



Volumen V:

Propuesta de Estrategias para la Adopción de Tecnologías: Potencial, Madurez y Reducción de Energía y CO2eq

Contrato CO - T1663 - P009

Presentado a: Banco Interamericano de Desarrollo y la Unidad de planeación minero-



Bogotá D.C., 30 de Agosto de 2024



Resumen Ejecutivo

[Principales aspectos metodológicos y consideraciones relevantes para introducir las estrategias]

Tabla 1. Resumen de las propuestas – acciones prioritarias

Acciones prioritarias			
Evaluadas cuantitativamente			
Propuesta o programa	Descripción simplificada (A.I.: Acción inmediata; A.C.P.: Acción a Corto Plazo; A.M.P.: Acción a Mediano Plazo)	Potencial de ahorro de energía (GWh/año)	
		Medio por año	Acumulado hasta 2050
Ej: Incentivo al aislamiento térmico de envolventes	A.I.: A.C.P.: A.M.P:		
Ej: Implementación de chillers de absorción para refrigeración de alimentos	A.I.: A.C.P.: A.M.P:		

Tabla 2. Resumen de las propuestas – acciones complementarias

Acciones complementarias	
Propuesta o programa	Descripción simplificada (A.I.: Acción inmediata; A.C.P.: Acción a Corto Plazo; A.M.P.: Acción a Mediano Plazo)
Ej: Proyectos piloto de arquitectura bioclimática por zona bioclimática	A.I.: A.C.P.: A.M.P:
Ej: Ambiente de Respuesta a la demanda	A.I.: A.C.P.: A.M.P:

Tabla de contenido

1. Introducción..... 1

1.1. Contexto..... 1

1.2. Objetivo del Informe 2

1.3. Estructura del Informe..... 2

2. Agregación de los Resultados Sectoriales 4

2.1. Objetivo del capítulo 4

2.2. Agregación de los Resultados Sectoriales..... 4

2.2.1. Refrigeración 4

2.2.2. Climatización 10

3. Características Constructivas y de Urbanización 11

3.1. Principales Marcos Regulatorios de Colombia sobre Construcción Sostenible..... 11

3.1.1. Resolución 0549 de 2015..... 11

3.1.2. Documento CONPES 3919 - Política Nacional de Edificaciones Sostenibles 11

3.1.3. Estudios de Casos de Éxito en Edificaciones Sostenibles 12

3.2. Urbanización, como premisa que puede ser considerada pero también desafiada..... 12

3.2.1. Aspectos Relacionados con la Urbanización e Infraestructura 12

3.2.2. Estudios de Casos de Éxito en Urbanización 12

4. Rutas Tecnológicas..... 13

4.1. Objetivo del capítulo 13

4.2. Mejores Tecnologías 13

4.2.1. Principios/Tecnologías pasivas 13

4.2.2. Tecnologías Activas 14

5. Acciones de Implementación..... 17

5.1. Refrigeración 18

5.1.1. Reducción de las cargas de refrigeración 18

5.1.2. Satisfacción eficiente de las cargas de refrigeración 20

5.1.3. Optimización de las operaciones y del comportamiento 22

5.2. Climatización 25

5.2.1. Reducción de las cargas de climatización 25

5.2.2.	Satisfacción eficiente de las cargas de climatización	28
5.2.3.	Optimización de las operaciones y del comportamiento	30
5.3.	Distritos Térmicos	33
6.	Priorización Estratégica de las Recomendaciones.....	34
7.	Recomendaciones Finales	35
7.1.	Creación de Centros de Excelencia en Investigación e Innovación	35
7.2.	Alineación con Políticas de Industrialización de Sistemas de Climatización y Refrigeración	36
7.3.	Observancia de la Equidad de Género en la Capacitación del Mercado..	36
8.	Referencias bibliográficas.....	37

1. Introducción

1.1. Contexto

El Plan Nacional de Innovación y Tecnología (PNIT) en Eficiencia Energética para Climatización y Refrigeración en Colombia surge como una respuesta estratégica en el marco del Plan de Acción Indicativo del Programa de Uso Racional de Energía (PAI-PROURE 2022-2030). Este plan aborda la necesidad identificada de mejorar la eficiencia energética en sectores clave, como la climatización y la refrigeración, debido a su elevado consumo energético. El PAI-PROURE establece la prioridad de implementar tecnologías que puedan reducir el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y el PNIT se plantea como un instrumento para facilitar la transición hacia un modelo energético más eficiente y alineado con los compromisos internacionales de Colombia en cambio climático.

En este contexto, se presenta el proyecto del Plan Nacional de Innovación y Tecnología en Eficiencia Energética para Climatización y Refrigeración en Colombia, que tiene como objetivo mejorar la eficiencia energética en el país, particularmente en los sectores de climatización y refrigeración. Este proyecto, presentado al Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y a la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), propone la adopción de tecnologías más eficientes, como refrigeradores de clase A, para el sector residencial, buscando la reducción del consumo de energía y de las emisiones de CO₂.

El desarrollo de un plan para la climatización y refrigeración se fundamenta en el impacto de estos sistemas en el consumo energético nacional y en las emisiones de GEI. Estos sectores representan una parte relevante del consumo energético en edificaciones, lo que los convierte en un foco estratégico para cualquier iniciativa dirigida a la mitigación del cambio climático. Sin embargo, el plan debe considerar un enfoque integral que no solo aborde la eficiencia en climatización y refrigeración, sino también otros sectores que contribuyen al perfil energético y de emisiones del país. Este enfoque permitirá abordar de manera más eficaz los retos que enfrenta Colombia en su transición hacia un desarrollo más sostenible, promoviendo políticas energéticas que consideren todos los aspectos del uso de energía.

En este marco, el proyecto contempla la realización de un diagnóstico del estado actual de la climatización y la refrigeración, identificando tendencias, tecnologías emergentes y desafíos energéticos, económicos y ambientales tanto a nivel nacional como internacional. Se propone la implementación de tecnologías pasivas, activas e integradas que optimicen el uso de la energía, tales como la climatización pasiva, el uso de refrigerantes de bajo potencial de calentamiento global y la construcción sostenible. Estas tecnologías se priorizarán según su eficiencia energética y viabilidad de implementación.

La adopción de estas tecnologías, en línea con los objetivos del PAI-PROURE, permitirá a Colombia avanzar en sus compromisos climáticos internacionales y fomentar un desarrollo económico responsable en términos ambientales y

equitativo en sus beneficios. Además, el proyecto incluye la formulación de estrategias de implementación que comprenden la definición de objetivos claros, la consecución de recursos y un cronograma detallado de actividades, junto con indicadores para medir el impacto de las acciones. Los resultados esperados incluyen una reducción significativa en el consumo de energía y en las emisiones de GEI, contribuyendo así a la construcción de un sistema energético más sostenible y alineado con las metas nacionales de eficiencia energética.

1.2. Objetivo del Informe

El objetivo de este informe es proponer estrategias para la adopción de tecnologías pasivas, activas e integradas en climatización y refrigeración en Colombia. Estas estrategias se basan en un análisis del potencial de uso, la madurez tecnológica, los desafíos de implementación y la disponibilidad de las tecnologías en el país. El informe busca identificar y priorizar soluciones eficientes que puedan mejorar la eficiencia energética, evaluar las barreras para su adopción, y proporcionar recomendaciones para facilitar su integración en el contexto colombiano.

1.3. Estructura del Informe

El informe está organizado en los siguientes capítulos, cada uno diseñado para abordar aspectos clave relacionados con la adopción de tecnologías en climatización y refrigeración:

Introducción

- Contexto y justificación de la propuesta.
- Objetivo del informe.
- Estructura del informe.

