicionado (AC) se incrementará a 18 millones en la siguiente década. Esto se verá demostrado principalmente con un crecimiento en las regiones de climas cálidos del sur del país, donde actualmente tan sólo el 12.4% de las viviendas cuentan con enfriamiento artificial.*

Bajo el escenario tendencial de crecimiento de los equipos de refrigeración y aire acondicionado (RAC) en el sector residencial y comercial (RyC) mexicano, el país, en términos de emisiones totales (directas e indirectas) pasará de 56 MtCO₂e en 2019 a 88 MtCO₂e en

*Se consideran refrigerantes de bajo PCG a los refrigerantes naturales (hidrocarburos, dióxido de carbono y amoníaco), las hidrofluorolefinas (HFO) y HFC de menor PCG que el HFC convencional para misma aplicación.

2030. En cuanto a las políticas vigentes relacionadas con los refrigerantes de bajo PCG y metas de EE y NDC, se estima una mitigación de entre 3.6 y 7.1 MtCO₂e de emisiones indirectas para el 2030.

En el Diagnóstico Nacional para la Mitigación de Emisiones por HFC de México (Semarnat, 2020) y el Colegio de Ingenieros Ambientales de México (CINAM, 2020) se estimó un potencial de mitigación de emisiones directas por proyectos asociados a equipos del sector RyC de cerca de 2 MtCO₂e. La implementación de dichos proyectos está condicionada a la obtención de fondos del PM, fondos nacionales, de agencias, y cooperación internacionales.

Potencial de mitigación por políticas vigentes al 2030.

Mitigación anual de emisiones directas condicionadas a las acciones del PM	2 MtCO ₂ e
Mitigación anual de emisiones indirectas con políticas vigentes sobre eficiencia energética y cambio climático	3.6-7.1 MtCO ₂ e

El potencial de mitigación adicional por la cartera de proyectos propuesta en este Plan, es de 62.9 ktCO₂e por concepto de ahorro de energía, mientras que por el control de refrigerantes implicaría 79.2 ktCO₂e mitigadas. El potencial nacional identificado que se lograría expandiendo los proyectos piloto es de 1,956 ktCO₂e por ahorro de energía eléctrica y 2,039 por manejo adecuado de gases refrigerantes. Esta contribución sigue la misma métrica que las NDC, mitigación anualizada, y está condicionada a fondos adicionales.

Potencial de mitigación por los proyectos del Plan de Acción en Enfriamiento.

Mitigación indirecta (ANUAL)	Proyectos	62.9	[ktCO ₂ e]
	Potencial	*1,956.1	[ktCO ₂ e]
Mitigación directa	Proyectos	79.2	[ktCO ₂ e]
	Potencial	*2,038.9	[ktCO ₂ e]

**No están incluidos en este Plan.*

El PAE propone líneas de acción en seis ejes estratégicos y una cartera de proyectos que ayudarán a tener mejores resultados al implementar la EK en México. Se plantean diez proyectos habilitadores con un costo de 435,540 USD y cuatro proyectos de sustitución con un monto de 91,343,334 USD.

Costo del Plan de Acción en Enfriamiento.

Actividades habilitadoras*	435,540 USD
Proyecto de inversión	91,343,334 USD
Costo del PAE	91,778,874 USD

**Las actividades habilitadoras requieren aval de la CONUEE.*

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

9

1. INTRODUCCIÓN

11

2. OBJETIVOS Y ALCANCE

14

3. POLÍTICAS NACIONALES Y PROGRAMAS RELACIONADOS CON LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EQUIPOS RAC

16

Agotamiento de la capa de ozono

18

Protocolo de Montreal

18

La Enmienda de Kigali y la reducción de los HFC

18

Metas de la eficiencia energética

19

Cambio climático

19

Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional

20

Objetivos de Desarrollo Sostenible

22

El Programa K-CEP

22

SEForALL

23

4. EL SECTOR RAC PARA EL PAÍS

24

Sector residencial

25

Sector comercial

26

Consumo de sustancias refrigerantes y de electricidad en el sector RAC

27

Consumo nacional de las SAO y los HFC

27

Emisiones nacionales de los HFC

28

Consumo y demanda de energía del RAC en México

29

Emisiones directas e indirectas del sector RAC en México

32

Factores que determinan la demanda de equipos RAC en México.

33

Pobreza energética

36

5. NORMATIVIDAD Y CAPACIDADES NACIONALES

37

Normatividad para equipos RAC

38

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)

38

Sistema de etiquetado de las NOM

39

Normas Mexicanas (NMX)

40

Estándar de alto desempeño, Sello FIDE

40

Laboratorios de prueba

42

Regulaciones para carga de refrigerantes naturales. Estándares internacionales
relacionados con el uso de refrigerantes inflamables

43

Sector servicios

43

Sector formal y técnicos independientes

43

Infraestructura de educación y capacitación

44

Certificados oficiales

44

6. POTENCIAL DE MITIGACIÓN	46
7. EJES ESTRATÉGICOS Y LÍNEAS DE ACCIÓN	48
Eje estratégico 1. Políticas y programas	51
Eje estratégico 2. Normatividad	52
Eje estratégico 3. Tecnologías eficientes	54
Eje estratégico 4. Desarrollo de capacidades nacionales	55
Eje estratégico 5. Financiamiento	56
Eje estratégico 6. Divulgación y comunicación	57
8. COSTO Y OPCIONES DE FINANCIAMIENTO PARA PROYECTOS IDENTIFICADOS EN EL PLAN	58
Actividades habilitadoras	62
Proyectos de inversión	64
Mecanismos de financiamiento	65
Fondos internacionales	66
Fondos nacionales	73
9. MONITOREO Y SEGUIMIENTO	76
10. OPORTUNIDADES DE COLABORACIÓN REGIONAL	78
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	80
ANEXOS	
Anexo 1. Datos desagregados de equipos RAC en el sector RyC	84
Principales sectores que demandan equipos RAC en México	84
Sector de fabricación de equipos RAC	84
Inventario de equipos instalados y proyección de crecimiento	86
Refrigeración residencial	86
Capacidades y antigüedad de equipos de refrigeración residencial	87
Refrigeración comercial	89
Aire acondicionado residencial	90
Aire acondicionado comercial	94
Anexo 2. Producción, exportación e importación de equipos	96
Exportaciones, importaciones y manufactura de equipos de aire acondicionado	97
Anexo 3. Parámetros de diseño del RAC – PAE México	98
Anexo 4. Tecnologías disponibles RAC-México	100
Anexo 5. Detalle de cartera de proyectos	104
Proyecto de difusión	104
Proyectos de consultoría	104
Proyectos de inversión	108
AGRADECIMIENTOS	111

Siglas y acrónimos

AC	Aire Acondicionado
AH	Actividades habilitadoras
AIR	Análisis de Impacto Regulatorio
BAU	Business as Usual
BNE	Balance Nacional de Energía
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CINAM	Colegio de Ingenieros Ambientales de México
CFC	Clorofluorocarbonos
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONOCER	Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
COP	Coefficient of Performance
DOF	Diario Oficial de la Federación
EE	Eficiencia Energética
EER	Relación de Eficiencia Energética
EK	Enmienda de Kigali
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
ENCEVI	Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares
ESCO	Empresa de Servicios Energéticos
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GRANT	Subvención o donativo de Agencias y/u organizaciones
GWh	Giga watt hora
HCFC	Hidroclorofluorocarbonos
HFC	Hidrofluorocarbonos
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
K-CEP	Programa de Refrigeración Eficiente de Kigali
KtCO₂e	Kilo toneladas de dióxido de carbono
LGCC	Ley General de Cambio Climático
Mipymes	Micro, pequeña y mediana empresa
MLF	Fondo Multilateral para la Aplicación del Protocolo de Montreal

MtCO_{2e}	Megatonelada de dióxido de carbono equivalente
NDC	Contribuciones determinadas a Nivel Nacional
NMX	Normas Mexicanas (Referencia de Aplicación Voluntaria)
NOM	Norma Oficial Mexicana (Regulaciones Técnicas de Observancia Obligatoria)
NOM-ENER	Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética
ONU	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
PAE	Plan de Acción en Enfriamiento
PAO	Potencial de Agotamiento de Ozono
PCG	Potencial de Calentamiento Global
PM	Protocolo de Montreal
PECC	Programa Especial de Cambio Climático
PIB	Producto Interno Bruto
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
RAC	Refrigeración y Aire Acondicionado
RyC	Residencial y Comercial
SAO	Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEER	Relación Estacional de Eficiencia Energética
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SENER	Secretaría de Energía
TR	Toneladas de Refrigeración
TWh	Tera Watt hora
UNO	Unidad Nacional de Ozono
USD	Dólar de Estados Unidos de América
MUSD	Millones de dólares de Estados Unidos de América
VPN	Valor Presente Neto



INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El enfriamiento de espacios, productos y procesos es una actividad fundamental para la sociedad contemporánea; para ello disponemos de una gran variedad de equipos RAC que demandan energía eléctrica y requieren, en la mayoría de los casos, un fluido refrigerante. Ambos insumos ocasionan efectos al medio ambiente, por lo que es indispensable establecer leyes, normas y políticas que ayuden a minimizar el impacto y a optimizar los recursos naturales empleados para su operación.

La principal preocupación a nivel mundial en términos ambientales es el cambio climático y sus efectos adversos a la vida en el planeta. El principal vector para este daño global son las emisiones de GEI, por lo que los acuerdos internacionales se han centrado en el combate del cambio climático a través de metas de mitigación y adaptación.

Históricamente, el PM ha enfocado sus esfuerzos y aportado recursos a los países en desarrollo a través del Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal (MLF por sus siglas en inglés), con el enfoque de eliminación de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO), los clorofluorocarbonos (CFC) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC). En este proceso la eficiencia energética no ha sido una actividad central, sino un beneficio tangencial derivado fundamentalmente de los proyectos de reconversión de empresas de manufactura de equipo. Este cambio tecnológico ha ido acompañado de un mejor rendimiento energético de los aparatos para introducir nuevas sustancias refrigerantes con un menor impacto al medio ambiente.

La EK entró en vigor a nivel internacional el 1 de enero de 2019, e iniciará sus compromisos en los países en desarrollo, como México en el año 2024. A partir de este año, se tendrá que congelar el consumo de la tercera generación de gases refrigerantes sintéticos, los HFC que son sustancias que se desarrollaron y promovieron principalmente como alternativas a las SAO y que actualmente son predominantes en el mercado de las aplicaciones para equipos RAC.

A pesar de que los HFC no destruyen la capa de ozono, si tienen un alto potencial de calentamiento global, lo cual al ser emitidos a la atmósfera contribuyen de forma directa a la principal problemática ambiental de nuestro tiempo: el cambio climático. Asimismo, el consumo de energía eléctrica asociada a los equipos RAC que contienen HFC representa una importante contribución de emisiones indirectas de los GEI.

El incremento en las temperaturas globales debido al cambio climático, aumentará la demanda de refrigeración. En este punto se intersecta la eficiencia energética, como herramienta para la mitigación de emisiones tanto directas como indirectas (anuales). Con el fin de maximizar los beneficios ambientales de tecnologías de renovación, se ha considerado indispensable adherir un componente de EE a los proyectos financiados por el Fondo Multilateral en el marco de la EK.

Hasta hoy la gran mayoría de los proyectos con apoyo del MLF se ha orientado a la reducción del consumo de las SAO, de modo que es fundamental promover los beneficios de la eficiencia energética y acceder a recursos para este fin. Destacan los esfuerzos que realiza el Programa de Enfriamiento Eficiente de Kigali (K-CEP por sus siglas en inglés)

que ha estado trabajando en la aportación de recursos subvencionados o donaciones (grant) y por medio de otras modalidades de financiamiento para la ejecución de proyectos sobre refrigerantes de bajo PCG y eficiencia energética alineados a las metas de la EK.

De esta manera, han surgido, gracias al apoyo del K-CEP, los Planes Nacionales de Enfriamiento (NCP) o Planes Nacionales de Acción en Enfriamiento (PAE), instrumentos de política que conjuntan los esfuerzos de eficiencia energética, de reducción de los HFC, de eliminación de los HCFC, y dan acceso al enfriamiento en los diferentes sectores que emplean aire acondicionado y refrigeración a nivel país.

Existen a la fecha varios NCP publicados y otros más están en elaboración. Por lo general, estos instrumentos contienen un diagnóstico de los sectores RAC estratégicos donde se analizan las dinámicas de mercado, el impacto de la actividad en la economía y al medio ambiente, su relación con el comportamiento demográfico, entre otros factores. También suelen contener las políticas nacionales de eficiencia energética y de mitigación, los escenarios de crecimiento tendencial y eficiente, además de una cartera de proyectos que cuantifican los beneficios y los recursos necesarios.

En este contexto para México, el instrumento se ha denominado Plan de Acción en Enfriamiento (PAE) el cual está alineado a la Hoja de Ruta de la EK y a las políticas nacionales de mitigación del cambio climático. Esto se demuestra en la inclusión a la más reciente actualización de las NDC (Semarnat, 2020), y coadyuvará al diseño del Plan Nacional de Reducción de HFC Fase 1.

Debido a su relevancia y área de oportunidad en usuarios finales con la suma de refrigerantes HFC y uso de electricidad en los equipos, el PAE incluye un amplio análisis del enfriamiento, lo que permite contar con un diagnóstico robusto con un enfoque central en el sector residencial y el sector comercial.

En el PAE se ha identificado el potencial de reducción de demanda en energía mediante la intervención de la eficiencia energética y la transición hacia refrigerantes de bajo PCG. Se han reconocido las políticas, los estándares mínimos de desempeño vigentes referidas a las Normas Oficiales mexicanas de Eficiencia Energética (NOM-ENER México) y a los actores clave que inciden en la vida diaria de la eficiencia energética en el enfriamiento. Con estos últimos se ha trabajado estrechamente y se ha logrado escuchar y considerar sus perspectivas para elaborar líneas de acción en seis ejes estratégicos.

Finalmente se ha planteado una cartera de proyectos con características definidas, costo, alcances y beneficios, que permitirá trabajar de manera concreta y desagregada para contribuir a las grandes metas nacionales. Estos proyectos son complementarios a las políticas y programas actuales, aunque alineados a los mismos y están condicionados a fondos adicionales.



2

OBJETIVOS
Y ALCANCE

2. OBJETIVOS Y ALCANCE

El PAE tiene los siguientes objetivos:

- Generar propuestas de líneas de acción para el aumento de la eficiencia energética en equipos RAC que maximicen los beneficios de los compromisos de reducción de los HFC en el marco de la EK en México.
- Integrar los esfuerzos de las políticas nacionales vigentes sobre alternativas de bajo PCG y eficiencia energética en los equipos RAC de los sectores comercial y residencial.
- Coadyuvar al cumplimiento de las NDC y aportar beneficios adicionales mediante proyectos de alternativas de bajo PCG y eficiencia energética en equipos RAC.
- Proponer una cartera de proyectos preparatorios (actividades habilitadoras), y proyectos de sustitución que materialicen las líneas de acción del PAE.
- Difundir a nivel nacional e internacional los beneficios y requerimientos del PAE.

El alcance del PAE consiste en:

Definir líneas de acción y proyectos para la adopción de refrigerantes de bajo PCG y el aumento de eficiencia energética en equipos de refrigeración y aire acondicionado del sector residencial y comercial en el marco de la EK para cumplir los compromisos de reducción de los HFC del país.

Estas líneas están basadas en la facultad de la Semarnat para la regulación de las sustancias controladas por el PM con un enfoque de participación interinstitucional y con respeto de los intereses y atribuciones de cada dependencia.

El PAE tiene carácter de **documento orientativo** de políticas públicas.



3

POLÍTICAS NACIONALES
Y PROGRAMAS RELACIONADOS
CON LA EFICIENCIA ENERGÉTICA
EN EQUIPOS RAC

3. POLÍTICAS NACIONALES Y PROGRAMAS RELACIONADOS CON LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EQUIPOS RAC

En el país existe un conjunto de políticas públicas y programas orientados a la mejora de la eficiencia energética en equipos de refrigeración y aire acondicionado en los diferentes sectores, y de mejora en las envolventes de las edificaciones. La labor es atribución de la SENER en colaboración con la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) como órgano desconcentrado. Sin embargo, la Semarnat ha incorporado acciones que atienden esta labor a través de la agenda de cambio climático.

FIGURA 1. Marco Institucional simplificado de Política Pública sobre Eficiencia Energética en México.

	SENER	SEMARNAT
	CONUEE	INECC
Leyes	Ley de la Transición Energética	Ley General de Cambio Climático
Estrategias	Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles Limpios	Estrategia Nacional de Cambio Climático
Programas	Programa Sectorial de Energía 2020-2024	Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024
Normas	Normas NOM y NMX	Normas de emisiones y sustentabilidad NOM y NMX
Otros	Programas sectoriales de la CONUEE Hoja de Ruta de la eficiencia energética	NDC Hoja de Ruta de la EK

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Agotamiento de la capa de ozono

El camino que hemos seguido para la recuperación de la capa de ozono, gracias a la implementación del PM, ha sido exitoso: prácticamente al 2030 estarán en desuso y se habrán eliminado del mercado mexicano las SAO.

Protocolo de Montreal

La implementación del PM ha significado el desarrollo de diversos proyectos de sustitución, para la eliminación de las SAO en los distintos sectores, así como proyectos de fortalecimiento institucional, de capacitación y asistencia técnica. El desarrollo de tales proyectos ha contado con el apoyo del Fondo Multilateral por más de 124 MUSD desde 1991 hasta 2019.

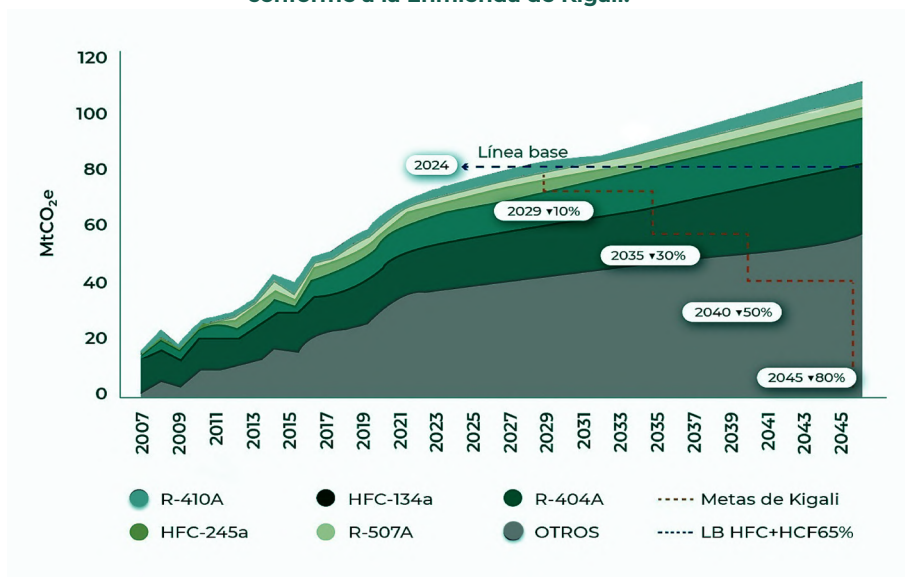
En 2019 México tuvo una reducción y cumplimiento adelantado al Plan de Eliminación de HCFC, la cual consistió de un 79.5% del consumo contra la meta del 67.5% en 2022, sobre una línea base de 1,148 toneladas potenciales.

La Enmienda de Kigali y la reducción de los HFC

La EK busca evitar el aumento de hasta 0.5°C del calentamiento global a finales del presente siglo a través de la reducción escalonada del consumo de los HFC. Además, busca facilitar el acceso a un financiamiento para apoyar los procesos de conversión industrial encaminados a adoptar tecnologías más eficientes y limpias e impulsar la capacitación y el equipamiento especializado de técnicos en refrigeración para el manejo eficiente y seguro de los nuevos refrigerantes. México ratificó la EK el 25 de septiembre de 2018 y su decreto de promulgación se publicó en el DOF el 30 de noviembre de 2018.

La EK señala en el calendario de reducción de los HFC para México que en 2024 deberá congelar* su consumo tomando como línea base el promedio de consumo de éstos en el periodo 2020-2022 y añadiendo 65% de la línea de base de los HCFC. La meta de México es la reducción del 80% de esa línea base para el año 2045.

FIGURA 2. Calendario de la reducción gradual de los HFC en México conforme a la Enmienda de Kigali.



Fuente: Hoja de Ruta para Implementar la Enmienda de Kigali en México.

*Congelar (Detener el aumento del consumo).

La salida de los HFC plantea distintas alternativas, entre las que destacan mayoritariamente refrigerantes naturales, de carácter no sintético, que incluyen algunos hidrocarburos, el bióxido de carbono y el amoníaco, así como la cuarta generación de refrigerantes sintéticos, como lo son las hidrofluorolefinas (HFO). Estas últimas cuentan con una vida atmosférica muy corta, por lo que el impacto ambiental es mucho menor que el de los HFC.

El estudio de la Hoja de Ruta de la Enmienda de Kigali indica las alternativas de menor impacto climático que podrían ser adoptadas en México en función de su viabilidad técnica, económica y regulatoria.

Metas de la Eficiencia Energética

En el 2016 se publicó la Hoja de Ruta de la Eficiencia Energética (SENER/CONUEE) donde se establecen las metas sobre refrigerantes de bajo PCG y EE consistentes en tasas de reducción anual de la intensidad energética por consumo final; para el periodo del 2016 al 2030, la meta es del 1.9%, mientras que para el periodo del 2031 al 2050 la tasa es del 3.7%.

La última versión de dichas metas, y que son las referencias vigentes, deriva de la actualización de la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios, en términos de la Ley de Transición Energética; así, las metas nacionales sobre eficiencia energética refrigerantes, establecen el 2.2% de reducción de la intensidad de consumo final de energía en el periodo 2020-2035 y el 2.5% en el periodo 2035-2050¹.

TABLA 1. Metas país de eficiencia energética.

2020-2035	2035-2050
Tasa anual promedio del 2.2% de reducción de la intensidad de consumo final de energía	Tasa anual promedio del 2.5% de reducción de la intensidad de consumo final de energía

Fuente: SENER (2020).

Se asume el mismo valor indicado en la Tabla 1 para todos los sectores productivos, incluyendo el de interés, sector residencial y comercial.

Cambio climático

El cambio climático es el gran problema global medioambiental de nuestro tiempo, requiere del compromiso de cada país para mitigar los impactos y salvaguardar la vida en el planeta. El desafío y riesgo que representa el cambio climático ofrece la oportunidad a México de conservar y manejar sus recursos naturales apropiadamente, y guiarse con la eficiencia energética como uno de sus principales motores de crecimiento, para generar empleos dentro de una competitiva economía cada vez más sustentable, así como promover el desarrollo sostenible que mejore la calidad de vida de la población mexicana.

¹SENER, 2020. Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios, en términos de la Ley de Transición Energética. México. Enlace: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5585823&fecha=07/02/2020

Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional

Las NDC son metas voluntarias determinadas a nivel país en el marco del Acuerdo de París para combatir el cambio climático, derivado del calentamiento global antropogénico. México en 2015 fue el primer país en desarrollo en presentar su (entonces intención) de las NDC, para dar cumplimiento al Acuerdo de París. Las NDC contienen dos componentes: uno de mitigación y otro de adaptación. El componente de mitigación estableció dos compromisos: metas no condicionadas de reducir el 22% las emisiones de los GEI al año 2030 respecto a la línea base y el 51% de las emisiones de carbono negro² al mismo año. Estas se pueden cumplir con los propios recursos nacionales y abordan medidas como el incremento de la participación de energías limpias, aumento de refrigerantes de bajo PCG y EE, entre otros.

Además, se tienen las metas condicionadas, que son aquellas que requieren de recursos financieros externos y de transferencia de tecnologías limpias para su cumplimiento y para las cuales se definió una reducción del 36% de las emisiones de los GEI y del 70% de las de carbono negro al 2030*.

Para el sector residencial y comercial, se ha fijado una disminución de 5 MtCO₂e (de 28 a 23 MtCO₂e en el año 2030) que equivale al 18%. Esta meta sólo considera la reducción de emisiones directas, cuyo origen principal son procesos de combustión para calentamiento de agua y preparación de alimentos.

TABLA 2. Emisiones nacionales de los GEI bajo el escenario de línea base y escenario de metas de mitigación NDC 2020-2030.

	Línea base					Emisiones (MtCO ₂ e)
	2013	2020	2025	2030	2030	META 2030
						No condicionada
Transporte	174	214	237	266	218	
Generación eléctrica	127	143	181	202	139	
Residencial y comercial	26	27	27	28	23	
Petróleo y gas	80	123	132	137	118	
Industrial	115	125	144	165	157	
Agricultura	80	88	90	93	86	
Residuos	31	40	45	49	35	
Subtotal =	633	760	856	941	776	
Cambio de uso de suelo / forestal	32	32	32	32	-14	
Emisiones totales** =	665	792	888	973	762	

-22%

Fuente: SEMARNAT.

*Sentencia emitida por el Décimo Primer Tribunal Colegiado en Materia Administrativa del Primer Circuito donde se ordena suspender los actos de ejecución de la revisión de las "Contribuciones Nacionalmente Determinadas a Nivel Nacional actualizadas en 2020".

**La suma de los valores de los sectores puede no coincidir con el total por efecto del redondeo.

²INECC, 2015. Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México. Enlace: <https://cambioclimatico.gob.mx/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-2/>

Es relevante destacar que la actualización de las NDC contempla al PAE como un instrumento orientado a aumentar la ambición de México **con un enfoque de participación social**, en sus compromisos de mitigación (Semarnat, 2020).

El potencial de mitigación identificado para la industria de gases refrigerantes, que se registra en la Sexta Comunicación Nacional es de 2.09 MtCO₂e*. Si bien no existen compromisos de mitigación de emisiones anuales, se han elaborado estudios prospectivos del potencial en este rubro en los sectores residencial y comercial donde se identifican que las acciones de aceleración en la penetración de equipos de mayor desempeño energético tienen un potencial adicional de mitigación en emisiones indirectas (anuales) en RAC por 3.6 MtCO₂e.

Comparativamente, la reducción del consumo de electricidad en el sector residencial y comercial conforme a las metas establecidas por la SENER al 2030 (-2.2% en el período) permitiría mitigar hasta 7.2 MtCO₂e (4.4 en el sector residencial y 2.8 en el sector comercial).

TABLA 3. Resumen de la mitigación anual en RAC del sector residencial y comercial en 2030.

Opción de mitigación anualizada	Potencial de mitigación al 2030 6ª CNCC (MtCO ₂ e)**	Potencial estimado Metas EE ** (MtCO ₂ e)
AC residencial eficiente	1.1	0.8
Refrigeración residencial eficiente	1.3	3.6
AC comercial eficiente	0.6	1.5
Refrigeración comercial eficiente	0.6	1.3
TOTAL =	3.6	7.2

Fuente: SEMARNAT/INECC (2018) México. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 Versión revisada. Primera edición: 2018. SEMARNAT, México.

*Este potencial no es un compromiso del país. INECC (2018). Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2018.

**Elaboración propia con las tasas de reducción en la intensidad en el consumo, establecidas en la estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios (SENER, 2020).

Para fines de este estudio, la demanda y consumo eléctrico por equipos RAC se ha tomado en cuenta de forma agregada el uso de electricidad para edificios no residenciales (sector comercial y de servicios) del Balance Nacional De Energía (BNE) reportado en las estadísticas energéticas de SENER, incluye únicamente a usuario de tarifas de baja tensión, sin embargo, muchos edificios comerciales como hoteles, restaurantes, centros comerciales, escuelas, etc. se encuentran en media tensión o por arriba, lo cual genera una distorsión en el conteo al considerarlos dentro de otras ramas industriales y podría ser abordado en futuros trabajos. Se ha intentado hacer el modelo a través del inventario de equipos que ha estimado por la Unidad Nacional de Ozono para realizar el análisis de forma desagregada, considerando las mejoras en los rendimientos de los equipos que tienen las NOM de EE en los nuevos equipos que ingresan y se comercializan en el país, así como por comportamientos regionales de acuerdo con la categorización realizada en el ENCEVI 2018. Futuros estudios también podrían considerar el impacto de las normas de Envoltorio Eficiente (NOM-008-ENER Y NOM-020-ENER).

Otras iniciativas globales relacionadas con los refrigerantes de bajo PCG y eficiencia energética en equipos RAC.

En países en desarrollo con las características y tamaño de México, el apoyo de fondos dedicados a la adaptación y mitigación climática para el financiamiento y aceleramiento de medidas que permitan el acceso a tecnologías de bajas emisiones de los GEI es muy necesario para complementar los esfuerzos nacionales. Por ello, es importante tener en cuenta las iniciativas globales que trabajan en la materia, las cuales ofrecen oportunidades y son relevantes para este Plan.

Objetivos de Desarrollo Sostenible

Dentro de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, se establece el esfuerzo para elevar de manera simultánea el nivel de vida de millones de personas de todo el mundo, al trazarse una agenda universal de prioridades para el desarrollo de las naciones.

El Objetivo 7 (ODS 7) de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible busca garantizar el acceso universal a los servicios de energía, aumentando la proporción de energía renovable en las fuentes y duplicando la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética. Asimismo, tiene como objetivo incrementar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y a tecnologías en energía limpia, así como la promoción de inversión en infraestructura energética y en tecnologías limpias.

Actualmente, en México la falta de acceso a energía limita el desarrollo de las actividades productivas y educativas, ya que 42 mil escuelas carecen de energía eléctrica; además se presentan dificultades para la conservación de alimentos y medicamentos y existe una falta de confort térmico derivado de la baja eficiencia energética en vivienda o por el alto costo de electricidad³. El PAE busca fortalecer la economía familiar al mejorar el acceso a la energía eléctrica (ODS 13) y poder satisfacer las necesidades de frío como servicio, reduciendo el gasto del ingreso familiar en el pago de facturas de energía eléctrica.

El Programa K-CEP

A través de otras modalidades de financiamiento, el K-CEP es un programa filantrópico internacional que ha estado trabajando en la aportación de recursos directos o donativos para la ejecución de proyectos de refrigerantes de bajo PCG y eficiencia energética alineados a las metas, a la EK y al PM. El K-CEP brinda recursos y asistencia a México para la protección del clima global mediante la eliminación de sustancias con alto PCG⁴.

Gracias al apoyo del K-CEP, han surgido los NCP o Planes de Acción en Enfriamiento (PAE) de distintas naciones, incluyendo el proceso en México que deriva en este documento. De igual forma se han apoyado instrumentos de política que conjuntan los esfuerzos de eficiencia energética, de reducción de los HFC, de eliminación de los HCFC, y se ha dado acceso al enfriamiento en los diferentes sectores que emplean aire acondicionado y refrigeración a nivel país.

