

Mejores prácticas en el Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación de emisiones del sector minero-energético (MRVme) con énfasis en el sector carbón



Mejores prácticas en el Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación de emisiones del sector minero-energético (MRVme) con énfasis en el sector carbón

Corporación para el Desarrollo de Políticas Energéticas para las Transiciones Justas, POLEN Transiciones Justas

Bogotá - Colombia, diciembre de 2024

www.polentj.org

Autora:

Blanco, Karen

 <https://orcid.org/0009-0008-6881-9086>

Revisores:


Pedraza, Jennifer (SEI)

 <https://orcid.org/0000-0001-5315-8651>

Huertas, María Elena

 <https://orcid.org/0000-0001-7278-5562>

Vega, Mateo

 <https://orcid.org/0000-0002-2823-8024>

Diseño, diagramación y portada:

Cristian Porte

Con apoyo de:



El texto que aquí se publica es de exclusiva responsabilidad de sus autores y no expresa necesariamente el pensamiento ni la posición de la Fundación Heinrich Böll, Oficina Bogotá - Colombia y el SEI.

Agradecimientos

Se resalta la disposición y participación de diferentes entidades en el proceso de consolidación de este documento. En el ámbito nacional se agradece al Ministerio de Minas y Energía (Oficina de Asuntos Ambientales y Sociales), el Servicio Geológico Colombiano, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), la Fundación Natura, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), y la Universidad Nacional de Colombia; en el ámbito internacional, al Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile y el Ministerio de Ambiente de Uruguay. Un especial agradecimiento al profesional Orlando Madrid por sus valiosas contribuciones a la elaboración de este documento.

Cítese como:

POLEN Transiciones Justas. (2024). *Mejores prácticas en el Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación de emisiones del sector minero-energético (MRVme) con énfasis en el sector carbón*. Autor.



Esta es una obra de acceso abierto distribuida bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>). Los usuarios pueden reproducir, distribuir, adaptar y desarrollar el contenido de la obra original, conforme a los términos de la licencia mencionada.

POLEN Transiciones Justas debe ser claramente reconocido como titular de la obra original. Los usuarios no están autorizados a reproducir el logo de POLEN Transiciones Justas en sus obras.

**Mejores prácticas en el Sistema de Monitoreo,
Reporte y Verificación de emisiones del sector
minero-energético (MRVme) con énfasis en
el sector carbón**

Contenido

1. Introducción	10
2. Contexto normativo	13
2.1. Ley de Cambio Climático (Ley 1931 de 2018)	14
2.2. Estrategia Climática de Largo Plazo de Colombia (E2050)	14
2.3. NDC para Colombia, actualización 2020.	18
2.4. Generalidades de los sistemas MRV	20
2.5. Sistema MRV de las acciones de mitigación a nivel nacional.	20
2.6. Ley de Acción Climática (Ley 2169 de 2021)	22
2.7. Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector minero-energético 2050 (PIGCCme)	22
2.8. Información base de mitigación, carbono neutralidad y adaptación	23
2.9. Lineamientos para alcanzar la carbono neutralidad	24
2.10. Hoja de Ruta para el fortalecimiento del Sistema MRV de mitigación de GEI de Colombia.	25
3. Estado actual del MRVme	27
3.1. Actores	34
3.2. Metodologías de estimación de emisiones y resultados.	36
3.3. Indicadores del sector carbón y avances por sector	38
3.3.1. Avances del sector de minería de carbón	44
3.3.2. Avances en el SIN	45
3.4. Plataforma.	46
4. Mejores prácticas.	47
4.1. Métodos internacionales	48

4.2. Sistemas MRV en otros países	55
4.3. Referencias en el ámbito local – Proyecto Hoja de Ruta MRV nacional	57
5. Oportunidades de mejora del MVRme enfocadas en el sector carbón	61
5.1. Recomendaciones técnicas	62
5.1.1. Otras actividades del sector carbón contempladas	62
5.1.2. Seguimiento a las medidas de mitigación del sector carbón.....	62
5.1.3. Fortalecimiento de las metodologías de estimación de emisiones del sector de minería de carbón.....	63
5.1.4. Indicadores del sector de minería de carbón.....	63
5.1.5. Metas establecidas para cada indicador y asociación con actividad del PIGCCme.....	64
5.1.6. Fortalecer el componente de validación y verificación.....	64
5.1.7. Acciones específicas para el seguimiento de la mitigación del CH ₄ ...	65
5.2. Recomendaciones estructurales	66
5.2.1. Articulación con el MRV de mitigación nacional	66
5.2.2. Restructuración del PIGCCme	66
5.2.3. Estructuración del flujo de información, con inclusión de la articulación e involucramiento de actores.....	67
5.2.4. Otras oportunidades de mejora destacadas de la Hoja de Ruta del MRV nacional.....	67
5.3. Recomendaciones desde una perspectiva social	68

Índice de figuras

Figura 1.	Marco normativo colombiano sobre cambio climático, MRV nacional y PIGCCme	13
Figura 2.	Trayectorias de emisiones de GEI hacia el carbono neutralidad	17
Figura 3.	Comparación de emisiones GEI de los inventarios de emisiones más actualizados y la meta de emisiones al año 2030 en diferentes países	18
Figura 4.	Línea base y escenarios de mitigación del sector a 2050.....	23
Figura 5.	Esquema de generación de emisiones en la cadena productiva del carbón con su correspondiente categoría IPCC	28
Figura 6.	Descripción del objetivo de reducción de emisión para el sector minero-energético en su componente de mitigación	29
Figura 7.	Mapa de actores del MRVme	34
Figura 8.	Emisiones del sector de minería de extracción de carbón por departamentos destacados.....	37
Figura 9.	Emisiones (MtCO _{2eq}) históricas (verde), de la línea base (roja) y de escenario de mitigación (azul) del sector de minería de carbón.....	45
Figura 10.	Emisiones (MtCO _{2eq}) históricas (verde), de la línea base (roja) y de escenario de mitigación (azul) del sector de generación de electricidad del SIN	46
Figura 11.	Pasos del <i>GHG Protocol- Mitigation Goal Standard</i>	52
Figura 12.	Pasos del <i>GHG Protocol - Policy and Action Standard</i>	54
Figura 13.	Resumen de la metodología del diseño de MRV	59

Índice de tablas

Tabla 1.	Emisiones de GEI en MtCO _{2eq} para el escenario 284 discriminadas por sector.	16
Tabla 2.	Medidas del sector de minas y energía contempladas en la NDC Colombia 2020.	19
Tabla 3.	Principios sobre la gestión de la información del cambio climático.	21
Tabla 4.	Principios o elementos para el diseño de sistemas MRV.	26
Tabla 5.	Comparativo entre el primer y el segundo reporte del MRVme.	30
Tabla 6.	Descripción de roles de los actores.	35
Tabla 7.	Emisiones por año y participación del sector de minería de extracción de carbón.	38
Tabla 8.	Categorías de indicadores del MRVme.	39
Tabla 9.	Temáticas de los indicadores de MRVme.	39
Tabla 10.	Indicadores del MRVme asociados al sector carbón.	40
Tabla 11.	Comparación entre MRV nacional y sectorial de diferentes países.	55
Tabla 12.	Falencias y sugerencias destacadas para el Sistema MRV nacional.	58
Tabla 13.	Oportunidades de mejora identificadas para el Sistema MRVme en el estudio de la Hoja de Ruta nacional.	60