Análisis del Mercado y Necesidades Tecnológicas

- Evaluación del potencial de emisiones GEI en el sector de climatización y refrigeración.
- Análisis de las tecnologías existentes y su eficiencia energética.
- Identificación de las necesidades tecnológicas en los sectores residencial, terciario e industrial.

Ruta Tecnológica

- Presentación de las mejores tecnologías pasivas, activas e integradas.
- Propuesta de un plan de acción con etapas para la adopción e integración de tecnologías.
- Estrategias de implementación y evaluación de resultados.

Recomendaciones Finales

- Directrices específicas para la adopción de tecnologías en los sectores residencial, terciario e industrial.
- Propuestas de incentivos y regulaciones para fomentar la eficiencia energética.
- Estrategias de mitigación de riesgos y mecanismos de medición, reporte y verificación (MRV).

2. Agregación de los Resultados Sectoriales

2.1. Objetivo del capítulo

Presentar la evaluación del potencial de emisiones de GEE en el sector RAC&F, analizar las tecnologías existentes, identificar las necesidades tecnológicas y discutir la oferta de sectores de servicios y su relación con la eficiencia energética.

Breve presentación del objetivo del capítulo, destacando la importancia de integrar los resultados sectoriales en una visión nacional coherente para orientar las recomendaciones finales del Plan Nacional de Acción para la Refrigeración (NCAP).

2.2. Agregación de los Resultados Sectoriales

2.2.1. Refrigeración

[Gráficos y tablas para ilustrar los resultados de la integración de la demanda de refrigeración en una visión nacional cohesionada]

Demanda Satisfecha

Gráfico de Barras: Comparación de la Demanda Anual de Refrigeración por Sector (en TR)

Este gráfico puede ilustrar la demanda de refrigeración actual y proyectada en toneladas de refrigeración (TR) para cada sector (residencial, comercial, industrial, etc.).

Ejemplo de Gráficos:

Tabla 1: Demanda Anual de Refrigeración por Sector (TR)

Sector	Demanda Actual (TR)	Crecimiento Futuro Proyectado (%)	Demanda Proyectada (2050)
Postcosecha y almacenamiento			
Refrigeración doméstica			
Transporte refrigerado			

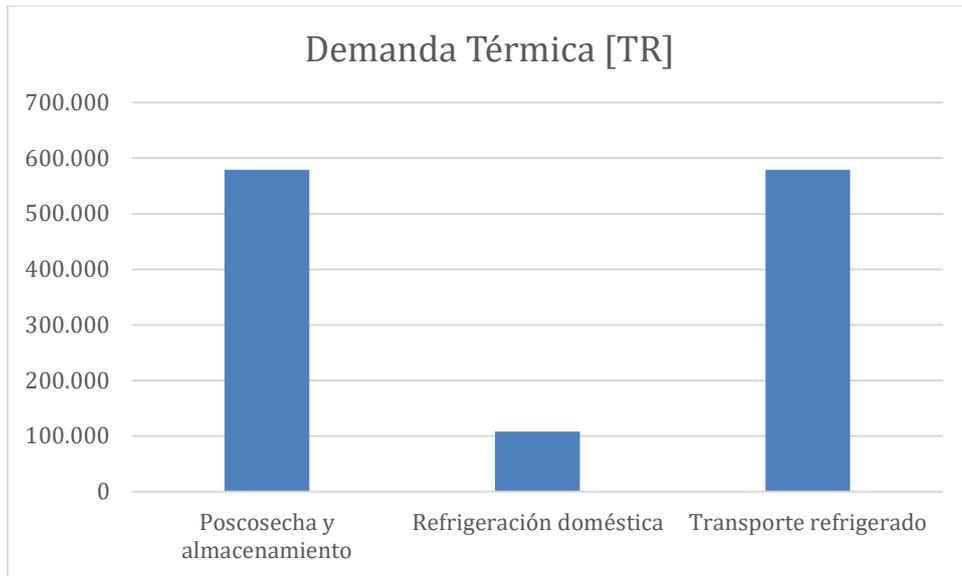


Tabla 2: Consumo Anual de Energía por Sector (GWh/año)

Sector	Consumo de Electricidad (TWh)	Crecimiento Futuro Proyectado (%)	Consumo Proyectado (2050)
Postcosecha y almacenamiento			
Refrigeración doméstica			
Transporte refrigerado			

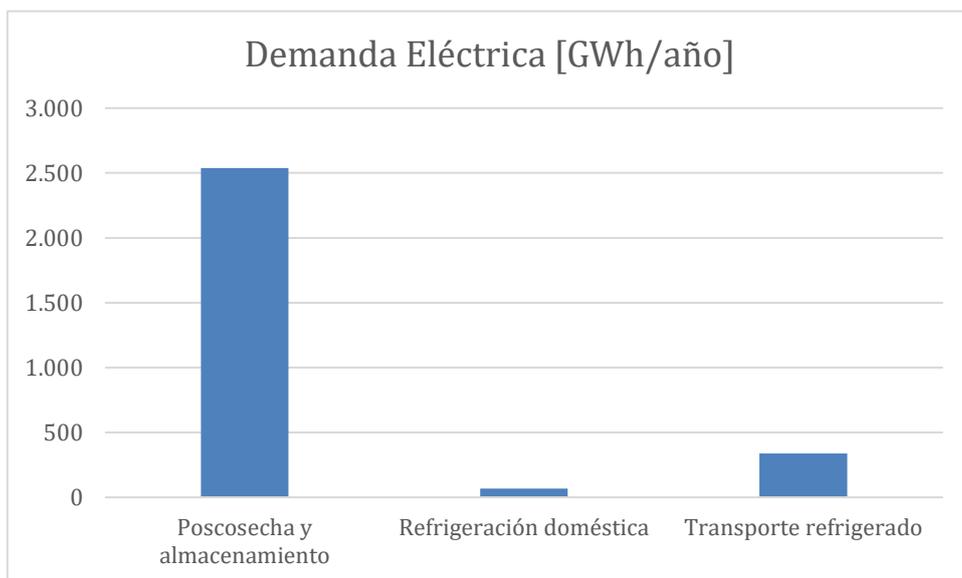


Tabla 3: Demanda Anual de Refrigerante por Sector (kg)

Sector	Demanda Actual (kg)	Crecimiento Futuro Proyectado (%)	Demanda Proyectada (2050)
Postcosecha y almacenamiento			
Refrigeración doméstica			
Transporte refrigerado			