³SEMARNAT. Objetivo de Desarrollo Sostenible 7: Energía Asequible y No Contaminante <https://www.gob.mx/agenda2030/articulos/7-energia-asequible-y-no-contaminante>

⁴The Kigali Cooling Efficiency Program (K-CEP). 2020. Enlace: <https://www.k-cep.org/>

SEForALL

La organización internacional Energía Sostenible para Todos (SEforALL) trabaja con gobiernos, sector privado y sociedad civil para impulsar acciones destinadas con el fin de llegar con mayor celeridad al logro del ODS 7, el cual exige el acceso universal a la energía sostenible a la población para 2030. Asimismo, se estaría colaborando en el cumplimiento del Acuerdo de París, que exige reducir las emisiones de GEI para limitar el calentamiento climático a menos de 2°C.

SEforALL entiende que alcanzar estos objetivos requiere el replanteamiento radical de la forma en que producimos, distribuimos y consumimos energía en la actualidad. Por lo que ha creado para ello la misión de Cooling for all (enfriamiento para todos) la cual tiene como meta generar la información, políticas y soluciones comerciales necesarias para proporcionar enfriamiento sostenible para todos y reducir tanto la pobreza energética que existe en países en desarrollo como México, como la demanda de energía para lograrlo.

SEforALL ha identificado que más de 1,000 millones de habitantes en el planeta carecen de enfriamiento y 2,200 millones de personas cuentan con enfriamiento ineficiente. En un planeta que se calienta cada día más, el acceso al frío sostenible no es un lujo sino un desafío para recortar la brecha de la inequidad.

Existen fondos multilaterales y fondos potenciales por medio de los cuales se logran sinergias para la implementación del presente Plan. Dichos fondos se describen en la parte financiera del documento.



4+

EL SECTOR RAC
PARA EL PAÍS

4. EL SECTOR RAC PARA EL PAÍS

El sector de la refrigeración y aire acondicionado en México tiene una notable relevancia en el aspecto económico por la capacidad instalada en las plantas productivas de manufactura y fabricación de equipos de refrigeración residencial y comercial, y por el tamaño de mercado en ventas que representa el sector RAC.

En lo social porque se trata de equipos indispensables para el devenir de las actividades sociales contemporáneas, y en la salud, la cadena de frío es vital para la preservación de alimentos, medicamentos y servicios de salud que garantizan el bienestar de la población.

México cuenta con una importante industria de electrodomésticos que lo coloca como el principal exportador de América Latina y el quinto a nivel mundial. Además, es líder en exportación de refrigeradores con congelador de dos puertas y es el segundo exportador de refrigeradores y congeladores en cuanto al valor de mercado con el 11% de las ventas mundiales, solo detrás de China (Secretaría de Economía, 2015).

Sector residencial

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020, se estima que existen alrededor de 35.2 millones de hogares en México con una ocupación promedio de 3.6 habitantes. Según esta fuente y la Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI 2018) en materia de equipamiento, se estiman más de 5.9 millones de equipos de aire acondicionado en uso en los hogares del país, de los cuales 2 millones de ellos son equipos tipo ventana. Cabe mencionar que 38.3 millones de personas no cuentan con equipos necesarios para mantener una temperatura adecuada al interior de las viviendas.

La penetración de refrigeradores creció de 82.1% en 2010 a 87.5% en 2020, alcanzando los 30.8 millones de estos aparatos en uso⁵ en México. No obstante, existen 4.4 millones de viviendas que no cuentan con un equipo de refrigeración para sus alimentos. En RAC es aún alta la expectativa de crecimiento de equipamiento para el año 2030.

En términos de ventas, se entregaron 3.6 millones de aparatos RAC en 2013, mientras que en 2019 la estimación de ventas fue de 4.5 millones de refrigeradores y equipos de AC⁶.

TABLA 4. Cantidad de equipos RAC instalados en el sector residencial a 2018.

Equipos	Unidades totales instaladas
Refrigeradores	30.8 millones
Aires acondicionados	5.9 millones

Fuente: Elaboración propia con datos de inventario de equipos, ENCEVI 2018.

Los modelos generados se han basado en la información registrada en bases de datos públicas como el BIEE, y de la Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI 2018) para el subsector de refrigeración y aire acondicionado residencial. La cantidad de refrigeradores residenciales fue actualizada con la información obtenida por el INEGI dentro del CENSO de Población y vivienda 2020 donde se señala una saturación de refrigeradores en la vivienda del 87.5%.

⁵ INEGI. 2020. Censo de Población y Vivienda 2020. México. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

⁶ UNO. 2020. Estrategia de Ciclo de Vida.

Sector comercial

En 2018 se estimó la existencia de 4.6 millones de equipos de refrigeración comercial (la mayor parte autocontenidos tipo botellero, vitrinas refrigeradas, congeladores, condensadoras remotas para cuartos fríos y sistemas centralizados de gran capacidad en supermercados) y de 484 mil equipos de aire acondicionado de uso comercial que incluyen equipos tipo paquete, multisplit, chillers de gran capacidad y equipos divididos que integran ductos. Se considera también la presencia de 3.8 millones de equipos de tipo cuarto o minisplit usuales en el sector residencial y que son empleados para atender el sector comercial y servicios, por ejemplo, hoteles, restaurantes, escuelas, hospitales, almacenes de ropa, minisúper, farmacias, entre otros.

Es importante puntualizar que la certidumbre del inventario de equipos RAC en comercios no es tan alta como en el sector residencial. Con el PAE se busca promover la medición del consumo de equipos de refrigeración y aire acondicionado, además del registro de estas unidades para un mayor conocimiento del sector comercial.

En 2013 las ventas de equipos RAC en comercios del país fueron de 466 mil aparatos, mientras que en 2019 se estimaron cerca de 900 mil⁷.

TABLA 5. Cantidad de equipos RAC instalados en el sector comercial a 2018*.

Equipos	Unidades totales instaladas
Refrigeradores	4.6 millones
Aires acondicionados	4.2 millones

Fuente: UNO (2018).

* Para el sector comercial, ha sido difícil describir la cantidad de equipos existentes y el rendimiento de estos, ante la ausencia de una encuesta nacional o regional que permita describirlo a detalle. Ante esta situación, los datos de entrada que se asumieron para el modelo han sido el inventario de equipos con el que cuenta la Unidad Nacional de Ozono de la SEMARNAT, inventario que ha sido realizado y afinado con información obtenida por las cámaras nacionales de fabricantes y comercializadoras de equipos RAC, y la Secretaría de Hacienda con la Oficina de Aduanas, el inventario desarrollado para el Plan para el manejo de equipos RAC al final de su vida útil. El Modelo se centra en la cantidad de emisiones que tiene el país derivadas de la cantidad de refrigerantes contenidas en equipos de refrigeración. Para estimar el número de equipos comerciales de RAC y su proyección en crecimiento futuro, tiene dentro de sus suposiciones, la tasa de destrucción de equipos obsoletos con una tasa de destrucción entre 4% y 10%. El ingreso de nuevos equipos al stock nacional, asumiendo tasas definidas por el incremento de cada tipo de equipo de refrigeración, tasas ajustadas a periodos de tiempo de 5 años. También se considera un tiempo de vida útil en el mercado que oscilan entre 10 y 15 años. Dentro de las líneas de acción del Plan, se propone la construcción de una encuesta nacional o regional orientada al sector de refrigeración comercial, con el objeto de validar dicho modelo y pulir el inventario de equipos nacional.

⁷ Ibidem.

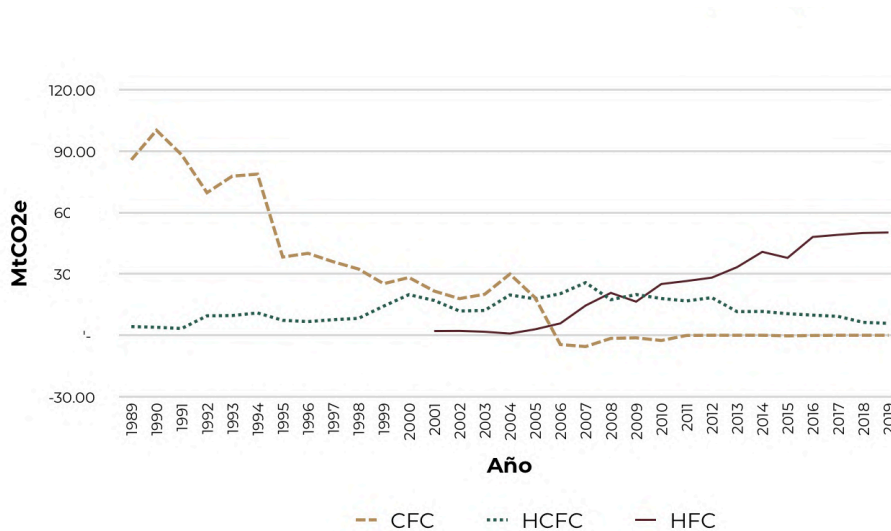
Consumo de sustancias refrigerantes y de electricidad en el sector RAC

Para conocer las emisiones asociadas con el uso de equipos RAC, es necesario tomar en cuenta primeramente el volumen de refrigerantes empleados y la electricidad consumida. El primer dato se estima a partir de los datos de consumo de sustancias reguladas por el PM, mientras que la electricidad amerita un análisis particular dado que, la información pública de la Secretaría de Energía (SENER), el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), la Comisión Federal de Electricidad (CFE)* así como la Comisión Reguladora de Energía (CRE), no reporta el consumo específico para estos equipos. Para mayor detalle del análisis de esta información realizada para este estudio consultar la sección: Consumo y demanda de energía del RAC en México.

Consumo nacional de las SAO y los HFC

De la misma manera que la eliminación de los CFC condujo a un rápido crecimiento en el consumo de los HCFC, el proceso de disminución del empleo de éstos últimos tuvo un impacto directo en el crecimiento del consumo nacional de los HFC y otras alternativas de las SAO.

Figura 3. Consumo de CFC, HCFC y HFC en México (MtCO₂e).



Fuente: Unidad Nacional de Ozono (UNO).

¹ibidem.

* La información que administra el CENACE y la CFE respecto al consumo de electricidad, concentra el consumo en general de ésta y no hace una diferencia entre consumo para calentamiento y el de equipos RAC.

Este comportamiento se observa gráficamente en la Figura 3. Es interesante observar que, durante los últimos diez años, la mayor parte del consumo de los HCFC ha migrado hacia los HFC. Para el 2019 se estimó un consumo de los HFC de aproximadamente 50.3 MtCO₂e.

Aunque el conjunto de sustancias controladas por el PM históricamente ha sido controlado en términos de su potencial de agotamiento del ozono (PAO), la EK requiere que el consumo de los HFC se exprese en CO₂e.

En términos de inventarios de los GEI, el enfoque de consumo también se conoce como método de **emisión potencial**. El método potencial no considera la acumulación o la posible liberación retardada de sustancias químicas en varios productos y equipos, lo que

significa que, a corto plazo (por ejemplo, 10-15 años), las estimaciones pueden volverse muy inexactas (IPCC, 2006). Por lo tanto, no se considera una buena práctica utilizar el método potencial para las estimaciones nacionales.

Emisiones nacionales de los HFC

En contraste con el enfoque de emisiones potenciales, los métodos propuestos por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) recomiendan estimar las emisiones reales en lugar de las emisiones potenciales. Las emisiones reales reflejan el hecho de que tienen en cuenta el lapso de tiempo entre el consumo de los HFC y sus emisiones, que pueden ser considerables en áreas de aplicación como espumas de celda cerrada, equipos comerciales de refrigeración y extintores de incendios.

Este retraso se debe al hecho de que una sustancia química colocada en un producto nuevo puede filtrarse lentamente con el tiempo y, a menudo, no se libera sino hasta el final de su vida útil. Un refrigerador residencial, por ejemplo, emite poco o ningún refrigerante por fugas durante su vida útil, y la mayor parte de su carga no se libera hasta su eliminación muchos años después de la producción. Incluso entonces, la eliminación puede no implicar emisiones significativas si el refrigerante y el agente espumante en el refrigerador se capturan para su reciclaje o destrucción.

De acuerdo con el Inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero 1990-2015, en 2019, México fue responsable de casi 2% de las emisiones globales de los GEI, con una contribución de emisiones totales de 736.6 MtCO₂e⁸.

Por tipo de gas, el CO₂ es el gas con la mayor contribución del total de las emisiones de los GEI con un 72% derivado principalmente del uso y quema de combustibles fósiles para la generación de energía. En segundo lugar, están el CH₄ con 20.3% y el N₂O, con 5.7%*. Estos tres gases representan el 98.2% de las emisiones totales de los GEI. El sector de la refrigeración y aire acondicionado aportó 18.556 MtCO₂e en 2019 que corresponde a cerca de 2.5% de las emisiones brutas totales**.

⁸ SEMARNAT/INECC (2018) México. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 INEGYCEI Versión revisada. Primera ed^o. SEMARNAT/INECC (2018) México. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 INEGYCEI Versión revisada. Primera edición: 2018. SEMARNAT, México.

⁹ *Ibidem*.

* Debido a diversas actividades como incendios forestales, producción de hidrocarburos, consumo de combustibles en generación eléctrica, consumo de gas LP en comercios y casas, la quema a cielo abierto e incineración de residuos peligrosos, actividades agropecuarias entre otros.

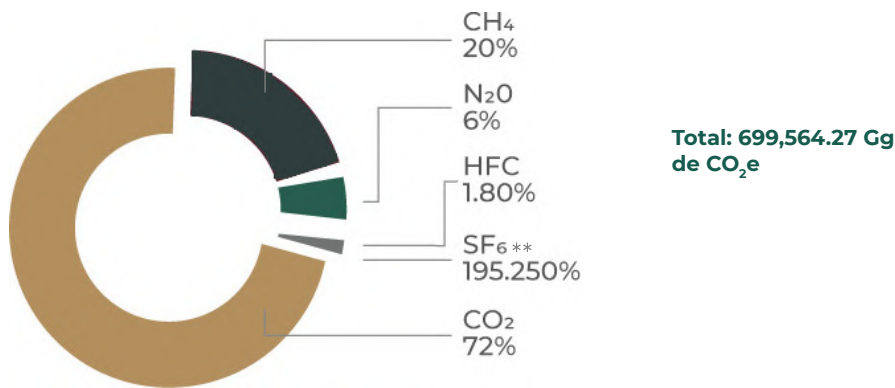
** (INEGYCEI). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/665743/112_INEGYCEI_1990-2019_IPCC_2006_iin.xlsx

De acuerdo con el Inventario Nacional de HFC 2015 (Semarnat/ONUDI, 2017), las mayores emisiones de los HFC provienen de su uso como refrigerantes en sistemas RAC residencial, comerciales e industriales, con el 78.4% (9.89 MtCO₂e).

Las emisiones del sector de la refrigeración y aire acondicionado ocurren principalmente de tres formas:

1. Las emisiones durante la carga de gas a los equipos nuevos
2. Las emisiones durante la vida útil por fugas y recargas
3. Las emisiones al final de la vida útil

FIGURA 4. Contribución de los HFC en las emisiones de los GEI de México.



Fuente: SEMARNAT/INECC (2018) México. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 INEGYCEI Versión revisada.

Usualmente durante el desmantelamiento y disposición final de los equipos RAC, se libera la cantidad de refrigerante remanente contenida en éstos. En México la cantidad de refrigerantes que se ha recuperado al final de la vida útil de los equipos, fuera de los programas federales de sustitución de electrodomésticos, ha sido poco significativa.

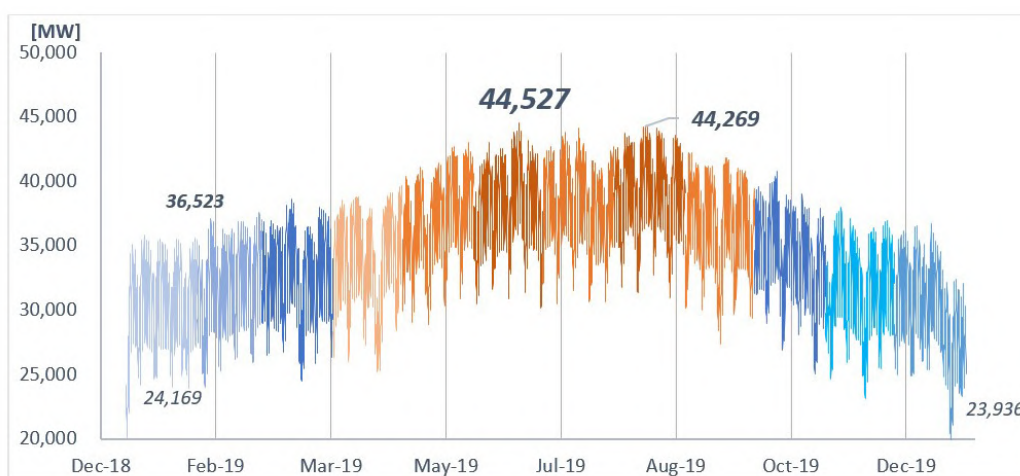
Consumo y demanda de energía del RAC en México

La demanda máxima integrada del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) mexicano en la actualidad se ve afectada grandemente por el uso de aire acondicionado, principalmente por el consumo a nivel residencial en la región norte del país en los meses de mayo a octubre.

De acuerdo con el análisis propio de los datos del CENACE durante el mes de junio de 2019, se presentó la máxima demanda del año con 44,527 MW, mientras que la demanda mínima del sistema se sitúa en 24,000 MW. El incremento en la demanda máxima durante el verano por consumo de climatización en la zona norte del país supera en un 25% la carga regular del sistema eléctrico nacional.

El incremento de consumo de energía en la época más cálida del año se presume que se debió a la entrada de operación de equipos de aire acondicionado en la región norte del país; sin embargo, existe una carga de equipos de aire acondicionado instalados en la región sureste del país que operan hasta once meses al año. La demanda de energía alcanza su máximo durante las horas de mayor temperatura presente en el día, pero una parte importante de la demanda base es por el uso de equipos de aire acondicionado durante las horas de la noche, que se presenta en el uso comercial, en hospitales y hoteles, y en el sector residencial. Todo lo anterior en el caso de la región del sureste del país.

FIGURA 5. Demanda máxima del Sistema Eléctrico Nacional, 2019.

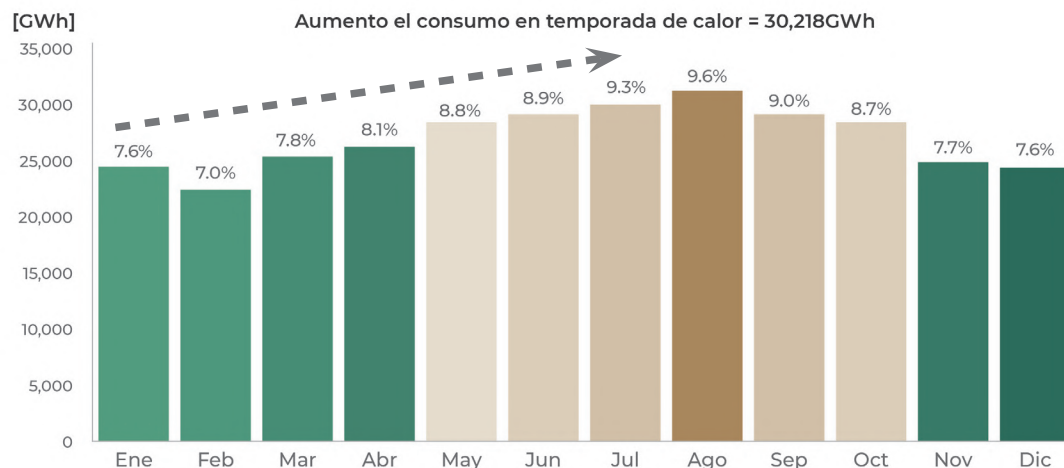


	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máx	35,838	37,613	38,623	39,704	43,025	44,527	44,174	44,269	42,227	40,787	37,973	36,737
Min	24,027	24,027	24,500	25,221	28,866	30,145	30,484	30,944	27,396	25,058	23,129	19,777

Fuente: Elaboración propia con datos del CENACE 2019.

Los meses de mayor consumo de energía eléctrica en México se presentan durante la estación más calurosa en la región norte. En 2019 se presentó un incremento en el Sistema Eléctrico Nacional en esta época en el consumo eléctrico de 30,218 GWh, que representa el 9.3% del consumo total. La tabla 6 presenta el consumo y la distribución mensual del consumo en 2019 a partir de un consumo bruto de 324,927 GWh. La evolución en el consumo estimada a nivel país se basa en una tasa de crecimiento anual del 2.7% en un escenario de planeación conservador que estima que en los próximos diez años se incrementará el consumo en una tercera parte del actual y alcanzará los 428,334 GWh de consumo eléctrico anual.

FIGURA 6. Consumo de energía mensual en México en 2019.



La evidencia presentada solo indica el aumento en la demanda eléctrica y el consumo de energía durante los meses donde se presentan mayores temperaturas en el país, esto da pie a la hipótesis de que el incremento se genera ante la entrada en operación de equipos de aire acondicionado, principalmente en la región norte del país. Las curvas de consumo y demanda eléctrica se han obtenido de los datos reportados por el CENACE donde se muestra el incremento en la demanda de energía del sector eléctrico del 21.9% y de un incremento del orden del 9.3% en el consumo de energía durante los meses en los que se presentan mayores temperaturas en el norte del país, el verano. La estimación del consumo de energía eléctrica y emisiones se ha realizado mediante un modelo bottom up, y con un acercamiento estadístico a partir de la información desagregada de la presencia de equipos. La información resultante del modelo se ha cotejado con estimaciones previas del consumo de energía que representa el sector RAC en México. Si bien pueden existir variaciones en la cantidad de equipos y horas de operación, la evidencia orienta al incremento de la demanda por el uso de AC, un modelo desagregado sería recomendable para futuros trabajos.

La estimación del consumo del sector RAC en 2019 —elaborada a partir del número de equipos presentes en el inventario de equipos instalados, consumos de equipos y consumos sectoriales del Balance Nacional de Energía (BNE)— se realizó en el sector residencial de 13.06 TWh para refrigeración y 16.57 TWh por uso de aire acondicionado.

El subsector de la RAC comercial se estimó en 11.92 TWh destinado a la refrigeración y en 26.9 TWh en uso de aire acondicionado. Ello significaría que el 7.7% del consumo de energía se destina a refrigeración y el 13.4%, al aire acondicionado*.

*Las consideraciones para este cálculo toman en cuenta el inventario de equipos de refrigeración y aire acondicionado estimados por la UNO, consumos de energía típicos por comercio y por equipo. El resultado puede discrepar respecto al Balance Nacional de Energía debido a las diferencias metodológicas y de consideraciones fundamentalmente del sector comercial.

TABLA 6. Consumo de energía eléctrica por RAC en México.

Sector residencial	Consumo de energía [TWh]
Refrigeración	13.06
AC	16.57
RAC residencial=	29.63
Refrigeración	11.92
AC	26.99
RAC comercial=	38.91

Fuente: Elaboración propia con datos de inventario de equipos, Unidad Nacional de Ozono, 2020.

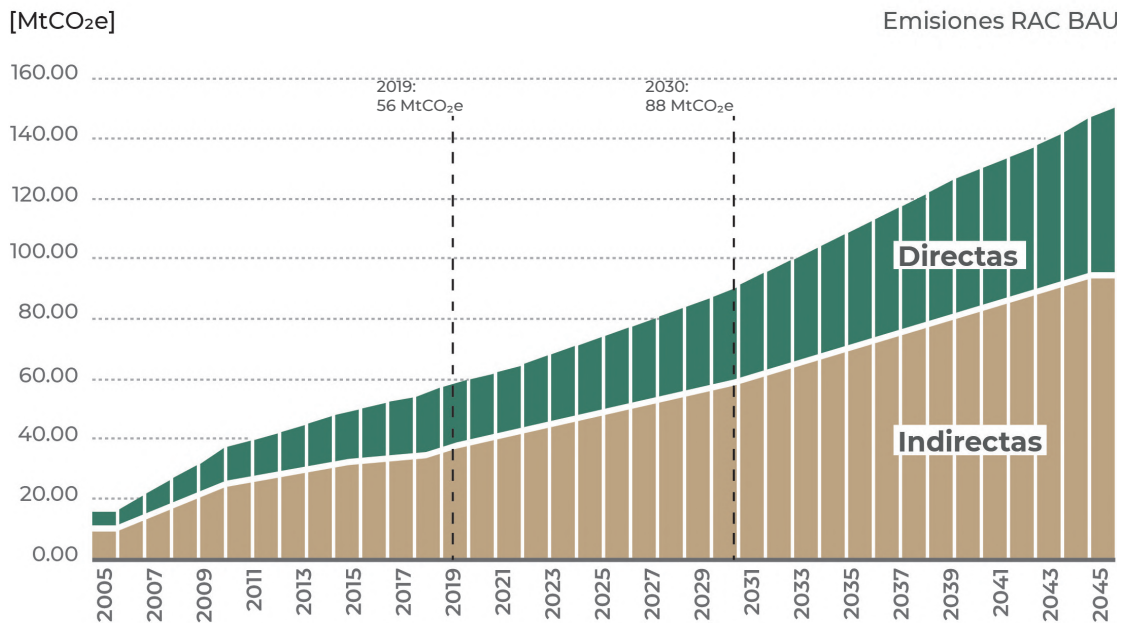
Emisiones directas e indirectas del sector RAC en México

Las emisiones directas de refrigerantes en equipos RAC son resultados de la fuga durante la fabricación, mantenimiento, operación y desecho de los equipos. En cuanto al consumo eléctrico, tiene asociado emisiones indirectas generadas en las plantas eléctricas que usan combustibles.

Al 2019 se estima para el sector residencial y comercial, por el uso de equipos RAC, un aporte anual de 21.42 MtCO₂e de emisiones directas y 34.61 MtCO₂e de emisiones indirectas por el consumo eléctrico de los mismos. Lo que resulta en aproximadamente 56.03 MtCO₂e de emisiones totales a la atmósfera para enfriamiento de edificaciones. Al 2045 se estima 2.7 veces el valor de 2019, lo cual llevaría a las emisiones del sector hasta 151.58 MtCO₂e, tal tamaño de emisiones revela la importancia de atender el sector RAC de México y buscar limitar su crecimiento mediante ahorro y uso eficiente de la energía.

Los refrigerantes de bajo PCG y la eficiencia energética es relevante para la reducción de emisiones indirectas y la EK es central para decrementar las emisiones directas.

FIGURA 7. Emisiones directas e indirectas (anuales) del sector RAC de México*.



Fuente: Elaboración propia.

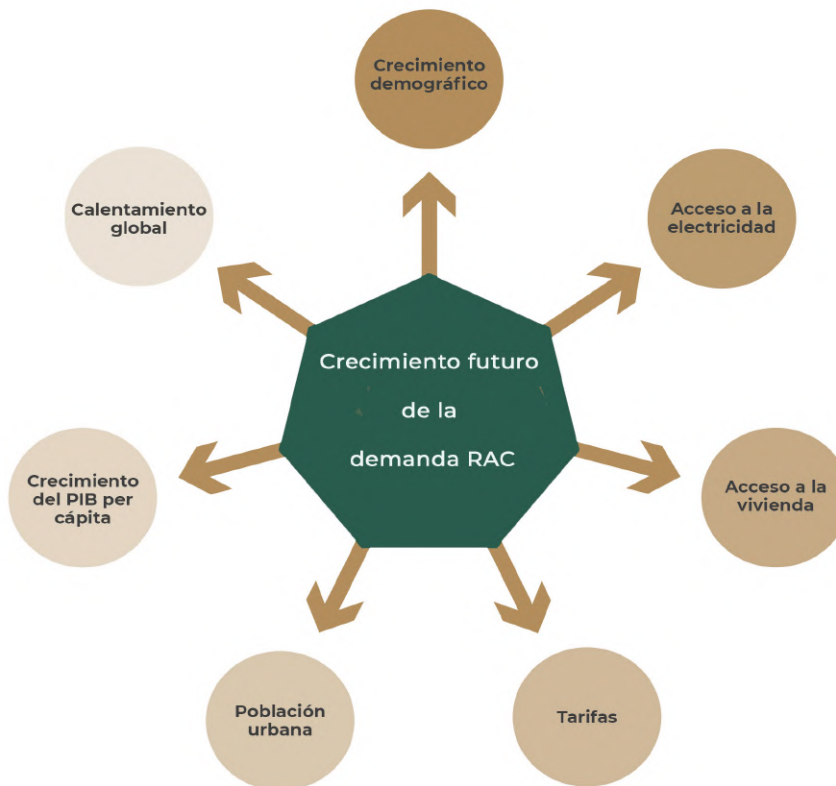
* La estimación de las emisiones del sector RAC en 2019 y la proyección a futuro se elaboró de forma desagregada a partir de la estimación de número de equipos presentes en el inventario de equipos instalados en el sector residencial y el sector comercial (actual y proyectado a futuro), por la carga promedio de refrigerante y la estimación de emisiones directas de acuerdo con los factores de emisión asociados a los refrigerantes que contienen dichos equipos. Las emisiones indirectas se han estimado con un consumo promedio de electricidad por tipo de aparato por el factor de emisiones asociado a la red eléctrica, y tomando en cuenta el tiempo de vida en el mercado.

Factor de emisiones considerado al 2019 de 0.505 kgCO₂e/kWh. El factor se considera constante en el periodo posterior.

Factores que determinan la demanda de equipos RAC en México

Para la proyección del incremento de número de equipos RAC en México, existe una serie de factores que motivan la demanda de frío: el aumento en la renta per cápita, el nivel de urbanización y el aumento de temperaturas presentes en México. Tomando en cuenta estos factores, se prevé un cambio e incremento en los patrones de uso y número de aparatos RAC en el país.

FIGURA 8. Variables que influyen en la demanda de enfriamiento.



Fuente: Elaboración UNO, 2021

Crecimiento demográfico: De 127 millones de habitantes se estima que la población del país crecerá a 148 millones de habitantes al 2050, con una tasa del 1.27%. Por consiguiente, a mayor población, se requerirán más equipos de aire acondicionado y refrigeración.

Acceso a la electricidad: En México el 98.7% de la población tiene acceso a la electricidad, mientras que cerca de 415,350 viviendas no cuentan con ella. En la medida en que la cobertura eléctrica aumente, habrá más posibilidades de acceso para dicha población a los equipos RAC.

Acceso a la vivienda: Existen 31.9 millones de viviendas y se estima que para el 2050 habrá 43.7 millones de casas más. La cantidad de viviendas tiene estrecha correlación con la cantidad de refrigeradores y equipos de aire acondicionado.

