

Análisis de Impacto al Calentamiento Atmosférico generado por Sistemas de Climatización en Edificios de una Institución Educativa: Consumo eléctrico y uso de gases Refrigerantes

Analysis of Atmospheric Warming Impact Generated by Air Conditioning Systems in Educational Institution Buildings: Electrical Consumption and Refrigerant Gas Usage

Recibido: 13 de octubre de 2025

Aceptado: 31 de diciembre de 2025

Omar Murrieta Pozos

TecNM Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

<https://orcid.org/0009-0008-0847-4944>

Autor de correspondencia:

omar.murrieta@tecvalles.mx

Baldomero Ponce Medina

TecNM Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

<https://orcid.org/0009-0000-7957-5007>

Zenayda Saldierna Cepeda

TecNM Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

<https://orcid.org/0009-0005-8832-1988>

Ma. Concepción Saldierna Cepeda

TecNM Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

<https://orcid.org/0009-0001-1523-637X>

RESUMEN

Se presenta un análisis del consumo eléctrico y el uso de gases refrigerantes en los sistemas de climatización de edificios con mayor demanda energética de una institución de educación de nivel superior en una zona cálida. El objetivo es evaluar el impacto total equivalente de calentamiento atmosférico (TEWI) producido por efectos directos e indirectos por emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Para llevar a cabo este análisis, se recopilieron datos técnicos de una muestra de 132 unidades de climatización de tipo dividido, incluyendo información sobre la potencia eléctrica, la capacidad nominal de enfriamiento, la ratio de eficiencia energética estacional (SEER), el tipo y la carga de gases refrigerantes utilizados en cada unidad. Los resultados mostraron que los equipos de climatización tenían un impacto significativo en la huella de carbono total, contribuyendo de manera importante a las emisiones de GEI. Se identificó que todas las unidades instaladas operaban con gases refrigerantes de alto potencial de calentamiento atmosférico (PCA) y el 51% con gases del tipo Hidroclorofluorocarbonos (HCFC) con un alto potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO), además se encontró que la mayoría de los equipos contaban con ratios de Eficiencia Energética Estacional (SEER) de clase D y E categorizadas en el rango de alto consumo energético. Este estudio subraya la necesidad de lograr la transición hacia tecnologías de alta eficiencia energética y respetuosas con el medio ambiente, así como el manejo de gases refrigerantes de cuarta generación de química compleja, promover el mantenimiento como elemento clave en el control de la carga y modernización de las instalaciones como medidas esenciales para reducir el impacto en el calentamiento atmosférico.

Palabras clave: Análisis de Impacto, Calentamiento Atmosférico, Sistemas de Climatización, Consumo eléctrico, Gases Refrigerantes.

Abstract

An analysis of electrical consumption and the use of refrigerant gases in the air conditioning systems of high-energy-demand buildings at a higher education institution in a warm region is presented. The objective is to evaluate the total equivalent warming impact (TEWI) caused by direct and indirect greenhouse gas (GHG) emissions. To conduct this analysis, technical data were collected from a sample of 132 split-type air conditioning units, including information on electrical power, nominal cooling capacity, seasonal energy efficiency ratio (SEER), the type, and the load of refrigerant gases used in each unit. The results showed that the air conditioning equipment had a significant impact on the total carbon footprint, making a significant contribution to GHG emissions. It was identified that all installed units operated with refrigerant gases of high global warming potential (GWP), and 51% used Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) with a high potential for ozone layer depletion (ODP). Additionally, it was found that the majority of the equipment had Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER) ratings of class D and E, categorized in the high energy consumption range. This study underscores the need to transition to high-energy efficiency and environmentally-friendly technologies, as well as the management of complex chemistry fourth-generation refrigerant gases. It promotes maintenance as a key element in load control and facility modernization as essential measures to reduce the impact on atmospheric warming."

Keywords: Impact Analysis, Atmospheric Heating, Air Conditioning Systems, Electrical Consumption, Refrigerant Gases

INTRODUCCIÓN

La creciente conciencia sobre los efectos del cambio climático y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero han generado un renovado interés en la evaluación de la sostenibilidad de diversas actividades humanas, entre ellas, los sistemas de climatización en edificios. Estos sistemas, aunque esenciales para brindar comodidad en entornos cerrados, pueden tener un impacto significativo en la huella de carbono y el calentamiento atmosférico debido al consumo de energía eléctrica y al uso de gases refrigerantes.