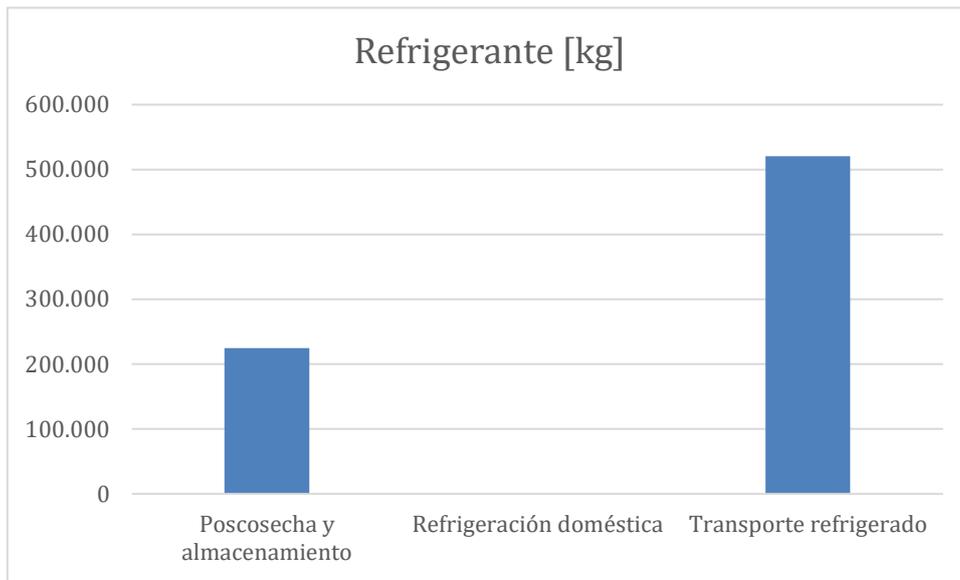
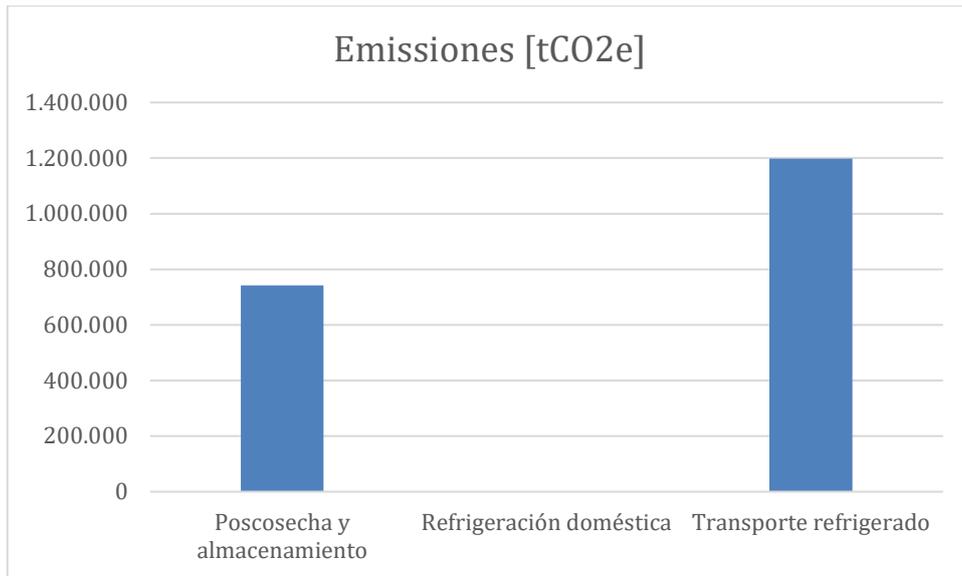
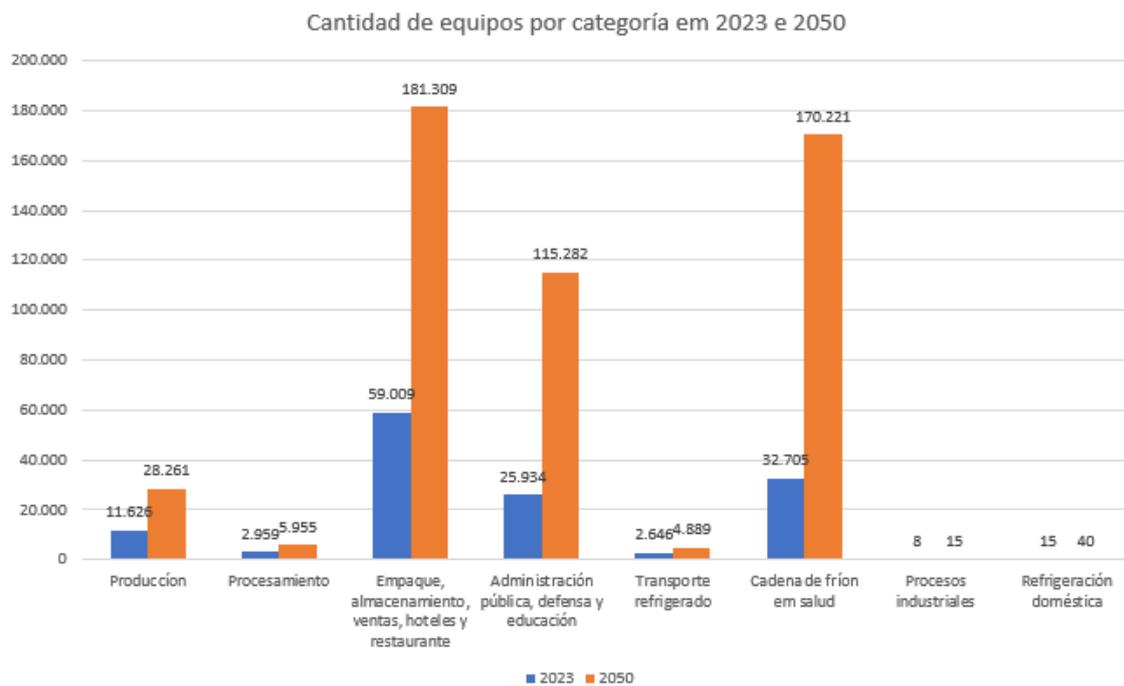


Tabla 4: Emisiones Anuales de GEI por Sector (tCO2e)

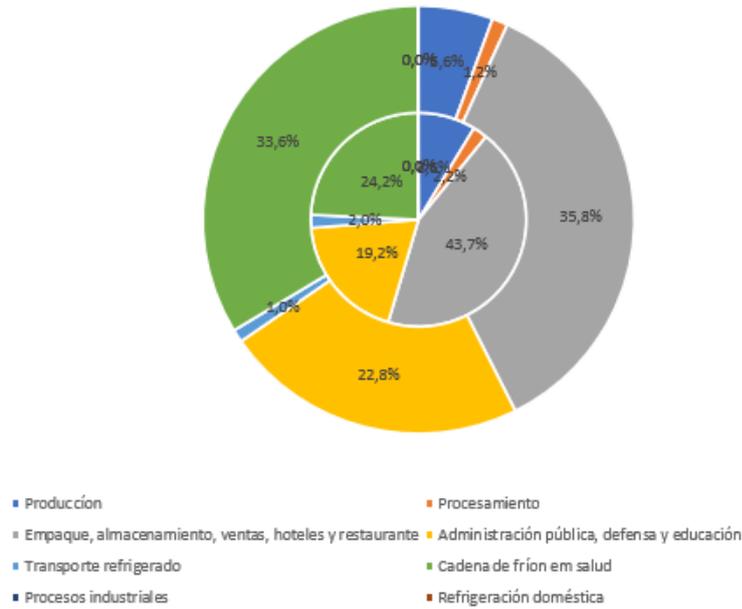
Sector	Emisiones Indirectas (tCO2e)	Emisiones Directas (tCO2e)	Emisiones Proyectadas (2050)
Postcosecha y almacenamiento			
Refrigeración doméstica			
Transporte refrigerado			