Población urbana: La tasa de urbanización de la población en el año 2010 fue del 77.8%. La migración rural a localidades urbanas se mantendrá en crecimiento para el año 2050 hasta alcanzar el 88.2%, por lo que impactará en una mayor demanda de electrodomésticos.

TABLA 7. Proyecciones de población y urbanización al 2050.

	Tasa Promedio de crecimiento anual			Población (Millones)		Porcentaje de urbanización	
	2000-2010	2010-2020	2020-2050	2020	2050	2010	2050
México	1.52%	1.40%	0.53%	128	148	77.8%	88.2%

Fuente: Elaboración propia con datos de la CONAPO.

Crecimiento del PIB per cápita: Por la magnitud del producto interno bruto (PIB), México ocupó la 15ª posición entre las economías más grandes del mundo en 2018, con un PIB de 1,221,000 USD, con un crecimiento sostenido en los últimos 15 años del orden del 2.11% anual. El crecimiento económico del país estimula los patrones de consumo, tanto en horas de operación como en primeras compras de electrodomésticos, así como el aumento en la capacidad de éstos para satisfacer un mayor nivel de confort en los consumidores en viviendas y comercios.

Calentamiento global: Es probable un aumento en las temperaturas de ciertas regiones del país que provoque un incremento en la tasa de crecimiento en la demanda de refrigeración y de aire acondicionado. La temperatura media a nivel nacional en 2019 registró 22.4°C, 1.5°C por arriba de la normal climatológica 1981-2010¹⁰. El verano de 2019 ha sido uno de los más calientes en los últimos 30 años y el mes de agosto de 2019 ha sido el más cálido en el registro histórico nacional de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) desde 1953, con un registro promedio nacional de 27°C.

¹⁰ CONAGUA. 2019. Reporte del Clima en México–Servicio Meteorológico Nacional. México. Enlace: smn.conagua.gob.mx

Tarifas eléctricas: En México el sector eléctrico divide sus tarifas en sector residencial, comercial e industrial. Las tarifas residenciales se definen a partir de la temperatura media de los seis meses consecutivos más cálidos del año. Éstas se activan por decreto y dependiendo de la localidad, tienen inicio entre los meses de marzo a mayo. En México para el uso residencial, la división de tarifas tiene un papel social, y se subdividen en ocho tarifas: 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F y DAC (Tarifa de Alto Consumo, que es la única que no cuenta con subsidio económico). Esta clasificación está orientada a generar un mayor nivel de subsidio en aquellas regiones climáticas extremas que demandan el uso de equipos de aire acondicionado para que la población pueda alcanzar el confort térmico en la vivienda y pueda desarrollar sus actividades.

La estructura de tarifas de la CFE brinda a la población ubicada en ciudades por arriba de 25°C la posibilidad de acceder a mayores subsidios por kWh excedentes, producto del consumo de energía para acondicionamiento de sus viviendas por uso del aire acondicionado durante la época de máximas temperaturas. El consumo máximo permitido antes de perder el subsidio gubernamental en Tarifa 1F era de hasta 30,000 kWh/año y en Tarifa 1 era de 3,000 kWh/año, por ello presenta los precios más bajos por kWh. Por disposición gubernamental es posible que se sitúen algunas localidades con una tarifa distinta a la que les correspondería por razones técnicas. A continuación, se muestra el límite máximo de consumo por tarifa, las temperaturas medias presentes y el porcentaje de territorio que abarcan las tarifas.

En un horizonte de largo plazo, se debe implementar una Hoja de Ruta para realizar una segmentación adecuada de la población y explorar medidas compensatorias, ajuste de escalones de consumo, con el objeto de incentivar en cierto segmento la adopción de medidas de refrigerantes de bajo PCG y eficiencia energética, para modernizar tanto propiedades como equipos.

TABLA 8. Límite máximo de consumo por tarifa.

Tarifa		1	1A	1B	1C	1D	1E	1F
Límite para ingresar a tarifa de alto consumo	[kWh / año]	3,000	3,600	4,800	10,200	12,000	24,000	30,000
Temperatura media en verano	[°C]	<25°C	<25°C	28°C	30°C	31°C	32°C	33°C
Territorio Nacional	%	26.91%	11.31%	16.71%	22.89%	6.92%	10.97%	3.96%

Fuente: Elaboración propia con datos de CFE.

Pobreza energética

Una de las definiciones de **pobreza energética** la establece como la condición de un hogar al usar 10% o más de su ingreso familiar en la cobertura de sus necesidades de servicios energéticos¹¹ con un vínculo indisoluble entre el acceso a servicios de energía y la calidad de vida de la población.

La pobreza energética se relaciona, entonces, con bajos ingresos y con el uso de electrodomésticos ineficientes que incrementan la facturación eléctrica.

Los refrigerantes de bajo PCG y la eficiencia energética son una herramienta importante que combate la pobreza energética en la que vive una gran parte de la población en México. Asimismo, contribuye al alivio fiscal por los subsidios evitados y facilita el acceso a mejores tecnologías para los mexicanos. Por consiguiente, se da un menor consumo de energía y se crean beneficios económicos y ambientales.

En México, en 2020, poco más de 24 millones de personas no contaban con refrigerador o tenían un refrigerador muy ineficiente, es decir, ese refrigerador no era modelo 2006 en adelante, el cual cumplía con la NOM-015-ENER-1997 o la NOM-015-ENER-2012 (ENCEVI, 2018), (INEGI, 2020). Por lo tanto, se incrementaron los altos consumos de energía, ya que este enser residencial representa cerca del 40% del consumo eléctrico en una vivienda¹² y evidencia un déficit en un servicio básico.

La deficiencia en el acceso a servicios de aire acondicionado, indispensables para una adecuada calidad de vida en muchas regiones del país, es un tema que se debe resolver con equipos eficiente y mejoras en las envolventes de las edificaciones. La ENCEVI deja ver una gran oportunidad de brindar acceso al aire acondicionado en todo el territorio mexicano, en especial en las regiones del sureste mexicano.

¹¹Rigoberto García-Ochoa (2016) *Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional*. Econ. soc. territ vol.16 no.51 Toluca may./ago. 2016 Disponible en: [Http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=51405-84212016000200289](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=51405-84212016000200289)

¹²UNO 2018. *RAC Standards and State of the Art. Part 2*.



5

NORMATIVIDAD Y
COLABORACIÓN REGIONAL

5. NORMATIVIDAD Y COLABORACIÓN REGIONAL

Normatividad para equipos RAC

La normatividad es una herramienta clave para la mejora de la eficiencia energética. Las normas obligatorias son consideradas como el instrumento más costo-efectivo para movilizar la transición hacia equipos con mayor eficiencia. Por otro lado, las normas voluntarias son un importante instrumento el cual incluye requerimientos de mayor desempeño o requisitos técnicos que no se establecen en las normas obligatorias.

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)

Las NOM son los estándares obligatorios en México para los servicios, productos y sistemas que se comercializan en el país, con los cuales se garantiza que los productos que llegan a los usuarios tengan características mínimas que salvaguardan su seguridad y funcionamiento.

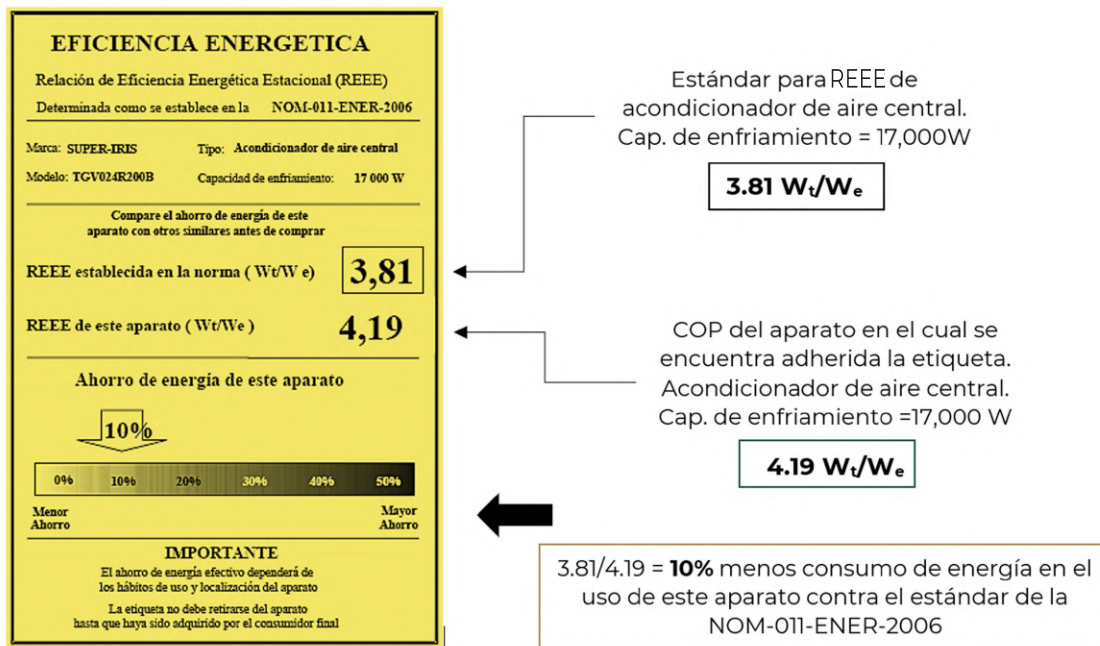
Las Normas Oficiales Mexicanas de EE (NOM-ENER) son especificaciones técnicas, de aplicación obligatoria, que integran tecnología de punta para asegurar un uso más eficiente de la energía en los aparatos, equipos y sistemas que se fabriquen y comercialicen en el país. Los avances tecnológicos que se han logrado en el diseño y fabricación de equipos y sistemas que utilizan energía, han incidido positivamente para disminuir el consumo de esta. Con la aplicación de las NOM-ENER, se contribuye a la preservación de los recursos energéticos no renovables, al cuidado de la economía de las familias y las empresas, y a disminuir la emisión de contaminantes al medio ambiente.

La SENER a través de la CONUEE es la entidad del gobierno mexicano encargada de expedir las NOM-ENER y de aprobar a los organismos de evaluación de la conformidad que se conforma por laboratorios de prueba, organismos de certificación y unidades de inspección quienes contribuyen al cumplimiento de las NOM-ENER.

Sistema de etiquetado de las NOM

Los equipos RAC deben cumplir con su correspondiente NOM para que puedan ser comercializados en México, incluyendo una etiqueta comparativa (Figura 9) que muestra la EE mínima requerida, la eficiencia energética del equipo que se busca comprar y el porcentaje de ahorro de energía contra el valor mínimo de la norma de cumplimiento.

FIGURA 9. Etiquetado de eficiencia energética NOM-011-ENER-2006.



Fuente: Elaboración propia

Normas Mexicanas (NMX)

Las NMX son estándares voluntarios que contienen regularmente parámetros de referencia que, si bien no son obligatorios por parte de la autoridad, su cumplimiento deriva en beneficios económicos, así como la obtención de sellos comerciales de garantía de un mejor desempeño ambiental.

Estándar de alto desempeño, Sello FIDE

Los estándares voluntarios califican el desempeño Premium en eficiencia, el cual se conoce como Sello FIDE en México y establece requerimientos de Fideicomiso para el Ahorro de la Energía Eléctrica (FIDE), que rebasan los mínimos exigidos en las NOM.

México cuenta actualmente con siete NOM de equipos RAC y seis estándares de alto desempeño (Sellos FIDE), que son complementarios para dichas categorías.

El sistema normativo mexicano cuenta con estándares de mandato obligatorio que buscan también regular el nivel de eficiencia mínima que deben tener las envolventes de los edificios tanto residenciales como comerciales. Estos estándares buscan minimizar la ganancia térmica al interior de los edificios con el objeto de reducir la demanda del consumo de energía eléctrica en el uso de equipos de aire acondicionado para alcanzar el confort.

TABLA 9. Estándares obligatorios y voluntarios para RAC residencial en México.

Equipo	Norma obligatoria	Norma voluntaria [Especificación]
Refrigeradores y congeladores residenciales	NOM-015-ENER-2018	FIDE 4111
Refrigeradores y congeladores comerciales auto contenidos	NOM-022-ENER/SCFI-2014	FIDE 4117
Unidades condensadoras y evaporadores para refrigeración remota	NOM-012-ENER-2019	-
AC Split/multi split	NOM-023-ENER-2018	FIDE 4121
AC tipo central	NOM-011-ENER-2006	FIDE 4116
AC tipo cuarto	NOM-021-ENER/SCFI-2017	FIDE 4113
AC Split-inverter	NOM-026-ENER-2015	FIDE 4174

Fuente: UNIDO RAC Standards and the State of Art, 2018.
CONUEE norma para acondicionadores de aire unitarios del sector comercial NOM-022-ENER/SCFI-2021

Nota: CONUEE nueva norma para acondicionadores de aire unitarios del sector comercial NOM-022-ENER/SCFI-2021.
Actualización de la norma NOM-011-ENER/SCFI-2022.

TABLA 10. Estándares complementarios de RAC en México.

Equipo	Norma obligatoria
Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales	NOM-008-ENER-2001
Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios para uso residencial	NOM-020-ENER-2011

Fuente: CONUEE

En temas de envolvente se cuenta con estándares orientados a las especificaciones de los aislantes térmicos (NOM-018-ENER-2011), así como para las características térmicas y ópticas de vidrios y sistemas vidriados para edificaciones (NOM-024-ENER-2012).

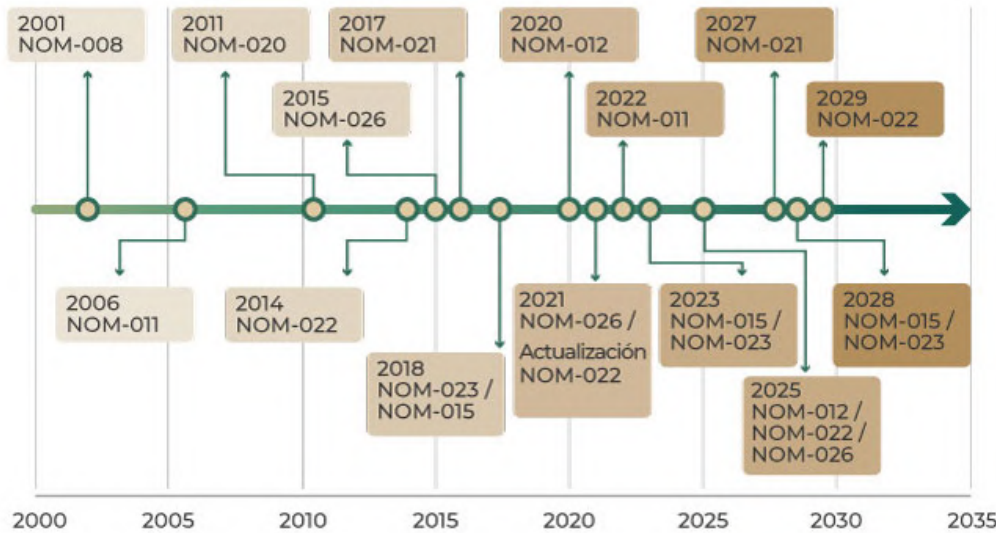
En cuanto a los estándares voluntarios en edificios existen los estándares NMX-AA-164-SCFI-2013 y NMX-AA-171-SCFI-2014 que incluyen requisitos en temas de agua, desechos y energía en edificios orientados al hospedaje. Dichas normas fueron publicadas por la Semarnat. La relación de eficiencia y parámetros de consumos de energía mínimo de la totalidad de los estándares de la normatividad mexicana es posible consultarla en el documento anexo al PAE.

El sistema de normalización mexicano ha permitido en términos generales tener un inventario relativamente renovado y actualizado de equipos instalados en las viviendas y comercios de buen desempeño energético.

El conjunto de NOM para equipos RAC, es la principal herramienta regulatoria que se cuenta para adoptar la eficiencia energética y los refrigerantes de bajo PCG y en el sector RAC. Los equipos que ingresan al mercado presentan un desempeño mínimo que asegura un consumo eficiente. Es necesario aprovechar la actualización de los estándares obligatorios y voluntarios como medida para adoptar las mejores tecnologías y que la renovación del mercado contribuya en la reducción del consumo eléctrico.

Las últimas actualizaciones, como es el caso de la NOM-022, incluyen lineamientos de seguridad para el uso de refrigerantes inflamables (hasta 150 gr.) en equipos autocontenidos de uso comercial. En un futuro cercano será muy importante regular los equipos de mediana y gran capacidad que tengan la mayor penetración en el mercado, que usen hidrocarburos y otras alternativas a los HFC y que ameriten especial atención en el tema de seguridad. Al finalizar el 2021 se contaba con 34 NOM-ENER.

FIGURA 10. Posible calendario de actualización de estándares obligatorios de RAC en México.



Fuente: Elaboración propia.

Es necesario también realizar los estudios de factibilidad que permitan normar a los equipos de aire acondicionado comercial mayores a 5 toneladas de refrigeración (TR), que son equipos que actualmente no cuentan con estándar obligatorio ni voluntario.

Laboratorios de prueba

Organismos de evaluación de la conformidad (OEC)

Persona acreditada por una Entidad de Acreditación o en su caso, por la Autoridad Normalizadora y, cuando se trate de Normas Oficiales Mexicanas, Estándares, Normas Internacionales ahí referidos o de otras disposiciones legales; en caso de que la acreditación sea realizada por una Entidad de Acreditación el Organismo deberá ser aprobado por la Autoridad Normalizadora competente, para llevar a cabo la Evaluación de la Conformidad. La Dirección de Evaluación de la Conformidad es la encargada de aprobar y vigilar la infraestructura para evaluar la conformidad de las NOM-ENER.

Al cierre de 2021, la Dirección de Normatividad en EE de la CONUEE cuenta con 90 laboratorios de pruebas, 215 unidades de inspección y 21 organismos de certificación para las diferentes NOM-ENER vigentes, incluyendo las de RAC.

TABLA 11. Estructura para la evaluación de la conformidad de las NOM-ENER al cierre del 2021 en México.

Laboratorios de pruebas	86
Unidades de verificación	215
Organismos de certificación	13

Fuente: CONUEE 2020.

Regulaciones para carga de refrigerantes naturales. Estándares internacionales relacionados con el uso de refrigerantes inflamables

La introducción de equipos y sistema RAC que utilicen refrigerantes inflamables como los hidrocarburos requerirá esfuerzos adicionales en materia de normatividad. En este sentido, se están realizando esfuerzos en el país para revisar los límites de carga actuales para refrigerantes inflamables dentro de varias normas internacionales relevantes para el sector de refrigeración y aire acondicionado. Sin embargo, el proceso es largo y los plazos para la revisión no están claros en la mayoría de los casos. En general, el desarrollo de requisitos es mucho más avanzado para los refrigerantes A2L, medianamente inflamables, que para los refrigerantes A3 (hidrocarburos) que son altamente inflamables.

Las normas internacionales de producto están siendo revisadas por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). A principios de 2019, se revisó el estándar de seguridad IEC 60335-2-89 y con ello aumentó el límite de carga para refrigerantes inflamables en aparatos de refrigeración comerciales autónomos. Los límites de carga han aumentado de 150 gr a 500 gr para los refrigerantes A3 más inflamables. Para las alternativas levemente inflamables (A2 y A2L), el límite ha aumentado de 150 gr a 1.2 kg. En el caso de IEC 60335-2-40 (aire acondicionado y bombas de calor), una propuesta para abordar el tamaño de la carga de A3, A2 y A2L y las medidas de mitigación se encuentra actualmente en la etapa de borrador del comité, y se espera una norma revisada en el período 2021-2022. Con la publicación del IEC 60335-2-89 y la eminente publicación del IEC 60335-2-40, las versiones mexicanas de las normas deberán ser adaptadas y actualizadas (NMX-J-521/2-24-ANCE-2014 y NMX-J-521/2-40-ANCE-2014) y con ello se podrán entonces introducir y propagar el uso de equipos que empleen hidrocarburos como refrigerantes de bajo PCG en México. Por lo que, esta acción se contempla a mediano plazo para su desarrollo dentro del PAE.

Sector servicios

El sector servicios del enfriamiento se orienta al capital humano de instalación, operación y retiro de equipos de refrigeración y aire acondicionado. En México, se requiere la creación y el fortalecimiento de capacidades en un proceso donde debe acercarse a todas las partes, la divulgación de información y cursos de capacitación; así como sensibilizar a la población en general sobre la importancia de procesos adecuados en el mantenimiento enfocado, y con la inclusión del tema de eficiencia energética para reducir el consumo de electricidad. Se requiere el desarrollo tanto de la alta especialización de ingenieros como de la creación y fortalecimiento de capacidades de técnicos. La capacitación debe ser regulada, monitoreada, así como la constante actualización y certificación del personal y de organizaciones que contribuyan en satisfacer la demanda del mercado de servicios de mantenimiento y de eficiencia energética.

Sector formal y técnicos independientes

Existen en el país empresas, profesionales e ingenieros altamente capacitados en el sector de la refrigeración y el aire acondicionado, muchos de ellos cuentan con certificados y/o son agremiados de asociaciones importantes. De manera general, se pueden asumir buenas prácticas en diseño, instalación, operación y mantenimiento de los equipos y una cierta conciencia sobre la importancia de la eficiencia energética en su campo laboral. Aun así, es menester mantener la actualización y reforzar la teoría y práctica en el abordaje de la eficiencia energética, aunado al componente del manejo apropiado de refrigerantes.

Sin embargo, se ha identificado un déficit de capacidades y conocimientos en el tema de eficiencia energética y el manejo de refrigerantes por parte de los operadores y personal de mantenimiento de los equipos RAC de las empresas usuarias. Se puede atender este segmento con programas de capacitación y de difusión a nivel usuarios y operarios.

Por la naturaleza formativa y de trabajo, puede existir desconocimiento y desatención por una parte importante de los técnicos independientes sobre los beneficios de la eficiencia energética en términos de competitividad y como oferta del cuidado del rendimiento de los equipos en los servicios de puesta en marcha y mantenimiento. Cabe mencionar que este desconocimiento y desatención ocurre también con el manejo de refrigerantes. Es importante y recomendable focalizar los esfuerzos y atender las regiones de mayor potencial de acuerdo con la ubicación y condiciones climáticas, priorizando las cálidas; así como generar cuadros profesionales de técnicos de manera regional para maximizar la operación de los equipos a los equipos RAC.

A la fecha, la UNO ha capacitado a 4,044 técnicos, en el manejo apropiado de sustancias refrigerantes, proporcionando conocimiento y herramientas para su puesta en marcha. Este canal podría ser aprovechado para incorporar el componente de eficiencia energética.

Infraestructura de educación y capacitación

En México, el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER), es una entidad paraestatal, que coordina y promueve el Sistema Nacional de Competencias (SNC) para asegurar que México cuente con empresarios, trabajadores, docentes, estudiantes y servidores públicos más competentes. Además, se considera un actor clave en la capacitación para el sector RAC.

Adicionalmente, muchas empresas fabricantes y distribuidoras de equipos RAC capacitan a técnicos de sus filiales de servicios y a una proporción de técnicos independientes. En nuestra opinión esta función es muy trascendente y destacable.

Certificados oficiales

El Estándar de Competencia describe el conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes con las que debe contar una persona para ejecutar una actividad laboral, con un alto nivel de desempeño. En México se impulsan tres estándares de competencia oficial orientados a la capacitación y certificación del personal dedicado a la instalación, operación, mantenimiento y puesta en marcha de los equipos de aire acondicionado¹³.

Estándar de Competencia EC0850 – Instalación y Mantenimiento de sistemas RAC.

Capacitación y certificación de personal para instalación, puesta en marcha, mantenimiento y reparación de refrigeración y climatización de equipos residenciales.

Estándar de Competencia EC0443 – Instalación y mantenimiento de sistemas de aire acondicionado y refrigeración comercial.

Capacitación y certificación de las personas que instalan y dan mantenimiento a sistemas de aire acondicionado y refrigeración del tipo comercial. Abarca planificación de capacidades de la instalación, lo cual es muy relevante para un bajo consumo de energía durante la operación. Incluye el mantenimiento, instalación y el mantenimiento de sistemas RAC comercial de baja capacidad.

¹³Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales. (CONOCER) 2020. México. Enlace: <https://conocer.gob.mx/como-certifico-mis-competencias/>

Estándar de Competencia EC0506 – Prestación de servicios de instalación y mantenimiento de sistemas de refrigeración de hasta 25 Toneladas de Refrigeración (TR).

Capacitación y certificación de instalación, puesta en marcha, mantenimiento, reparación, reconversión y actualización de sistemas de refrigeración de hasta 25 TR, sin importar el área de aplicación (residencial, comercial e industrial). En esta capacitación se incluyen los procedimientos técnicos de las buenas prácticas, del manual elaborado por Semarnat/ONUDI y del libro oficial de consulta, servicio y operación de equipos de refrigeración comercial.

En los estándares actuales aún no se consideran certificaciones oficiales en el manejo de refrigerantes naturales, dióxido de carbono (CO₂) o hidrocarburos. Es necesario incorporar los conceptos de refrigerantes de bajo PCG y eficiencia energética al mismo nivel del manejo de sustancias y adecuada operación de los equipos. Esta debe ser una de las áreas prioritarias para mejorar el desempeño energético del sector RAC en México a partir de las buenas prácticas y buen diseño, instalación y mantenimiento de los equipos. Es necesario continuar de igual forma con los esfuerzos de promoción y actualización para el conocimiento y aplicación de la normatividad de envolventes eficientes en el currículo de programas de profesión técnica y licenciaturas, vinculados a las actividades de diseño y construcción de viviendas y usos comerciales.

Dentro de las líneas de acción se debe incorporar la equidad de género en las capacitaciones y formación de cuadros profesionales y técnicos en RAC en México, como política alineada a las metas nacionales de desarrollo nacional.

Un mayor nivel de EE en el sector de la refrigeración y el aire acondicionado en México es un proceso con medidas de corto a largo plazo que involucra la participación de todos los niveles de gobierno, fabricantes, comerciantes del sector, actores económicos y población en general para la adopción y reconversión a nuevas tecnologías energéticamente más eficientes, así como el aprovechamiento de tecnologías que reduzcan la demanda de aire acondicionado. El aprovechamiento de la eficiencia energética en el sector RAC requiere la modificación de patrones de construcción, diseño y operación de instalaciones, patrones de consumo y de compra de equipos, así como la promoción de la mejora continua de la EE en el sector RAC.

Estándar de competencia EC1390-Prestación de servicios de instalación y servicios de sistemas de climatización/aire acondicionado de hasta 3 TR.

El estándar de competencias sirve como referente para la evaluación y certificación de las personas que presten servicios de instalación y mantenimiento de sistemas de climatización/aire acondicionado de hasta 3 TR. Asimismo, puede ser referente para el desarrollo de programas de capacitación y de formación basados en

Estándares de Competencia (EC).

Este Estándar contiene las competencias para la presentación de servicios en el desarrollo de las diferentes actividades que involucran la instalación, puesta en marcha, mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo de sistemas de climatización/aire acondicionado de hasta 3 toneladas. Pueden ser divididos y minisplit descarga libre, sin ductos y de expansión directa.



6

POTENCIAL
DE MITIGACIÓN

6. POTENCIAL DE MITIGACIÓN

Como se ha visto previamente, con el escenario tendencial de crecimiento de los equipos RAC y sus consecuentes emisiones asociadas (directas e indirectas), el país pasará de 56 MtCO₂e en 2019 a 88 MtCO₂e en el 2030.

En el Diagnóstico Nacional para la Mitigación de Emisiones por Hidrofluorocarbonos de México (Semarnat, CINAM, et al, 2020) se estimó un potencial de mitigación de emisiones directas por proyectos asociados a equipos del sector RAC de cerca de 2 MtCO₂e. La implementación de dichos proyectos está condicionada a la obtención de fondos del PM**.

El potencial de mitigación adicional por la cartera de proyectos propuesta en este Plan es de 62.9 ktCO₂e por concepto de ahorro de energía, mientras que por el control de refrigerantes implicaría 79.2 ktCO₂e mitigadas. El potencial nacional identificado que se lograría expandiendo los proyectos piloto es de 1,956 ktCO₂e por ahorro de EE y 2,039 por manejo adecuado de gases refrigerantes. Esta contribución sigue la misma métrica que las NDC y la mitigación anualizada, y está condicionada a fondos adicionales.

TABLA 12. Potencial de emisiones anualizadas por los proyectos del Plan de Acción en Enfriamiento.

Emisiones indirectas (Anual)	Proyectos	62.9	[ktCO ₂ e]
	Potencial	*1,956.1	[ktCO ₂ e]
Emisiones directas	Proyectos	79.2	[ktCO ₂ e]
	Potencial	*2,038.9	[ktCO ₂ e]

Fuente: Elaboración propia.

* No están incluidos en este Plan.

** Medidas de mitigación 1 a 7 que corresponden a equipos RAC (SEMARNAT, 2020, p. 61)



7

EJES ESTRATÉGICOS
Y LÍNEAS DE ACCIÓN

7. EJES ESTRATÉGICOS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

Para la elaboración del diagnóstico del Plan, se realizó una documentación e investigación bibliográfica con base en documentos precedentes de las políticas vigentes, análisis sectoriales, la información pública disponible, la última generación de tecnologías RAC disponibles en el país, políticas internacionales, tendencias de mercado nacional y global, entre otras fuentes de información.

Por su parte, el diseño del contenido estratégico ha tenido un largo recorrido de participación inclusiva, que ha ido integrando más miembros en su desarrollo. Desde el comienzo de las actividades, se ha buscado la inclusión de todas las voces que están relacionadas con el sector RAC. A manera de síntesis, se enlistan las actividades que han dado lugar al presente Plan:

1. Construcción de un grupo de trabajo con las partes de interés.
2. Taller de inicio con dos actividades participativas (fuentes de información y oportunidades de proyectos).
3. Construcción del marco teórico. Diagnóstico general del sector de la refrigeración y aire acondicionado, del sector eléctrico, los refrigerantes de bajo PCG y la eficiencia energética en equipos RAC en México.
4. Consultas (entrevistas) con actores clave a lo largo del periodo de trabajo.
5. Identificación de oportunidades para políticas y proyectos.
6. Definición de acciones para la implementación del PAE.
7. Definición del portafolio de proyectos y evaluación económico-financiera.
8. Elaboración de documento del PAE.
9. Consulta pública de contenido estratégico.