Las edificaciones son responsables de una parte significativa del consumo de energía y, por lo tanto, de las emisiones de gases de efecto invernadero (Mazria, 2008) debido a su alto consumo de energía para su funcionamiento y mantenimiento.

En el futuro se empleará más energía enfriando que calentando. El cambio climático intensifica la demanda ya existente de energía residencial e industrial, climas más calientes demandan más aire acondicionado y climas fríos demandan calefacción. El aumento de la demanda puede afectar el diseño de calefacción y enfriamiento de edificios (La, Cambia, & Clima, 2016).

El mundo se enfrenta a una inminente crisis de electricidad. El uso de aires acondicionados y ventiladores eléctricos para mantenerse fresco representa casi el 20% del total de la electricidad utilizada en edificios de todo el mundo en la actualidad. Y esta tendencia está destinada a crecer a medida que el crecimiento económico y demográfico del mundo se concentra más en países más cálidos. A medida que los ingresos y los estándares de vida aumenten, más personas querrán naturalmente comprar y usar aires acondicionados para mantenerse frescos. Por ello un acceso más amplio a la refrigeración es lo que aporta beneficios al desarrollo humano, la salud,

el bienestar y la productividad económica. Pero tendrá un impacto significativo en la demanda energética total de los países, ejerciendo presión sobre las redes eléctricas y aumentando las emisiones locales y globales. Sin embargo, existe una enorme oportunidad de influir rápidamente en el crecimiento de la demanda de energía relacionada con la refrigeración a través de políticas para mejorar la eficiencia de los equipos (IEA, 2018).

La adopción de tecnologías y prácticas más eficientes en el consumo de energía eléctrica en sistemas de climatización, como el uso de sistemas de calefacción y refrigeración de alta eficiencia, la optimización de los sistemas de distribución de aire y la implementación de sistemas de gestión energética avanzados, puede tener un impacto significativo en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Lovins, 2011).

Si se mejora la eficiencia energética de la industria de la refrigeración y los electrodomésticos como aires acondicionados, se pueden cortar entre 210.000 y 460.000 millones de toneladas de emisiones de dióxido de carbono en las próximas cuatro décadas, asegura un informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: Cooling Emissions and Policy Synthesis Report (UNEP, 2020)

La refrigeración contribuye significativamente al cambio climático debido a las emisiones de Hidrofluorocarbonos (HFC), dióxido de carbono y carbono negro provenientes de la energía generada a partir de combustibles fósiles que alimenta los aires acondicionados y otros electrodomésticos (Carnemark, 2020).

Con la aprobación de la Enmienda de Kigali 10/2016 al Protocolo de Montreal (UNEP, 2016) y la Regulación F-Gas (European Commission, 2014), los gases tradicionalmente usados en el sector de la refrigeración han dejado paso a nuevos refrigerantes con menor Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA). Sin embargo, varias investigaciones han demostrado que el número de posibles refrigerantes sustitutos es escaso y todos ellos presentan al menos ligera inflamabilidad (McLinden, 2017, Skye, 2023) (a excepción del CO₂, pero debido a su complejidad técnica no es viable para instalaciones de media o baja potencia). En los últimos años y en la actualidad, se han realizado múltiples esfuerzos en la búsqueda de nuevos refrigerantes, generalmente enfocados a obtener una alta eficiencia energética (Calleja-Anta, 2020) y un comportamiento no inflamable (Bell & McLinden, 2019).

METODOLOGÍA

Método

El presente estudio adopta un enfoque de diseño de investigación observacional y documental, concebido con el propósito específico de evaluar el Impacto Total Equivalente de Calentamiento Atmosférico (TEWI). Este indicador se centra en la medición de la contribución al calentamiento atmosférico resultante tanto de la emisión directa a la atmósfera de gases refrigerantes, ya sea por fugas o un inadecuado manejo al final de la vida útil de los equipos de climatización, así como de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) generadas durante la producción de la energía eléctrica requerida para el funcionamiento de dichos equipos.

A efectos de garantizar el rigor epistémico y la trazabilidad de las variables analizadas en este estudio, se ha articulado una matriz de congruencia (ver Tabla 1).