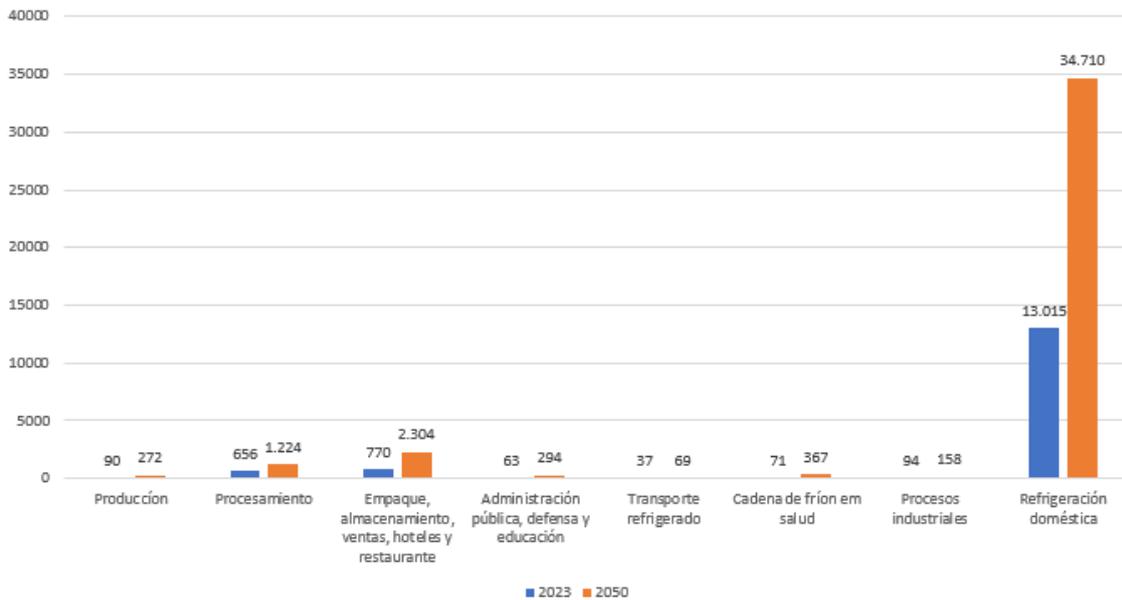
Otros ejemplos de gráficos

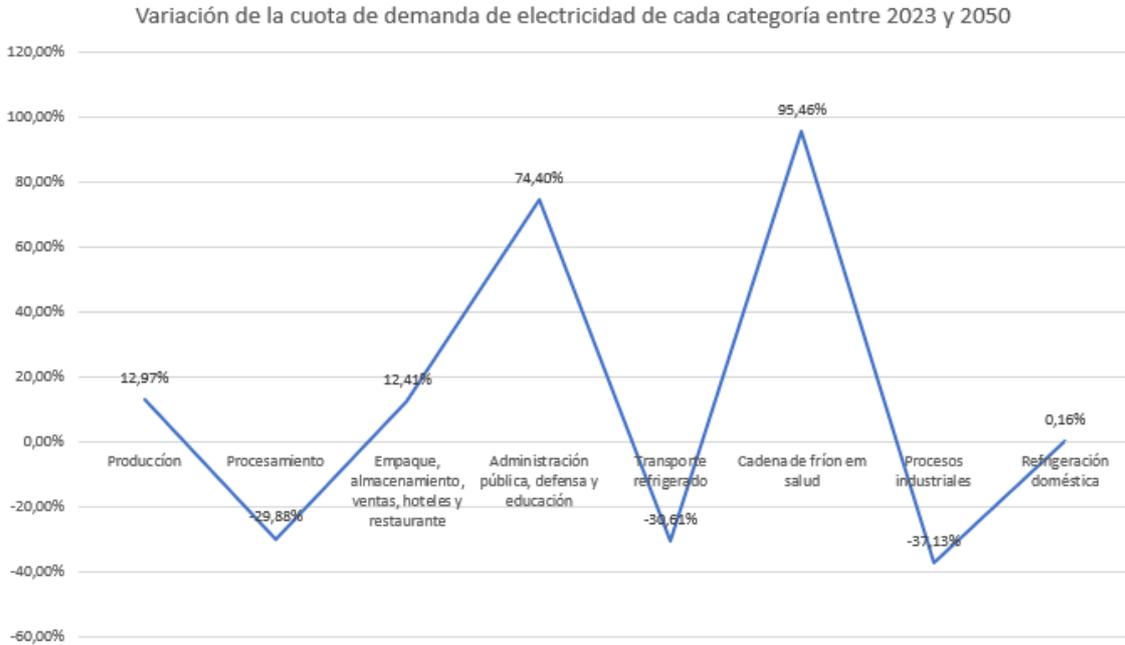


Proporción de equipos de cada categoría en relación con el total en 2023 y 2050

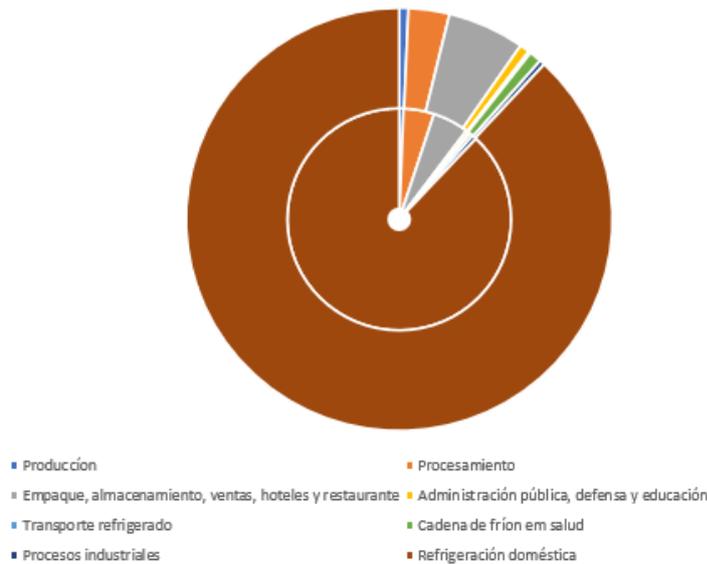


Demanda de electricidad para cada categoría entre 2023 y 2050





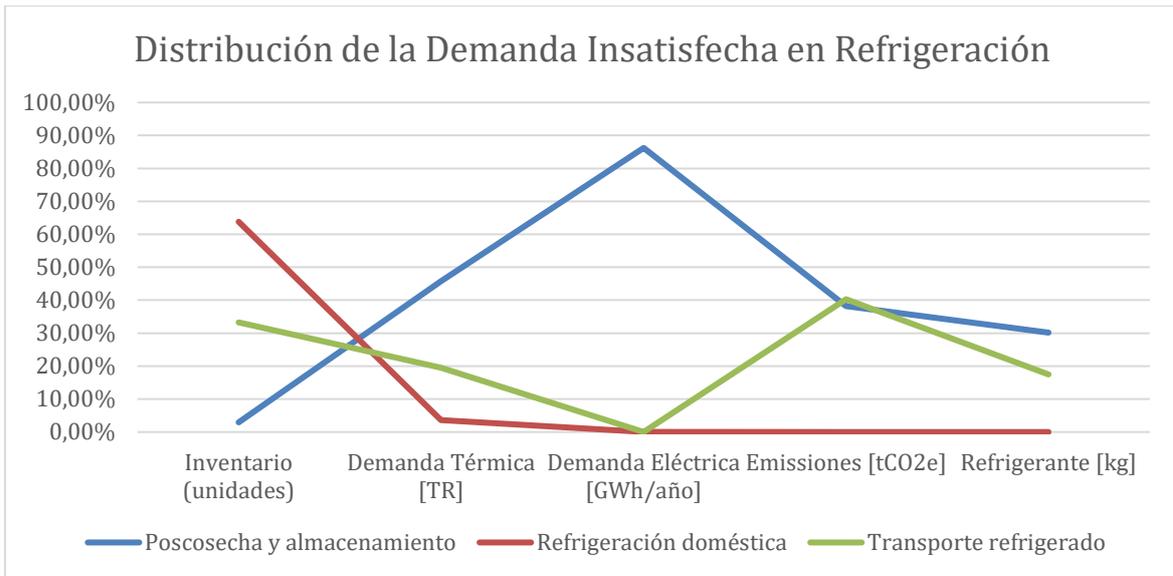
Proporción de la demanda de energía de cada categoría en relación con el total en 2023 y 2050



Demanda Insatisfecha

Entender dónde la demanda está reprimida y dónde las necesidades de los sectores no están siendo completamente atendidas.