Actores relevantes del sector RAC

Un elemento clave en el proceso de elaboración del PAE para México ha sido la identificación con todos los actores relevantes del sector del acondicionamiento de aire y la refrigeración en el país. Se han identificado el rol de participación, la influencia e impactos potenciales que las políticas recomendadas puede tener en ellos. El objetivo del PAE ha sido escuchar a todas las voces de la mayor cantidad de partes clave interesadas en experiencias e influencias para el éxito de este Plan. La visión ha sido la de colaboración e incluir las distintas perspectivas para adoptar las acciones que se requieren para saltar las barreras y tener un panorama más eficiente en el RAC de México.

Algunas de las entidades clave que participan en el proceso de discusión del PAE son las siguientes:

- Secretaría de Energía, SENER. Dependencia federal encargada de la política energética del país.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, CONUEE.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Semarnat. Dependencia federal encargada de la política ambiental del país.
- Dirección General de Políticas de Cambio Climático, DGPCC.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC.
- Dirección General de Industria, Energías Limpias y Gestión de la Calidad del Aire, DGIELGCA.

- Unidad Nacional de Ozono, UNO.
- Fideicomiso para el Ahorro de la Energía Eléctrica, FIDE. Fideicomiso encargado de múltiples proyectos de sustitución masivos a nivel residencial y a nivel de micro y pequeñas empresas en México.
- Administración General de Aduanas, SHCP.
- Kigali Cooling Efficiency Program, K-CEP.
- Agencias de cooperación internacional (PNUD, ONUDI, GIZ, AFD, AIE, EBM).
- Empresas de manufactura de equipos RAC y representantes de fabricantes de equipos RAC en México.
- Cámaras de fabricantes y distribuidores de equipos RAC.
- Cámaras y asociaciones de promoción de la eficiencia energética.
- Asociaciones de tiendas de autoservicio y del sector comercial.
- Desarrolladores y empresas de la construcción.
- Fondos de Inversión.
- Empresas de servicio y mantenimiento.
- Usuarios finales.
- Academia y centros de investigación y desarrollo.

Estructura de los ejes estratégicos

Las líneas de acción establecidas en el PAE están divididas en seis ejes estratégicos generados con base en las recomendaciones para elaboración de los planes de acción en enfriamiento, pero más aún, basados en las áreas prioritarias de trabajo desde la política nacional y alineados a las mismas. Los seis ejes son los siguientes:

1. Políticas y programas
2. Normatividad
3. Tecnologías eficientes
4. Desarrollo de capacidades nacionales
5. Financiamiento
6. Divulgación y comunicación

Las líneas de acción se fundamentan en el proceso participativo y de consulta para los diferentes actores involucrados en la actividad del enfriamiento en el que se identificaron áreas de oportunidad, barreras y necesidades en cada eje para tener resultados en el campo de la realidad. Las líneas de acción del PAE buscan resolver problemas identificados que obstaculicen el cumplimiento de las metas en refrigerantes de bajo PCG y la eficiencia energética, reducir bajo condiciones de viabilidad económica las emisiones indirectas originadas por el sector RAC en México, promover el cumplimiento de las metas en refrigerantes de bajo PCG y eficiencia energética y contribuir al desarrollo y bienestar socioeconómico del país.

Las líneas de acción tienen tres horizontes temporales para su cumplimiento los cuales están alineados a la Hoja de Ruta de la EK:

- Corto plazo (CP): 2021-2023
- Mediano plazo (MP): 2024-2028
- Largo plazo (LP): 2029-2045

EJE 1

Eje estratégico 1. Políticas y programas

La instrumentación del PAE requiere de una coordinación transversal entre los sectores ambiental, de energía y diversos actores involucrados en la actividad, con el objetivo de sumar esfuerzos para poder superar las barreras que existen. De esta forma se alcanzará la articulación de instrumentos que logren ejecutar las políticas y acciones de aceleración de la EE y la transición a refrigerantes de bajo PCG en el sector RAC.

Las políticas y programas actuales son la punta de lanza de las propuestas que se plantean en este Plan: se destacan la EK y las metas nacionales de EE y las NDC. Es importante reconocer su trascendencia y resultados en materia de eficiencia energética y gases refrigerantes de bajo impacto ambiental; pero también, es necesario mencionar que se requieren fortalecer ciertos aspectos y complementar lo existente.

Líneas de acción

CORTO PLAZO (2021-2023)	MEDIANO PLAZO (2024-2028)	LARGO PLAZO (2029-2045)
Promover el trabajo interinstitucional entre SENER/CONUEE, Semarnat/DGPCC, INECC y la Unidad Nacional de Ozono para la promoción de la eficiencia energética en el sector RAC y alcanzar metas nacionales.		
Integrar las metas nacionales de la eficiencia energética, las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional y los compromisos de la EK en un instrumento que permita su seguimiento y cumplimiento.*		
	Promover el componente de uso de refrigerante de bajo PCG en equipos RAC, alineado a la EK, en los programas de eficiencia energética que actualmente lleva a cabo la CONUEE.	
Fortalecer las capacidades de la Unidad Nacional de Ozono en materia de eficiencia energética.		
Documentar acciones a nivel subnacional que fortalezcan las capacidades en la eficiencia energética, en refrigerantes de bajo PCG, y faciliten programas estatales municipales que abonen a las metas nacionales.		
Promover los refrigerantes de bajo PCG y la eficiencia energética en equipos RAC en proyectos de auto abasto y generación distribuida en el sector comercial.		
Promover la equidad de género y motivar la participación de la mujer en temas profesionales y técnicos de la eficiencia energética en el sector RAC en México.		
Fortalecer y promover los programas existentes de EE para sustitución de equipos ineficientes de RAC en comercios y vivienda.		
Impulsar mecanismos que permitan la correcta disposición de equipos RAC al final de su vida útil.		

*La naturaleza del instrumento puede ser orientativo, vinculante o normativo. En el caso de este Plan de Acción en Enfriamiento se trata de un instrumento orientativo que incluye las tres metas como referencia.

EJE 2

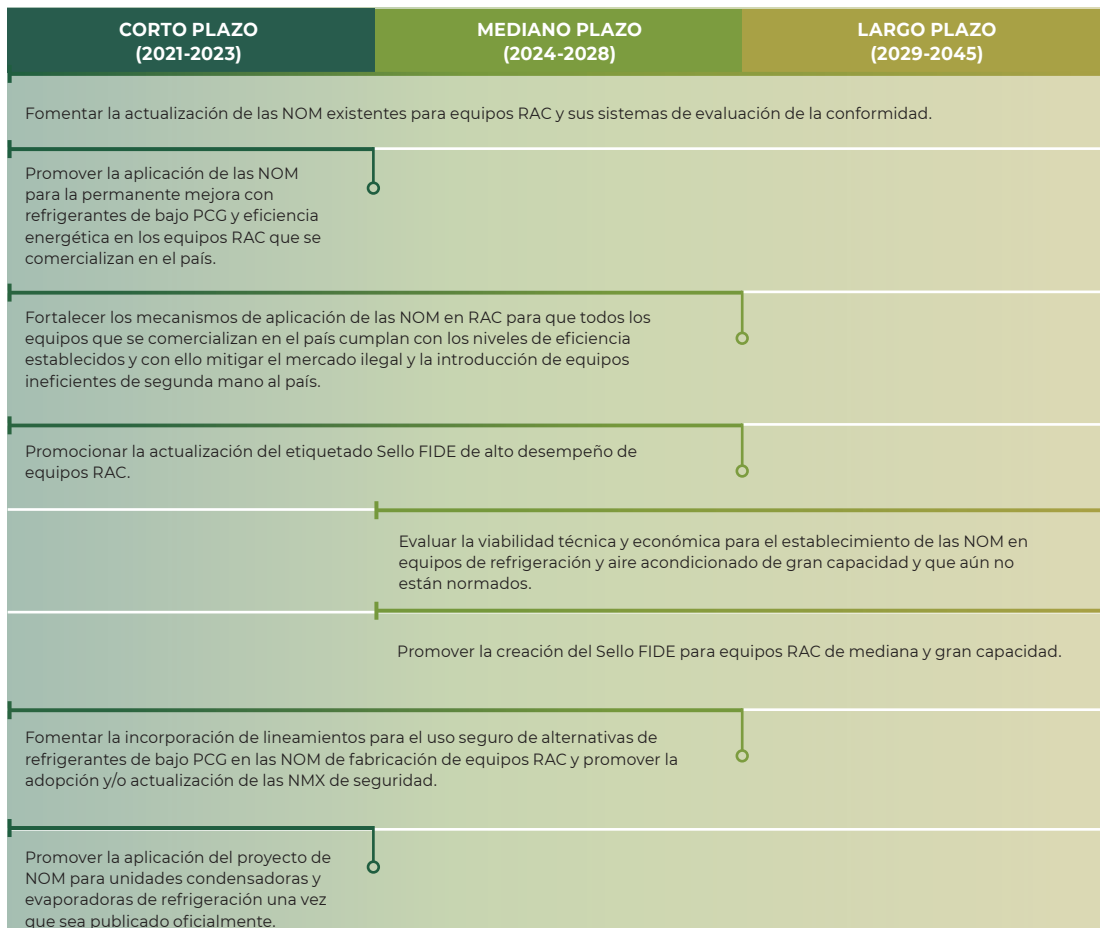
Eje estratégico 2. Normatividad

México cuenta con un sistema robusto de normatividad con 34 Normas (NOM) publicadas por la CONUEE / SENER en eficiencia energética, de las cuales siete están orientadas al tema de la refrigeración y al aire acondicionado. La normalización en el país es una poderosa herramienta de política pública de cuidado de recursos públicos y del medio ambiente que especifica los requisitos de rendimiento energético de los equipos (que limitan la cantidad máxima de energía que pueden consumir) y es aplicable a todos los aparatos que se comercializan en el país, con lo que involucra a todos los participantes de la cadena productiva y de consumo.

La normalización obligatoria se considera como el mecanismo más costo- efectivo para mantener el uso eficiente de la energía en los equipos y sistemas. Por eso es imperativo impulsar líneas de acción en este rubro, con el fin de maximizar los beneficios energéticos aprovechando la infraestructura existente.

Los complementos a la normatividad obligatoria son las (NMX) y el Sello FIDE. Este compendio de normas voluntarias brinda la posibilidad de mejores prácticas e ir más allá de lo establecido en las NOM. También son un aspecto estratégico para avanzar hacia la transformación del sector RAC.

Líneas de acción



EJE 2

CORTO PLAZO (2021-2023)	MEDIANO PLAZO (2024-2028)	LARGO PLAZO (2029-2045)
Evaluar la viabilidad del rediseño de la etiqueta actual de las NOM para equipos RAC con el fin de lograr mayor impacto en la toma de decisión de los usuarios hacia los equipos de mayor eficiencia.		
Evaluar la viabilidad del rediseño de la factura de la CFE para incorporar la temperatura promedio (mensual o bimestral) en la gráfica de consumo eléctrico para un adecuado análisis en el consumo de energía por parte de equipos RAC, y conseguir mayor impacto en la visibilidad y toma de decisión de los usuarios hacia los equipos de mayor eficiencia.		
Promover las normas y estándares voluntarios para el diseño eficiente de la envolvente de los edificios residenciales y comerciales para reducir las cargas térmicas y en consecuencia, las necesidades de capacidad de AC.		
Promover y divulgar los beneficios de las NOM de envolvente para su incorporación en los reglamentos de construcción en los municipios con mayor crecimiento urbano y destinos turísticos.		
Promover el uso de la recientemente publicada NOM-012-ENER-2019, referente a EE de unidades condensadoras y evaporadoras para refrigeración.		
	Promover la incorporación de refrigerantes de bajo PCG en la NOM-012-ENER-2019 .	
Brindar talleres para la divulgación masiva de herramientas digitales de CONUEE de normatividad en envolventes eficientes.		
Promover el uso de las normas voluntarias sobre edificación sostenible en términos de eficiencia en la envolvente, reducción de requerimientos mecánicos de aire acondicionado y calidad interior del aire de los espacios cerrados.		
Promover las NOM de eficiencia energética sobre envolvente (NOM-020-ENER-2011 y NOM-008-ENER-2001) normas mexicanas y otras referencias voluntarias.		

EJE 3

Eje estratégico 3. Tecnologías eficientes

La evolución tecnológica y el acceso a los mejores equipos desempeñan un papel fundamental en el aumento de la eficiencia energética. Las variables que regulan el cambio tecnológico son diversas: costo de los equipos, capacidad nacional para la producción, mecanismos de importación, usos y costumbres, entre otras.

Es central apostar a la actualización tecnológica de los equipos RAC que se comercializan en el país con el fin de disponer en el mercado nacional los más eficientes equipos y con refrigerantes del menor impacto ambiental posible. Es importante promover de igual forma el reciclaje de los equipos al fin de su vida útil por medio de la recuperación de refrigerantes, y evitar la generación de mercados secundarios.

Líneas de acción

CORTO PLAZO (2021-2023)	MEDIANO PLAZO (2024-2028)	LARGO PLAZO (2029-2045)
		Promover las tecnologías RAC con el mayor desempeño disponible en el mercado global en México.
Incorporar el componente de eficiencia energética en los proyectos de reconversión tecnológica para el uso de refrigerantes de bajo PCG.		
	Promover el desarrollo de proyectos piloto y masivos de sustitución de equipos RAC ineficientes, con refrigerantes de alto PCG y con más de 15 años de antigüedad a nivel subnacional.	
Promover la adopción y reconversión de tecnologías de alto desempeño en sistemas RAC en el país.		
	Evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar distritos de frío en el país.	
Incentivar el control de fugas de refrigerantes, la medición del consumo eléctrico y la generación de indicadores de la EE de los equipos RAC durante los servicios de mantenimiento.		
Promover la incorporación de tecnologías de la información y control inteligente en el monitoreo y operación de equipos.		
	Incentivar la investigación científica, la innovación y el desarrollo orientado a tecnologías de alta eficiencia, sistemas no convencionales y refrigerantes de bajo PCG.	
Promover las mejores prácticas de control inteligente de temperatura en el uso de AC en edificios.		
Implementar encuestas y otros mecanismos que permitan la caracterización de los equipos RAC instalados en el país y promover el registro y la medición de su consumo dentro de los segmentos residencial y comercial.		
Establecer mecanismos de medición y monitoreo de desempeño energético de los equipos RAC en edificios de la Administración Pública de distintas tipologías.		

EJE 4

Representa el principal componente para el desarrollo de una nación. México cuenta con una infraestructura de educación profesional y técnica que atiende al sector RAC desde muy diversos enfoques y necesidades. Con la expectativa de un mayor mercado y cambios en las prácticas y tecnologías en los próximos años, será indispensable planear acciones que respondan a este escenario.

Es importante integrar parámetros de eficiencia energética en futuros planes de estudio, la creación de capacidades orientadas al diseño de equipos, la divulgación y aplicación de las normas vigentes, la recopilación de datos, la generación de indicadores de consumo y el reconocimiento del etiquetado en equipos RAC para la correcta toma de decisiones en la vida laboral dedicada al sector del enfriamiento.

A nivel país, se requerirá la generación de capacidades en el sector de servicios orientados al uso de refrigerantes de bajo PCG, que conllevan a un inherente tema de seguridad laboral; se requerirán también acciones de capacitación ante el riesgo de inflamabilidad y toxicidad, por lo que es trascendental el desarrollo de capacidades técnicas para asegurar la penetración de estas tecnologías en ambientes controlados y seguros. Los retos son muchos, y por ende se necesitan acciones que salvaguarden al capital humano.

Líneas de acción

CORTO PLAZO (2021-2023)	MEDIANO PLAZO (2024-2028)	LARGO PLAZO (2029-2045)
Promover las herramientas existentes sobre mejores prácticas en diseño, operación y mantenimiento de sistemas y equipos RAC.		
Fortalecer el programa de certificación de técnicos del Registro Nacional de Estándares de Competencia con la incorporación de módulos de eficiencia energética en los planes de estudio de los estándares existentes de refrigeración.		
Desarrollar estándares de competencia y certificación en instalación, operación, seguridad y mantenimiento de equipos basados en refrigerantes alternativos de bajo PCG y alta eficiencia energética.		
Capacitar personal técnico en sistemas de monitoreo y verificación de ahorros energéticos.		
Fortalecer la capacitación e infraestructura para el manejo de refrigerantes y equipos al final de su vida útil.		
Promover las capacidades para la implementación de sistemas de gestión de energía.		
Desarrollar capacidades y certificación de diseñadores, constructores e instaladores de tecnologías eficientes, así como la aplicación de las NOM de envolventes térmicos en edificios comerciales y viviendas.		
Desarrollar manuales de buenas prácticas en RAC para empresas MI PYME.		
	Crear la infraestructura de centros dedicados al entrenamiento en equipos y tecnologías de alto desempeño.	
Promover proyectos pilotos demostrativos de nuevas tecnologías, mediante guías y presentación física del equipo.		
Desarrollar talleres de difusión de beneficios con la presentación del modelo de negocio y el acercamiento de ESCO a empresas del sector PYME.		

EJE 5

Eje estratégico 5. Financiamiento

El componente de financiamiento representa una pieza primordial para la implementación exitosa del PAE. Los proyectos propuestos en el PAE contribuyen al cumplimiento de los ejes estratégicos y complementan las brechas existentes en la actualidad del sector RAC. Para su desarrollo, los proyectos llevan adjudicados un costo. Este costo para cada proyecto es variable y está sujeto al apoyo financiero internacional para enfrentar los desafíos de la transformación exitosa del sector RAC en términos de la eficiencia energética y reducción del uso de tecnologías de alto PCG.

Los proyectos requerirán tanto grants como financiamientos, especialmente en los proyectos de sustitución masivas de equipos.

Líneas de acción

CORTO PLAZO (2021-2023)	MEDIANO PLAZO (2024-2028)	LARGO PLAZO (2029-2045)
Promover los proyectos del PAE con entidades financieras, agencias de cooperación internacional y otros fondos públicos y privados.		
Generar espacios de acercamiento entre organismos fondeadores y entidades que requieren financiamiento para proyectos de la eficiencia energética en equipos RAC.		
Generar y difundir una cartera de opciones financieras con sus condiciones de aplicación para proyectos de eficiencia energética en equipos RAC.		
Promover herramientas de evaluación de proyectos de la eficiencia energética que ayuden a brindar certeza para el acceso a financiamientos comerciales.		
	Difundir resultados económicos de proyectos exitosos.	
		Consolidar la participación de ESCO ¹⁴ en el sector RAC y en el sector comercial.
		Explorar incentivos económicos o fiscales para promover el cambio tecnológico hacia equipos más eficientes.

EJE 6

Eje estratégico 6. Divulgación y comunicación

La comunicación es el eslabón clave para el posicionamiento, difusión y aceptación de la eficiencia energética. Debe ser enfocada según el público objetivo, recordando que en el enfriamiento hay multiplicidad de factores y que cada uno cuenta con un enfoque y experiencia particulares.

A nivel país se deben promover los beneficios del uso eficiente de la energía y de los refrigerantes de bajo PCG para que no haya la menor duda de su conveniencia y se adopten con mayor facilidad en toda la cadena de valor.

Líneas de acción

CORTO PLAZO (2021-2023)	MEDIANO PLAZO (2024-2028)	LARGO PLAZO (2029-2045)
Difundir proyectos exitosos sobre refrigerantes de bajo PCG y eficiencia energética en RAC al público en general y responsables de comercios y MiPYMEs.		
	Diseñar y ejecutar campañas para concientizar sobre el uso eficiente de la energía y los beneficios del uso de refrigerantes de bajo PCG en sistemas y equipos RAC para darse a conocer entre los usuarios finales.	
Promover entre técnicos y especialistas, la difusión de las guías de información detallada sobre las tecnologías disponibles, consumos típicos y costo anual de operación.		
Promover y divulgar el PAE mediante talleres y webinars en los estados del país.		
Generar actividades de difusión y campañas para promover programas existentes para MiPYMEs entre comerciantes nacionales interesados.		
		Diseñar, desarrollar y ejecutar actividades de difusión masivas sobre la interpretación del contenido de la etiqueta NOM y Sello FIDE al público en general.
Organizar talleres para divulgar casos de éxito, indicadores y mejores prácticas de diseño y operativas.		



COSTO Y OPCIONES DE
FINANCIAMIENTO PARA
PROYECTOS IDENTIFICADOS
EN EL PLAN

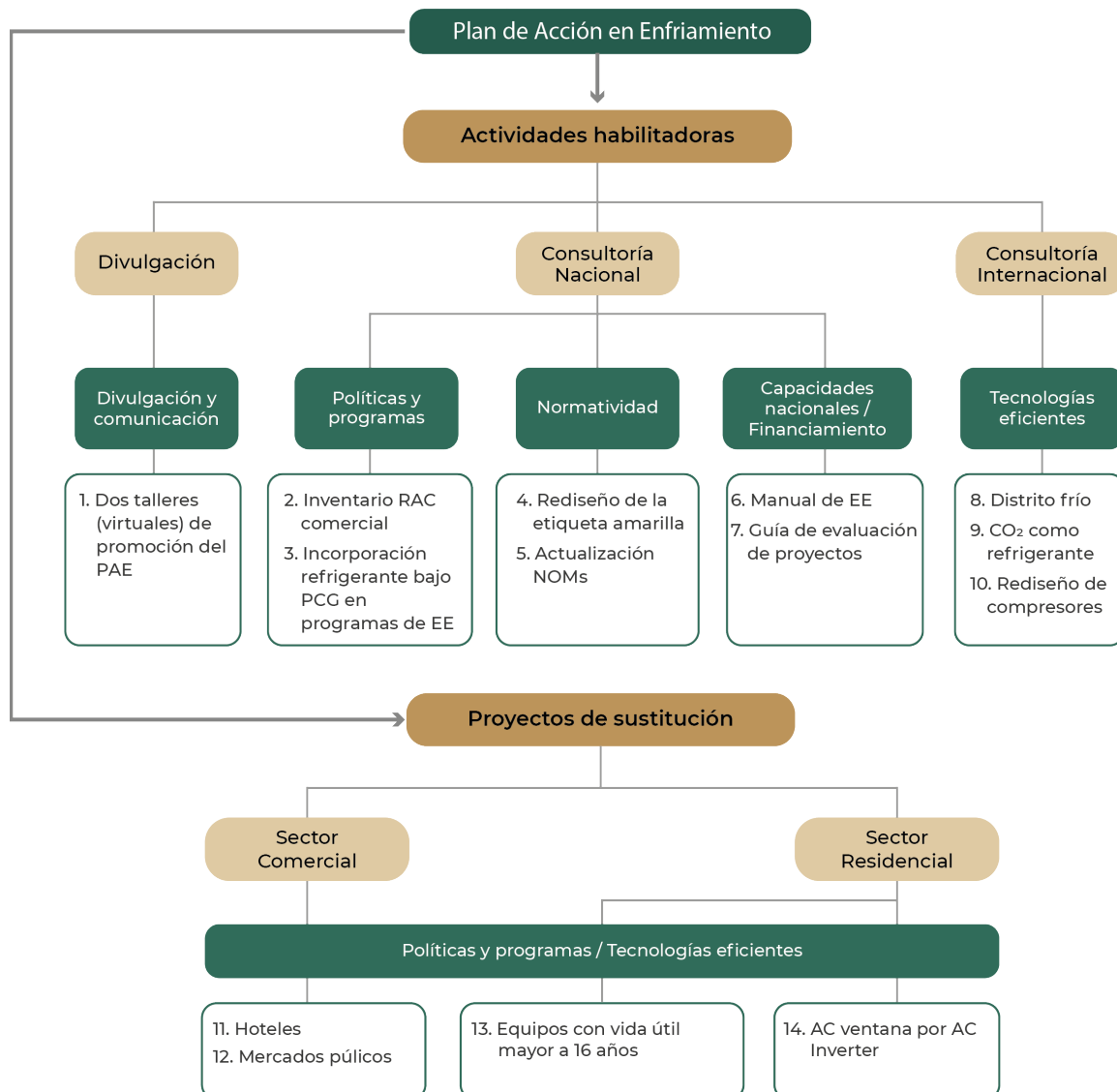
8. COSTO Y OPCIONES DE FINANCIAMIENTO PARA PROYECTOS IDENTIFICADOS EN EL PLAN

Esta sección analiza las opciones de financiamiento para implementar el PAE. Se ha decidido explorar como herramientas de promoción de la EE en el sector RAC, el financiamiento de proyectos para incentivar acciones sobre refrigerantes de bajo PCG y la eficiencia energética a mediano plazo. El impacto previsto será la introducción acelerada en el mercado de aparatos ecológicos y energéticamente eficientes.

Los proyectos están presentados en dos categorías:

- Actividades habilitadoras, que refieren a estudios de consultoría y eventos de promoción para generar condiciones que faciliten la implementación del Plan y sus proyectos.
- Proyectos de sustitución, que establecen el cambio tecnológico en hogares y comercios a manera de proyectos piloto.

FIGURA 11. Mapeo de proyectos propuestos.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 11 muestra el mapeo de los proyectos propuestos en la EE y el eje estratégico adjudicado. Las actividades habilitadoras consisten en un proyecto de difusión correspondiente al eje estratégico de divulgación y comunicación, y nueve proyectos propuestos como consultorías atendiendo los alcances de los ejes estratégicos de políticas y programas, la normatividad, el desarrollo de capacidades nacionales, el financiamiento y las tecnologías eficientes. Tanto las actividades habilitadoras como los proyectos de sustitución requieren de fondos y financiamientos públicos o privados para su implementación.

Se proponen diez proyectos en la categoría de actividades habilitadoras con un costo estimado de 435,540 USD y cuatro proyectos de sustitución de equipos con un costo estimado de 91,343,334 USD. La Tabla 15 presenta el desglose del costo estimados de los proyectos propuestos en el PAE. La evaluación económica se encuentra detallada en el Anexo 5.

TABLA 13. Costo estimado del Plan de Acción en Enfriamiento (USD).

Actividades habilitadoras			\$435,540
Proyectos de inversión			\$91,343,334
Costo estimado del PAE			\$91,778,874
Eje estratégico	Proyecto		Costo estimado (USD)
Divulgación y comunicación	1.1	Promoción del PAE	\$4,000
Políticas y programas	1.2	Desarrollo del Inventario Nacional de equipos RAC en el sector comercial	\$24,640
	1.3	Estudio de la incorporación de refrigerantes de bajo PCG en el programa de eficiencia energética en edificios de APF	\$18,480
Normatividad	1.4	Estudio de actualización de etiqueta amarilla de las NOM de equipos RAC	\$24,640
	1.5	Asesoría técnica en la actualización de NOM vigentes y proyectos de NOM para equipos RAC	\$172,480
Desarrollo de capacidades nacionales y financiamiento	1.6	Elaboración de manual de eficiencia energética en equipos RAC y uso de refrigerantes de bajo PCG para PYMES	\$24,640
	1.7	Desarrollo de la guía de evaluación de proyectos de eficiencia energética en el sector RAC	\$24,640
Tecnologías eficientes	1.8	Estudio de factibilidad de distrito frío en hoteles	\$47,340
	1.9	Estudio de factibilidad de uso de CO ₂ como refrigerante en sistemas de refrigeración en supermercados	\$47,340
	1.10	Diagnóstico de requerimientos para el rediseño de compresores en la manufactura de equipos de refrigeración en el sector comercial de México	\$47,340
Subtotal			\$435,540
Políticas y programas	2.1	Sustitución de equipos de refrigeración por equipos de alta eficiencia energética y refrigerante de bajo PCG en hoteles PYME	\$695,160
	2.2	Sustitución de equipos de refrigeración en mercados públicos	\$394,660
Tecnologías eficientes	2.3	Sustitución de refrigeradores residenciales	\$62,571,814
	2.4	Sustitución de equipos AC tipo ventana por equipos inverter con refrigerante de bajo PCG	\$27,681,700
Subtotal			\$91,343,334

Fuente: Elaboración propia.

Actividades habilitadoras

Los proyectos catalogados como actividades habilitadoras están relacionadas con talleres, políticas, mejora regulatoria, capacitaciones y aplicación de tecnologías eficientes. Los proyectos se encuentran clasificados de la siguiente manera:

- **Difusión:** tiene como objetivo comunicar a las partes interesadas los objetivos y expectativas del PAE. Adicionalmente, se pretende crear interés en los temas relacionados con el PAE y así, asegurar la participación y compromiso de las entidades públicas y privadas del sector RAC. El costo estimado se establece conforme al costo de eventos equivalentes impartidos por UNO.
- **Consultoría:** está diseñada para contribuir a las líneas de acción presentadas en el PAE por medio de consultorías que desarrollen los productos propuestos. El costo estimado de cada proyecto está establecido conforme a la duración considerada del proyecto y al sueldo promedio de un consultor ambiental nacional¹⁵ o internacional¹⁶, según sea el caso.

Dentro de los proyectos de tecnologías eficientes, se busca explorar la implementación de distritos de frío como una alternativa en oficinas, hoteles y otros edificios de alta demanda del frío como servicio energético; así como la evaluación económica de la alternativa del uso de CO₂ como refrigerante en instalaciones centralizadas de supermercados.

¹⁵Nivel P-1 Net annual salaries. Enlace: https://www.un.org/Depts/OHRM/salaries_allowances/salary.htm

¹⁶Nivel P-2 Net annual salaries. Enlace: https://www.un.org/Depts/OHRM/salaries_allowances/salary.htm

TABLA 14. Costo estimado de actividades habilitadoras.

Actividades habilitadoras		Costo estimado (USD)	Meses													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Difusión																
	1.1 Promoción del PAE	\$4,000														
Consultoría																
Consultoría Nacional	1.2 Desarrollo del Inventario Nacional de equipos RAC en el sector comercial	\$24,640														
	1.3 Estudio de la incorporación de refrigeradores de bajo PCG en el programa de eficiencia energética en edificios de APF	\$18,480														
	1.4 Estudio de actualización de etiqueta amarilla de las NOM de equipos RAC	\$24,640														
	1.5 Asesoría técnica en la actualización de las NOM vigentes y proyectos de las NOM para equipos RAC	\$172,480														
	1.6 Elaboración de manual de eficiencia energética en equipos RAC y uso de refrigerantes de bajo PCG para PyMES	\$24,640														
	1.7 Desarrollo de guía de evaluación de proyectos de eficiencia energética en el sector RAC	\$24,640														
Consultoría Internacional	1.8 Estudio de factibilidad de distrito en hoteles	\$47,340														
	1.9 Estudio de factibilidad de uso de CO ₂ como refrigerante en sistemas de refrigeración en supermercados	\$47,340														
	1.10 Diagnóstico de requerimientos para el rediseño de compresores en la manufactura de equipos de refrigeración en el sector comercial de México	\$47,340														
	Total	\$435,540														

Fuente: Elaboración propia.