Siglas, acrónimos y abreviaturas

ANM	Agencia Nacional de Minería.
AP	Participantes Autorizados.
BUR	Reporte Bienal de Actualización de emisiones GEI (por las siglas del inglés).
CAC	Captura y Almacenamiento de Carbón.
CCUS	Captura y Uso del Carbón.
CCVC	Contaminantes climáticos de vida corta.
CICC	Comisión Intersectorial de Cambio Climático.
CITCCC	Comité de Información Técnica y Científica de Cambio Climático.
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones unidas para el Cambio Climático.
CH₄	Metano.
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical.
CO	Monóxido de carbono.
CO₂	Dióxido de carbono.
CO_{2eq}	Dióxido de carbono equivalente.
ETF	Fondos Cotizados en Bolsas.
GEI	Gases de efecto invernadero.
GIZ	Sociedad Alemana de Cooperación Internacional.
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
INGEI	Inventarios Nacionales de GEI.
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
MME	Ministerio de Minas y Energía.
MRV	Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación.
NAMA	Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación.
NDC	Contribución Determinada a Nivel Nacional sobre reducción de emisiones de GEI.

NMVOC	Compuestos orgánicos volátiles diferentes a metano.
NO_x	Óxidos de nitrógeno.
OVV	Organismo de verificación y validación.
PIGCCAme	Plan de Gestión de Cambio Climático del sector minero energético.
PM_{2.5}	Material particulado con diámetro aerodinámico menor o igual 2.5 micrómetros.
RENARE	Registro Nacional de Reducción de Emisiones de GEI.
ROE	Registro Obligatorio de Emisiones.
SCRR - GEI	Sistema de Contabilidad de Reducción y Remoción de las Emisiones de GEI.
SIN	Sistema Interconectado Nacional.
SGC	Servicio Geológico Colombiano.
SO₂	Dióxidos de azufre.

1.

Introducción

De cara a la segunda década de este siglo XXI, Colombia pasó de enfocar sus esfuerzos en el desarrollo de proyectos para el mecanismo de desarrollo limpio (MDL, por sus siglas en inglés) a estructurar **estrategias en el ámbito nacional que orientan toda la política e implementación de acciones de todos los sectores productivos en materia de mitigación.**

En el año 2010, gran parte del territorio nacional enfrentó una ola invernal que dejó grandes pérdidas, pero también posicionó al cambio climático como uno de los ejes de la problemática ambiental, lo cual se reflejó en el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, donde figuran propuestas como continuar con la implementación de una Política Nacional de Cambio Climático, se plantea la conformación del Sistema Nacional de

Cambio Climático (SISCLIMA) y se propone la elaboración de un Plan Nacional de Adaptación y de una estrategia de desarrollo bajo en carbono, entre otros elementos¹. En el documento CONPES 3700 de 2011 se definió la arquitectura para la creación del SISCLIMA y se dio paso al robustecimiento del MADS para que liderara el sistema y, luego, además de la mitigación, abarcara temas de adaptación y financiación del cambio climático.

En 2012, el MADS lanzó la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono² (ECDBC), aún sin estar creado oficialmente el SISCLIMA; esta inició en el mismo año la primera fase de formulación. Como resultado de esta primera fase, se reportaron la proyección de las emisiones de GEI en tres escenarios y la identificación de medidas de mitigación para cada sector de la economía nacional.

¹ Departamento Nacional de Planeación. (2011). *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. Prosperidad para todos*. <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/Paginas/prosperidad-para-todos-2010-2014-juan-manuel-santos.aspx>

² La Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono es un programa de planeación del desarrollo a corto, mediano y largo plazo que busca: identificar y valorar acciones que estarán encaminadas a evitar el crecimiento acelerado de las emisiones de GEI a medida que los sectores crecen, desarrollar planes de acción de mitigación en cada sector productivo del país y crear o promover las herramientas para su implementación, incluyendo un sistema de monitoreo y reporte (MADS. [2013]. *Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono*. [http://www.cambioclimatico.gov.co/estrategia-colombiana-de-desarrollo-bajo-en-carbono#:~:text=La%20Estrategia%20Colombiana%20de%20Desarrollo%20Bajo%20en,efecto%20invernadero%20\(GEI\)%20del%20crecimiento%20econ%C3%B3mico%20nacional](http://www.cambioclimatico.gov.co/estrategia-colombiana-de-desarrollo-bajo-en-carbono#:~:text=La%20Estrategia%20Colombiana%20de%20Desarrollo%20Bajo%20en,efecto%20invernadero%20(GEI)%20del%20crecimiento%20econ%C3%B3mico%20nacional)).

En 2013, en la segunda fase, se conformaron grupos de trabajo sectoriales que debían priorizar las medidas de mitigación identificadas³. Para agosto de 2013, la ECDBC reportaba que se habían concertado tres planes sectoriales de mitigación y que se continuaría con el diseño e implementación de un sistema de monitoreo y reporte.

Mediante el Decreto 298 de 2016, se creó de manera oficial el SISCLIMA, el cual se definió como el conjunto de entidades, normas, procesos, recursos, planes, estrategias, instrumentos, mecanismos e información relacionados con el cambio climático. Respecto al **Sistema MRV nacional**, el SISCLIMA tiene como uno de sus fines el armonizar criterios y mecanismos para hacer evaluación y seguimiento a las responsabilidades y compromisos en materia de mitigación de GEI.

De forma paralela con la creación del SISCLIMA, el MADS construyó la Política Nacional de Cambio Climático para dar coherencia y establecer prioridades en lo relacionado con las acciones en materia de cambio climático del país⁴. La reglamentación de la Política Nacional de Cambio Climático ocurrió en 2018 con la aprobación, en el Congreso de la República de Colombia, de la Ley 1931, por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático.

Aparte de la descripción de los principios que orientan la ley y las definiciones necesarias, la Ley de Cambio Climático establece las **responsabilidades de los ministerios** que hacen parte del SISCLIMA en línea con las responsabilidades atribuidas a ellos en la Política de Cambio Climático y establece las

responsabilidades de los departamentos, municipios, distritos y autoridades ambientales en lo relacionado con la gestión del cambio climático. Además, enuncia los instrumentos para planificar la gestión del cambio climático en Colombia: la NDC, la Política Nacional de Cambio Climático, los **planes integrales sectoriales y territoriales para la gestión del cambio climático** (PIGCC sectoriales y territoriales), los planes de desarrollo y de ordenamiento, y los reportes o informes que establezca la CMNUCC. En su segundo capítulo, la Ley de Cambio Climático, entre otras disposiciones, crea el Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático (SNICC⁵). Dentro de este último sistema de información se integran el Registro Nacional de Reducción de las Emisiones de GEI, ahora llamado RENARE, y el ROE, que pasó a ser administrado y coordinado por el IDEAM. Estos instrumentos y otros conforman la estructura del MRV nacional de acciones de mitigación.