Proyecto	Pregunta de Investigación	Objetivo General	Hipótesis	Variables
Análisis de Impacto al Calentamiento Atmosférico generado por Sistemas de Climatización en Edificios de una Institución Educativa: Consumo eléctrico y uso de gases Refrigerantes.	¿En qué medida contribuyen el consumo eléctrico y el uso de gases refrigerantes al Impacto Total Equivalente sobre el Calentamiento Atmosférico (TEWI) generado por los sistemas de climatización en una institución de educación superior ubicada en una zona cálida?	Evaluar el impacto total equivalente de calentamiento atmosférico (TEWI) producido por efectos directos (refrigerantes) e indirectos (energía) por emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en los sistemas de climatización de la institución.	El impacto ambiental indirecto, derivado del consumo eléctrico operativo a lo largo del ciclo de vida, contribuye en una proporción significativamente mayor al TEWI total que el impacto directo potencial de los gases refrigerantes.	Variables Independientes (Causas): 1. Eficiencia Energética: SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) y consumo eléctrico (kW) 2. Factor Refrigerante: Tipo de gas, carga (kg) y Potencial de Calentamiento Global (GWP). 3. Ciclo Operativo: Horas de uso anuales. Variable Dependiente (Efecto): Impacto ambiental total (TEWI) expresado en Toneladas de CO ₂ equivalente (Ton CO ₂ e), desagregado en emisiones directas e indirectas.

Tabla 1: Matriz de congruencia. Fuente: Propia

Población y Muestra

Los 132 equipos se seleccionaron como una muestra representativa del tamaño poblacional, que constaba de un total de 199 equipos de climatización. El tamaño de la muestra se determinó utilizando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, lo que garantizó la representatividad de los datos recopilados.

La recopilación de datos técnicos de las unidades de climatización se realizó en un entorno real y operativo, con el respaldo de hojas de registro en la cuales se incluyó variables de ubicación del equipo, Corriente Eléctrica (I), Capacidad de enfriamiento (BTU/hr), voltaje de operación (V), Marca, Eficiencia energética estacional (SEER), tipo y cantidad de gas refrigerante, así como su potencia eléctrica (W).

Instrumento

Para verificar el voltaje y amperaje de operación, se utilizó una pinza amperimétrica digital para climatización. Además, se emplearon manómetros digitales de refrigeración para medir la presión y las temperaturas de los gases y así comprobar la veracidad de determinados datos de las fichas técnicas de los equipos.

Procedimiento de recogida y análisis de datos

Se realizó una medición detallada de las emisiones directas de gases de efecto invernadero (GEI) en las unidades de climatización. Los resultados de esta medición revelaron lo siguiente:

De los 132 equipos analizados, 69 de ellos operan con gases refrigerantes de segunda generación, caracterizados por un alto (PCA) y un alto Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO). La cantidad total de refrigerante utilizado en estos equipos ascendió a 0.12524 Toneladas.

Asimismo, se observó que 64 de los 132 equipos utilizaban gases del tipo R410, que también se caracterizan por su alto PCA. En este caso, la cantidad total de refrigerante empleado en los equipos alcanzó los 0.08123 Toneladas.

Figura 1

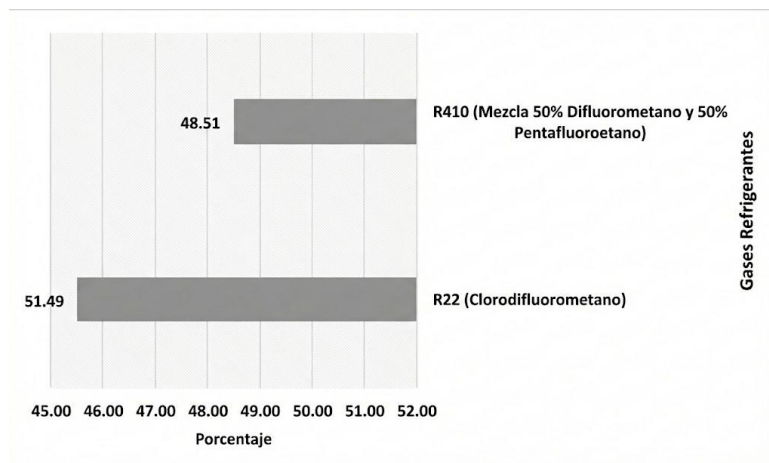


Figura 1: uso de gases refrigerantes en los equipos de aire acondicionado analizados. Fuente: Propia

Nota: En la presente gráfica se muestran los porcentajes de uso de gases refrigerantes en los equipos de aire acondicionado analizados. Fuente: Propia

El impacto ambiental de los refrigerantes utilizados en los sistemas de climatización es un aspecto crítico a considerar en este estudio. Es importante destacar que los valores de Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA) están estandarizados según el Protocolo de Montreal. Según este protocolo, el grupo de Hidroclorofluorocarbonos (HCFC), al que pertenece el refrigerante R22, se caracteriza por un PCA estandarizado de 1810. Por otro lado, el grupo de Hidrofluorocarbonos (HFC), al que pertenece el R410, presenta un PCA estandarizado de 2088.