Proyectos de inversión

Los proyectos de inversión (sustitución) tienen como objetivo reemplazar equipos RAC ineficientes con una vida útil mayor a 16 años de antigüedad por equipos eficientes con refrigerantes de bajo PCG. A continuación, se presentan los proyectos para el sector comercial y residencial junto con el costo estimado de implementación y emisiones acumuladas a mitigar.

Estos proyectos requieren un fondo inicial para realizar el estudio de preparación. La mitigación anualizada presentada en la Tabla 15 corresponde a las emisiones que no serán emitidas debido al consumo eléctrico de la sustitución de los equipos y a las emisiones evitadas por el manejo y destrucción de gases-F de los equipos ineficientes sustituidos.

Los proyectos de sustitución consisten en cuatro grandes proyectos: dos enfocados en renovar equipos en el sector comercial para atender el segmento de misceláneas, mercados públicos, centrales de abastos y al sector PYME de hoteles que en el país representa cerca de 7,000 unidades económicas; y dos proyectos de cambio de refrigeradores y cambio de AC en el sector residencial. Los proyectos también abarcan un componente social y un enfoque de apoyo a la economía de pequeñas empresas (Tabla 15).

Si bien la normatividad mexicana contribuye a que el mercado nacional ofrezca equipos RAC de alto desempeño, es necesario diseñar proyectos que ayuden a acelerar la sustitución de equipos ineficientes presentes en las edificaciones mexicanas. Para ello el PAE ha establecido una serie de proyectos que buscan posicionar una ruta de acción para aumentar la eficiencia energética en distintos segmentos.

TABLA 15. Costo estimado proyectos de inversión.

Proyectos de sustitución	Proyecto Piloto	Costo estimado (USD)	Emisiones acumuladas (ktCO ₂ e)
Sector comercial			
2.1 Sustitución de equipos de refrigeración y AC por equipos de alta eficiencia energética y refrigerante de bajo PCG en edificios y/o comercios ¹⁷ (400 equipos)	Renovar equipos en misceláneas, mercados públicos, centrales de abastos y al sector PYME de hoteles (7,000 equipos)	\$695,160	12.1
2.2 Sustitución de equipos de refrigeración en mercados públicos (250 equipos)		\$394,660	7.1
Sector residencial			
2.3 Sustitución de refrigeradores residenciales (136,000 equipos)	Dos proyectos de cambio de refrigeradores y cambio de AC	\$62,571,814	860
2.4 Sustitución de equipos de aire acondicionado tipo ventana por equipos inverter con refrigerante de bajo PCG (38,000 equipos)		\$27,681,700	380
Total		\$91,343,334	1,260

Fuente: Elaboración propia con datos de la evaluación económica en el PAE.

¹⁷En el ejercicio se consideraron refrigeradores de hoteles, pero pueden ser oficinas de gobierno, restaurantes, misceláneas, entre otros e incluirse AC.

Mecanismos de financiamiento

Los proyectos propuestos fueron sometidos a un análisis económico con el objetivo de determinar el costo estimado requerido para desarrollarlos exitosamente. Uno de los desafíos del PAE es el costo implicado para llevarlos a cabo, sobre todo los proyectos de sustitución propuestos.

Afortunadamente, existen mecanismos financieros con el fin de contribuir económica y técnicamente al desarrollo de proyectos en la eficiencia energética. Sin embargo, es necesario canalizar financiamiento para lograr la implementación exitosa del PAE.

A continuación, se presentan diferentes instituciones y mecanismos financieros orientados a brindar financiamiento a proyectos de la eficiencia energética y reducción de emisiones para un desarrollo económico sostenible.

TABLA 16. Mecanismos financieros.

Internacional	K-CEP	Programa de Eficiencia Energética de Enfriamiento Kigali
	FVC	Fondo Verde del Clima
	FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
	FIC	Fondos de Inversión en el Clima
	GBM	Grupo del Banco Mundial
	GIZ	Agencia Alemana de Cooperación Internacional
	IKI	Iniciativa Internacional de Protección del Clima
	DANIDA	Agencia Danesa de Desarrollo Internacional
	IBD	Banco Interamericano de Desarrollo
	CAF	Banco de Desarrollo de América Latina
	KFW	Banco de Desarrollo Alemán
	DAI	Development Alternatives Incorporated
	ICF	Financiamiento Climático Internacional
	LAIF	Facilidad de Inversión en América Latina
	MGM Innova Group	
	BDAN	Banco de Desarrollo de América del Norte
Nacional	FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
	FOTEASE	Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
	FIPATERM	Fideicomiso para el Aislamiento Térmico de la Vivienda

Fondos internacionales

Además de la aplicación del MLF, que podrá apoyar algunos proyectos propuestos relacionados con la implementación de la EK en países en desarrollo. En la actualidad, existen diversos mecanismos financieros internacionales los cuales contribuyen a la mitigación y adaptación del impacto del cambio climático. Estos mecanismos suman esfuerzos mediante apoyos financieros, así como técnicos para un desarrollo bajo en emisiones en el sector energético, tomando en consideración las políticas federales vigentes en este tipo de proyectos.

■ Programa de Eficiencia Energética de Enfriamiento Kigali (K-CEP)¹⁸

Lanzado en marzo de 2017, K-CEP es una colaboración filantrópica de 52 MUSD que apoya la EK del PM al ayudar a los países en desarrollo en la transición hacia soluciones de enfriamiento eficientes, amigables con el clima y asequibles. No sólo se centra en el aire acondicionado y la refrigeración, sino también en otras soluciones de refrigeración, como la mejora de los edificios y la optimización de los sistemas, por ejemplo, distrito de frío.

Los 127 países del grupo 1 del artículo 5 de la EK son elegibles para el K-CEP. Sin embargo, el apoyo solo se proporcionará sobre la base del potencial de reducción de emisiones, el estado del mercado de enfriamiento, los marcos de políticas, la economía política, la distribución geográfica y las iniciativas existentes.

Actualmente K-CEP trabaja con más de 25 países (incluido México) para desarrollar el PAE (u hojas de ruta), que integran la consideración de eliminación de los HCFC, los HFC, el desarrollo de la eficiencia energética y el acceso a refrigeración. Se han comprometido más de 35 MUSD para apoyar la capacitación, el acceso a enfriamiento y el desarrollo del PAE (políticas, estándares y programas).

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el K-CEP ayudaron a Mabe¹⁹, la empresa líder de electrodomésticos en América Latina, a mejorar la eficiencia de sus compresores de refrigeradores en un 10-25%. Este trabajo se llevó a cabo junto con la transición del refrigerante de HFC R134a a R600a.

■ Fondo Verde del Clima (GCF)²⁰

Creado por la CMNUCC en 2010, FVC es el fondo comprometido más grande del mundo, que sirve a los países en desarrollo para reducir sus emisiones de GEI y aumentar su capacidad para responder al cambio climático. Este fondo tiene un papel fundamental para el Acuerdo de París y las acciones climáticas para mantener el aumento de la temperatura global promedio muy por debajo de los 2°C. Este fondo está financiado principalmente por países desarrollados; sin embargo, también recibe apoyo financiero de países y regiones en desarrollo.

El fondo tiene la intención de estimular el financiamiento privado utilizando la inversión pública para abrir el mercado a nuevas inversiones de desarrollo en proyectos para reducir las emisiones. Además, tiene como objetivo multiplicar los efectos del financiamiento inicial abriendo oportunidades al mercado para atraer nuevas inversiones a la causa. La inversión que ofrece el fondo puede presentarse como una subvención, préstamo, capital o garantías a proyectos a través de asociaciones con entidades acreditadas. Las entidades acreditadas colaboran con el FVC para gestionar las propuestas de proyectos e implementar los proyectos. Asimismo, trabaja con las Autoridades Nacionales Designadas (NDA) y con las instituciones gubernamentales que proporcionan la interfaz entre el país y el fondo. La NDA en México es la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Una de las principales regiones prioritarias del fondo es América Latina y el Caribe. El fondo ha aprobado más de 18 proyectos en 22 países de la región que incluye a México. El FVC ha informado que el financiamiento total para México es de 14 MUSD entre dos proyectos diferentes: Fondo Climático Global Subnacional (Equidad y Asistencia Técnica) y el Fondo de Riesgo Compartido de Agricultura Resiliente al Clima y Bajo Emisiones.

¹⁸The Kigali Cooling Efficiency Program (K-CEP). 2020. Enlace: <https://www.k-cep.org/>

¹⁹Kigali Cooling Efficiency Program (K-CEP). 2020. Year Three Report. Enlace: <https://www.k-cep.org/year-three-report/>

²⁰Green Climate Fund. 2020. Enlace: <https://www.greenclimate.fund/about#key-features>

■ Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)²¹

En 1992 el Fondo para el Medio Ambiente Mundial se estableció como un programa piloto de mil millones de dólares en el Banco Mundial para ayudar en la protección del medio ambiente y promover el desarrollo medioambiental sostenible. Sin embargo, en la Cumbre de la Tierra de Río, el FMAM se convirtió en una institución separada que salió del Banco Mundial. Dos años después, el Banco Mundial actuó como fideicomisario y proporcionó servicios administrativos. Hasta la fecha, el FMAM ha proporcionado más de 21,100 MUSD en donaciones y ha movilizado 114,000 MUSD adicionales en cofinanciamiento para más de 5,000 proyectos en 170 países.

Además, el FMAM sirve como mecanismo financiero para cinco convenios ambientales internacionales: el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), la CMNUCC, el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes, el Convenio de las Naciones Unidas para combatir la desertificación (CLD) y el Convenio de Minamata sobre el mercurio.

Esta asociación se enfoca en abordar temas ambientales a través de instituciones internacionales y el sector privado. Las principales áreas de apoyo financiero son biodiversidad, cambio climático, aguas internacionales, capa de ozono, degradación del suelo, manejo forestal sostenible y compuestos orgánicos persistentes. Es importante mencionar que este fondo no está formalmente vinculado al PM. Sin embargo, brinda apoyo financiero para la implementación del PM en países en desarrollo.

En lo que respecta al cambio climático, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) se compromete a mitigar las emisiones de los GEI, aumentar el uso de energía renovable para abolir el uso de energía de fuentes fósiles, mejorar la EE y promover la adopción de tecnologías innovadoras que sean amigables con el medio ambiente.

La estrategia de mitigación del cambio climático del FMAM-7 tiene como objetivo ayudar a los países en desarrollo a hacer cambios transformadores hacia vías de desarrollo bajas en emisiones compatibles con los objetivos de la CMNUCC y el Acuerdo de París. Dentro del panorama cambiante del financiamiento climático, la estrategia está diseñada para ser lo más complementaria posible a otras fuentes de financiamiento climático, como el GCF.

México ha recibido más de 561 MUSD de financiamiento por parte del FMAM y se han implementado más de 22 proyectos de cambio climático principalmente por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Banco Mundial. Algunas de las agencias del FMAM que trabajan en México son el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

²¹Global Environment Facility (GEF). 2020. Enlace: <https://www.thegef.org/>

■ **Fondos de Inversión en el Clima (FIC)**²²

Los Fondos de Inversión Climática se fundaron en 2008 como una iniciativa conjunta entre Japón, Estados Unidos y Reino Unido. Estas naciones identificaron que el desarrollo y el cambio climático están inevitablemente vinculados y que existe la necesidad de brindar certeza de financiamiento climático. Desde el establecimiento de los FIC, catorce países donantes han apoyado la causa con más de 8 mil MUSD. El Banco Mundial es el fideicomisario de los FIC y colabora con los bancos regionales de desarrollo: el Banco Africano de Desarrollo, el Banco Asiático de Desarrollo, el Banco Europeo de Reconstrucción y Fomento (BERD) y el BID.

Los FIC están formados por el Fondo de Tecnología Limpia (CTF) y el Fondo Climático Estratégico (SCF). El CTF proporciona recursos para desarrollar tecnologías bajas en carbono que reducen las emisiones de GEI a largo plazo. Gran parte de los recursos del fondo de tecnología limpia (aproximadamente 4 mil MUSD) están aprobados para su uso en energía renovable, en la eficiencia energética y el transporte limpio en países de ingresos medios. El SCF financia nuevos enfoques o amplía actividades a través del Programa de Inversión Forestal, el Programa Piloto para la Resiliencia Climática y la Ampliación de las Energías Renovables en países de bajos ingresos.

El propósito de estos fondos es financiar proyectos para acelerar la acción climática y abordar el cambio climático en países en desarrollo, con el objetivo de generar conciencia sobre la mejor manera de movilizar financiamiento público a gran escala para apoyar la transformación de los procesos de desarrollo.

Los FIC están dirigidos a países en desarrollo de ingresos medios en todo el mundo, como México. El plan de inversión del CTF de 500 MUSD en México tiene como objetivo superar las barreras institucionales, regulatorias y de costo para el uso a gran escala de tecnologías bajas en carbono. Algunos de los proyectos de EE implementados en México son el Programa Ecocasa²³ y el Proyecto de Iluminación y Electrodomésticos Eficientes²⁴.

■ **Grupo del Banco Mundial (GBM)**²⁵

El GBM está compuesto por cinco instituciones: el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), la Asociación Internacional de Fomento (AIF), la Corporación Financiera Internacional (CFI), la Agencia Multilateral de Garantía de Inversiones (MIGA) y el Acuerdo Internacional Centro de Diferencias Relativas a Inversiones (CIADI). El Grupo del Banco Mundial proporciona préstamos y asistencia a países con economías en desarrollo y en transición.

El BIRF y la AIF otorgan préstamos a países en desarrollo en las áreas de desarrollo humano, infraestructura y protección ambiental, entre otras. En 2016, dentro de su Plan de Acción de Cambio Climático, el GBM reiteró su interés en aumentar su participación en las operaciones de la eficiencia energética mediante la inversión en proyectos relacionados.

²²Climate Investment Funds (CIF). 2020. Enlace: <https://www.climateinvestmentfunds.org/country/mexico>

²³CIF. 2012. Programa Ecocasa, Eficiencia Energética en México Parte II. Enlace: <https://www.climateinvestmentfunds.org/projects/ecocasa-program-mexico-energy-efficiency-program-part-ii>

²⁴CIF. 2010. Proyecto de dispositivos e iluminación eficiente. México. Enlace: <https://www.climateinvestmentfunds.org/projects/efficient-lighting-and-appliances-project>

²⁵Banco Mundial. 2020. Enlace: <https://www.bancomundial.org/es/who-we-are>

Cabe señalar que el GBM, además de comprometer su propio financiamiento, promovió su intención de ampliar su participación en la eficiencia energética mediante estudios, integrando asistencia técnica y política, compartiendo experiencias para acelerar la acción entre naciones e implementando nuevos financiamientos del PM.

- **Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ)²⁶**

La GIZ es una agencia especializada en la cooperación técnica para el desarrollo sostenible, la cual se centra en diferentes áreas de cooperación, tales como el medio ambiente y el cambio climático. La Agencia tiene sus propios recursos presupuestarios para la implementación de proyectos los cuales provienen de recursos financieros nacionales. Sin embargo, también trabaja con el sector privado para aprovechar recursos, experiencia y conocimiento. Actualmente cuenta con tres programas relevantes a la eficiencia energética:

- **Developpp²⁷**: programa que ofrece apoyo financiero y técnico a países en desarrollo para crear estrategias hacia una economía sustentable. Fomenta la participación del sector privado en iniciativas como proyectos piloto, replicables y alineados a la sustentabilidad.
 - **FELICITY (GIZ y BEI)²⁸**: programa que brinda asesoría sobre el desarrollo e implementación de proyectos de infraestructura urbana financiables en el sector de energía, agua, transporte y residuos. Se brinda asesoría para el financiamiento de los proyectos concretos de bajas emisiones de carbono, los cuales serán financiados por el BEI.
 - **PEEB/Programa de Eficiencia Energética en Edificios (GIZ y AFD)²⁹**: programa que fortalece el financiamiento sustentable mediante la identificación y preparación de proyectos de gran escala de edificios resilientes, bajos en carbono y alta eficiencia. El PEEB provee consultoría para la mejora regulatoria, experiencia en diseño y operaciones eficientes, e identifica esquemas de financiamiento nacionales e internacionales.
- **Iniciativa Internacional de Protección del Clima (IKI)³⁰**

La IKI es una herramienta de financiamiento internacional para la adopción y mitigación del cambio climático y la biodiversidad en países en desarrollo. La IKI opera en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y la Convención sobre la Diversidad Biológica. El fondo IKI contribuye a la implementación de proyectos en el área de mitigación de emisiones de los GEI, adopción de impactos del cambio climático, conservación de sumideros de carbono natural con un enfoque en la reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal y conservación de la biodiversidad. Actualmente, en México se están implementando alrededor de 35 proyectos bilaterales, regionales y globales en las áreas de competencia³¹ de la IKI.

²⁶GIZ. 2020. Enlace: <https://www.giz.de/en/aboutgiz/identity.html>

²⁷GIZ. 2020. Enlace: <https://www.developpp.de/en/choosing-a-partner-deg-giz-and-sequa-your-developppde-partners/giz-deutsche-gesellschaft-fuer-internationale-zusammenarbeit-giz-gmbh/>

²⁸GIZ. 2020. Felicity- Financiamiento en energía para inversiones bajas en carbono, asesoría para ciudades. Enlace: <https://www.giz.de/en/worldwide/52753.html>

²⁹GIZ. 2020. PEEB–Programa de eficiencia energética en edificios. Enlace: <https://www.giz.de/en/worldwide/63939.html>

³⁰Iniciativa Climática Internacional – IKI. Instrumento de financiación del Ministerio Federal de Medio Ambiente de Alemania. Enlace: <https://www.international-climate-initiative.com/en/about-iki/iki-funding-instrument>

³¹IKI Alliance México. Portafolio de proyectos de IKI Alliance México. Enlace: <https://iki-alliance.mx/acerca-de-2/>

- **Agencia Danesa de Desarrollo Internacional (DANIDA)**³²

Entidad operada por el Ministerio de Relaciones Exteriores de Dinamarca que tiene como objetivo brindar apoyo a los países en desarrollo para limitar las emisiones de los GEI mediante la promoción de la energía sostenible. La DANIDA y la Agencia Danesa de Energía, a través del Danish Energy Partnership Program, brindarán asesoramiento político, asistencia técnica y apoyo complementario.

De 2017 a 2020, el gobierno de Dinamarca promovió la mejora de la capacidad de las instituciones mexicanas en modelado energético y escenario a largo plazo para la planificación de energías renovables; el mapeo, planificación y despliegue de recursos y tecnologías de biomasa; la planificación y operación de la red de transmisión, y la integración eficiente de energías renovables variables en el sistema eléctrico.

- **Banco Interamericano de Desarrollo (BID)**³³

El Banco Interamericano, mediante el financiamiento de programas para mejorar la eficiencia energética, brinda su apoyo hacia una economía sustentable en países de América Latina y el Caribe. La institución destina capital propio y a su vez moviliza recursos externos para ofrecer productos financieros adaptados a las necesidades de los proyectos. La viabilidad financiera, el impacto social y ambiental son fundamentales para la participación del BID en proyectos de desarrollo. Adicionalmente, el BID cuenta con diferentes ramas de apoyo enfocadas a financiamientos e innovación. Por un lado, BID Invest³⁴ proporciona acceso a financiamientos, conocimiento técnico y experiencia sectorial a instituciones públicas y privadas de América Latina y el Caribe. Su misión incluye apoyar tecnologías de eficiencia energética que vayan de la mano de un desarrollo sustentable. Por el otro lado, BID LAB³⁵ proporciona acceso a financiamiento para proyectos innovadores en donde brinda financiamiento, conexiones y conocimiento para su desarrollo.

- **Iniciativa de Energía Sostenible y Cambio Climático (Fondo SECCI)**³⁶

Fondo creado para impulsar mayores inversiones en el desarrollo de eficiencia energética y opciones de energía sostenible. Este programa financia iniciativas de mitigación y adaptación de políticas de cambio climático en América Latina y el Caribe y es ajustable para entidades públicas y asociaciones público-privadas.

- **Banco de Desarrollo de América Latina (CAF)**³⁷

Establecido en 1970, el CAF es un banco de desarrollo que tiene como miembros a 19 países de América Latina, el Caribe y Europa, y 14 bancos privados en la región. El objetivo del CAF es promover el desarrollo sostenible en la región dirigiendo los flujos financieros hacia proyectos verdes y sociales. El CAF está acreditado como agencia implementadora para movilizar recursos del FVC y Fondo Mundial para el Medio Ambiente (FMAM). Asimismo, el CAF funciona a través de líneas de crédito otorgadas a instituciones financieras en instrumentos de EE y negocios verdes.

³²Ministerio de Relaciones Exteriores de Dinamarca. 2020. Enlace: <https://um.dk/en/danida-en/>

³³Banco Interamericano de Desarrollo – BID- 2020. Enlace: <https://www.iadb.org/es/acerca-del-bid/perspectiva-general>

³⁴BID-Invest. Enlace: <https://www.idbinvest.org/es>

³⁵BID-LAB. 2020. enlace: <https://bidlab.org/en>

³⁶BID- FONDO SECCI. Iniciativa de energía Sostenible y cambio climático. Enlace: <https://www.iadb.org/es/cambio-climático/fondo-sección>

³⁷ CAF. Banco de Desarrollo de América Latina. 2020. Enlace: <https://www.caf.com/en/currently/news/2020/12/kfw-caf-pledge-usd-298-million-for-health-and-energy-programs/>

- **Banco de Desarrollo Alemán (KFW)**³⁸

El KFW fue fundado en 1948 después de la Segunda Guerra Mundial con el fin de ayudar al gobierno federal alemán a lograr sus objetivos en política de desarrollo y cooperación internacional para el desarrollo. El KFW financia y apoya a programas y proyectos que involucran principalmente a actores del sector público en países en desarrollo y economías emergentes. El principal objetivo del KFW es luchar contra la pobreza, mantener la paz y proteger el medio ambiente. Los modelos de financiación incluyen subvenciones y préstamo de fondos presupuestarios, pero también préstamos que combinan fondos presupuestarios y fondos propios del KFW.

Hoy en día, el KFW participa activamente en la protección ambiental y climática, apoyando al gobierno de México a incrementar la energía renovable y utilizar la energía de manera eficiente. En alianza con el CAF, estas instituciones destinaron 298 MUSD para apoyar proyectos de mitigación de los efectos del COVID-19 en el área de salud y energía baja en carbono en América Latina.

- **Development Alternatives Incorporated (DAI)**³⁹

DAI es una empresa de desarrollo privada cuyo objetivo principal es abordar los problemas fundamentales del desarrollo social y económico en todo el mundo. Fue fundada en 1970 y ha trabajado en 160 países en desarrollo y en transición en temas de agua y recursos naturales, energía y cambio climático, gobernanza y preocupaciones financieras. Trabaja con gobiernos, donantes bilaterales y multilaterales, empresas privadas y organizaciones filantrópicas.

- **Programa de Energía del Fondo de Prosperidad de México (DAI y FCDO)**⁴⁰

Este programa tiene como objetivo generar oportunidades para la inversión y el comercio mundial, apoyar el crecimiento económico inclusivo, reducir la pobreza y mejorar la igualdad de género. Se centra en cuatro pilares estratégicos: anticorrupción, ciudades del futuro, servicios financieros y energía. El pilar energético tiene como objetivo desarrollar las habilidades del gobierno, las empresas y las personas para respaldar la transición a una economía baja en carbono.

- **Financiamiento Climático Internacional (ICF)**⁴¹

El ICF es el instrumento del Reino Unido para ayudar a los países en desarrollo a enfrentar las oportunidades y desafíos del cambio climático. Se ha comprometido a movilizar 7.9 MUSD entre 2016 y 2021. Además, tiene como objetivo ayudar a los países a prepararse y adaptarse al cambio climático, utilizar la tierra de manera que reduzcan las emisiones y mejoren la productividad.

En 2018 el ICF asignó hasta 2.7 MUSD para actividades de asistencia técnica en México con el fin de reducir emisiones y mejorar la capacidad de instituciones clave (públicas y privadas).

³⁸KFW. *Financiamiento internacional*. 2020. Enlace: <https://www.kfw.de/kfw.de-2.html>

³⁹DAI. 2020. Enlace: <https://www.dai.com>

⁴⁰Programa del Fondo de Prosperidad de México. Enlace: <https://www.gov.uk/government/publications/prosperity-fund-mexico-programme>

⁴¹Financiamiento Climático Internacional. Enlace: <https://www.gov.uk/guidance/international-climate-finance>

■ **MGM Innova Group**⁴²

Constituido en 2000, MGM Innova Group es una corporación multinacional que brinda soluciones técnicas, financieras y ambientales para contribuir al cambio climático (adaptación y mitigación) y al desarrollo sustentable.

El grupo está compuesto por tres entidades independientes y complementarias:

- MGM Innova Consulting: diseña, desarrolla y aplica alternativas para incorporar prácticas sostenibles y de cambio climático en sus operaciones.

- MGM Innova Energy Services: identifica, desarrolla, implementa y opera proyectos de eficiencia energética y energías renovables, y brinda otros servicios energéticos.

- MGM Innova Capital: es un grupo de inversión de capital privado e infraestructura verde que se enfoca en inversiones en la EE y proyectos de energía renovable. Gestiona dos fondos de impacto centrados en la EE (65%) y las energías renovables a pequeña escala (35%):

- MGM Sustainable Energy Fund (MSEF) ha invertido con éxito 70 MUSD en 28 proyectos en seis países de América Latina y el Caribe.
- MGM Sustainable Energy Fund II (MSEF II) tiene un tamaño objetivo de 200 MUSD y es un fondo de seguimiento del MSEF. Actualmente se encuentra en etapa de recaudación de fondos y ejecutará inversiones de impacto en América Latina, el Caribe y países seleccionados en el sudeste de Asia.

En México MGM Innova Group implementó el proyecto de la eficiencia energética y cambio climático en hoteles de Cancún. Este proyecto consistió en la sustitución de equipos de refrigeración, aire acondicionado y aparatos de iluminación para reducir el consumo energético y en desarrollar el inventario de los GEI con una estrategia de reducción de emisiones.

■ **Facilidad de Inversión en América Latina (LAIF)**⁴³

Aprobado en 2009, la LAIF es un instrumento regional de la Unión Europea que tiene como objetivo movilizar fondos para proyectos de desarrollo que combinan subvenciones de gobiernos, sector privado y de la Unión Europea. También brinda apoyo a los países latinoamericanos a financiar proyectos en los sectores de energía, medio ambiente, agua, transporte y servicios sociales.

Este mecanismo se asocia con instituciones financieras europeas BEI, AFD, KfW y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), bancos de desarrollo regionales y multilaterales (CAF y BID) y, finalmente, gobiernos y sector privado. Las modalidades de financiamiento ofrecen asistencia técnica: garantía de calidad, eficiencia y sostenibilidad de los proyectos; subvenciones a la inversión: componentes de financiación de un proyecto para reducir la deuda del condado asociado; e instrumentos financieros: deuda, capital y garantías para activar la participación de financiamiento adicional.

⁴²MGM Innova Group. Enlace: <http://www.mgminnovagroup.com/es/>

⁴³LAIF- Instrumento para Inversiones en América Latina. Enlace: <https://www.eulaif.eu/es/home>

La LAIF invierte en proyectos que desarrollan energía sostenible en toda América Latina, contribuyendo al Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 (garantizar el acceso a energía asequible, confiable, sostenible y moderna). Los subsectores relevantes financiados incluyen conservación y eficiencia energética, calefacción y refrigeración urbana, política energética, planificación y gestión.

- **Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN)⁴⁴**

El BDAN es una institución financiera binacional establecida en noviembre de 1994 con las suscripciones de capital inicial del gobierno de Estados Unidos y México. Su objetivo es servir a las comunidades ubicadas dentro de los 100 km al norte de la frontera internacional en los cuatro estados de Texas, Nuevo México, Arizona y California y dentro de los 300 km al sur de la frontera en los seis estados de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Chihuahua, Sonora y Baja California.

El principal objetivo de la institución es catalizar el desarrollo sostenible proporcionando apoyo financiero para el desarrollo e implementación de proyectos de infraestructura ambiental, así como brindar asistencia técnica y de otro tipo para proyectos y acciones que preserven, protejan o mejoren el medio ambiente. El BDN asiste en los siguientes sectores ambientales: energía, agua, gestión de residuos, calidad del aire e infraestructura urbana básica. En el sector energético, impulsa proyectos de recursos energéticos limpios y renovables y eficiencia energética a través del reemplazo de equipos, alumbrado público y rehabilitación de edificios.

Actualmente, el BDAN tiene dos programas para apoyar el proyecto de la EE:

- Programa de Asistencia Técnica (PAT)⁴⁵: brinda apoyo financiero a estudios que promuevan una operación eficaz y eficiente de los operadores de servicios públicos en temas de eficiencia energética, entre otros. El programa está sujeto a un promotor que cubra al menos el 25% del estudio a realizar.
- Programa de préstamos: financiamiento directo a entidades públicas y privadas para la implementación de proyectos de infraestructura ambiental ubicados dentro de la región fronteriza México-Estados Unidos.

No hay información sobre proyectos de eficiencia de enfriamiento; sin embargo, el BDAN ha ayudado a varios proyectos que promueven la energía eólica y solar y el almacenamiento de energía.

Fondos nacionales

A lo largo de los años, México ha sumado esfuerzos para promover la eficiencia energética y reducir emisiones de los GEI. A continuación, se presentan los mecanismos de financiamiento nacionales para proyectos en temas de eficiencia energética y mitigación de emisiones de los GEI.

⁴⁴Banco de Desarrollo de América del Norte. Enlace: <https://www.nadb.org/es/acerca-de-nosotros/vision-general>

⁴⁵Banco de Desarrollo de América del Norte. Guías de operación. Enlace: https://www.nadb.org/uploads/content/files/Policias/TAPOperativ-gGuidelines_span.pdf

- **Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE)**⁴⁶

El FIDE fue fundado en 1990 por iniciativa de la CFE, en apoyo al Programa de Ahorro de Energía del sector eléctrico (PAESE)⁴⁷ para contribuir a la eficiencia energética. Está comprometido con la seguridad energética y la mitigación de impactos ambientales al brindar financiamiento, certificación y asistencia técnica. Asimismo, este fideicomiso promueve y desarrolla programas y proyectos integrales para ahorro, conservación y uso eficiente de la energía, generación distribuida, cogeneración y uso de fuentes renovables para la transición energética.

Desde su creación, el FIDE ha operado dos programas de reemplazo de equipos RAC. De 2002 al 2006, el programa de Financiamiento para Ahorro de Energía Eléctrica (PFAEE) reemplazó 628,283 refrigeradores, 132,318 unidades de aire acondicionado y 25,526 aislantes térmicos. De 2009 a 2012, el Programa de Sustitución de Equipos Electrodomésticos para el Ahorro de Energía Eléctrica (PSEE) logró reemplazar 1,682,802 refrigeradores y 201,327 equipos de aire acondicionado. En una década, el FIDE reemplazó con éxito alrededor de 2,7 millones de unidades RAC⁴⁸.