El MRV nacional de mitigación se encuentra en proceso de consolidación y busca estar integrado por otros sistemas MRV para sectores o medidas específicos que se han ido creando por diferentes carteras ministeriales en concordancia con el portafolio de medidas de la actualización de la NDC del año 2020. Entre estos sistemas está el MRV del sector minero-energético (MRVme), liderado por el MME, el cual cuenta con su segundo reporte. Este MRVme se basa en el PIGCCme, que establece una meta a 2030 de reducir 11.2 Mt CO_{2eq} y representa una oportunidad de seguimiento a la transición energética a través de la implementación de acciones en el sector que propendan a la eliminación

³ MADS. (2012). *Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono - Primer avance*.

<https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/estrategia-colombiana-de-desarrollo-bajo-en-carbono-ecdbc/>

⁴ IDEAM, PNUD, MADS, DNP, Cancillería y Observatorio de Ciencia y Tecnología. (2016). *Políticas públicas y el cambio climático en Colombia: Vulnerabilidades vs. Adaptación*. En *Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Autor.

⁵ Según el artículo 26 de la Ley 1938 de 2016, el SNICC es un sistema que proveerá datos e información transparente y consistente en el tiempo para la toma de decisiones relacionadas con la gestión del cambio climático.

progresiva de los combustibles fósiles. En la figura 1 se presentan las normas de mayor relevancia que permitieron la estructuración de las herramientas MRV para el país y el MRVme.

Este documento busca realizar la identificación y consolidación de una serie de recomendaciones que permitan fortalecer los instrumentos que integran el MRVme y el MRV nacional, con el propósito de contribuir al seguimiento y cuantificación de la mitigación que se desea alcanzar a través de la ejecución de acciones en el sector minero-energético

de Colombia, en especial en lo relacionado con el sector carbón. En este sentido, se presentará un recuento de los instrumentos por medio de los cuales se establecen las metas en reducción de emisiones de GEI y los lineamientos asociados al sistema MRVme aplicado al sector carbón. Asimismo, se presenta un análisis del estado actual del sistema MRVme, incluyendo una descripción de actores, metodologías de estimación de emisiones GEI, indicadores del sector carbón y sus avances, para finalizar con la propuesta de mejores prácticas.

2. Contexto normativo

El marco colombiano que reglamenta los instrumentos sobre cambio climático, así como el Sistema MRV nacional, es amplio. La figura 1 expone las principales normas relacionadas, incluyendo aquellas que adoptan las dos versiones del PIGCCme, el cual es la herramienta en la que se basa el MRVme.

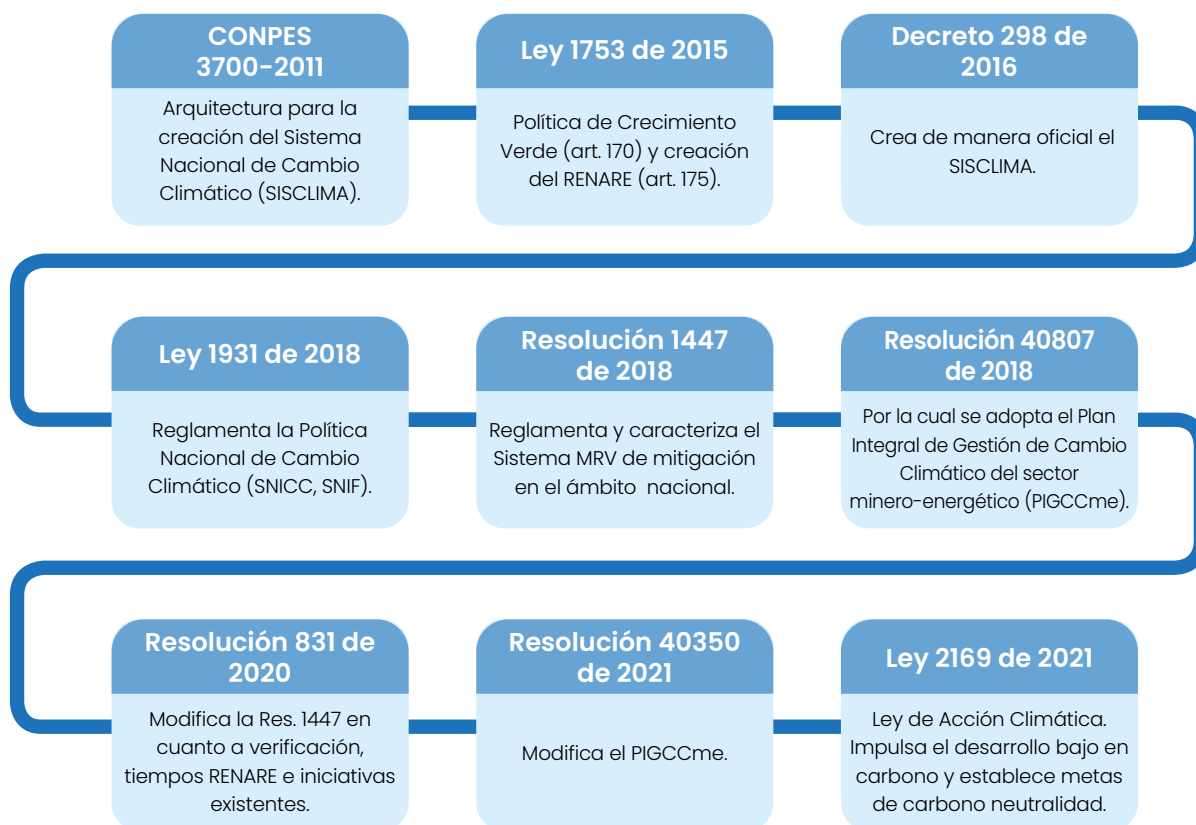


Figura 1. Marco normativo colombiano sobre cambio climático, MRV nacional y PIGCCme
Fuente: elaboración propia.

En las siguientes secciones se describen las normativas e instrumentos técnicos que definen responsabilidades o plantean lineamientos técnicos al sector de minas y energía de Colombia, en cuanto a metas de reducción de emisiones de GEI e instancias de reporte sistematizado de los avances logrados al respecto.

2.1. Ley de Cambio Climático (Ley 1931 de 2018)

La Ley de Cambio Climático, entre muchos otros aspectos, establece las responsabilidades de los ministerios que hacen parte del SISCLIMA en las metas nacionales de reducción de emisiones de GEI. En específico en su artículo 7, "Instrumentos de los ministerios", se encuentran las siguientes:

Impartir las directrices y adoptar las acciones necesarias para asegurar en el marco de sus competencias el cumplimiento de la meta de reducción de gases de efecto invernadero, concertada para cada sector en la Comisión Interseccional de Cambio Climático (CICC), y las metas de adaptación para lo relacionado con su sector.