Sector	Inventario (unidades)	Demanda Térmica (TR)	Demanda Eléctrica (GWh/año)	Refrigerante (lkg)	Emisiones (tCO2e)
Postcosecha y almacenamiento	87.046	579.288	2.537	224.468	742.177
Refrigeración doméstica	1.898.161	107.942	67	-	-



Este conjunto de datos permitirá identificar las necesidades específicas de cada sector, diseñar estrategias de adopción tecnológica y priorizar acciones que maximicen la eficiencia energética y la reducción de GEI en Colombia.

2.2.2. Climatización

Demanda Satisfecha

- Tabla de Demanda Anual de Refrigeración por Sector
- Tabla de Consumo de Energía del Lado de la Demanda por Sector
- Tabla de Demanda Anual de Refrigerantes por Sector
- Tabla de Emisiones Anuales de GEE por Sector

Demanda Insatisfecha

Entender dónde la demanda está reprimida y dónde las necesidades de los sectores no están siendo completamente atendidas.

3. Características Constructivas y de Urbanización

La eficiencia energética de un edificio está vinculada a sus características constructivas, que determinan la transferencia de calor entre el ambiente externo e interno. Este tema aborda los principales componentes de la construcción civil que influyen en la demanda de climatización y refrigeración, destacando las prácticas y estrategias recomendadas en diferentes planes de acción alrededor del mundo.

3.1. Principales Marcos Regulatorios de Colombia sobre Construcción Sostenible

Colombia se ha destacado en América Latina por su enfoque progresista hacia la construcción sostenible, implementando políticas y marcos regulatorios que buscan mitigar los impactos ambientales de las edificaciones y promover prácticas más sostenibles en el sector de la construcción. Este capítulo examina los principales marcos regulatorios que han dado forma al panorama de las construcciones sostenibles en el país, destacando sus principales recomendaciones e implicaciones para el sector.

3.1.1. Resolución 0549 de 2015

La Resolución 0549, promulgada en 2015, representa un hito importante en la regulación de las construcciones sostenibles en Colombia, estableciendo normas obligatorias que deben aplicarse en todo el territorio nacional.

Requisitos Principales

Esta resolución especifica los criterios técnicos que las nuevas construcciones deben cumplir para ser consideradas sostenibles, incluyendo:

Eficiencia en el uso de agua y energía: Las construcciones deben incorporar sistemas que garanticen la reducción en el consumo de estos recursos.

Gestión de residuos: Se debe asegurar que los residuos generados durante la construcción sean manejados de manera que minimicen su impacto ambiental.

Materiales de construcción: Incentivo al uso de materiales reciclados o de bajo impacto ambiental.

3.1.2. Documento CONPES 3919 - Política Nacional de Edificaciones Sostenibles

El Documento CONPES 3919, que establece la Política Nacional de Edificaciones Sostenibles, es otro marco regulatorio fundamental en Colombia, aunque de carácter voluntario. Este documento fue concebido para complementar las

regulaciones obligatorias, proporcionando un marco integral para la integración de prácticas sostenibles a lo largo de todo el ciclo de vida de las construcciones.

Recomendaciones Principales

El CONPES 3919 ofrece recomendaciones detalladas para la adopción de prácticas sostenibles, incluyendo:

Planeación urbana sostenible: Integración de prácticas de sostenibilidad en la planificación de las ciudades y en el desarrollo de nuevos barrios.

Educación y capacitación: Incentivo a la formación de profesionales capacitados para implementar y gestionar edificaciones sostenibles.

Incentivos económicos: Propuesta de incentivos fiscales y financieros para promover la adopción de prácticas sostenibles en el sector de la construcción.

3.1.3. Estudios de Casos de Éxito en Edificaciones Sostenibles

3.2. Urbanización, como premisa que puede ser considerada pero también desafiada.

3.2.1. Aspectos Relacionados con la Urbanización e Infraestructura

- **Planificación Urbana:** La urbanización puede impactar la eficiencia de transferencia de calor. El desarrollo sostenible, como se enfatiza en el plan de Panamá, debe considerar la eficiencia energética e integrarse con iniciativas ambientales.
- **Infraestructura de la Cadena Fría:** El desarrollo de la infraestructura de la cadena fría, con enfoque en la eficiencia energética y el uso de refrigerantes de bajo GWP, es un aspecto para reducir el impacto ambiental de los sistemas de enfriamiento, según lo recomendado en el plan de Panamá.

3.2.2. Estudios de Casos de Éxito en Urbanización

4. Rutas Tecnológicas

4.1. Objetivo del capítulo

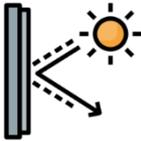
Presentar las estrategias de un plan de acción para la adopción de tecnologías de climatización y refrigeración con una evaluación de las necesidades particulares de cada sector.

4.2. Mejores Tecnologías

4.2.1. Principios/Tecnologías pasivas

Presentación de Principios/Tecnologías pasivas, fundamentales para mejorar la eficiencia energética en los sectores residencial, industrial y terciario. Se evalúan y describen las mejores tecnologías pasivas disponibles, considerando su efectividad en la reducción de la demanda energética.

A continuación, se presenta una tabla resumen que consolida esta información, proporcionando una visión detallada de las características técnicas y beneficios de cada tecnología pasiva evaluada.

Control de la radiación solar directa	
	Descripción:
¿Tiene impacto en tecnologías activas?	
Parámetro de eficiencia energética	Transmitancia
Porcentaje de ahorro de energía	
Costo estimado	
Podemos aplicar en las tipologías	Residencial, Industrial y Terciario.
Aislamiento térmico de la envolvente	
	Descripción:
¿Tiene impacto en tecnologías activas?	
Parámetro de eficiencia energética.	Transmitancia
Porcentaje de ahorro de energía.	
Costo estimado.	
Podemos aplicar en las tipologías.	Residencial, Industrial y Terciario.

Movimiento del aire	
	Descripción:
¿Tiene impacto en tecnologías activas?	
Parámetro de eficiencia energética.	Transmitancia
Porcentaje de ahorro de energía.	
Costo estimado.	
Podemos aplicar en las tipologías.	Residencial, Industrial y Terciario.
Diseño bioclimático de espacios exteriores	
	Descripción:
¿Tiene impacto en tecnologías activas?	
Parámetro de eficiencia energética.	Transmitancia
Porcentaje de ahorro de energía.	
Costo estimado.	
Podemos aplicar en las tipologías.	Residencial, Industrial y Terciario.

4.2.2. Tecnologías Activas

Presentación de las mejores tecnologías, establecidas y emergentes, destacando su nivel de madurez, desde laboratorio/prototipo hasta comercialización. Además, se analizan aspectos técnicos clave como el consumo de energía (kWh) por tonelada de refrigeración TR o BTU/h, los niveles de temperatura aplicables, los costos estimados por TR y otros indicadores relevantes.

A continuación, se presenta una tabla resumen que consolida esta información, ofreciendo una visión detallada de las características técnicas y la viabilidad de cada tecnología.