Modelo de Evaluación del Impacto Total (TEWI)

Para determinar el impacto ambiental global de los sistemas de climatización se utilizó la fórmula para calcular el Impacto Total Equivalente sobre el Calentamiento Atmosférico (TEWI) que generalmente implica la suma de dos componentes principales: las emisiones directas de gases refrigerantes y las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas con la generación de energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado.

$$TEWI = Emisiones Directas + Emisiones Indirectas$$

Cálculo de toneladas de CO₂ equivalente de emisiones directas

El progreso hacia el logro de los objetivos de reducción gradual de los HFC en virtud de la Enmienda de Kigali se medirá en toneladas de CO₂ equivalente. El cálculo de las toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) se basa en la fórmula fundamental que relaciona la masa de un gas refrigerante liberado con su Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA). La fórmula es la siguiente:

$$CO_2e = Masa \text{ (en toneladas)} \times PCA$$

Se valoraron las emisiones directas del gas refrigerante R22 (Clorodifluorometano) y R410 (una mezcla azeotrópica de 50% Difluorometano y 50% Pentafluoroetano). Estas estimaciones se expresan en términos de "Toneladas de CO₂e" (equivalentes de dióxido de carbono).

Para el R22, se estimaron emisiones equivalentes a 226.68 Toneladas de CO₂e. Esto significa que las emisiones directas de 125.24 kg de gas R22 tienen un impacto ambiental equivalente

a la emisión de 226.68 toneladas de dióxido de carbono.

Para el R410, se estimaron emisiones equivalentes a 169.61 Toneladas de CO₂e. En este caso, las emisiones directas de 81.23 kg de gas R410 tienen un impacto ambiental equivalente a la emisión de 169.61 toneladas de dióxido de carbono.

Estas cifras reflejan la contribución 396.29 Toneladas de CO₂e de estos gases refrigerantes a las emisiones directas de gases de efecto invernadero y su impacto en el calentamiento global es fundamental considerar estos valores al evaluar el impacto ambiental de los sistemas de climatización, especialmente cuando llega el final de su vida útil. Si no se realiza un tratamiento adecuado de recuperación de los gases refrigerantes al retirar o deshacerse de estos sistemas, pueden liberarse a la atmósfera, generar un impacto ambiental negativo.

Cálculo de toneladas de CO₂e de emisiones indirectas y proyección longitudinal

Las emisiones indirectas corresponden a la liberación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) asociada a la generación de la energía eléctrica consumida por los sistemas de climatización.

En base al análisis del consumo total de energía de los equipos por hora de operación, se determinó un consumo de energía eléctrica total de 0.3385 MWh por hora para el conjunto de equipos, con un consumo promedio por unidad de 2.526 kWh. Considerando la capacidad de enfriamiento total instalada de 307.6 Toneladas de Refrigeración (TR) y estableciendo un periodo de 168 horas de trabajo por unidad (una semana), se obtuvo un consumo total de energía de 56.874 MWh para la muestra representativa.

El cálculo base se realizó utilizando el Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional, vigente, mediante la ecuación:

$$E_{semanales} = C_{electrico_sem} \times FE_{SEN}$$

Donde $E_{semanales}$ son las emisiones semanales (kg CO₂e), $C_{electrico_sem}$ es el consumo eléctrico monitoreado (kWh) y FE_{SEN} es el factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional.

El factor de emisión eléctrica del Sistema Eléctrico Nacional más reciente correspondiente al año 2022 es de 0.435 tCO₂e/MWh. Este factor tiene en cuenta la generación de las centrales eléctricas que suministran energía a la red nacional, como se establece en la fracción XLIV del artículo de la Ley de la Industria Eléctrica Mexicana.