La implementación de los proyectos del FIDE consistió en la apertura de una línea de crédito de descuento de Nacional Financiera (NAFIN) para el FIDE con la CFE como garantía crediticia. El crédito del hogar garantizaba la certeza de que se les pagaría mediante ahorros económicos gracias a la eficiencia del nuevo equipo RAC.

Los programas de reemplazo no solo contribuyeron a la eficiencia energética⁴⁹ sino también a mitigar las emisiones de los GEI al medio ambiente. Junto con la Semarnat, los programas del FIDE contribuyeron a la creación de los Centros de Acopio y Destrucción (CAyD). Los CAyD se aseguran de que las unidades ineficientes reemplazadas se eliminen de manera respetuosa con el medio ambiente. El refrigerante se extrajo y se destruyó con los materiales relevantes separados y reciclados.

Los programas actuales de EE del FIDE son los siguientes:

- Programa de EE del FIDE y CFE⁵⁰: programa dirigido a empresas, servicios e industrias donde se brinda asesoría, asistencia técnica y financiamiento para la modernización de instalaciones y aplicación de nuevas tecnologías. Este programa incluye tecnologías RAC.
- ECO-CRÉDITO Empresarial (SENER, ECONOMÍA, CFE, NAFIN y FIDE)⁵¹: Es un programa que otorga financiamiento a Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (Mipymes) para la adquisición de equipos eficientes, sistemas fotovoltaicos (generación distribuida) o bien tecnologías que permiten reducir su consumo y facturación de energía.

⁴⁶FIDE – Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. Enlace: <http://www.fide.org.mx>

⁴⁷PAESE- Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico de CFE. 2020. Enlace: <https://www.cfe.mx/paese/pages/paese.aspx>

⁴⁸FIDE Revista. 2020. Enlace: https://www.fide.org.mx/wp-content/uploads/REVISTAS/eficiencia_energetica_15.pdf⁹http://www.fide.org.mx/?page_id=14773

⁵⁰FIDE – Eco-crédito empresarial. 2020. (<https://ecocreditoempresarial.com/>)

⁵¹Abrogada en 2015 por la Ley de Transición Energética.

- **Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE)**

El FOTEASE fue creado en 2008 bajo el artículo 27 de la Ley para el Uso de Energías Renovables y Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE)⁵². Los principales objetivos son mejorar los instrumentos de financiación disponibles para la transición energética, el ahorro de energía, las tecnologías bajas en carbono y los proyectos de energía renovable, a través del apoyo financiero, por ejemplo, garantías de crédito. Para este instrumento, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) actúa como fideicomitente; el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS), como fiduciario; y la Secretaría de Energía (SENER), como fondo responsable.

Este fondo ha participado en proyectos de EE con el FIDE, el PSEE, y el Programa Nacional de Reemplazo de Lámparas Incandescentes por Lámparas Fluorescentes Compactas Autobalastadas en entidades de hasta 100,000 habitantes⁵³.

- **Fideicomiso para el Aislamiento Térmico de la Vivienda, FIPATERM⁵⁴**

Fideicomiso público que contribuye a la reducción del consumo eléctrico. Fue creado en 1990 por el gobierno federal con el objetivo de promover el ahorro energético en Mexicali mediante el aislamiento térmico residencial. Sin embargo, no fue hasta 1997 cuando se modificó⁵⁵ el programa donde se acordaron subprogramas adicionales para la eficiencia energética, como el reemplazo de unidades RAC ineficientes y bombillas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas. El fideicomitente de este instrumento es la CFE y el fiduciario, BANOBRAS.

Propuesta de Financiamiento a proyectos del Plan de Acción en Enfriamiento

Como parte del PAE se proponen realizar una invitación a los mecanismos financieros internacionales y nacionales existentes de acuerdo con sus características y con la naturaleza de los proyectos propuestos para canalizar los fondos y financiamiento requerido para la implementación del PAE. Asimismo, se pretende considerar las mejores prácticas y lecciones aprendidas de proyectos similares en las que las instituciones financieras tienen experiencia para brindar certidumbre y atraer la participación del Plan.

Como se ha mencionado, se espera que las actividades habilitadoras sean operadas con recursos grants, mientras que los proyectos de sustitución operen en esquemas mixtos, donde las donaciones sirvan para la preparación de proyectos y para destinarse como incentivos, mientras que los financiamientos típicos sean de tasa preferente y se empleen para la implementación de las nuevas tecnologías.

Cada una de las actividades habilitadoras y cada uno de los proyectos serán promovidos de manera independiente y articulados según la naturaleza de cada cual. Una vez focalizados los recursos, se establecerá una dinámica de ejecución.

⁵² Abrogada en 2015 por la Ley de Transición Energética.

⁵³ FOTEASE. Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. 2019.

⁵⁴ FIPATERM. Fideicomiso para el Aislamiento Térmico de la Vivienda. 2020. Enlace: <https://potcorporativo.cfe.mx/Fipaterm/Paginas/default.aspx>

⁵⁵ Programa de Ahorro Sistemático Integral en Mexicali. BC, México. Enlace: <http://www.scielo.org.mx/pdf/imtd/v4n4/v4n4a3.pdf>



9

MONITOREO
Y SEGUIMIENTO

9. MONITOREO Y SEGUIMIENTO

Las líneas de acción del PAE requieren del desarrollo de instrumentos que den seguimiento a los avances y resultados del Plan.

Los mecanismos de Monitoreo y Evaluación permiten brindar transparencia y certidumbre al cumplimiento de las acciones del PAE, para en su caso retroalimentar y corregir el Plan. Para la correcta y eficiente aplicación son importantes los siguientes componentes con sus respectivos indicadores:

Cada proyecto y línea de acción que así amerite, deberá incorporar una métrica para poder dar seguimiento a sus avances y resultados.

TABLA 17. Indicadores para monitoreo y seguimiento.

Componente	Indicador	Unidad de medida	Periodicidad de medición	Responsable
Difusión	Cantidad de talleres, entrevistas, notas de prensa/año	Unidades por año (Talleres/año, Entrevistas/año, Notas de prensa/año)	Anual	Unidad Nacional de Ozono
	Público alcanzado/año	Personas alcanzadas por año (Personas/año)	Anual	Unidad Nacional de Ozono
Proyectos/ actividades habilitadoras	Cantidad de proyectos o actividades habilitadoras en curso o terminados/año	Unidades por año (Proyectos/año)	Anual	Unidad Nacional de Ozono
	Recursos movilizados/año	Dólares por año (USD/año)	Anual	Unidad Nacional de Ozono
	Empleos generados /año	Empleos directos e indirectos por año (Empleos/año)	Anual	Unidad Nacional de Ozono
Beneficios	Personal capacitado/año	Personas por año (Personas/año)	Anual	Unidad Nacional de Ozono
	Emisiones directas mitigadas/año	Toneladas de dióxido de carbono equivalentes (MtCO ₂ e/año)	Anual	Unidad Nacional de Ozono
	Emisiones indirectas mitigadas/año	Toneladas de dióxido de carbono equivalentes (MtCO ₂ e/año)	Anual	Unidad Nacional de Ozono
	Consumo de HFC (PCG antes del proyecto y después de proyecto) y otros refrigerantes de bajo PCG	Toneladas de dióxido de carbono equivalentes (MtCO ₂ e/año)	Anual	Unidad Nacional de Ozono
	Emisiones totales mitigadas (TEWI)/año	Toneladas de dióxido de carbono equivalentes (MtCO ₂ e/año)	Anual	Unidad Nacional de Ozono
Género	Porcentaje de participación de las mujeres en el sector industrial, dividido por tipo de empleo, de manera anual	Porcentaje (%)	Anual	Unidad Nacional de Ozono



10

OPORTUNIDADES DE
COLABORACIÓN REGIONAL

10. OPORTUNIDADES DE COLABORACIÓN REGIONAL

México por su posición geográfica y capacidad de fabricación de equipos del sector RAC tiene una influencia importante a nivel regional. Gran parte de los equipos que fabrica son exportados a Estados Unidos, Canadá, Latinoamérica y otros mercados que exigen altos estándares de desempeño. México puede tener una importante influencia de colaboración regional en materia de integración económica, regulatoria y de eficiencia energética con Centroamérica, en términos de aire acondicionado y refrigeración, aportando experiencia y colaboración técnica en rubros de normalización y desarrollo de capacidades técnicas. Algunas oportunidades de trabajo en la región identificadas son:

- Compartir experiencias del PAE con otros países que desarrollan sus planes nacionales de enfriamiento en Centroamérica, el Caribe y Sudamérica.
- Compartir experiencias sobre normatividad y capacitación en talleres y webinars con otros países de América Latina.
- Difundir los indicadores de desempeño de otros países, emisiones asociadas a equipos RAC en el sector residencial y comercial, la eficiencia de los equipos RAC disponibles en cada país, y la mitigación anual por proyectos de mejora en equipos RAC, por subsectores y regiones climáticas y compartir los valores de México.
- Explorar la posibilidad de generar reconocimiento mutuo de resultados de pruebas de equipos en laboratorios establecidos en otros países de la región para reducir el costo de infraestructura y operación de normatividad.



Foto: Leslie Gabriela Fajardo / Fotografía Luis Ruiz para Pexels.

• BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- ASHRAE (2016). Estándar ASHRAE 90.1-2016. Norma de eficiencia energética para edificios, excepto edificios residenciales de poca altura.
- AHRI. Air conditioning, heating and refrigeration institute. Air conditioning sector- overview and trends. Disponible: https://ccacoalition.org/sites/default/files/2017_Montreal-AC-Workshop_SYurek.pdf
- Agencia Danesa de Desarrollo Internacional. (2020) Recuperado de: <https://um.dk/en/danida-en/>
- Banco de Desarrollo Alemán. (2020) Recuperado de: <https://www.kfw.de/kfw.de-2.html>
- Banco de Desarrollo de América del Norte. (2020) Visión general. Recuperado de: <https://www.nadb.org/es/acerca-de-nosotros/vision-general>
- Banco de Desarrollo de América del Norte. (2020) Programa de Asistencia Técnica. Recuperado de: https://www.nadb.org/uploads/content/files/Polices/TAPOperatingGuidelines_span.pdf
- Banco de Desarrollo de América Latina. (2020) KfW y CAF comprometen USD 298 millones para programas de salud y energía. Recuperado de: <https://www.caf.com/en/currently/news/2020/12/kfw-caf-pledge-usd-298-million-for-health-and-energy-programs/>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2020) Prospectiva General. Recuperado de: <https://www.iadb.org/es/acerca-del-bid/perspectiva-general>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2020) Fondo SECCI. Recuperado de: <https://www.iadb.org/es/cambio-climatico/fondo-secci>
- BID Invest. (2020) Recuperado de: <https://www.idbinvest.org/es>
- BID LAB. (2020) Recuperado de: <https://bidlab.org/en>
- Banco Mundial (2009). Resultados de las Auditorías Ambientales a cuatro centros de acopio y destrucción de equipos, del programa piloto. 2009. Disponible en: <http://documents.worldbank.org/curated/en/430971468045080966/pdf/E24950v50MX0Anos0de0las0auditorias.pdf>
- Bohn (2017) Manual de Ingeniería. Recuperado de: <https://www.bohn.com.mx/ArchivosPDF/BCT-025-H-ENG-1APM-Manual-Ingenieria.pdf>
- Comisión Federal de Electricidad. Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico. Recuperado de: <https://www.cfe.mx/paese/pages/paese.aspx>
- Comisión Federal de Electricidad. Fideicomiso (Fipaterm Mexicali). Recuperado de: <https://potcorporativo.cfe.mx/Fipaterm/Paginas/default.asp>
- Carbon Trust. (2010) Refrigeration roadmap. The Carbon Trust, UK available in: <https://www.carbontrust.com/es/node/920>
- Carbon Trust. (2017). Heating, Ventilation and air Conditioning. Disponible en: <https://prod-drupal-files.storage.googleapis.com/documents/resource/restricted/Heating%20Ventilation%20and%20Air%20Conditioning%20Guide%20-%20PDF.pdf>
- Carbon Trust. (2019). Refrigeration guide. Disponible en: <https://prod-drupal-files.storage.googleapis.com/documents/resource/restricted/Refrigeration%20guide%20-%20GBF.pdf>
- Centro Mario Molina. (2013). Conacyt III Turismo Sustentable. Mayo 2020, de Centro Mario Molina Sitio web: <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/documentos-pequeñas-y-medianas-empresas-pymes-2018?state=published>
- Centro Mario Molina (2013) Conacyt III Turismo Sustentable. Centro Mario Molina. México
- CENACE. (2019). PRODESEN 2019-2033. Programa de Ampliación y Modernización de la Red Nacional de Transmisión y Redes Generales de Distribución del Mercado Eléctrico Mayorista. Disponible en: <https://www.cenace.gob.mx/Docs/Planeación/ProgramaRNT/Programa%20de%20Ampliación%20de%20Modernización%20de%20la%20RNT%20y%20RGD%202019%20-%202033.pdf>
- CENACE. (2019). Prodesen 2019 – 2033. Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional. Cap. V. Infraestructura del Sistema Eléctrico Nacional. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/475497/PRODESEN_V.pdf
- CENACE. (2020). Estimación de la Demanda Real. Disponible en: <https://www.cenace.gob.mx/SIM/VISTA/REPORTES/DemandaRealSist.aspx>
- CEPAL, Comisión Económico para América Latina y el Caribe. (2018) Informe Nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México, 2018. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/331760/S1800496_es.pdf
- CONAGUA–Comisión Nacional del Agua–(2019) Reporte del Clima en México 2019. Enlace: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatología/diagnostico-climatico/reporte-del-clima-en-mexico>
- CONAGUA–Comisión Nacional del Agua–(2020) Mapas de climatología 1981-2010. Enlace: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatología/información-climatológica/mapas-de-climatología-1981-2010>
- CONUEE. (2015) Resultados relativos a eficiencia energética del módulo hogares y medio ambiente de la Encuesta Nacional de los Hogares de INEGI, 2015. No. 4 disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/193005/cuadernilloNo5_1.pdf
- CONUEE. (2015) Análisis de la evolución de los indicadores de eficiencia energética en México por sector, 1995-2015. Cuadernos de la CONUEE. No. 8 disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/278724/cuadernillo8_corregido.pdf
- CONUEE. (2016). Estudio “Caracterización del uso de aire acondicionado en vivienda de interés social en México”. México. Disponible en: <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/estudio-caracterizacion-del-uso-de-aire-acondicionado-en-vivienda-de-interés-social-en-mexico?idiom=es>
- CONUEE. (2018) Análisis de la evolución del consumo eléctrico del sector residencial entre 1982 y 2017 e impactos de ahorro de energía por políticas públicas. Cuadernos de la CONUEE. No. 1. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/325241/cuadernoNo1revision.pdf>
- CONUEE. (2019) Análisis de la evolución del consumo eléctrico del sector residencial entre 1982 y 2018 e impactos de ahorro de energía por políticas públicas. Cuadernos de la CONUEE. No. 2. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/439598/cuaderno2nvoiciclo_1.pdf

- CONUEE. (2019) Consumo de electricidad de edificios no residenciales en México: La importancia del sector de servicios. Cuadernos de la CONUEE. No. 3. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/455552/cuaderno3nvo ciclo_2.pdf
- CONUEE. (2020) Eficiencia energética en el confort térmico en viviendas de clima cálido en México. Cuadernos de la CONUEE. No. 5. Disponible en: <https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/Cuadernos/cuaderno5nvo ciclo.pdf>
- CONUEE. (2020) Clasificación de climas y su aplicación a la norma para envolvente de viviendas: notas para discusión. Cuadernos de la CONUEE. No. 6 disponible en: <https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/Cuadernos/cuaderno6NvoCiclo.pdf>
- CONUEE (2018). Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de México. México. Development Alternatives Incorporated. ¿Quiénes somos? Recuperado de: <https://www.dai.com/>
- Daikin, Fundamentals of Refrigeration. [Http://www.daikinapplied.com/download/Fundamentals-of-refrigeration-preview.pdf](http://www.daikinapplied.com/download/Fundamentals-of-refrigeration-preview.pdf)
- Daikin. (2020). High efficiency compressor to achieve a high COP. Disponible en: http://www.daikin.com/products/ac/lineup/skyair/modals/technology/01_compressor/index.html
- Department of Energy (2016) The Future of Air Conditioning for buildings. DoE. USA
- David Morillón Gálvez. (2004). Atlas del Bioclima de México. México, CDMX: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería. Facultad de Inversión en América Latina. Recuperado de: <https://www.eulaif.eu/es/home>
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. Recuperado de: <http://www.fide.org.mx/>
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. (2017) Revisa del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. Recuperado de: http://www.fide.org.mx/wp-content/uploads/2018/05/REVISTAS/eficiencia_energetica-15/files/assets/common/downloads/publication.pdf
- FIDE (2018). Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica. Retos, logros y desafíos, 2013-2018. México.
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. Programa de eficiencia energética del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. Recuperado de: http://www.fide.org.mx/?page_id=14773
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. ECO-CRÉDITO Empresarial. Recuperado de: http://www.fide.org.mx/?page_id=14782
- Fondo Mundial para el Medio Ambiente. Recuperado de: <https://www.thegef.org/>
- Fondo Verde del Clima. Características clave. Recuperado de: <https://www.greenclimate.fund/about#key-features>
- Fondos de Inversión en el Clima. México. Recuperado de: <https://www.climateinvestmentfunds.org/country/mexico>
- Fondos de Inversión para el Clima. Proyecto ECOCASA México. Recuperado de: <https://www.climateinvestmentfunds.org/projects/ecocasa-program-mexico-energy-efficiency-program-part-ii>
- Fondos de Inversión para el Clima Proyecto de Iluminación y Electrodomésticos Eficientes. Recuperado de: <https://www.climateinvestmentfunds.org/projects/efficient-lighting-and-appliances-project>
- GiZ. Identidad. Recuperado de: <https://www.giz.de/en/aboutgiz/identity.html>
- GiZ. Programa Developpp. Recuperado de: <https://www.developpp.de/en/choosing-a-partner-deg-giz-and-sequa-your-developppde-partners/giz-deutsche-gesellschaft-fuer-internationale-zusammenarbeit-giz-gmbh/>
- GiZ. Programa FELICITY. Recuperado de: <https://www.giz.de/en/worldwide/52753.html>
- GiZ. Programa PEEB. Recuperado de: <https://www.giz.de/en/worldwide/63939.html>
- Gobierno Británico. Programa de Energía del Fondo de Prosperidad de México. Recuperado de: <https://www.gov.uk/government/publications/prosperityfund-mexico-programme>
- Gobierno Británico. Financiamiento Climático Internacional. Recuperado de: <https://www.gov.uk/guidance/international-climate-finance>
- Haier. (2020). Comparison de AC inverter y convencional. enlace: <https://www.haier.com.au/technology/inverter-vs-conventional-comparison/>
- Hoja de Ruta para implementar la Enmienda de Kigali en México. (2019). SEMARNAT. México. Enlace: <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/hoja-deruta-para-implementar-la-enmienda-de-kigali-en-mexico>
- INEGI-CONUEE (2018). Encuesta Nacional Sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI). México. Sitio web: <https://www.inegi.org.mx/programas/encevi/2018/>.
- INEGI. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Enero 2021, de INEGI 2021 Sitio web: <https://censo2020.mx/>
- India Cooling Action Plan (2019). Ozone Cell. Government of India.
- IEA. (2018). The future of cooling. Junio 2020, de IEA Sitio web: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-cooling>
- IEA. (2019). The future of cooling in Southeast Asia. Junio 2020, de IEA Sitio web: <http://www.iea.org/reports/the-future-of-cooling-in-southeast-asia>.

- IEA. (2019). Cooling. Junio 2020, de IEA Sitio web: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/cooling>
- IEA. (2020). Tracking Buildings 2020. Julio 2020. Sitio web: <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings-2020/cooling>
- IIEA. (2020). Perfil de consumo de energía de México. Disponible en: <https://www.iea.org/countries/mexico>
- INECC (2018). Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2018.
- Johnson Controls. (2018). Commercial and Industrial HVAC. Disponible en: https://www.johnsoncontrols.com/-/media/jci/global-capabilities/be/files/be_york_industrial_commercial_hvac_2018.
- National Cooling Strategy of Trinidad and Tobago. (2020). Trinidad and Tobago's Sustainable and Efficient Cooling Strategy. Disponible en: <https://www.planning.gov.tt/sites/default/files/NCSTT%20Final%20Cabinet%20Approved%202020.pdf>
- NOM-008-ENER-2006. Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales. Disponible en: http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/181648/NOM_008_ENER_2006.pdf
- NOM-011-ENER-2006. Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/2464/SENER_2_22062007/SENER_2_22062007.htm
- NOM-012-ENER-2019 Eficiencia energética de unidades condensadoras y evaporadoras para refrigeración. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5608445&fecha=22/12/2020
- NOM-015-ENER-2012. Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Disponible en: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4646/sener/sener.htm>
- NOM-020-ENER-2011. Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Disponible en: http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/181660/NOM_020_ENER_2011.pdf
- NOM-021-ENER/SCFI-2017 Eficiencia energética y requisitos de seguridad al usuario en acondicionadores de aire tipo cuarto. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5489444&fecha=07/07/2017
- NOM-022-ENER-SCFI-2014. Eficiencia energética y requisitos de seguridad al usuario para aparatos de refrigeración comercial autocontenidos. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5372759&fecha=27/11/2014
- NOM-023-ENER-2018. Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido, descarga libre y sin conductos de aire. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=5531685
- NOM-026-ENER-2015. Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido con flujo de refrigerante variable, descarga libre y sin ductos de aire. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5401957&fecha=28/07/2015
- NOM-015-ENER-2018. Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5497682&fecha=19/09/2017
- Programa de Eficiencia Energética de Enfriamiento Kigali. Reporte de Año 3. (2020) Recuperado de: <https://www.k-cep.org/year-three-report/>
- Odón de Buen. (2019). Envolvente la clave de la eficiencia térmica. Octubre 2020, de Mundo HVACR Sitio web: <https://www.mundohvacr.com.mx/2018/03/envolvente-la-clave-de-la-eficiencia-termica/>
- SEMARNAT (2020). CINAM. Diagnóstico nacional para la mitigación de emisiones de HFC. México.
- SEMARNAT – INECC (2018). Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México.
- SEMARNAT. (2015). Ley General de Cambio Climático. Julio 2020, de (DOF) Sitio web: https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6583/1/ley_general_de_cambio_climatico
- SEMARNAT. (2013) Estrategia Nacional de Cambio Climático. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301093&fecha=03/06/2013
- SENER. (2011) Indicadores de eficiencia energética en el sector residencial. Taller Indicadores de Eficiencia Energética en México: 5 sectores, 5 retos. Marzo 2011
- SENER. (2011). NORMA Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.–Envolvente de edificios para uso habitacional. Disponible en: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4459/sener1/sener1.htm>
- SENER (2019) Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019-2033. México
- SENER (2017) Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2017-2031. México
- SENER (2011) Balance Nacional de Energía 2011. México.

- SENER (2018) Balance Nacional de Energía 2018. México.
- SENER (2019) Informe tres – Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/576926/Informe_Tres_del_FOTEASE_2019.pdf
- SENER (2020). Actualización de la Estrategia de Transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios, Ley de Transición Energética. México. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5585823&fecha=07/02/2020
- SENER. CONUEE. Hoja de Ruta para el Código y Normas de Eficiencia Energética para Edificaciones en México. (2017). Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/215225/Hoja_de_Ruta_para_el_Codigo_y_Normas_EE_para_Edificaciones_Mexico_ES_Fin.pdf
- Sello FIDE. Especificación. 4111. REFRIGERADORES Y CONGELADORES ELECTRODOMÉSTICOS Available in: http://www.fide.org.mx/wp-content/uploads/2018/05/esp4111_04.pdf
- Sello FIDE. Especificación. 4113. ACONDICIONADORES DE AIRE TIPO CUARTO. Available in: http://www.fide.org.mx/wp-content/uploads/2018/05/esp4113_08.pdf
- Sello FIDE. Especificación. 4116. ACONDICIONADORES DE AIRE TIPO CENTRAL PAQUETE O DIVIDIDO Available in: http://www.fide.org.mx/wp-content/uploads/2018/05/esp4116_06.pdf
- Sello FIDE. Especificación. 4117. APARATOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL AUTOCONTENIDOS Available in: http://www.fide.org.mx/wp-content/uploads/2018/05/Esp4117_15.pdf
- Sello FIDE. Especificación. 4121. ACONDICIONADORES DE AIRE TIPO DIVIDIDO Available in: <http://www.fide.org.mx/wp-content/uploads/2018/05/esp4121.pdf>
- Sello FIDE. Especificación. 4174. ACONDICIONADORES DE AIRE TIPO DIVIDIDO DE FLUJO DE REFRIGERANTE VARIABLE Available in: http://www.fide.org.mx/wp-content/uploads/2018/05/Esp4174_17.pdf
- SIE. (2020). Sistema de Información Energética. Enlace: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>
- Suástegui Macías, J. A., Pérez Tello, C., Campbell, H. E., & Magaña Almaguer, H. D. (2013). Prospectiva del programa de ahorro sistemático integral en Mexicali, Baja California, México. Ingeniería mecánica, tecnología y desarrollo, 4(4), 129-134. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/imtd/v4n4/v4n4a3.pdf>
- UNAM. (2012). Potencial Estimado de Enfriamiento Evaporativo Para la Climatización Pasiva de Edificios en México. Pérez Flores, Enrique Arturo. México.
- UNAM, Instituto de Ingeniería. (2004). Atlas del Bioclima de México. David Morillon. México.
- UNEP Ozone Secretariat (2015) FACT SHEET 4 Commercial Refrigeration
- UNIDO. (2019). Enabling activities for HFC phase-down in Mexico Refrigerators and air conditioners. Standards and technologies. Part 1.
- UNIDO. (2019). Enabling activities for HFC phase-down in Mexico Refrigerators and air conditioners. Standards and technologies. Part 2.
- World Meteorological Organization. (2020). Global Climate in 2015-2019: Climate change accelerates. Disponible en: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/global-climate-2015-2019-climate-change-accelerates>
- Zero Carbon Compendium. NHBC Foundation. (2009). Enlace http://www.zerocarbonhub.org/sites/default/files/resources/reports/Zero_Carbon_Compendium_Whos_Doing_What_in_Housing_Worldwide.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Datos desagregados de equipos RAC en el sector RyC

La presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado en México se presenta de manera segregada de acuerdo con la región climática. La región central prácticamente no demanda equipos de aire acondicionado; sin embargo, es la región que presenta mayor presencia de equipos de refrigeración residencial debido a la densidad poblacional. El aire acondicionado residencial se centra en la región norte del país que cuenta con mayores ingresos, a diferencia de la región cálida del sur que únicamente presenta el 18.5% de los equipos de aire acondicionado residencial.

Principales sectores que demandan equipos RAC en México

El aire acondicionado comercial se ubica en las zonas de alto dinamismo principalmente orientado al sector de servicios, por ejemplo, oficinas, hoteles, restaurantes, cines, tiendas departamentales de mayor demanda, y está presente en los estados de mayor atracción como Quintana Roo, Yucatán, Jalisco, Guerrero, Veracruz y Oaxaca. Es contrastante la alta presencia de equipo de aire acondicionado comercial en estas zonas donde la población tiene menor acceso a este tipo de servicios. En la región central empieza a incrementarse el consumo de equipos de aire acondicionado principalmente en el área comercial, como en oficinas, hoteles y hospitales. Es necesario adaptar la normatividad de construcción tanto a nivel residencial como comercial para reducir la demanda eléctrica por aire acondicionado derivada de una alta ganancia térmica en edificios ineficientes.

Sector de fabricación de equipos RAC

Se han identificado en el país nueve plantas de este sector, de las cuales siete forman parte de grupos empresariales, y de este mismo grupo uno de los principales es de origen nacional. Asimismo, se han identificado plantas que ensamblan equipos de refrigeración comercial del tipo autocontenidos (conocidos en el país como refrigeradores botelleros) y tres empresas de manufactura de sistemas de refrigeración comercial del tipo centralizados y unidades condensadoras, de estas tres una de ellas es fabricante nacional. Estas empresas se localizan en Nuevo León, Querétaro, Guanajuato, Yucatán y Ciudad de México.

Lo anterior se refleja en el hecho de que México es el tercer exportador de sistemas de refrigeración a nivel mundial (OEC, 2017).

FIGURA 12. Localización de plantas de fabricación de equipos y productos que emplean HFC en México.



Fuente: Hoja de Ruta Enmienda de Kigali.

Hay al menos diez empresas del sector que cuentan con diversas plantas de fabricación de sistemas de aire acondicionado. En su mayoría son de capital extranjero, con excepción de una que se dedica a la producción de chillers. El resto fabrica principalmente sistemas divididos, de paquete y de ductos, que se exportan en su mayoría a Estados Unidos, así como a otras partes del mundo. Estas empresas se localizan en Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas, Baja California y San Luis Potosí.

Las importaciones de los HFC se llevan a cabo en mayor parte por algunas de las empresas aglomeradas en la Asociación Nacional de Fabricantes de la Industria de Refrigeración (ANFIR). Hay cuatro empresas que concentran alrededor del 75% de las operaciones de importación y que suministran los HFC a distribuidores de mayoreo y menudeo para fabricantes de equipo original y a empresas o técnicos de servicio.

Inventario de equipos instalados y proyección de crecimiento

La Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI) realizada en 2018 ha permitido brindar a detalle la caracterización de la penetración actual de los equipos de refrigeración y las tecnologías de climatización de aire ante un escenario de limitada disponibilidad de información que existía en el país. Es muy relevante dicha información ya que permitirá establecer mejores políticas públicas y programas para atender y atenuar el inevitable crecimiento que presentará el sector RAC en los próximos años en México.