Sector Residencial						
Nombre del Equipo/Sistema y fabricantes conocidos:						
Madurez en fase de laboratorio/prototipo () Madurez en fase de proyecto piloto (X) Madurez en fase de comercialización ()						
Tecnología	Fluido Refrigerante	Horas de operación en relación con el equipo que será reemplazado	Capacidad Térmica BTU/h o TR	Rangos de temperatura	EER [BTU/h*W]	Costo
Sistema Split	R-410A	2,5	12	20 - 30°C	3.5	7.222,12

Sector Terciario						
Nombre del Equipo/Sistema y fabricantes conocidos:						
Madurez en fase de laboratorio/prototipo () Madurez en fase de proyecto piloto (X) Madurez en fase de comercialización ()						
Tecnología	Fluido Refrigerante	Horas de operación en relación con el equipo que será reemplazado	Capacidad Térmica BTU/h o TR	Rangos de temperatura	EER [BTU/h*W]	Costo
Sistema Split	R-410A	2,5	12	20 - 30°C	3.5	7.222,12

Sector Industrial						
<p>Nombre del Equipo/Sistema y fabricantes conocidos:</p>						
<p>Madurez en fase de laboratorio/prototipo () Madurez en fase de proyecto piloto (X) Madurez en fase de comercialización ()</p>						
Tecnología	Fluido Refrigerante	Horas de operación en relación con el equipo que será reemplazado	Capacidad Térmica BTU/h o TR	Rangos de temperatura	EER [BTU/h*W]	Costo
Sistema Split	R-410A	2,5	12	20 - 30°C	3.5	7.222,12

5. Acciones de Implementación

Para definir las recomendaciones destinadas a satisfacer la demanda de climatización y refrigeración, se ha adoptado una metodología integrada, siguiendo el enfoque del NCAP (National Cooling Action Plan). Este enfoque recomienda una estrategia en tres etapas:

1. **Reducción de las cargas de climatización:** En primer lugar, es crucial minimizar las cargas de climatización tanto como sea posible.
2. **Atención eficiente a las cargas de climatización:** A continuación, se deben gestionar las cargas de climatización de manera eficiente.
3. **Optimización de las operaciones y comportamientos de climatización:** Finalmente, se debe optimizar el funcionamiento y los comportamientos relacionados con la climatización.

Además de esta estrategia de tres frentes, las medidas complementarias que faciliten la transición hacia fuentes de energía renovables serán fundamentales para reducir aún más el impacto de las soluciones de climatización en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Las recomendaciones suelen clasificarse en tres categorías amplias:

1. **Intervenciones políticas y regulatorias:** Los habilitadores políticos y regulatorios son esenciales para ampliar la climatización sostenible y deben ser el primer paso para los países. Esto puede incluir estándares y etiquetado de equipos, estándares mínimos de desempeño energético, códigos de energía para edificaciones y estándares de emisiones para vehículos, entre otros. Algunas medidas políticas pueden requerir estructuras institucionales avanzadas, como estrategias para intervenciones en edificios nuevos y existentes y ciertos enfoques de gestión de demanda, y deben aplicarse progresivamente una vez que se verifiquen los elementos fundamentales y la preparación.
2. **Intervenciones tecnológicas:** Esto puede incluir la mejora de la eficiencia de las tecnologías de climatización existentes, la exploración de tecnologías no convencionales y de bajo consumo energético, alternativas para refrigerantes, soluciones de climatización para ubicaciones fuera de la red eléctrica o con redes eléctricas débiles, investigación y desarrollo de soluciones radicales para lograr climatización con baja huella climática.
3. **Intervenciones para la capacitación del mercado (o instrumentos de apoyo):** Esto puede abarcar instrumentos de financiación y subsidios para promover la climatización sostenible, modelos de negocio innovadores para ofrecer y ampliar la climatización sostenible, compras públicas, fortalecimiento de las capacidades institucionales y profesionales (incluyendo la formación de técnicos en climatización y refrigeración), y aumento de la conciencia entre consumidores y partes interesadas. Estos instrumentos de apoyo generalmente se aprovechan mejor cuando se

aplican junto con, o como complemento a, otras intervenciones políticas o tecnológicas, para aumentar su impacto y maximizar los beneficios.

5.1. Refrigeración

5.1.1. Reducción de las cargas de refrigeración

Tipo de intervención	Políticas y Regulatorias		
Estrategia	Revisar y crear códigos de construcción para exigir prácticas pasivas de eficiencia energética, como aislamiento térmico, ventilación adecuada y revestimientos reflectantes, tanto en nuevas construcciones como en reformas.	Ofrecer subvenciones directas a las industrias que implementen las recomendaciones de las auditorías energéticas, enfocadas en mejoras en los sistemas de refrigeración.	Implementar certificaciones para edificaciones e industrias que integren soluciones de eficiencia térmica en su diseño y operación, evaluando aspectos como el control solar, el aislamiento y la ventilación.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

Tipo de intervención	Tecnológicas		
Estrategia	Fomentar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas pasivas para la reducción de cargas en sistemas de enfriamiento y almacenamiento.	Realizar proyectos piloto para probar y validar nuevas soluciones de enfriamiento pasivo en diferentes tipos de edificios.	Desarrollo de herramientas y programas informáticos para evaluar y optimizar el rendimiento térmico de los edificios.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

Tipo de intervención	Capacitación del Mercado		
Estrategia	Elaborar guías y manuales técnicos para profesionales del sector industrial sobre mejores prácticas y tecnologías de reducción de carga utilizando medidas pasivas para optimizar el sistema de enfriamiento y almacenamiento.	Ofrecer capacitaciones especializadas para profesionales de la construcción e ingeniería sobre la implementación de tecnologías pasivas para la eficiencia térmica de sistemas de enfriamiento y almacenamiento.	Organizar eventos técnicos para compartir conocimientos sobre nuevas tecnologías y mejores prácticas pasivas para la reducción de carga térmica con enfoque en sistemas de enfriamiento y almacenamiento.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			

Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

5.1.2. Satisfacción eficiente de las cargas de refrigeración

Tipo de intervención	Políticas y Regulatorias		
Estrategia	Crear programas de incentivos fiscales o subsidios para la compra de nuevos equipos a cambio de refrigeradores y congeladores con alta clasificación de eficiencia energética para la población de los estratos 1 y 2.	Ofrecer incentivos para la implementación de tecnologías eficientes en sectores industriales, como sistemas de enfriamiento y almacenamiento en frío que utilicen recuperación de calor, bombas de calor y refrigerantes orgánicos.	Establecer etiquetado de eficiencia energética para vehículos de transporte refrigerado, considerando el uso de tecnologías como aislamiento térmico, unidades de enfriamiento eficientes y refrigerantes de bajo carbono.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación			

(para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

Tipo de intervención	Tecnológicas		
Estrategia	Desarrollar investigaciones sobre soluciones de enfriamiento off-grid adaptadas para ubicaciones fuera de la red eléctrica, como sistemas de enfriamiento solar o híbridos.	Establecer colaboraciones entre el sector público, la industria y sector académico para desarrollar y adoptar tecnologías innovadoras en refrigeración.	Implementar premios y reconocimientos para empresas y organizaciones que lideren en la adopción de refrigerantes y tecnologías sostenibles en sistemas de refrigeración.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			

Indicadores de impacto ambiental			
-----------------------------------------	--	--	--

Tipo de intervención	Capacitación del Mercado		
Estrategia	Realizar campañas para informar a consumidores y empresas sobre los beneficios de los refrigerantes con bajo GWP y las ventajas de la sustitución de equipos antiguos.	Establecer asociaciones con instituciones educativas para ofrecer capacitación técnica en sistemas de refrigeración eficiente, asegurando que los profesionales estén entrenados para manejar refrigerantes con bajo GWP y mantener sistemas de refrigeración modernos de manera adecuada.	Crear redes de aprendizaje entre gestores de diferentes CIU, enfocadas en compartir conocimientos y experiencias sobre cómo implementar las tecnologías y prácticas más recientes de bajo consumo energético.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