Aplicando este factor al consumo monitoreado, se estimó la generación por efectos indirectos de 24.740 Toneladas de CO₂e ($E_{semanales}$) en el periodo base de 7 días, lo que implica un impacto ambiental negativo significativo en el corto plazo.

Sin embargo, para cumplir con el criterio de análisis de ciclo de vida inherente al Impacto Total Equivalente sobre el Calentamiento Atmosférico (TEWI), se desarrolló un modelo de proyección longitudinal que ajusta estos datos transversales a un horizonte temporal de 10 años

Este modelo descarta la extrapolación lineal simple (52 semanas) y adopta un calendario operativo real ajustado de 46 semanas anuales. Este ajuste excluye explícitamente los periodos de inactividad académica de la institución: recesos intersemestrales y días festivos oficiales según la legislación local.

La proyección de emisiones indirectas acumuladas (E_{acum}) para el periodo de evaluación se define como:

$$E_{acum} = \sum_{n=1}^{10} (E_{semanales} \times 46)$$

Este enfoque metodológico permite contrastar de manera precisa la carga ambiental operativa (energía) frente a la carga química potencial (refrigerantes) a lo largo de la vida útil del activo.

Figura 2

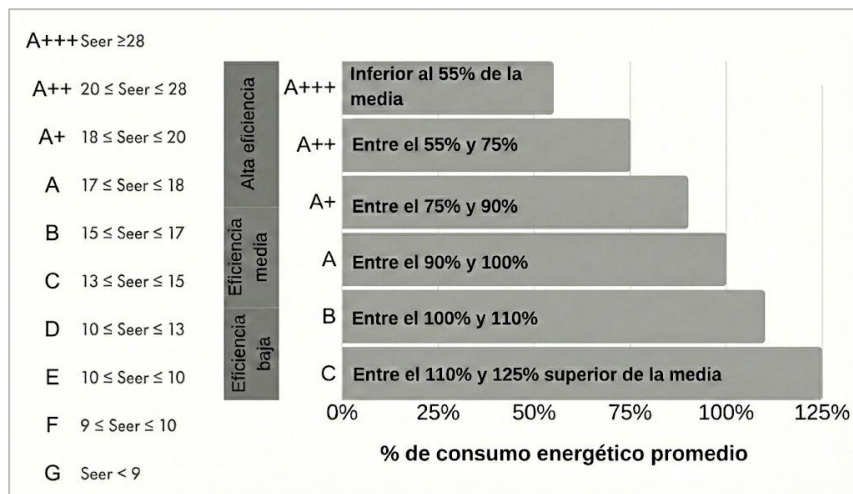


Figura 2: Interpretación de valores SEER

Nota: En la presente figura 2 se muestran los porcentajes de consumo energético promedio para equipos de aire acondicionado tipo dividido. Fuente: (LinkedIn. 2021)

Cabe destacar que la totalidad de los aires acondicionados analizados cuentan con índices de Eficiencia Energética Estacional (SEER) de clase E y D inferiores o igual a SEER = 13, categorizadas en el rango de alto consumo energético y con niveles de ruido considerables para estas clases.

RESULTADOS

Evaluación del Impacto Total Equivalente (TEWI)

Para determinar el impacto ambiental global de los sistemas de climatización, se aplicó la métrica TEWI, integrando tanto la carga química de los refrigerantes (impacto directo) como el consumo energético operativo (impacto indirecto).

Escenario A: Análisis Estático (Corto Plazo) En una primera aproximación, se calculó el impacto potencial asumiendo la liberación total del inventario de refrigerantes y sumando únicamente el consumo eléctrico de la semana monitoreada.

Por lo consecuente las emisiones directas del inventario total se estimaron en 396.29 Ton CO₂e y las emisiones indirectas a una semana fueron de 24.74 Ton CO₂e. Bajo este enfoque estático, se obtiene un TEWI estático de 421.03 Toneladas CO₂e.

Escenario B: Análisis Longitudinal (Ciclo de Vida)

Si bien el indicador estático de 421.03 Toneladas CO₂e ofrece una línea base, subestima drásticamente la realidad operativa. Al aplicar el Modelo de Proyección Longitudinal

(ajustado a un calendario real de 46 semanas operativas por año durante una década), se evidencia que las emisiones indirectas no se detienen, sino que se acumulan exponencialmente.