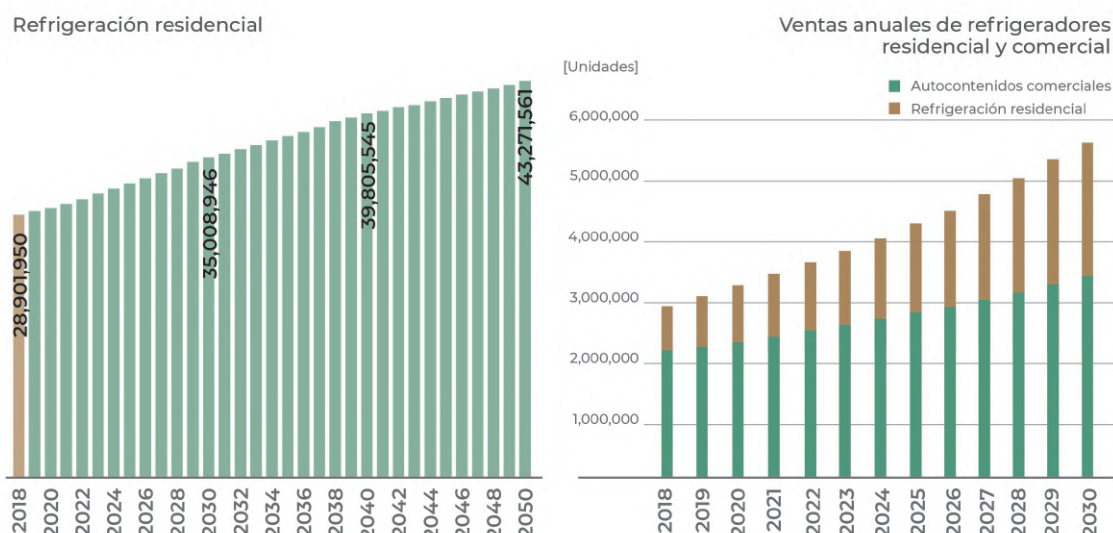
Refrigeración residencial

En el tema de refrigeración de acuerdo con el análisis de la encuesta ENCEVI en México en 2018 había 28.9 millones de refrigeradores residenciales, con ventas anuales por arriba de los 2 millones de unidades. Se cuenta en el país con un 87.9% de saturación, por lo que el 12.10% no cuentan con equipo de refrigeración en casa.

México presentó una tasa de incremento en la saturación de equipos de refrigeración en vivienda en el año 2000 del 79.7% al 87.9% en el año 2018⁵⁶. El país cuenta con una notable desigualdad en el número de equipos entre sus regiones geográficas. Por ejemplo, existen regiones con prácticamente el 100% de saturación; mientras que en las regiones de menor ingreso económico el porcentaje de saturación apenas alcanza el 63% y el 74%, como son los estados de Chiapas, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Guerrero. Cabe mencionar que en estos estados el índice de pobreza ronda entre el 64% y el 76.2% de su población.

Se estima un crecimiento del stock de refrigeradores residenciales en 43.2 millones de unidades para 2050. El 54% de los refrigeradores se encuentran en la zona templada, región más densamente poblada del país; mientras que en el Estado de México y la Ciudad de México se cuenta con el 21.2% de equipos. Existe aproximadamente un refrigerador residencial por cada 4.4 habitantes en México.

FIGURA 13. Inventario y prospectiva de venta de equipos de refrigeración residencial.



Fuente: Elaboración propia con datos de ENCEVI, 2018, UNO e INEGI.

Capacidades y antigüedad de equipos de refrigeración residencial

El mercado mexicano de refrigeradores residenciales se relaciona con hábitos de consumo e ingreso per cápita de la población, por lo que proliferan equipos de capacidades medianas y pequeñas. El 76.9% de las unidades presentes en el país oscila entre 6 ft³ (170 L) y 15 ft³ (425 L), como los equipos de dos puertas con congelador arriba y equipos en general de bajo consumo eléctrico; los refrigeradores de 16 ft³ a 20 ft³ representan el 18.2% del parque. En México son escasos los equipos denominados extragrandes, con capacidades superiores a 20 ft³, en consecuencia, sólo corresponden al 1.5% de las unidades.

TABLA 18. Unidades de refrigeración residencial por capacidad y distribución climática en México.

Capacidad del refrigerador=	Compacto	Pequeño	Mediano	Grande	Extragrande	Total de equipos= [año 2018]	
Litros	< 170	170 a 283	311 a 425	453 a 566	567		
ft ³	< 6 ft ³	6 a 10 ft ³	11 a 15 ft ³	16 a 20 ft ³	> 20 ft ³		
Región cálida extrema	215,330	1,856,294	3,192,825	1,930,545	230,180	7,425,175	26%
Región templada	469,886	5,856,294	6,735,040	2,506,061	156,629	15,662,883	54%
Región tropical	290,695	5,795,267	2,209,279	813,945	58,139	5,813,892	20%
	Compacto	Pequeño	Mediano	Grande	Extra Grande		Total=
	975,911	10,093,395	12,137,144	5,250,552	444,948		28,901,950
	3.40%	34.90%	42.00%	18.20%	1.50%		100.00%

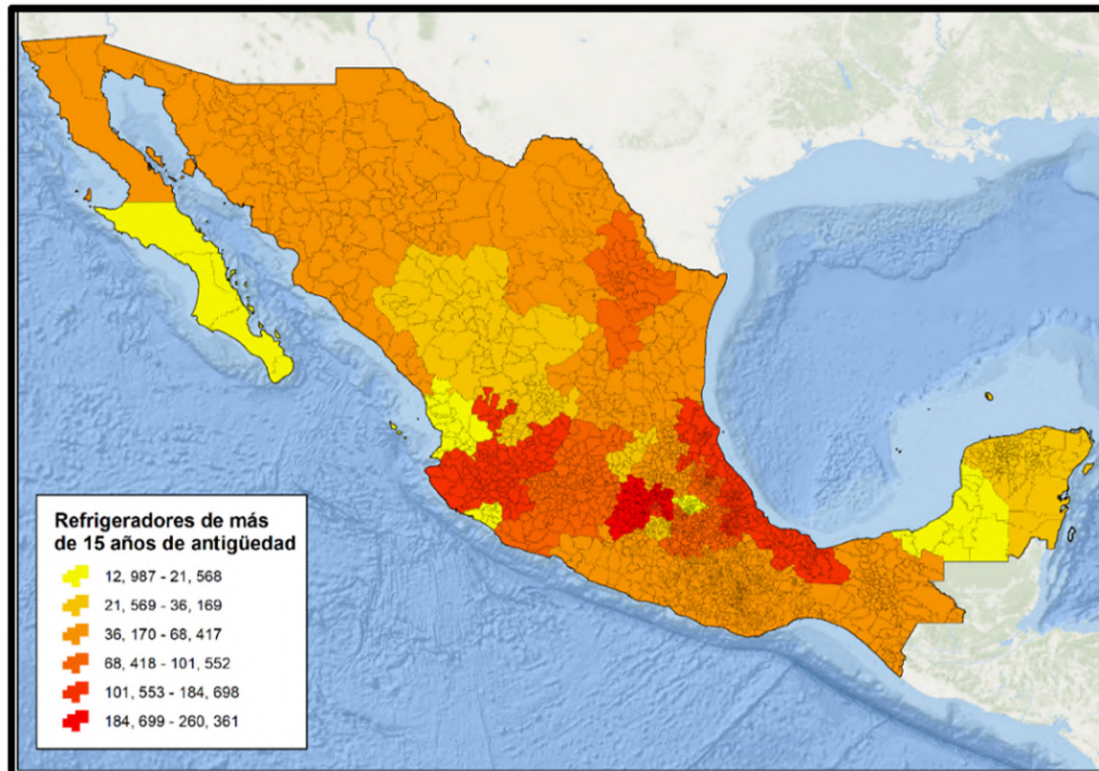
Fuente: ENCEVI, 2018.

El 78.4% de los refrigeradores residenciales presentes en el inventario nacional se presume que son de tecnología reciente, es decir, cuentan con menos de diez años. Debido a esta característica, se encuentran bajo las normas de las últimas disposiciones de eficiencia, y en general presentarían un buen desempeño energético al cumplir con el estándar NOM-015-ENER-2012. Poco más del 19% de los equipos cuenta con más de diez años de vida útil por lo que presentan un gran potencial de ahorro de energía en cuanto a la sustitución y destrucción de dichos equipos.

La cantidad de 2.138 millones de refrigeradores tienen una vida superior a 15 años; en tanto que 635,843, de más de 20 años. Este segmento de equipos representa energéticamente un alto potencial de ahorro de energía al ser sustituidos por equipos nuevos con normatividad vigente 2018.

Mediante sistemas de información geográfica se puede visibilizar aquellos estados donde es conveniente aplicar las políticas públicas necesarias para generar programas masivos de sustitución de equipos. La sustancia empleada como refrigerante es el HFC-134a, por lo que la alternativa para estos equipos son el HC-600a como refrigerante de bajo PCG en manufactura de equipos nuevos.

FIGURA 14. Distribución estatal de los equipos de refrigeración residencial con más de 15 años de antigüedad.

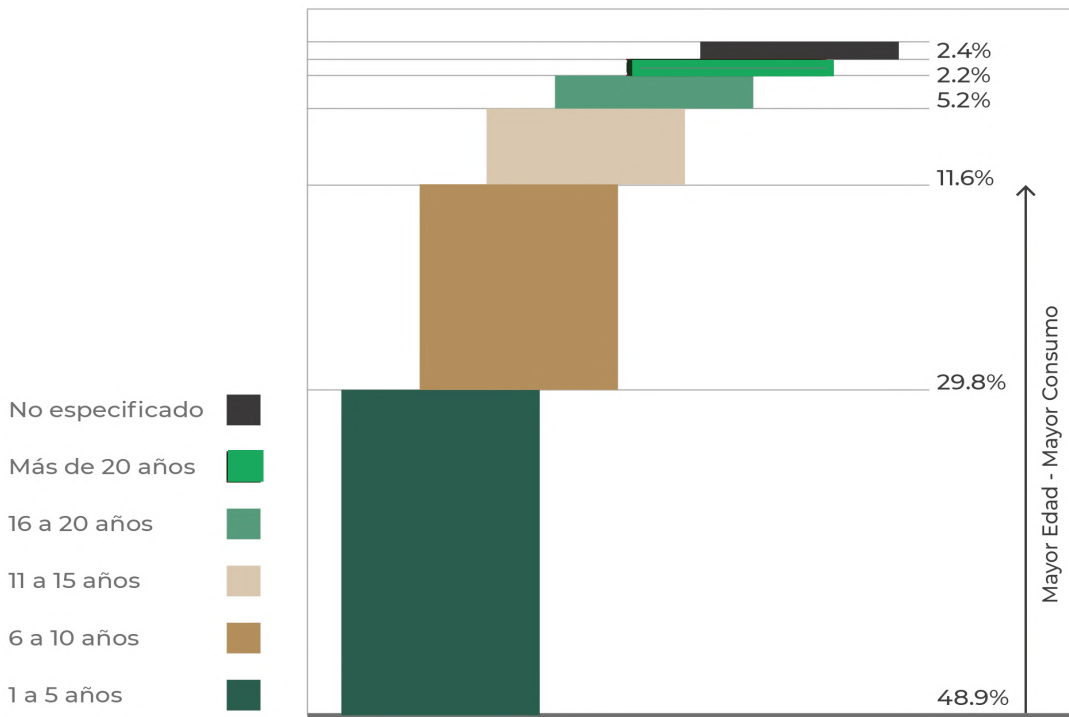


Fuente: Elaboración propia con datos de ENEVI e INFONAVIT, 2018.

El 19% de las unidades de refrigeración residencial cuenta entre 11 y más de 20 años de vida de operación.

Son 5.5 millones de equipos de baja eficiencia que pueden ser sustituidos por equipos de alta eficiencia, normados por la última versión del estándar obligatorio NOM-015-ENER-2018 con potencial de ahorro en el consumo de energía de hasta un 35% contra la versión anterior de la norma.

FIGURA 15. Antigüedad de refrigeradores residenciales por años de operación.

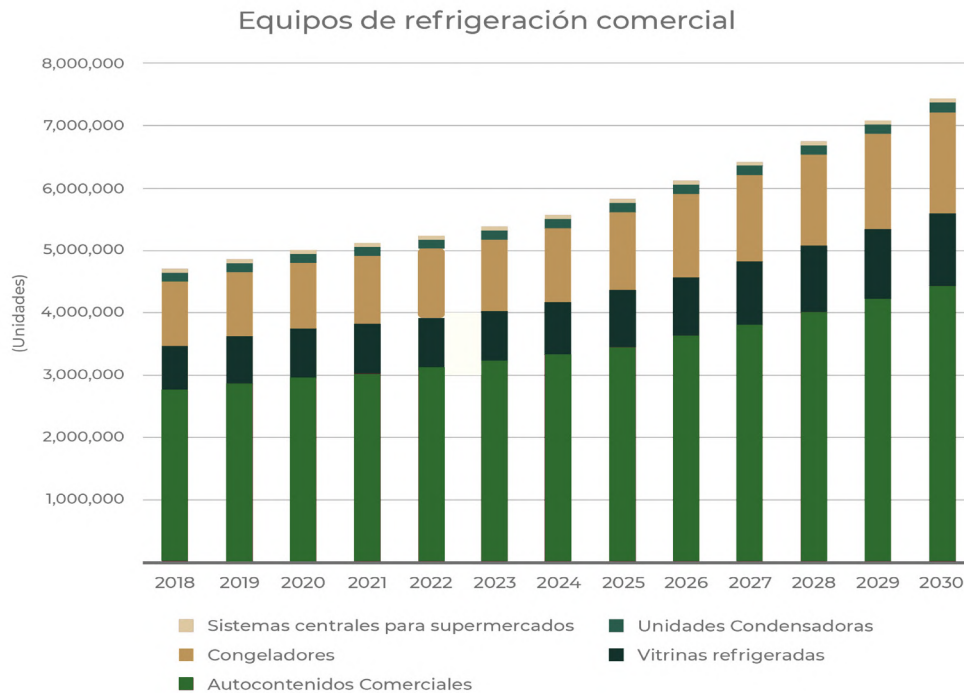


Fuente: Elaboración propia con datos de ENCEVI, 2018.

Refrigeración comercial

En 2018 existían en México 4.6 millones de equipos de refrigeración comercial; este subsector tendrá un relevante crecimiento, pues se estima que alcance las 7.3 millones de unidades al 2030. Estos aparatos son empleados básicamente para el almacenamiento y la exhibición de alimentos y bebidas en tiendas de conveniencia y en el sector servicios, como hoteles y restaurantes; pero derivado de la pandemia también tomarán relevancia en la conservación de fármacos y vacunas. La tasa de crecimiento esperada se ha ajustado ante la incertidumbre y crisis económica global derivada de la presencia del COVID 19 y su daño a sectores productivos tan relevantes como el sector turístico para México. La tasa se ha ajustado a la proyección esperada del PRONASE y de la SENER 2021 de 2.7% en el escenario moderado.

FIGURA 16. Stock y prospectiva de equipos de refrigeración comercial.



Fuente: Elaboración propia con datos de la UNO, inventario de equipo RAC 2019.

Este subsector incluye equipos autocontenidos (HFC-134a o R-404A), unidades condensadoras y evaporadoras remotas con condensador para refrigerar cuartos (HCFC-22, HFC-134a, R-404A) y sistemas centralizados de gran capacidad con una serie de evaporadores de refrigeración conectados a compresores y condensadores de forma remota que emplean grandes cantidades de refrigerante, principalmente HCFC-22 o R-404A. En los refrigeradores autocontenidos ya es opción los refrigerantes hidrocarburos de bajo PCG. En cambio, en las unidades remotas hay una mayor complejidad, aunque ya existen en equipos centrales el uso de sistemas de CO₂ transcrito que en la actualidad están en operación en tiendas de supermercados en el país.

Aire acondicionado residencial

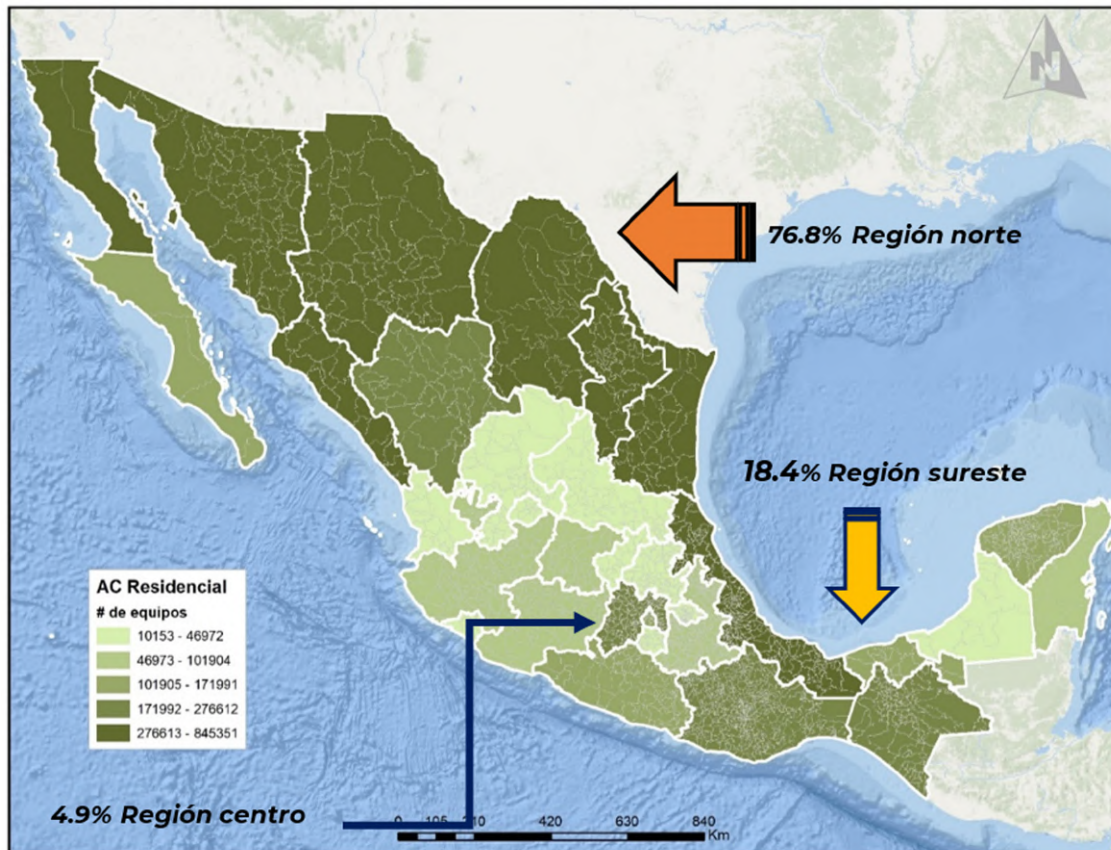
La región cálida extrema del norte de México presenta 48.1% de sus viviendas con equipos de aire acondicionado, mientras que la región tropical del sur presenta únicamente el 12.4%. Esto no significa que en la región sur no se requiera de métodos mecánicos para alcanzar confort en vivienda y comercio. Incrementar el porcentaje de saturación del 80% de equipos de aire acondicionado en las regiones de clima cálido extremo y tropical de México significaría el ingreso de al menos 5.5 millones de equipos.

TABLA 19. Stock y prospectiva de equipos de aire acondicionado residencial.

Aire acondicionado residencial			
2018	Número de viviendas	Número de viviendas con presencia de AC	% de viviendas con al menos 1 equipo
Región cálida extrema	7,762,195	3,733,616	48.1%
Región templada	17,795,900	231,347	1.3%
Región tropical	7,604,053	942,903	12.4%
	33,162,148	4,907,865	14.8%

Fuente: Elaboración propia con datos de ENCEVI y ENIGH 2018.

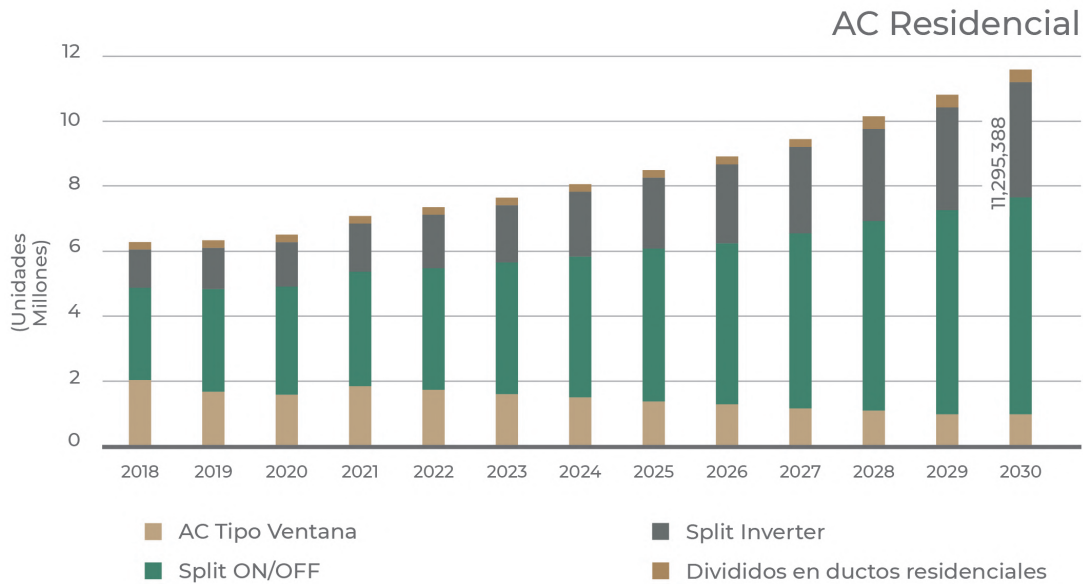
FIGURA 17. Distribución de los equipos de aire acondicionado residencial en México.



Fuente: Elaboración propia con datos de ENCEVI y la UNO, inventario de equipo RAC.

El crecimiento de equipos residenciales de forma natural ha desplazado a los equipos tipo ventana mediante los minisplit. Los equipos eficientes de tecnología inverter han encontrado aceptación en el mercado; sin embargo, aún el costo representa una barrera económica que frena su penetración en el país. Las ventas y el inventario de equipos incrementan sus volúmenes ante el aumento de temperaturas y la búsqueda de incrementar el confort por medio de un crecimiento económico del PIB per cápita.

FIGURA 18. Inventario de equipos de aire acondicionado residencial

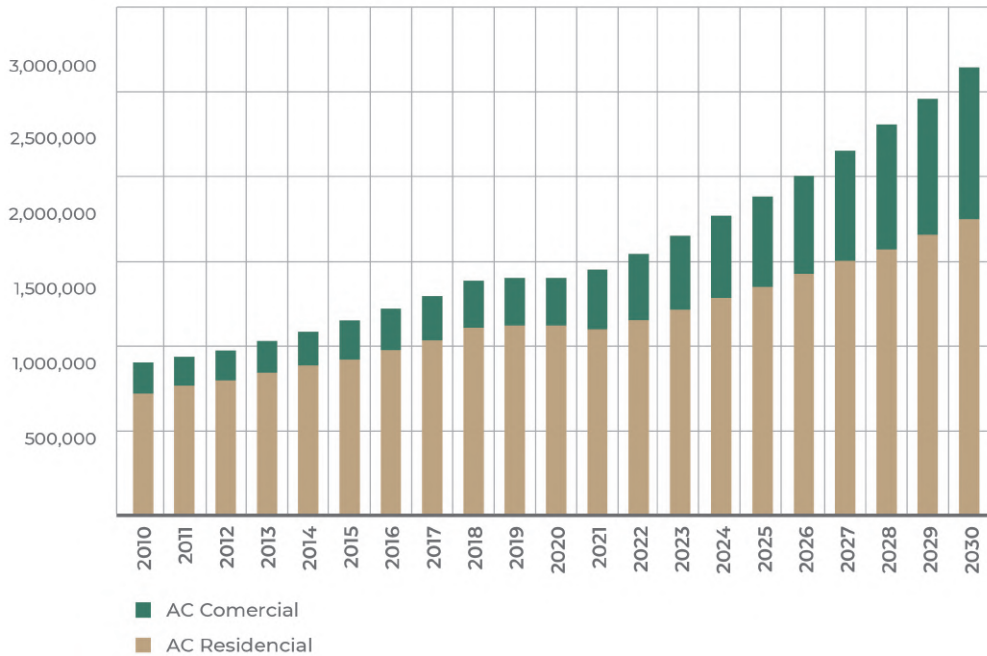


Fuente: Elaboración propia con datos de ENCEVI, 2018, la UNO e INEGI.

El progreso de ventas a mediano y largo plazo está correlacionado con el crecimiento económico del país. De cualquier forma, con tasas bajas de crecimiento, el ingreso de 5.5 millones de equipos de aire acondicionado residencial representarán un desafío para el sector eléctrico mexicano.

En el año 2018 la venta de equipos de aire acondicionado de los distintos tipos presentes superó las 800,000 unidades al año; al 2030 se estima que alcanzaría la venta anual de 2.5 millones de unidades. La tasa de crecimiento ha sido ajustada a las tasas de crecimiento de escenario moderado de crecimiento del 5.4% a partir del año 2022.

FIGURA 19. Proyección de ventas de equipos de aire acondicionado residencial y comercial.



Fuente: Elaboración propia con datos de Estrategia EOL.

Las ventas de equipos de aire acondicionado residencial crecieron en el país de 697,536 unidades en 2010 a poco más del millón de equipos en 2019. Esto representa una tasa de crecimiento del 5.4% estimulada por una década de desarrollo económico estable en México.

En cuanto a las diferencias tecnológicas disponibles en el mercado, las ventas de equipos unitarios tipo ventana han caído del 74% al 8%. Esta tecnología ha sido desplazada por equipos tipo split en sus versiones on/off e inverter. Los equipos split son ahora la tecnología dominante en el mercado. En cuanto a los de tipo inverter, alcanzan más del 50% del mercado y compiten con los equipos tipo on/off, pese a que su costo inicial era superior. Estos equipos unitarios se encuentran en la transición de contener refrigerante HFC-22 a refrigerantes mucho más amigables con el ambiente, como el HFC-410^a y recientemente equipos con HFC-32 (con PCG 83% inferior al HCFC-22).

El potencial de crecimiento del aire acondicionado residencial en México es grande al considerar que el grado de saturación actual de estos equipos es del orden del 16%⁵⁷. Se proyecta una tasa de crecimiento del 10% hasta alcanzar las 2.4 millones de ventas en equipos residenciales y 884,000 unidades comerciales. Existe una complejidad en el inventario de equipos comerciales, ya que los equipos de uso residencial en muchos casos brindan el servicio en operaciones comerciales. Se requiere realizar un estudio que permita una descripción más detallada del sector comercial en cuanto a capacidades de equipos instalados, refrigerantes y consumos de energía.

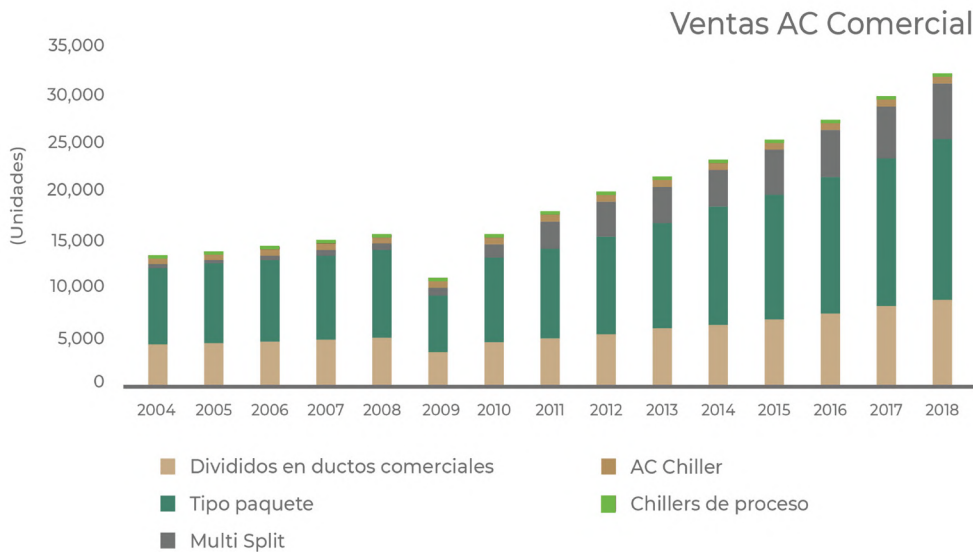
Nota: La pandemia global del COVID-19 se observa como un episodio que ha detonado el grado de incertidumbre en la economía mexicana, por lo que se modificarán en los próximos años las tasas de crecimiento y ventas de equipos RAC hasta su estabilización.

Aire acondicionado comercial

El aire acondicionado comercial se basa en equipos divididos con ductos, tipo paquete, multisplit, chillers de gran capacidad y chillers de proceso. En cuanto al progreso de ventas de equipos enfriadores de espacios comerciales, es notable el crecimiento que han tenido los equipos tipo paquete para su uso en instalaciones desde tiendas de menudeo hasta centros comerciales, cines, etc. Este tipo de equipos han incrementado el número de sus ventas en una tasa de 8.5%, desplazando cada año alrededor de 15,000 unidades obsoletas.

Los chillers, para sistemas de aire acondicionado con centrales de agua helada, presentan una tasa de incremento del 5.7% anual desplazando 900 unidades cada año. Este segmento para el año 2030 se pronostica que incrementará notablemente al triplicar sus ventas en la siguiente década, con una tasa de crecimiento anual por arriba del 7%. Hay que destacar que una gran cantidad de comercios emplean equipos residenciales para cubrir sus necesidades.

FIGURA 20. Stock de equipos de aire acondicionado comercial.



Fuente: Elaboración propia con datos de inventario de equipo RAC de UNO, 2019.

Ha sido compleja la caracterización del sector comercial debido a la poca disponibilidad de información referente al stock de unidades presentes, a los tipos de tecnologías y a las toneladas de refrigeración instaladas por sectores en México. Es común en el sector la presencia de equipos de capacidades de refrigeración bajas de uso residencial para atender este sector.

Derivado de la encuesta, ENCEVI 2018, se pudo conocer que existen 5.9 millones de equipos tipo ventana y minisplit (on/off e inverter) en el sector residencial, con lo cual se estima que existen 3.8 millones de equipos de tipo residencial que están atendiendo las necesidades en el sector comercial.

Es imprescindible levantar información mediante la digitalización con el fin de conocer a detalle las capacidades de los equipos, refrigerantes, toneladas de refrigeración y consumos eléctricos de los equipos RAC del sector comercial.

TABLA 20. Inventario de equipos RAC y proyección al 2030.