- 2) Formular e implementar los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Sectoriales (PIGCCS).
- 3) Realizar el seguimiento de los PIGCCS de acuerdo con los lineamientos que establezca la Comisión Intersectorial de Cambio Climático para lo relacionado con el Sistema Nacional de Información de Cambio Climático.
- 4) Coordinar la gestión del cambio climático en su respectivo sector.

Generar y recopilar, de acuerdo a lo definido por el IDEAM, los insumos de información necesarios para la actualización de los inventarios de gases de efecto invernadero, o cualquier otro

reporte que surja de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - CMNUCC, de acuerdo con la CICC, y dar cuenta del avance en los medios de implementación en su sector con el apoyo de sus entidades de investigación y/o planeación.

- 5) Presentar un informe anual sobre la implementación de los Planes Integrales de Gestión de Cambio Climático Sectoriales ante las comisiones quintas de Senado y Cámara.

Por otra parte, en su artículo 17, "Planes integrales de gestión del cambio climático sectoriales", establece que los PIGCCS, serán:

Los instrumentos a través de los cuales cada Ministerio, según lo definido en el marco del SISCLIMA, identificará, evaluará y orientará la incorporación de medidas de mitigación de gases efecto invernadero y adaptación al cambio climático en las políticas y regulaciones del respectivo sector. Además, ofrecerán los lineamientos para la implementación de medidas sectoriales de adaptación y mitigación de GEI a nivel territorial relacionadas con la temática de cada sector, incluyendo, entre otras, directrices sobre el financiamiento de las medidas de mitigación de GEI y adaptación definidas, así como sobre Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación.

2.2. Estrategia Climática de Largo Plazo de Colombia (E2050)

La Estrategia 2050 es un instrumento de política de Estado que orienta las acciones nacionales, sectoriales y territoriales para construir un futuro resiliente al cambio climático en Colombia, al tiempo que constituye un ejercicio de planificación de largo plazo que demuestra el compromiso internacional

del país para contribuir al logro de los objetivos globales plasmados en el Acuerdo de París. Esta estrategia es un proceso para la identificación de las transformaciones necesarias que deberán ocurrir en Colombia para construir una resiliencia climática socioecológica de largo plazo. La E2050 debe constituirse como:

Punto de partida para una discusión nacional más amplia, profunda e incluyente que permita, con el pasar de los años y el avance de la información científica y de la gobernanza climática, ser complementada, ajustada y adaptada para ir orientando las acciones y los compromisos del país en materia de Cambio Climático en total consonancia con las acciones nacionales de desarrollo⁶.

La estrategia, mediante un análisis sistemático, exploró un conjunto de escenarios futuros en los que el país lograría la carbono neutralidad a 2050. Los escenarios fueron diseñados para incorporar las principales incertidumbres que podrían modificar la efectividad de la mitigación en el horizonte de tiempo considerado. Estos escenarios se construyeron a partir de la combinación de desarrollos futuros en variables clave que pueden impactar los requerimientos de mitigación. Allí se consideraron variables como el crecimiento del PIB, la población y la variación de los costos de tecnologías (para movilidad eléctrica, energía renovable y captura y almacenamiento de carbono), además de variaciones en los niveles de implementación de acciones claves de mitigación.

La combinación de las incertidumbres y de los niveles de implementación del conjunto de acciones de mitigación (seleccionadas

en talleres participativos con expertos sectoriales) produce un total de 512 escenarios que se han analizado. De estos escenarios, se resalta el 284 como ejemplo del alto esfuerzo requerido para descarbonizar la economía y avanzar hacia la carbono neutralidad. Este escenario (284) considera un crecimiento económico y demográfico conservador, una senda de disminución rápida de los costos de las tecnologías de movilidad eléctrica y renovables, bajos impactos climáticos en la oferta de agua, niveles ambiciosos de penetración de energías renovables en la generación eléctrica sin energía nuclear disponible, una senda de alta eficiencia energética en las edificaciones e industria, alta participación del transporte público en la movilidad de pasajeros y variaciones en la dieta de los colombianos⁷. A continuación, se detallan las emisiones del escenario resaltado, discriminado por sectores (para AFOLU se presentan emisiones para tres niveles de deforestación; tabla 1).

⁶ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s. f.) *Estrategia 2050*. <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/estrategia-2050/>

⁷ Gobierno de Colombia. (2021). *Estrategia climática de largo plazo de Colombia para cumplir con el Acuerdo de París (E2050)*. <https://andesco.org.co/wp-content/uploads/2022/12/E2050-COLOMBIA.pdf>

Tabla 1. Emisiones de GEI en MtCO_{2eq} para el escenario 284 discriminadas por sector

Sector	2030	2040	2050
Energía	63,7	34,2	12,2
IPPU	8,7	6,6	0,3
Residuos	18,4	16,6	15,7
Total sin AFOLU	90,8	57,4	28,1
AFOLU central (1)	78,0	29,6	-7,1
AFOLU bajo (2)	87,2	54,6	17,9
AFOLU alto (3)	60,0	8,6	-28,1
Total (1)	168,8	87,0	21,0
Total (2)	178,0	111,0	46,0
Total (3)	150,8	66,0	0,0

Fuente: Gobierno de Colombia. (2021). Estrategia climática de largo plazo de Colombia para cumplir con el Acuerdo de París (E2050). <https://andesco.org.co/wp-content/uploads/2022/12/E2050-COLOMBIA.pdf>

Según la E2050 y de acuerdo con este escenario, para alcanzar la carbono neutralidad, el país debe pasar de las cerca de 298 MtCO_{2eq} esperadas para 2020 en todos los sectores a tener entre 46 MtCO_{2eq} y 0 MtCO_{2eq} en 2050. En la figura 2, el escenario central de emisiones (rojo) sigue las emisiones de la línea base de la actualización de la NDC para 2015 y 2020, y el nivel definido como meta en 2030 (169 Mt CO_{2eq}). A partir de allí, el

escenario central (azul) sigue la trayectoria del escenario 284. Las líneas verde y amarilla corresponden a tendencias derivadas de la aplicación incompleta de las medidas de la NDC 2020. Se destaca la relevancia de las reducciones potenciales que puede ofrecer el sector energía, las cuales para 2050 se acercan al 80 % de lo previsto en la NDC para 2030.