Como se detalla en la **Tabla 2**, al proyectar el consumo energético a 10 años, las emisiones indirectas ascienden a **11,380.4 Ton CO₂e**, cifra que contrasta totalmente al impacto de los gases refrigerantes.

Año Operativo	Emisiones Indirectas (Energía)	Emisiones Directas (Fugas*)	Impacto Total (TEWI)
1	1,138.0 Ton	39.6 Ton	1,177.7 Ton
3	3,414.1 Ton	118.9 Ton	3,533.0 Ton
5	5,690.2 Ton	198.1 Ton	5,888.3 Ton
7	7,966.3 Ton	277.4 Ton	8,243.7 Ton
10	11,380.4 Ton	396.3 Ton	11,776.7 Ton

*Nota: Se asume una tasa de fuga anual conservadora del 10% para el cálculo longitudinal.

Tabla 2: Proyección acumulada de emisiones (CO₂e) en un horizonte de 10 años. Fuente: Propia

Análisis de la Figura 3: La proyección longitudinal demuestra que el TEWI estático inicial (421 Ton CO₂e) representa apenas el 3.5% del impacto real del ciclo de vida. Al finalizar la década, el impacto total real será de 11,776.7 Ton CO₂e. Este hallazgo confirma que la obsolescencia energética (bajo SEER) es el factor dominante de contaminación en la institución (96.6%), muy por encima del riesgo químico de los refrigerantes R22/R410A.

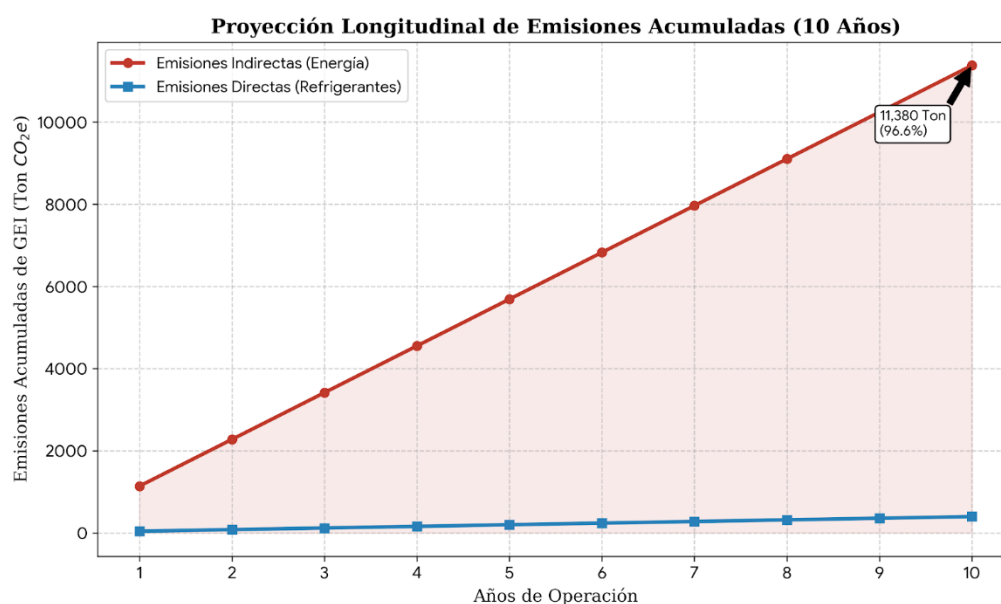


Figura 3: Proyección longitudinal del Impacto Total Equivalente sobre el Calentamiento Atmosférico (TEWI) acumulado a 10 años. Fuente: Propia

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

En el contexto de la Enmienda de Kigali 10/2016 al Protocolo de Montreal, en el cual se incluye México se acordó eliminar gradualmente el uso de gases refrigerantes HFC con un alto PCA mayores a 750, ya que contribuyen significativamente al calentamiento global. La presencia los gases refrigerantes R410 y R22 con los que operan los equipos analizados

representan un alto impacto de PCA, es aconsejable darles una disposición final apropiada a estos gases una vez finalizado el ciclo de vida de los equipos, ya que se tiene un potencial PCA latente alto, así mismo las eficiencias energéticas de los equipos se encuentran en el rango de alto consumo eléctrico con Ratios de Eficiencia Energética Estacional (SEER) menores a 13.