Subsector	Equipos	2018	2030
AC	AC tipo ventana	4,394,081	1,553,336
	AC tipo minisplit residencial	3,846,901	9,892,922
	AC tipo minisplit comercial	1,476,999	4,560,470
	Divididos con ducto residencial	206,073	394,606
	Split con ductos comerciales	101,499	190,979
	Tipo paquete	139,841	333,469
	Multisplit	27,917	109,808
	AC chillers	9,143	14,265
Refrigeración	Refrigeración residencial	28,901,950	35,008,946
	Autocontenidos comerciales	4,500,296	12,011,491
	Unidades condensadoras	93,649	103,147
	Sistemas centrales para supermercados	7,951	9,995

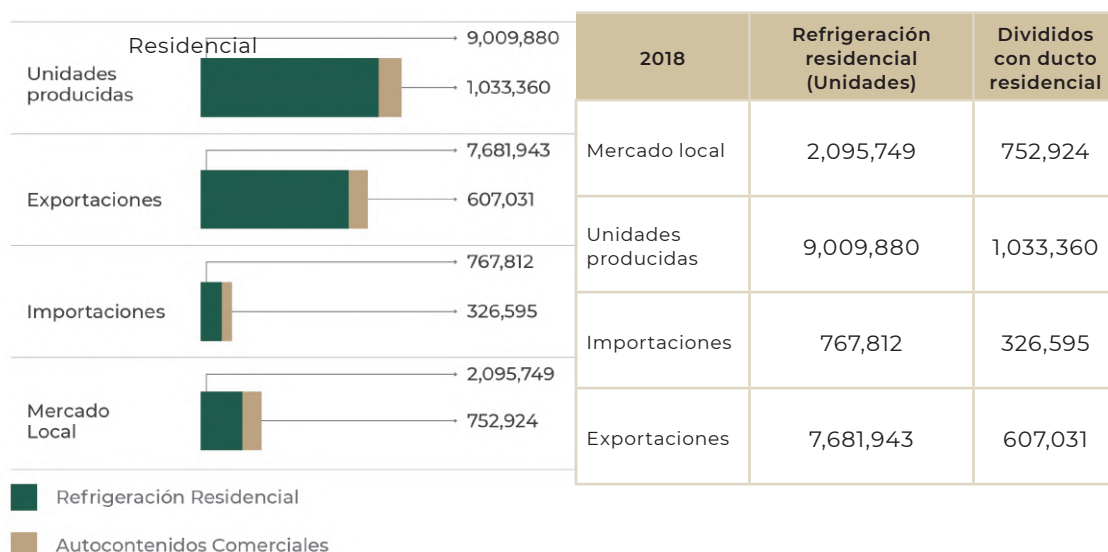
Fuente: ENCEVI-2018-Estrategia EOL, 2020.

Anexo 2. Producción, exportación e importación de equipos

México es uno de los principales fabricantes de equipos de refrigeración en el mundo. De los equipos que se manufacturan en el país se exporta cerca del 85% de la producción nacional, lo cual representa más de 8 millones de unidades de refrigeración entre equipos residenciales y autocontenidos comerciales. México es un mercado aún en crecimiento, por lo que en las siguientes dos décadas deberá ser abastecido con equipos de alta eficiencia energética. El mercado local ronda los 2 millones de refrigeradores residenciales y 700 mil equipos autocontenidos.

Los equipos importados por ahora tienen una participación cercana al 8% de unidades que se comercializan y se estima una tasa de renovación anual del stock de equipos de refrigeración del orden del 10% a nivel nacional.

TABLA 21. Importación, exportación, manufactura de refrigeración en México, 2018.

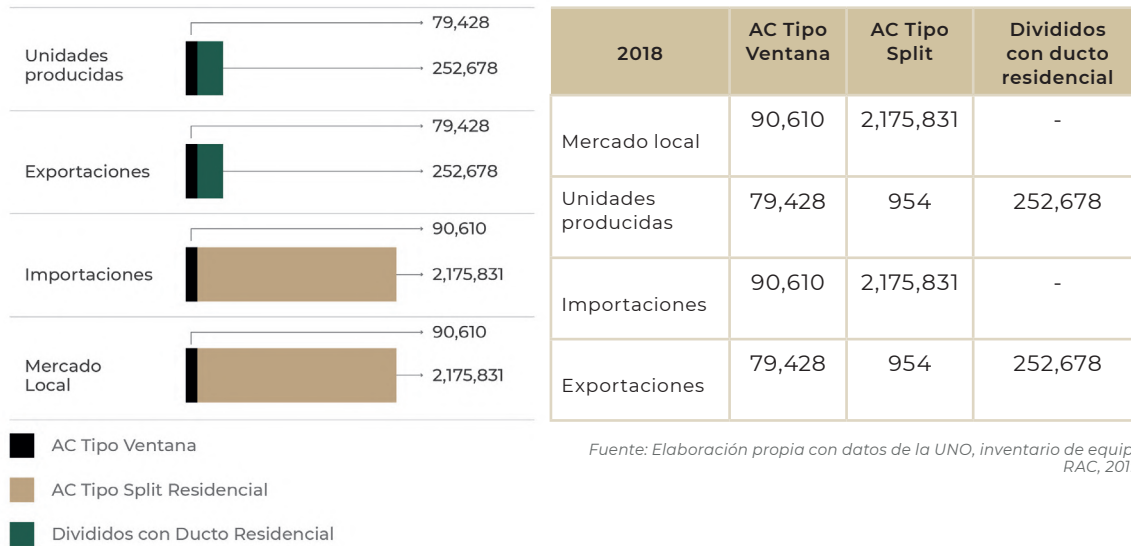


Fuente: Elaboración propia con datos de la UNO, inventario de equipo RAC 2019.

Exportaciones, importaciones y manufactura de equipos de aire acondicionado

El mercado nacional de equipos de aire acondicionado residenciales y comerciales se abastece prácticamente en su totalidad mediante la importación de 2.26 millones de equipos unitarios. Existe manufactura de equipos divididos con ductos destinados al sector residencial cuyo destino es la exportación hacia otros mercados internacionales.

TABLA 22. Importación, exportación, manufactura de AC en México, 2018.



Fuente: Elaboración propia con datos de la UNO, inventario de equipo RAC, 2019.

Anexo 3. Parámetros de diseño del RAC – PAE México

Para los efectos de este Plan, el subsector de refrigeración se dividió en refrigeración residencial, comercial en autocontenidos, condensadoras tipo cuartos fríos y sistemas centrales de supermercados.

TABLA 23. Parámetros equipos de refrigeración.

Tipo de trabajo	Vida útil (Años)	Refrigerantes	PCG	Carga inicial	Factor de emisiones anual por mantenimiento	Renovación anual
Refrigeración residencial	10	HFC-134a	1300	0.15	2%	10%
		HC-600a	3			
Refrigeración comercial autocontenidos	10	HFC-134a	1300	0.8	10%	10%
		HC-290	3			
Unidades condensadoras remotas para refrigeración	20	HFC-134a	646	13	35%	5%
		HCFC-22	171			
		R-404A	1,618			
Sistemas centrales para supermercados	25	R-507A	3,985	1500	35%	4%
		R-744	1			
		HCFC-22	1,760			
		R-404A	3,943			
		R-410A	1,924			

Fuente: Elaboración propia con datos de la UNO, CONUEE y SELLO FIDE.

El subsector de aire acondicionado se dividió por su tecnología en acondicionadores de aire de habitación, minisplit dividido con ductos, tipo paquete, multisplit y chillers de gran capacidad.

TABLA 24. Parámetros equipos aire acondicionado.

Tipo de equipo	Vida útil	Refrigerantes	PCG	Carga inicial	Factor de emisiones anual por mantenimiento	Renovación anual	Eficiencia (Wt/We)	
	(Años)			(kg)	(%)	(%)	Rango promedio	BAT FIDE
AC tipo ventana	15	HCFC-22	1,760	0.79275	15%	10%	2.3-3	3
		R-407C	1,624					
		R-410A	1,923					
Minisplit residencial (incluye inverter)	15	R-32	677	0.9375	15%	10%	3.4-4.1	7.3
		HCFC-22	3					
		R-410A	1,924					
Minisplit comercial	15	R-32	646	1.35	15%	7%	3.2-3.8	6.3
		HCFC-22	3					
		R-410A	1,924					
AC dividido con ductos residencial / comercial	15	R-32	677	3.75/7.5	15%	7%	2.9-3.3	5.1
		HCFC-22	1,760					
		R-407C	1,624					
		R-410A	1,924					
Tipo paquete rooftop	15	R-32	677	15	10%	7%	2.9-3.3	5.1
		HCFC-22	1,760					
		R-407C	1,624					
		R-410A	1,924					
Multisplit (incluye VRF)	15	R-32	677	15	10%	7%	2.9-3.3	3.8
		R-410A	1,924					
Chillers AC	15	R-410A	2,088	26.25	10%	7%	2.9-3.3	6.44
		R-407C	1,774					

Fuente: Elaboración propia con datos de la UNO, CONUEE y SELLO FIDE.

Anexo 4. Tecnologías disponibles RAC-México

Se encuentran mejores eficiencias disponibles en equipos de refrigeración residencial de acuerdo con el estándar voluntario–Sello Fide 4111.

TABLA 25. Tecnologías disponibles de mejor desempeño energético en refrigeración en México.

Equipo	Capacidad L(ft ³)	Consumo [kwh/año]		Refrigerantes convencionales	PCG	Refrigerantes alternativos	PCG
		FIDE 4111	NOM-015- ENER-2018				
Refrigerador residencial	255 (9)	280	306	HFC-134 ^a	1,430	HC-600a [isobutano]	3
	314 (11)	313	323				
	364 (13)	399	337				
	396 (14)	375	347				
	446 (16)	389	360				

Fuente: Elaboración propia con datos de la UNO, CONUEE y SELLO FIDE.

Los equipos de refrigeración comercial autocontenida se expresan en términos de consumo máximo de electricidad por día [Wh/L-24hrs]. La referencia de alto desempeño para estos equipos es el sello FIDE 4111. A continuación, se presentan algunos de los equipos con mejores desempeños disponibles en el mercado mexicano. La mayoría de los refrigerantes empleados son el HFC-134a; sin embargo, ya se inicia la transición hacia las sustancias HC-290 y HC-600a como refrigerantes dados su bajo PCG, y ya se encuentran disponibles en el mercado local.

TABLA 26. Tecnologías disponibles de mejor desempeño energético en refrigeración comercial en México.

Tipo de aparato	Capacidad		Consumo de energía		Refrigerantes convencionales	PCG	Refrigerantes alternativos	PCG
	L	ft ³	BAT FIDE [kWh/año]	NOM-022-ENER/SCFI-2014				
Enfriador vertical con circulación forzada de aire	250	8.8	731	1652	HFC-134a	1,430	HC-290	3
	484	17.1	1183	2371				
	714	25.2	2775	2931				
	1080	38.1	1443	3675				
	1613	57.0	3191	4575				
Congelador horizontal con puerta de cristal incluye los de uso médico	193	6.8	386	805	HFC-134a	1,430	HC-290	3
	363	12.8	554	1323			HC-600a	3
	685	24.2	1215	2179	R-404A	3,922	HC-290	3
Conservadores de bolsas de hielo	499	17.6	1129	1204	HFC-134a	1,430		
	740	26.1	1323	1428				
	1083	38.2	1541	1684				
	1653	58.4	1810	2022				
Congelador vertical con puerta sólida y circulación forzada de aire	353	12.5	1515	4648	R-404a	3,922	HC-290	3
	437	15.4	2262	5618				
Vitrina cerrada de temperatura media	298.10	10.53	1899	3053	HFC-134a	1,430	HC-290	3
	565.50	19.97	2116	4806				
	859.20	30.34	5858	6464				

Fuente: Elaboración propia con datos de la UNO, CONUEE y SELLO FIDE.

En la mayoría de los equipos de aire acondicionado, los refrigerantes empleados son el HFC-410a y aún existe una muy alta presencia de equipos disponibles con HCFC-22. Estos deben ser sustituidos por los equipos existentes en el mercado de alto desempeño, con un rango de eficiencia superior a 4.1 con refrigerantes R-32 y HC-290.

TABLA 27. Tecnologías disponibles de mejor desempeño energético en equipos de aire acondicionado en México.

Tecnología	Capacidad	Eficiencia	[Wt/We]	Refrigerantes alternativos	PCG
	kWt [TR]	Rango promedio	BAT FIDE		
Tipo ventana	2 a 7 (0.5 a 2)	2.3 - 3	3	HC-290 R-32	3 675
Minisplit residencial (incluye inverter)	2 a 12 (0.5 a 3.4)	3.4 - 4.1	7.3	HC-290 R-32 R-1270	3 675 2
Minisplit comercial	12 a 19 (3.4 a 5.4)	3.2 - 3.8	6.3	HC-290 R-32 R-1270	3 675 2
Dividido con ductos residencial	5.3 a 17.6 (1.5 a 5)	2.9 - 3.3	5.1	HC-290 R-32 R-1270	3 675 2
Dividido con ductos comercial	9 a 70 (2.5 a 20.2)	2.9 - 3.3	5.1	HC-290 R-32 R-1270	3 675 2
Tipo paquete rooftop	Pequeños comercios de 18 a 88 (5 a 25) Grandes comercios 263 a 702 (75 a 150)	2.9 - 3.3	3.8		
		2.9 - 3.3	6.44	R-32 y otros	675
	50 a 750 (14 a 213)	2.9 - 4.7	6.5	HC-290 R-32 R-452B	3 675 675
	≥750 (>213)	2.9 - 4.7	6.5	R-1234yf R-1234ze R-513A R-1336mzz(z)	4 6 631 2

Fuente: Elaboración propia con datos de la UNO, CONUEE y SELLO FIDE.

Para las unidades condensadoras y evaporadoras remotas ha sido publicado en diciembre de 2020 la NOM-012-ENER-2019 que estipula la relación de eficiencia mínima para este tipo de unidades. A continuación, se presentan los parámetros de estas unidades.

TABLA 28. Parámetros de desempeño energético en condensadoras remotas.

Aplicación frigorífica		Potencia frigorífica bruta en Watt [BTU/h]	Nivel mínimo del FEEE [W_t/W_e]
Unidad condensadora remota	Temperatura media [0.0 - 15.0°C]	$\geq 746 \text{ W y } \leq 12000 \text{ W}$ $\geq 2547 \text{ BTU/h y } \leq 40982 \text{ BTU/h}$	1.65
		$\geq 12000 \text{ W y } \leq 26000 \text{ W}$ $\geq 40982 \text{ BTU/h y } \leq 88716 \text{ BTU/h}$	1.65
	Temperatura baja [-40 a 0.0°C]	$\geq 746 \text{ W y } \leq 4500 \text{ W}$ $\geq 2547 \text{ BTU/h y } \leq 15355 \text{ BTU/h}$	0.83
		$\geq 4500 \text{ W y } \leq 9500 \text{ W}$ $\geq 15355 \text{ BTU/h y } \leq 32415 \text{ BTU/h}$	0.83
Aplicación frigorífica		Tipo del deshielo y características de diseño	Nivel mínimo del FEEE [W_t/W_e]
Unidad evaporadora remota	Temperatura media [0.0 - 15.0°C]	Deshielo por aire menor a 5mm de espacio entre aletas	9.5
		Deshielo por aire de 5mm de espacio entre aletas o más	13
	Temperatura baja [-40 a 0.0°C]	Deshielo eléctrico menor a 5mm de espacio entre aletas	5
		Deshielo eléctrico de 5mm de espacio entre aletas o más	6
		Deshielo gas caliente menor a 5mm de espacio entre aletas	10
		Deshielo gas caliente de 5mm de espacio entre aletas o más	13.5

Fuente: Elaboración propia con datos de CONUEE.

FEEE: Factor de EE Estandarizado y consiste en la relación de la potencia frigorífica bruta entre la potencia instantánea.

Anexo 5. Detalle de cartera de proyectos

Proyecto de difusión

El proyecto de difusión tiene como objetivo comunicar a las partes interesadas los objetivos y expectativas del PAE. Adicionalmente, se pretende crear interés en los temas relacionados con el PAE y así, asegurar la participación y compromiso de las entidades públicas y privadas del sector RAC. El costo estimado se establece conforme al costo de eventos equivalentes impartidos por la UNO.

1.1 Proyecto para la promoción del Plan de Acción en Enfriamiento

Consiste en llevar a cabo dos eventos virtuales invitando a los representantes del gobierno mexicano dedicados al uso eficiente de la energía, a los representantes de las empresas del sector RAC y a los actores de los sectores involucrados en los proyectos del PAE.

TABLA 29. Costo estimado proyecto 1.1.

	Concepto	Costo estimado (USD)
1.1	Renta plataforma	\$500 ⁵⁸
	Diseño y coordinación	\$1500 ⁵⁹
	Costo total evento (1)	\$2,000
	Costo total eventos (2)	\$4,000

Fuente: Elaboración propia con datos de la Evaluación Económica en el PAE.

Proyectos de consultoría

Están diseñados para contribuir a las líneas de acción presentadas en el PAE por medio de consultorías que desarrollen los productos propuestos. El costo estimado de cada proyecto está establecido conforme a la duración considerada del proyecto y al sueldo promedio de un consultor ambiental nacional o internacional, según sea el caso (Tabla 31).

TABLA 30. Sueldo consultores ambientales.

Concepto	Sueldo mensual (USD)
Consultor ambiental nacional	\$3,080. ⁶⁰
Consultor ambiental internacional	\$3,945. ⁶¹

Fuente: Elaboración propia con datos de www.un.org

⁵⁸Quote ZOOM platform, webinar. Retrieved from: <https://zoom.us/webinar> November, 2nd 2020.

⁵⁹Quote from MPU event.

⁶⁰Based on P-1 Level I Net annual salaries. https://www.un.org/Depts/OHRM/salaries_allowances/salary.htm

⁶¹Based on P-2 Level I Net annual salaries https://www.un.org/Depts/OHRM/salaries_allowances/salary.htm

Consultoría nacional

1.2 Desarrollo del inventario nacional de equipos RAC en el sector comercial

Derivado del desconocimiento a detalle de la capacidad instalada, tecnologías, refrigerantes, consumos de energía de los equipos que se instalan en el sector comercial es necesario investigar con más detalle características que mejoren la información del subsector. Dado que se necesita generar información de las tecnologías instaladas RAC en comercios, se propone un proyecto de consultoría para realizar el inventario nacional de equipos RAC en el sector comercial.

TABLA 31. Duración y costo estimado proyecto 1.2.

1.2	Duración propuesta	Costo estimado (USD)
	8 meses	\$24,640

Fuente: Elaboración propia.

1.3 Estudio de la incorporación de refrigerantes de bajo PCG en el programa de eficiencia energética en edificios de APF

La Administración Pública Federal (APF) tiene programas de eficiencia energética en los edificios donde opera; por lo que, alineada a los propósitos del PAE, se propone llevar a cabo un estudio para evaluar la incorporación de refrigerantes de bajo PCG en los programas de eficiencia energética en dichos edificios.

TABLA 32. Duración y costo estimado proyecto 1.3.

1.3	Duración propuesta	Costo estimado (USD)
	6 meses	\$18,480

Fuente: Elaboración propia.

1.4 Estudio de actualización de etiqueta amarilla de las NOMs de equipos RAC

Con el fin de mantener las mejores prácticas a nivel internacional y en la búsqueda de ofrecer al usuario la información que requiera para la toma de decisión de compra del equipo más eficiente, se propone realizar un estudio de factibilidad para evaluar la actualización de la etiqueta amarilla de los equipos de RAC y de las NOM para los equipos en el mercado mexicano.

TABLA 33. Duración y costo estimado proyecto 1.4.

1.4	Duración propuesta	Costo estimado (USD)
	8 meses	\$24,640

Fuente: Elaboración propia.

1.5 Asesoría técnica en la actualización de NOM vigentes y proyectos de NOM para equipos RAC (7)

Con el fin de acelerar el alcance de las metas del PAE, se proponen siete consultorías para acompañar técnicamente a las entidades regulatorias en temas referentes a equipos RAC. Asimismo, se busca garantizar un consumo energético consciente y eficiente en el país.

TABLA 34. Duración y costo estimado proyecto 1.5.

1.5	Duración propuesta	Costo estimado (USD)
	8 meses (7 consultorías)	\$172,480

Fuente: Elaboración propia.

1.6 Elaboración de manual de eficiencia energética en equipos RAC y uso de refrigerantes de bajo PCG para PYMES

Desarrollo de un manual para las PYMES mexicanas en donde se establezca la información relevante sobre eficiencia energética en equipos RAC y el uso de refrigerantes de bajo PCG.

TABLA 35. Duración y costo estimado proyecto 1.6.

1.6	Duración propuesta	Costo estimado (USD)
	8 meses	\$24,640

Fuente: Elaboración propia.

1.7 Guía de evaluación de proyectos de eficiencia energética en el sector RAC

Para facilitar e impulsar el desarrollo de proyectos de eficiencia energética en el sector RAC, se propone desarrollar una guía de evaluación de proyectos de dicha naturaleza.

TABLA 36. Duración y costo estimado proyecto 1.7.

1.7	Duración propuesta	Costo estimado (USD)
	8 meses	\$24,640

Fuente: Elaboración propia.

Consultoría internacional:

1.8 Estudio de factibilidad de distrito de frío en hoteles

Las alternativas tecnológicas en países desarrollados inspiran a México a adoptar sus avances de tecnologías no convencionales en refrigeración, uno de ellos es el distrito de frío. El propósito de este proyecto de consultoría es evaluar la factibilidad técnica y económica de adoptar la tecnología de distrito de frío en México.

TABLA 37. Duración y costo estimado proyecto 1.8.

1.8	Duración propuesta	Costo estimado (USD)
	12 meses	\$47,340

Fuente: Elaboración propia.

1.9 Estudio de factibilidad de uso de CO₂ como refrigerante en sistemas de refrigeración en supermercados

Con la finalidad de sustituir el uso de refrigerantes convencionales en equipos de refrigeración en supermercados de México, se propone el proyecto de consultoría para evaluar la condición técnica y económica para promover esta tecnología en el mercado nacional.

TABLA 38. Duración y costo estimado proyecto 1.9.

1.9	Duración propuesta	Costo estimado (USD)
	12 meses	\$47,340

Fuente: Elaboración propia.

1.10 Diagnóstico de requerimientos para el rediseño de compresores en la manufactura de equipos de refrigeración en el sector comercial de México

Realizar un diagnóstico dentro del sector RAC comercial para identificar los requerimientos con el propósito de rediseñar compresores en la manufactura de equipos de refrigeración de autocontenidos con uso de refrigerantes de bajo PCG en el sector comercial.

TABLA 39. Duración y costo estimado proyecto 1.10.

1.10	Duración propuesta	Costo estimado (USD)
	12 meses	\$47,340

Fuente: Elaboración propia.

Proyectos de inversión

Los proyectos de inversión (sustitución) tienen como objetivo reemplazar equipos RAC ineficientes con una vida útil mayor a 16 años de antigüedad por equipos eficientes con refrigerantes de bajo PCG. A continuación, se presentan los proyectos para el sector comercial y residencial. El costo estimado de los proyectos incluye aquellos asociados a la preparación del proyecto, equipos eficientes, recolección de equipos ineficientes y destrucción de gases-F. Adicionalmente, se presenta el flujo de efectivo neto calculado considerando costo-beneficio proyectado a los años de vida útil de los equipos eficientes. El flujo de efectivo neto fue estimado tomando en cuenta el costo estimado del proyecto (año 0), el costo de energía eléctrica y de emisiones de CO₂e por operación de los equipos. Finalmente, se incluye el Valor Presente Neto (VPN) de los proyectos considerando una tasa de descuento de 12%⁶².

Sector comercial:

2.1 Sustitución de equipos de refrigeración por equipos de alta eficiencia energética y refrigerante de bajo PCG en hoteles PYME

Se propone sustituir 400 equipos de refrigeración en 80 hoteles distribuidos en la Ciudad de México, Mérida, Acapulco y Veracruz. Los equipos a sustituir corresponden a 160 refrigeradores 1072L, 80 refrigeradores 728L, 80 congeladores y 80 cuartos fríos.

TABLA 40. Costo estimado proyecto 2.1.

	Concepto	Costo estimado (USD)
2.1	Preparación de proyecto de inversión	\$30,000
	Inversión en equipos	\$652,955
	Recolección de equipos ineficientes	\$8,372
	Destrucción de gases-F	\$3,833
	Total	\$695,160

Fuente: Elaboración propia con datos de la Evaluación Económica en el PAE.

TABLA 41. Flujo de efectivo neto proyecto 2.1 a 15 años (USD).

0	1	2	3	4	5	6	7
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
-\$695,160	\$252,135	\$219,792	\$229,852	\$240,175	\$250,748	\$261,586	\$272,691
8	9	10	11	12	13	14	15
2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
\$284,072	\$295,731	\$307,683	\$319,920	\$332,454	\$345,296	\$358,448	\$371,917

Fuente: Elaboración propia.

El VPN para el proyecto 2.1 es de 1,015,848 USD.

⁶² Cost benefits guidelines. Retrieved from: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos_costo_beneficio.pdf October 20th, 2020.

2.2 Sustitución de equipos de refrigeración en mercados públicos

El proyecto consiste en sustituir 25 equipos de diez mercados de la Ciudad de México, con un alcance total de 250 equipos. Los equipos para cambiar serían cinco cuartos fríos, diez refrigeradores autocontenidos y diez congeladores por mercado.

TABLA 42. Costo estimado proyecto 2.2.

	Concepto	Costo estimado (USD)
2.2	Preparación de proyecto de inversión	\$30,000
	Inversión en equipos	\$357,032
	Recolección de equipos ineficientes	\$5,232
	Destrucción de gases-F	\$2,396
	Total	\$394,660

Fuente: Elaboración propia con datos de la Evaluación Económica en el PAE.

TABLA 43. Flujo de efectivo neto proyecto 2.2 a 15 años (USD).

0	1	2	3	4	5	6	7
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
-\$394,660	\$150,930	\$130,374	\$136,311	\$142,403	\$148,644	\$155,041	\$161,593
8	9	10	11	12	13	14	15
2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
\$168,311	\$175,190	\$182,243	\$189,464	\$196,860	\$204,438	\$212,199	\$220,145

Fuente: Elaboración propia.

El VPN para el proyecto 2.2 es de 618,630 USD.

Sector residencial:

2.3 Sustitución de refrigeradores residenciales

El proyecto consiste en la sustitución de 161,864 refrigeradores residenciales con una vida útil mayor a 16 años en la Ciudad de México, Veracruz, Puebla y Chiapas. Se ha determinado este número de equipos por ser el monto de refrigeradores que presentan una vida útil superior a los 16 años y con ello un bajo rendimiento energético. Excluyendo a la Ciudad de México, los estados se encuentran ubicados en una de las regiones de menor ingreso económico del país, por lo que el beneficio económico regional y ambiental son relevantes.

TABLA 44. Costo estimado proyecto 2.3.

	Concepto	Costo estimado (USD)
2.3	Preparación de proyecto de inversión	\$50,000
	Inversión en equipos	\$58,926,813
	Recolección de equipos ineficientes	\$3,387,814
	Destrucción de gases-F	\$207,186
	Total	\$62,571,813

Fuente: Elaboración propia con datos de la Evaluación Económica en el PAE.

TABLA 45. Flujo de efectivo neto proyecto 2.3 a 15 años (Millones de USD).

0	1	2	3	4	5	6	7
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
-\$62.57	\$8.02	\$7.16	\$7.61	\$8.07	\$8.54	\$9.03	\$9.53
8	9	10	11	12	13	14	15
2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
\$10.04	\$10.57	\$11.11	\$11.66	\$12.23	\$12.81	\$13.40	\$14.01

Fuente: Elaboración propia.

El VPN para el proyecto 2.3 es de 661,366 USD.

2.4 Sustitución de equipos de aire acondicionado tipo ventana por equipos inverter con refrigerante de bajo PCG

Se propone la sustitución de 38,000 equipos de aire acondicionado tipo ventana por equipos inverter en Tabasco y Veracruz con el fin de evitar que los equipos ineficientes sigan en operación en esos estados.

TABLA 46. Costo estimado proyecto 2.4.

	Concepto	Costo estimado (USD)
2.4	Preparación de proyecto de inversión	\$50,000
	Inversión en equipos	\$26,535,400
	Recolección de equipos ineficientes	\$795,340
	Destrucción de gases-F	\$300,960
	Total	\$27,681,700

Fuente: Elaboración propia con datos de la Evaluación Económica en el PAE.

TABLA 47. Flujo de efectivo neto proyecto 2.4 (Millones de USD).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
-\$27.68	\$7.94	\$5.94	\$6.33	\$6.73	\$7.14	\$7.55	\$7.98	\$8.43	\$8.88	\$9.351

Fuente: Elaboración propia.

El VPN para el proyecto 2.4 es de 12,541,016 USD.

AGRADECIMIENTOS:

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales reconoce la participación las distintas dependencias del Gobierno Federal que colaboraron en el desarrollo del Plan de Acción en Enfriamiento México:

- Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental–Semarnat
- Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental–Semarnat
- Subsecretaría de Planeación y Transición Energética–SENER
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía–CONUEE
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático–INECC
- Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire e IEL–Semarnat
- Dirección General de Políticas para el Cambio Climático–Semarnat
- Comunicación Social–Semarnat
- Unidad Nacional de Ozono
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica –FIDE
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México–SEDEMA

Un agradecimiento especial al Programa de Enfriamiento Eficiente de Kigali, (K-CEP) y al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) por el apoyo y soporte para la realización de este Plan.

Finalmente, se agradece a las Agencias Internacionales y de Cooperación, Asociaciones Industriales, ONG, la Academia y a especialistas que participaron en el proceso de consulta para la elaboración de este documento:

- Agencia de Cooperación Alemana al Desarrollo, GIZ
- Agencia Francesa de Desarrollo, AFD
- Agencia Internacional de Energía, IEA
- Alianza por la Eficiencia Energética, ALENER
- ASHRAE Capítulo México
- Asociación de Técnicos en Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción AC, ATAARC
- Asociación Mexicana de Empresas de Eficiencia Energética, AMENEER
- Asociación Nacional de Distribuidores de la Industria de la Refrigeración y Aire Acondicionado A.C., ANDIRA
- Asociación Nacional de Fabricantes de Aparatos Domésticos A.C., ANFAD
- Asociación Nacional de Fabricantes de la Industria de la Refrigeración, ANFIR
- Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales, A.C., ANTAD
- Banco Interamericano de Desarrollo, BID
- Carbon Trust México
- Embajada Británica en México, UK in Mexico
- ESIME Azcapotzalco, IPN
- IFC Banco Mundial / MexicoMediaLab
- Iniciativa Climática de México, ICM
- Instituto de Ingeniería y Facultad de Ingeniería de la UNAM
- MGM innova Group
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ONUDI
- Sustentabilidad para México, SUMe
- World Resources Institute, WRI



**GOBIERNO DE
MÉXICO**

MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

KIGALI
COOLING EFFICIENCY PROGRAM



*Al servicio
de las personas
y las naciones*