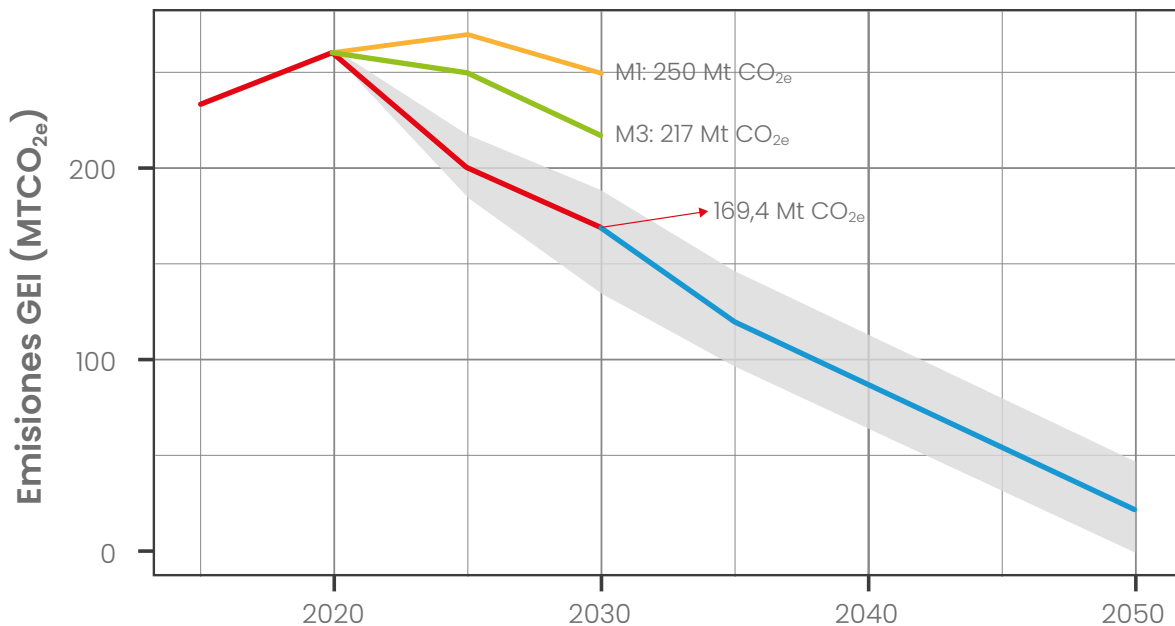


Figura 2. Trayectorias de emisiones de GEI hacia el carbono neutralidad

Fuente: Gobierno de Colombia. (2021). Estrategia climática de largo plazo de Colombia para cumplir con el Acuerdo de París (E2050). <https://andesco.org.co/wp-content/uploads/2022/12/E2050-COLOMBIA.pdf>

Es importante mencionar que esta estrategia y sus escenarios, aunque proponen la inclusión de energías renovables en la matriz energética del país, no proyectan de forma explícita la eliminación progresiva de los combustibles fósiles como una estrategia para poder cumplir con la mitigación de las emisiones de GEI. Además, la introducción del concepto de carbono neutralidad abre las puertas a los mercados de carbono en Colombia, lo que en algunos contextos puede ser una herramienta útil en el accionar del sector privado para la reducción directa de sus emisiones. Sin embargo, dada la

no linealidad de los procesos de emisión y captura de carbono⁸, al igual que los problemas sociales que se han documentado en los territorios donde son llevadas a cabo las compensaciones⁹, se convierte en un riesgo y un reto la apertura de los mercados de carbono. Por otro lado, las soluciones tecnológicas como la CAC, que hacen parte también de las estrategias de mitigación en el marco de la carbono neutralidad, han demostrado una baja remoción neta de CO₂, siendo más costo-competitivo invertir en energías renovables¹⁰.

⁸ Zickfeld, K., Azevedo, D., Mathesius, S., & Matthews, H. D. (2021). Asymmetry in the climate-carbon cycle response to positive and negative CO₂ emissions. *Nature Climate Change*, 11(7), 613-617. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01061-2>

⁹ Gilbertson, T. L. (2021). La financiarización de la naturaleza y las políticas sobre el cambio climático: implicaciones para las comunidades afrocolombianas afectadas por la minería. *Community Development Journal*, bsab044. <https://academic.oup.com/cdj/advance-article-abstract/doi/10.1093/cdj/bsab044/6419805>

¹⁰ Calverley, D., & Anderson, K. (2022). Phaseout Pathways for Fossil Fuel Production Within Paris-Compliant Carbon Budgets. <https://www.iisd.org/publications/report/phaseout-pathways-fossil-fuel-production-within-paris-compliant-carbon-budgets>

2.2. NDC para Colombia, actualización 2020

Colombia presentó la actualización de su meta de mitigación de emisiones de GEI (NDC) en 2020 ante la CMNUCC. El país se comprometió a disminuir sus emisiones en un 51 % para 2030 (respecto al escenario BAU¹¹), reduciendo un máximo de 169,4 millones de toneladas de CO₂ para ese año. De igual forma, se propone reducir en 40 % la emisión de carbono negro, un componente del material particulado (PM) que flota en el aire, entra en las vías respiratorias y afecta

la salud de las personas, además de ser un contaminante climático de vida corta. En la figura 3 se presenta el estado de avance de varios países (inventario de emisiones de GEI más actualizado) con respecto a sus metas establecidas como NDC. En general, se observa que Chile se encuentra por el momento en cumplimiento anticipado de su meta a 2030; en contraste, Colombia y Brasil son los más alejados de sus metas entre los países analizados.

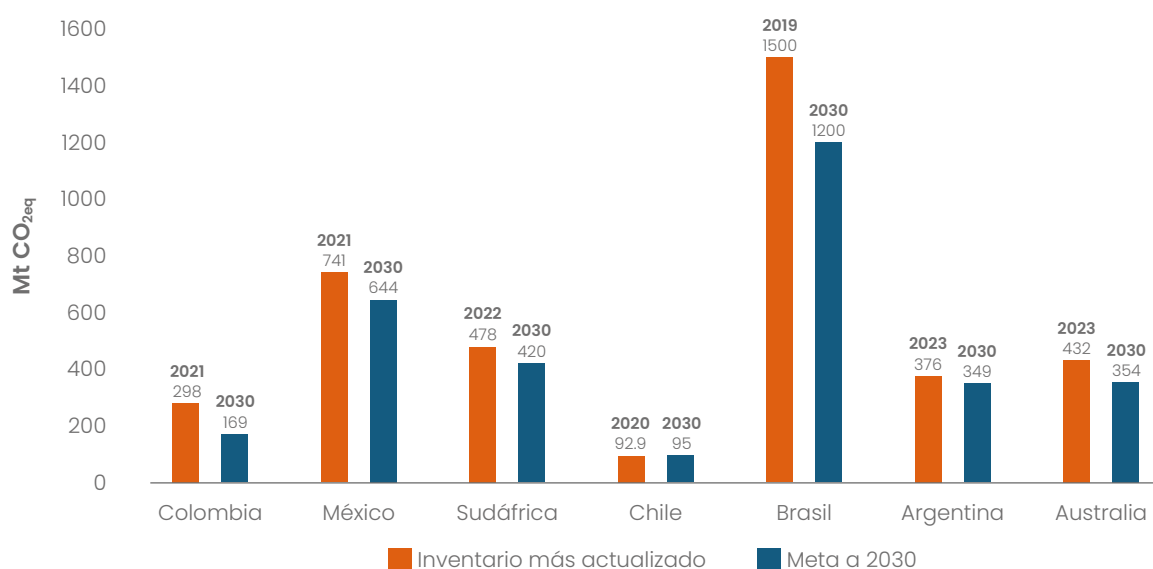


Figura 3. Comparación de emisiones GEI de los inventarios de emisiones más actualizados y la meta de emisiones al año 2030 en diferentes países

Fuente: elaboración propia, con base en la información reportada a la CMNUCC y los portales NDC PARTNERSHIP¹² y Power BI del inventario de emisiones de GEI de 2021⁽¹³⁾.