En el caso de los refrigerantes, es fundamental considerar la transición hacia la utilización de Hidrofluorocarburos (HFC's) con un PCA (Potencial de Calentamiento Atmosférico) inferior a 750, como una solución transitoria para el retrofit de refrigerantes de alto impacto, así como la adopción de gases refrigerantes de hidrofluoroolefinas (HFO). Estos considerados gases de 4^a generación con una química más compleja y que cumplen con las regulaciones y acuerdos internacionales, como la *Enmienda de Kigali*.

En cuanto a los equipos, los resultados del análisis longitudinal evidencian que la prioridad crítica es la renovación tecnológica. Dado que el 96.6% del impacto proviene de la energía, se recomienda la sustitución urgente por unidades Inverter de alta eficiencia clasificadas como A+++, A++ y A+ con un SEER (Ratio de Eficiencia Energética Estacional) igual o superior a 18. Esta medida es la única capaz de mitigar las más de 11,000 toneladas de CO₂e proyectadas para la próxima década. Esto contribuirá significativamente a la reducción de las emisiones indirectas. Además, se sugiere considerar el retrofit de equipos que utilizan Hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y Hidrofluorocarburos (HFC's) al momento de realizar un cambio de unidad.

En el ámbito de las instalaciones, se destaca la importancia del mantenimiento como un elemento clave para mantener la eficiencia de los sistemas, controlar la carga de trabajo y avanzar en la modernización de las instalaciones. Se recomienda también llevar a cabo actividades orientadas a mejorar la calificación energética de los edificios. Asimismo, se enfatiza el interés en obtener certificaciones de sostenibilidad, como LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental) y el Estándar WELL Building, el cual promueve prácticas ambientalmente responsables y sostenibles.

REFERENCIAS

- Bell, I. H., Domanski, P. A., McLinden, M. O., & Linteris, G. T. (2019). The hunt for nonflammable refrigerant blends to replace R-134a. *International Journal of Refrigeration*, 104, 484-495. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2019.05.035>.
- Calleja-Anta, D., Nebot-Andrés, L., Catalán-Gil, J., Sánchez, D., Cabello, R., & Llopis, R. (2020). Thermodynamic screening of alternative refrigerants for R290 and R600a. *Results in Engineering*, 5(100081), 100081. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2019.100081>
- Carnemark, B. M. (2020, julio 17). Un aire acondicionado más eficiente puede ahorrar 8 años de emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2020/07/1477651>
- European Commission, Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006., in: E. Commission (ed.), *Official Journal of the European Union*, 2014.
- Gil, J. R. (2020). Refrigerantes de 4a Generación entorno normativo y tecnología. <https://n9.cl/nc1p2>

- IEA (2018), The Future of Cooling: Opportunities for energy-efficient air conditioning, IEA, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264301993-en>.
- La, C., Cambia, E., & Clima, E. L. (2016). Cambia la energía cambia el clima. Olade.org. Retrieved October 23, 2023, from <https://goo.su/ZYUL>
- Lovins, A. (2011). Reinventing Fire: Bold business solutions for the new energy era. Chelsea Green Publishing.
- Mazria, E. (2008). Ashrae 90.1-2004 Ashrae 90.1-2007 Ashrae 189 Iecc 2006 California Title 24 Oregon Energy Code Washington Energy Code Resnet Hers Index Leed Nc 2.2 Leed 2009 Gbi Standard Eecc Option Nbi Option meeting the 2030 challenge through building codes. Sallan.org. <https://goo.su/jM3d1m>
- McLinden, M. O., Brown, J. S., Brignoli, R., Kazakov, A. F., & Domanski, P. A. (2017). Limited options for low-global-warming-potential refrigerants. Nature Communications, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/ncomms14476>
- Renovables, C. S. P. (2021). Linkedin. SEER: Medida de eficiencia del aire acondicionado. <https://n9.cl/aqy0v>
- Skye, H. M., Domanski, P. A., McLinden, M. O., Babushok, V. I., Bell, I., Fortin, T., ... & Rowane, A. (2023). Lower-GWP Non-Flammable Refrigerant Blends to Replace HFC-134a. <https://doi.org/10.18462/iir.icr.2023.0943>
- UNEP (03 JUL 2017) OzonAction Kigali Fact Sheet No. 3 - GWP, CO2(e) and the Basket of HFCs. <https://n9.cl/aflyfr>
- UNEP, Report of the Twenty-Eighth Meeting of the Parties to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, in, Kigali, Rwanda, 2016.