5.1.3. Optimización de las operaciones y del comportamiento

Tipo de intervención	Políticas y Regulatorias		
Estrategia	Implementar normas de adquisición para que todos los nuevos sistemas de refrigeración adquiridos por el sector público estén equipados con tecnologías de automatización de refrigeración, que ajusten automáticamente la operación en función de las condiciones externas y la carga térmica.	Revisar y actualizar normas técnicas que regulen el mantenimiento preventivo, exigiendo que todos los sistemas de refrigeración realicen mantenimiento preventivo basado en un cronograma regulado, incluyendo inspecciones y limpieza regular.	Implementar programas de subvenciones para empresas que invierten en sistemas de logística inteligente, gestión de carga y rastreo, y plataformas de gestión de transporte refrigerado.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

Tipo de intervención	Tecnológicas		
Estrategia	Crear una plataforma para que los gestores responsables de los sistemas de refrigeración de las	Fomentar el desarrollo y la investigación en sistemas de control basados en inteligencia artificial	Promover la creación de plataformas tecnológicas dedicadas a la gestión de la cadena

	empresas y organizaciones mantengan registros de las actividades de mantenimiento e inspección.	(IA) y modelos predictivos. Estas tecnologías deben simular el comportamiento de los sistemas de refrigeración y analizar datos de sensores para permitir la detección temprana de anomalías y la optimización continua del rendimiento de los sistemas.	de suministro de los sistemas de refrigeración. Estas plataformas deben asegurar la disponibilidad eficiente de servicios de mantenimiento y productos, contribuyendo a la optimización general de los sistemas de refrigeración.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

Tipo de intervención	Capacitación del Mercado		
Estrategia	Implementar programas de capacitación para operadores y usuarios de sistemas de refrigeración sobre las mejores prácticas para una operación y	Crear plataformas de e-learning que ofrezcan cursos y certificaciones enfocados en nuevas tecnologías y mejores prácticas para la gestión y mantenimiento de sistemas de	Revisar y fortalecer los currículos de los cursos de educación superior y profesionalizante (como técnicos e ingenierías) para profundizar en el estudio de los sistemas de

	mantenimiento eficientes.	refrigeración, promoviendo la capacitación continua de los profesionales del sector.	refrigeración y su impacto en el medio ambiente.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

5.2. Climatización

5.2.1. Reducción de las cargas de climatización

Tipo de intervención	Políticas y Regulatorias		
Estrategia	Promover la creación y adopción de normas de rendimiento térmico para edificios nuevos y rehabilitación de existentes, garantizando que cumplan con los estándares de eficiencia energética y confort térmico.	Establecer programas de incentivos y subsidios para proyectos de construcción y rehabilitación que implementen medidas pasivas de eficiencia térmica.	Desarrollar una etiqueta de desempeño térmico para edificaciones que clasifique los edificios en función de su capacidad para mantener el confort térmico interno utilizando soluciones pasivas.

Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

Tipo de intervención	Tecnológicas		
Estrategia	Implementar prácticas y tecnologías pasivas para la reducción de carga en sistemas de climatización en edificios públicos e instalaciones gubernamentales para que sirvan como ejemplos y referencia.	Realizar auditorías energéticas e implementar un sistema de <i>benchmarking</i> nacional para comparar el desempeño energético y la eficiencia de climatización con estándares de referencia en el sector.	Desarrollar proyectos piloto de edificios con alto desempeño térmico en cada zona bioclimática para servir como modelos de referencia y demostrar los beneficios de las tecnologías pasivas.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			

Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

Tipo de intervención	Capacitación del Mercado		
Estrategia	Desarrollar programas de capacitación para aplicadores y profesionales de la construcción sobre las técnicas de aplicación y las mejores prácticas para la eficiencia energética y el confort térmico de los edificios.	Organizar visitas a edificaciones ejemplares que utilicen estrategias de diseño pasivo para que los profesionales del sector de la construcción vean las prácticas en acción.	Promover entre técnicos y especialistas la difusión de guías informativas detalladas sobre las prácticas para la eficiencia energética y el confort térmico de los edificios.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

5.2.2. Satisfacción eficiente de las cargas de climatización

Tipo de intervención	Políticas y Regulatorias		
Estrategia	Revisar y actualizar los sellos de eficiencia energética para equipos de climatización, estableciendo criterios de rendimiento energético que aseguren que todos los equipos utilicen refrigerantes con bajo potencial de calentamiento global, en conformidad con la Enmienda de Kigali.	Establecer una unidad nacional dedicada a la eficiencia energética en equipos de climatización y a la promoción de refrigerantes con bajo potencial de calentamiento global.	Fortalecer y ampliar los programas existentes de eficiencia energética para la sustitución de equipos de climatización ineficientes en comercios y residencias.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

Tipo de intervención	Tecnológicas		
Estrategia	<p>Promover el uso de herramientas de simulación para retrofits, destacando las mejores prácticas en la selección de equipos más eficientes y con refrigerantes de menor impacto ambiental. Presentar resultados energéticos, impactos ambientales y viabilidad económica como parte del proceso de toma de decisiones.</p>	<p>Fomentar el desarrollo de edificios públicos que sean Net Zero Carbono, mediante la adopción de estrategias integradas. Esto incluye la implementación de soluciones pasivas, el uso de tecnologías activas eficientes y la generación de toda la energía necesaria a partir de fuentes renovables.</p>	<p>Establecer alianzas con universidades y centros de investigación para desarrollar nuevas tecnologías y métodos que puedan aplicarse en equipos de climatización y refrigerantes.</p>
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

Tipo de intervención	Capacitación del Mercado		
Estrategia	Facilitar la aproximación entre las ESCO (Empresas de Servicios Energéticos) y las empresas de los sectores público y terciario, para que ofrezcan consultoría y apoyo en la implementación de soluciones de climatización eficiente.	Implementar programas de certificación para técnicos y empresas que demuestren competencias en el manejo de tecnologías de climatización de alta eficiencia y refrigerantes de bajo impacto.	Promover y divulgar el Plan Nacional de Innovación y Tecnología en Eficiencia Energética para Climatización y Refrigeración mediante talleres y webinars en todo el país.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

5.2.3. Optimización de las operaciones y del comportamiento

Tipo de intervención	Políticas y Regulatorias		
Estrategia	Definir normas y requisitos de desempeño que incluyan la necesidad de monitoreo continuo,	Documentar acciones a nivel subnacional que fortalezcan las capacidades en eficiencia energética	Estimular la colaboración interinstitucional entre entidades relacionadas con la energía, el medio

	incentivando a los propietarios de edificaciones a adoptar esta práctica para cumplir con los estándares establecidos.	y el uso de refrigerantes con bajo potencial de calentamiento global, facilitando la implementación de programas estatales y municipales que contribuyan al cumplimiento de las metas nacionales.	ambiente y la economía para promover la eficiencia energética en la climatización y alcanzar las metas nacionales.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

Tipo de intervención	Tecnológicas		
Estrategia	Promover tecnologías de medición y análisis, como sensores IoT, software de gestión energética y análisis de datos en las edificaciones públicas, para obtener una visión clara del consumo energético y del rendimiento de los sistemas de climatización.	Implementar proyectos piloto de integración de los sistemas de climatización con plataformas de gestión de energía (SGE) en edificaciones públicas.	Desarrollar e implementar tableros interactivos que permitan a los edificios ingresar datos sobre la operación y el uso de los sistemas de climatización. Estos tableros deben generar informes detallados para monitorear el rendimiento de los sistemas e

			identificar áreas que requieren mejoras.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