De igual manera, los compromisos abordaron el problema de la deforestación. En Colombia, las emisiones de GEI provienen de siete sectores en particular, siendo la deforestación el principal, con el 36 % del total. Ante esto, la

nueva NDC establece que para 2030 la tasa de deforestación bruta no debe ser superior a 50.000 hectáreas anuales. Esto contrasta con las 159.000 hectáreas deforestadas en 2019.

¹¹ Siglas en inglés de *Business as Usual*. Corresponde al escenario tendencial sin implementación de ninguna medida de mitigación.

¹² Véase: <https://countries.ndcpartnership.org/>

¹³ Véase: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrjoizDJkMzJlNGQyYTYc3OC00NTlLTgxZTAzZTcxZjA3ZWFkNDQzIiwidCI6ImRlMmZmZmVklTYWYjgtNDJlMlthNDYlTAwZmVlMWRlMDRlYSIsImMiOiR9&pageName=da3131a332d54acd5c19>

Para alcanzar la NDC, el país presentó un plan de 148 medidas: 32 sectoriales, lideradas por el Gobierno nacional; 89 territoriales en cabeza de ciudades, departamentos y Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CAR); 24 lideradas por empresas; y 3 específicas para la reducción de emisiones de carbono negro. El Gobierno espera que a este portafolio se sumen nuevas medidas conforme se avanza en la

implementación de la NDC. En la tabla 2 se presentan en detalle las medidas del sector de minas y energía, contempladas en la NDC con su respectivo objetivo, meta y potencial de mitigación de GEI. Es de notar que ninguna de estas medidas se dirige o menciona al sector carbón y ninguna de las medidas contempla la eliminación progresiva de los combustibles fósiles.

Tabla 2. Medidas del sector de minas y energía contempladas en la NDC Colombia 2020

N.º medida	Medida o línea estratégica sectorial de mitigación de emisión de GEI	Potencial en el escenario de mitigación (millones de toneladas [Mt])
1	<p>Eficiencia energética Busca identificar lineamientos para optimizar el despacho de energía eléctrica, con el fin de promover el aumento de eficiencia en las centrales que permitan reducir emisiones de GEI de forma costo-efectiva, sin afectar las condiciones del mercado eléctrico ni la confiabilidad de la prestación del servicio. La eficiencia energética se ha planteado como una opción transversal a los tres subsectores (energía eléctrica, hidrocarburos y minería).</p> <p>Lo expuesto se logra a partir de las siguientes acciones concretas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fortalecimiento del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROURE). Gestión de la oferta. <p>El potencial de mitigación modelado se encuentra entre 1,21 MtCO_{2eq} (PIGCCme) y 0,956 MtCO_{2eq}.</p>	
2	<p>Emisiones fugitivas Busca promover la adecuada gestión de las emisiones fugitivas asociadas a la cadena productiva de los hidrocarburos y aprovechar el gas fósil capturado para otros fines. Asimismo, fomenta el aprovechamiento de estas emisiones para que las actividades de estos sectores sean sostenibles, lo cual puede representar un beneficio económico para las empresas. El potencial de mitigación modelado se encuentra entre 3,24 MtCO_{2eq} (PIGCCme) y 0,39 Mt CO_{2eq}.</p>	<p>El potencial modelado de la medida aporta a la meta del sector minero-energético de 11,2 MtCO_{2eq}.</p>
3	<p>Gestión de la demanda Busca reducir la diferencia de consumo de energía eléctrica entre horas pico y valle, gestionar la generación de energía eléctrica en horas valle a partir de fuentes no contaminantes y promover la futura implementación de tecnologías como las redes inteligentes y las tarifas dinámicas.</p> <p>El potencial de mitigación modelado se encuentra entre 2,01 MtCO_{2eq} (PIGCCme) y 0,22 Mt CO_{2eq}.</p>	<p>Este valor corresponde a cerca del 6 % de la meta actualizada de la NDC.</p>
4	<p>Generación de electricidad Tiene como objetivo la diversificación de la matriz energética colombiana, la promoción de la autogeneración de energía mediante fuentes alternativas y la transformación de la generación energética en las zonas no interconectadas. Además, pretende la armonización de los requisitos ambientales para el desarrollo de las fuentes de energía renovable no convencionales (FERN) en concordancia con los objetivos, referentes a este tema, planteados en el CONPES de crecimiento verde 3934.</p> <p>El potencial de mitigación modelado se encuentra entre 4,74 MtCO_{2eq} (PIGCCme) y 7,98 MtCO_{2eq}.</p>	

Fuente: este estudio, a partir de la NDC Colombia 2020⁽¹⁴⁾.

¹⁴ Gobierno de Colombia. (2020). Portafolio de medidas sectoriales de mitigación del cambio climático. Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Colombia 2020. https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Adjunto%20a%20Medidas%20de%20mitigaci%C3%B3n_NDC%20de%20Colombia%202020.pdf

2.4. Generalidades de los sistemas MRV

Un sistema MRV es un mecanismo diseñado para monitorear (o medir), reportar y verificar las acciones relacionadas con el cambio climático. Este enfoque se utiliza principalmente en el contexto de los compromisos internacionales para reducir las emisiones de GEI y mitigar el cambio climático, como los establecidos en el Acuerdo de París. En algunos ámbitos se habla de tres tipos de MRV: i) MRV de emisiones, aplicado a la estimación de emisiones en inventarios de GEI; ii) MRV de mitigación, aplicado al seguimiento del avance y los impactos generados por la implementación de iniciativas de mitigación; y iii) MRV de financiamiento, aplicado al seguimiento de los flujos financieros, de transferencia de tecnologías y de construcción de competencias, y su impacto sobre el monitoreo de emisiones y su mitigación.

Por otra parte, en el ámbito nacional, la Ley de Cambio Climático (Ley 1931 de 2018) en su segundo capítulo menciona que el SNICC está conformado por: i) el Sistema MRV de mitigación a nivel nacional; ii) el Sistema de Monitoreo y Evaluación de adaptación al cambio climático (Sistema M&E de adaptación); y iii) el Sistema MRV de financiamiento climático.

Así, los sistemas MRV son fundamentales para el funcionamiento efectivo de los mecanismos de cumplimiento de los compromisos climáticos, ya que permiten monitorear el progreso de los objetivos establecidos y aseguran que las acciones tomadas sean transparentes y verificables.

2.5. Sistema MRV de las acciones de mitigación a nivel nacional

De manera posterior a la aprobación de la Ley de Cambio Climático (Ley 1931 de 2018), el MADS publicó la Resolución 1447 de 2018, donde se reglamenta y caracteriza el Sistema MRV de las acciones de mitigación nacional, definido como

Un conjunto de actores, políticas, planes, estrategias, procesos, subsistemas y tecnologías a cargo de la gestión de la información de cambio climático con el propósito de proveer insumos para la toma de decisiones de los actores implicados en la gestión del cambio climático según la Política Nacional de Cambio Climático.

Este sistema, a su vez, está conformado por el RENARE, por el SCRR - GEI, el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC), el Sistema de Inventarios de GEI (SINGEI) y, recientemente, el ROE¹⁵. La resolución establece lineamientos para todas las personas o entidades que tengan la intención de registrar iniciativas de mitigación de GEI, que opten a pagos por resultados o que deseen demostrar resultados de mitigación en el marco del cumplimiento de las metas nacionales de cambio climático; también para las entidades públicas a cargo de la coordinación y administración del Sistema MRV, y los OVV de GEI. Finalmente, la resolución también reglamenta y caracteriza los programas y proyectos sectoriales de mitigación de GEI a cargo de los ministerios.

La Resolución 1447 de 2018 expone todos los aspectos del Sistema MRV de mitigación

¹⁵ Creado por el artículo 16 de la Ley de Acción Climática (Ley 2169 de 2021).

en Colombia, tales como: funciones (art. 5), componentes (art. 6), alcances (art. 7) y enfoques (art. 8). A efectos del presente documento, vale la pena resaltar los principios (art. 9) que el Gobierno nacional, los titulares de las iniciativas de mitigación de

GEI y todos aquellos actores del Sistema MRV deberán aplicar en todas sus actuaciones y procedimientos relacionados con la gestión de la información del cambio climático y que se detallan en la tabla 3.

Tabla 3. Principios sobre la gestión de la información del cambio climático

Principio	Detalle
Confiabilidad	Se refiere al uso de datos, variables y modelos, de fuentes reconocidas y técnicamente sustentadas, para realizar las estimaciones y cálculos en el marco de la gestión del cambio climático.
Comparabilidad	Se refiere a la capacidad de homologación entre los resultados obtenidos a partir del uso de metodologías, guías y protocolos de estimación de emisiones, reducción de emisiones y remociones de GEI, según corresponda.
Consistencia	Se refiere a la coherencia a través del tiempo de los datos y las metodologías aplicadas a los cálculos y estimaciones de emisiones, reducciones de emisiones y remociones de GEI y la adaptación al cambio y el financiamiento climáticos.
Evitar la doble contabilidad	Se refiere a la prohibición de la asignación de un resultado de mitigación de GEI contabilizado en toneladas de CO _{2eq} en los siguientes escenarios: <ul style="list-style-type: none"> • Una tonelada de CO_{2eq} es contabilizada más de una vez para demostrar el cumplimiento de una misma meta de mitigación de GEI. • Una tonelada de CO_{2eq} es contabilizada para demostrar el cumplimiento de más de una meta de mitigación de GEI. • Una tonelada de CO_{2eq} es utilizada más de una vez para la obtención de remuneraciones, beneficios o incentivos. • Una tonelada de CO_{2eq} es verificada, certificada o acreditada a través de la implementación de más de una iniciativa de mitigación de GEI.
Exactitud	Se refiere al manejo de la información para evitar errores sistemáticos en el cálculo de las emisiones, reducciones de emisiones o remociones de GEI, minimizar la incertidumbre, aumentar la confianza sobre los datos para la toma de decisiones y producir resultados confiables, comparables, consistentes y reproducibles.
Exhaustividad	Se refiere a la inclusión de todas las fuentes de emisión o remoción de GEI en el análisis de emisiones y reducciones para evitar sobrestimaciones o subestimaciones en los cálculos.
Integralidad	Se refiere a la inclusión de los enfoques del Sistema MRV en el análisis de la información relacionada con la gestión del cambio climático y los beneficios asociados a las iniciativas de mitigación de GEI.
Pertinencia	Se refiere a la correspondencia de la información identificada, compilada y publicada con las características y el contexto de cada una de las acciones para la gestión del cambio climático.
Transparencia	Se refiere a proveer, generar y disponer públicamente de la información que permita entender el alcance, la cobertura y las limitaciones del análisis, así como los cálculos de las emisiones, reducciones de emisiones y remociones de GEI. Es la presentación de la información, por parte de los actores del Sistema MRV, en relación con las metodologías utilizadas, las fuentes de información y los supuestos usados, a fin de reproducir y asegurar los resultados y los procesos de control de calidad y de verificación.

Fuente: Resolución 1447 de 2018 del MADS.

Es necesario aclarar que estos principios están enfocados netamente en las características de la información que se constituye y reporta en el marco del Sistema MRV, mas no a los principios del diseño de un sistema MRV como adelante se explicará en el aparte de la Hoja de Ruta para el fortalecimiento del Sistema MRV de mitigación de GEI de Colombia.

2.6. Ley de Acción Climática (Ley 2169 de 2021)

La Ley 2169 de 2021, el más reciente eslabón de la cadena normativa sobre cambio climático en el país, tiene por objeto establecer metas y medidas mínimas para alcanzar la carbono neutralidad, la resiliencia climática y el desarrollo bajo en carbono en el país en el corto, mediano y largo plazo, en el marco de los compromisos internacionales asumidos por Colombia sobre la materia. Esta ley prevé metas y medidas de la siguiente forma:

Metas para:

- i) Mitigación de emisiones GEI.
- ii) Adaptación al cambio climático.
- iii) Medios de implementación.

Medidas para:

- i) Logro de metas de mitigación.
- ii) Promoción y desarrollo de los mercados de carbono.

Es importante entender que el establecer metas y medidas por sí solo no necesariamente genera cumplimiento, por lo que es un acierto que la Ley de Acción Climática en su artículo 23 ordene la creación del Plan de Implementación y Seguimiento para el Desarrollo Bajo en Carbono, la Carbono

Neutralidad y la Resiliencia Climática del país, como instrumento para realizar seguimiento y cumplir la totalidad de las metas y medidas establecidas en la NDC ante la CMNUCC. Además, esta ley dicta disposiciones adicionales que contribuyen a operativizar temas específicos con alto potencial de reducción (o absorción) de emisiones, tales como la conservación de áreas, el control de la deforestación y el transporte, entre otras disposiciones de apoyo.

2.7. Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector minero-energético 2050 (PIGCCme)

El PIGCCme 2050 es una estrategia diseñada para abordar los desafíos del cambio climático en la industria minero-energética hasta el año 2050. Este plan incluye una serie de medidas y políticas destinadas a reducir las emisiones de GEI, promover la eficiencia energética y fomentar la transición hacia fuentes de energía más limpias y renovables, sin hacer explícita la eliminación progresiva de los combustibles fósiles.