Tipo de intervención	Capacitación del Mercado		
Estrategia	Ofrecer programas de capacitación específicos para los profesionales responsables de la gestión y el mantenimiento de los sistemas de climatización en instituciones públicas.	Crear y distribuir guías y manuales técnicos detallados que describan las mejores prácticas para la operación y mantenimiento eficiente de los sistemas de climatización, así como el uso de refrigerantes con bajo potencial de calentamiento global.	Organizar eventos y conferencias para involucrar a todos los actores relevantes, incluidos gobiernos, industrias, académicos y organizaciones no gubernamentales, en discusiones sobre mejores prácticas e innovaciones en el sector.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			

Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIIU cubiertas			
Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

5.3. Distritos Térmicos

Tipo de intervención	Políticas y Regulatorias	Tecnológicas	Capacitación del Mercado
Estrategia	Integrar los distritos térmicos en los planes directores urbanos, asegurando que sean considerados en la planificación de nuevas áreas urbanas y en la revitalización de áreas existentes.	Evaluar y seleccionar tecnologías adecuadas a la realidad local que mejoren el rendimiento de los sistemas térmicos.	Establecer asociaciones entre gobiernos, universidades y empresas privadas para promover la innovación y financiar la implementación de distritos térmicos.
Acciones inmediatas			
Acciones a medio plazo			
Acciones a largo plazo			
Proyección de Ahorro de Energía (anual y acumulado)			
Costos estimados de implementación (para cada dimensión de C/B)			
Obstáculos potenciales (riesgos)			
Estrategias de mitigación de riesgos			
CIIU cubiertas			

Mecanismos de Medición, Reporte y Verificación (MRV)			
Actores clave (incluyendo rol en la gobernanza)			
Indicadores de impacto ambiental			

6. Priorización Estratégica de las Recomendaciones

Al desarrollar el Plan Nacional de Acción para la Refrigeración (NCAP), es fundamental que los países prioricen cuidadosamente las recomendaciones para maximizar su eficacia y contribuir a los objetivos nacionales. Para lograr una priorización efectiva, se recomienda utilizar un método multicriterio que evalúe las recomendaciones en función de los siguientes criterios clave:

Nivel de Esfuerzo:

- **Facilidad de Implementación:** la complejidad y la dificultad involucradas en la ejecución de la recomendación. Las recomendaciones con un menor nivel de esfuerzo son preferibles.
- **Desafíos y Barreras:** obstáculos políticos, regulatorios, institucionales y financieros que pueden impactar la implementación.
- **Facilitadores:** factores que pueden apoyar la implementación, como un entorno regulatorio favorable, una fuerte voluntad política y sinergias con esquemas y programas gubernamentales existentes.
- **Tiempo de implementación:** tiempo necesario para implementar la recomendación, considerando la relación entre el nivel de esfuerzo y la duración.

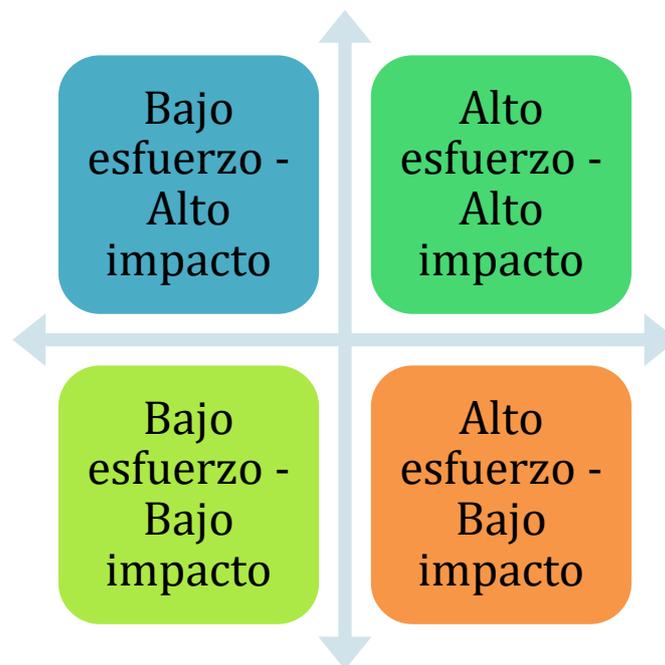
Impacto Esperado:

- **Ahorro de Energía:** el potencial de la recomendación para reducir el consumo de energía.
- **Reducción de Emisiones de GEE:** el efecto de la recomendación en la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Acceso a la Refrigeración:** cómo la recomendación puede mejorar el acceso a la climatización en diferentes sectores o regiones.
- **Beneficios Socioeconómicos:** incluye beneficios adicionales, como la creación de empleos, el desarrollo económico y la mejora de la salud pública.
- **Alineación con Prioridades Nacionales y ODS:** cómo la recomendación está alineada con las prioridades nacionales y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Costo Asociado:

- Estimación de Costos: Estima el costo de implementación de la recomendación, categorizándolo en bajo, medio o alto costo.
- Aspecto Costo-Beneficio: la relación entre el costo inicial de implementación y los beneficios esperados, considerando el impacto general de la recomendación.
- Recursos Disponibles: tiene en cuenta la disponibilidad de recursos financieros y otros recursos necesarios para la implementación.
- Costos a Largo Plazo: considera los costos asociados con el mantenimiento y la operación de la recomendación después de la implementación inicial.

Ejemplo de gráfico:



7. Recomendaciones Finales

estrategias complementarias que puedan potenciar el impacto de las recomendaciones. Entre estas estrategias, se destacan las siguientes:

7.1. Creación de Centros de Excelencia en Investigación e Innovación

La creación de **centros de excelencia dedicados a la investigación y la innovación en climatización y refrigeración** puede ser una estrategia clave para avanzar en el **desarrollo de tecnologías más eficientes y sostenibles**. Estos centros deberían reunir a investigadores, empresas y organismos gubernamentales

para fomentar la colaboración y el intercambio de conocimientos. La inversión en investigación y desarrollo permitirá la creación de soluciones innovadoras que respondan a los desafíos específicos del sector, impulsando así la evolución tecnológica y la adopción de mejores prácticas.

7.2. Alineación con Políticas de Industrialización de Sistemas de Climatización y Refrigeración

Para fortalecer la industria de climatización y refrigeración, es importante alinear las estrategias del NCAP con **políticas de industrialización que fomenten el desarrollo de equipos y tecnologías locales**. La creación de polos industriales enfocados en estos tipos de equipos puede estimular la producción nacional y reducir la dependencia de importaciones. Además, estas políticas deben promover la construcción de **capacidades locales y la transferencia de tecnología**, apoyando así el crecimiento de la industria y la creación de empleo en el sector.

7.3. Observancia de la Equidad de Género en la Capacitación del Mercado

Promover la **equidad de género en la capacitación del mercado de climatización y refrigeración** es fundamental para asegurar un desarrollo inclusivo y sostenible del sector. Esto implica fomentar programas de formación accesibles para todos, creando redes de aprendizaje y mentoría que apoyen a las mujeres en el campo, y **desarrollando indicadores específicos para monitorear su participación en el sector**. Establecer políticas de igualdad y sensibilizar sobre la importancia de la equidad de género también son importantes para romper estereotipos y garantizar un entorno de trabajo inclusivo.

Otras estrategias complementarias pueden ser mapeadas y discutidas en esta sección.

8. Referencias bibliográficas

CEELA. [Fortaleciendo capacidades para la eficiencia energética en edificios en América Latina](#). Documento interno – Outcome 1 – Output 1: Informe de resultados proceso Design Charrette - Colombia. Marzo 2022.

CEELA. [Contexto y Concepto de la Construcción Sostenible](#). Colombia. 2022

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. [Eficiência energética na arquitetura](#). São Paulo: PW Editores, 1997.

CENTER FOR THE BUILT ENVIRONMENT (CBE). [Tools](#). Berkeley, CA, EUA. 2024.