La actualización del PIGCCme se desarrolla en articulación con la Ley 1931 de 2018:

Ley por la cual se establecen las directrices para la gestión del cambio climático en Colombia, según lo establecido en sus artículos 7 y 17; la Contribución Nacionalmente Determinada de Colombia (NDC 2020^[16]) y la Estrategia Climática de Largo Plazo de Colombia para dar cumplimiento al Acuerdo de París (E2050). Bajo este marco, se considera el PIGCCme 2050 como un soporte a la Ley de Transición Energética¹⁷.

¹⁶ Meta de reducción del 51 % de las emisiones totales en el ámbito nacional a 2030, además de ser un país carbono neutral a 2050, entre otras (Gobierno de Colombia. [2020]. *Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia [NDC]*. <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/NDC%20actualizada%20de%20Colombia.pdf>).

¹⁷ Ley de Transición Energética n.º 2099 del 10 de julio de 2021, "por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones".

El plan tiene por objeto desarrollar insumos, implementar acciones, generar recomendaciones y establecer lineamientos que permitan: i) articular la política energética con la política climática nacional bajo el principio permanente de aportar a la competitividad y la sostenibilidad del sector minero-energético; ii) habilitar oportunidades para que la industria se prepare, fortalezca y aporte al cumplimiento de las metas nacionales de cambio climático; y iii) generar espacios que faciliten a la academia y la sociedad aportar el cumplimiento del plan¹⁸.

2.8. Información base de mitigación, carbono neutralidad y adaptación

Los escenarios de mitigación a 2050 del sector minero-energético vinculados en el PIGCCme se plantearon a partir de información base, como la citada a continuación:

- Estimación de emisiones de GEI para el escenario de referencia 2050.

- Formulación de seis (6) escenarios de mitigación al año 2050 (escenarios 0 al 5) partiendo del escenario de mitigación al año 2030, denominado "Escenario 0" (ESC0).
- Potenciales de mitigación de GEI para líneas estratégicas de eficiencia energética, generación de electricidad, gestión de la demanda y emisiones fugitivas, conforme a lo consignado en la NDC 2020 para el sector de minas y energía.

Mediante la figura 4, el PIGCCme muestra la evolución temporal de las emisiones proyectadas para el escenario inicial (ESC0) y para cada uno de los escenarios de mitigación al año 2050. Todos los escenarios siguen la misma tendencia en el comportamiento de sus series temporales, pero con la entrada de la tecnología de captura y almacenamiento de CO₂ a partir del 2041 el escenario ESC5 presenta las emisiones más bajas en 2050.

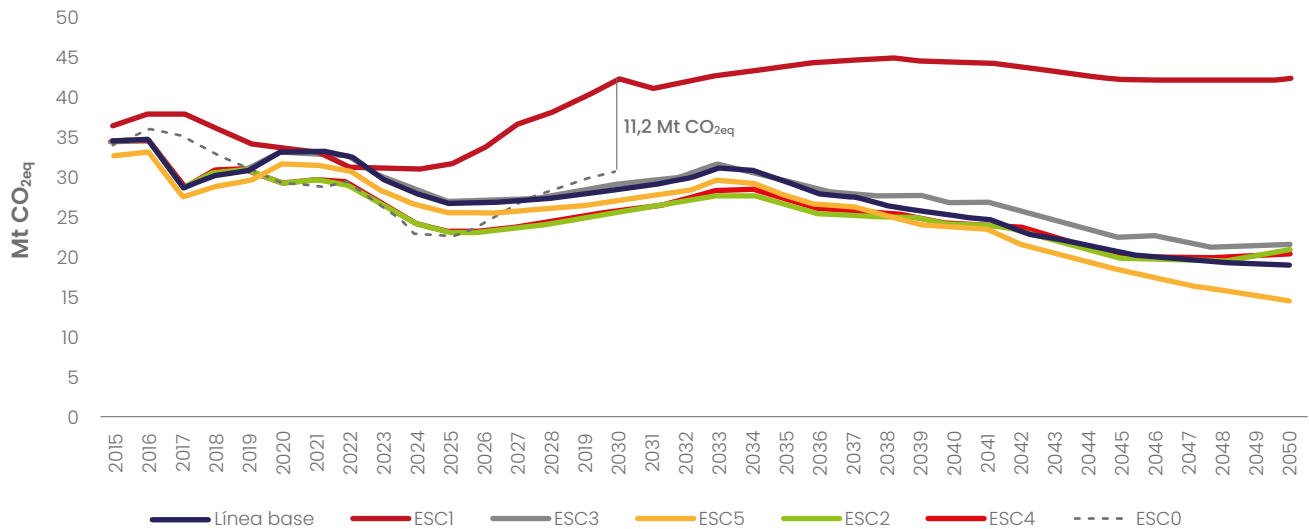


Figura 4. Línea base y escenarios de mitigación del sector a 2050
Fuente: PIGCCme (MME, 2021)¹⁹.

¹⁸ MME. (2021). Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Minero Energético 2050. https://www.minenergia.gov.co/documents/6393/PIGCCme_2050_vf.pdf
¹⁹ MME. (2021). Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Minero Energético 2050. https://www.minenergia.gov.co/documents/6393/PIGCCme_2050_vf.pdf

El PIGCCme concluye que el potencial mayor se encuentra en el escenario ESC5 con una reducción aproximada del 79 % al lograr la disminución de 31,6 Mt CO_{2eq} con respecto a la línea base 2050. Dicho escenario representa la mejor alternativa para alcanzar la carbono neutralidad, debido a un menor porcentaje de participación de generación térmica, una implementación de tecnologías de captura y almacenamiento de CO₂ en las centrales térmicas y al incremento generalizado de las eficiencias en el uso de combustibles en la extracción de carbón, petróleo y gas, así como en la refinación de petróleo; sin embargo, es el escenario que requiere una mayor inversión. Esto evidencia un enfoque de mitigación orientado a medidas de eficiencia energética, no a la eliminación progresiva de los combustibles fósiles, lo cual promueve mantener la dependencia de estos y no contar con metas más ambiciosas de reducción de emisiones para el sector minero-energético.

2.9. Lineamientos para alcanzar la carbono neutralidad

Según el PIGCCme, las medidas de mitigación identificadas en cada uno de los escenarios indican que para el año 2050 el sector minero-energético tendría una emisión de GEI entre 8,4 MtCO_{2eq} (ESC5) y 19,6 MtCO_{2eq} (ESC3). Esto indica que, para alcanzar la carbono neutralidad, además de aumentar los esfuerzos en la reducción de emisiones, se requiere habilitar rutas de captura y compensación de GEI, como se detalla a continuación:

- **Reducción de emisiones.** Está compuesta por todas aquellas opciones que

permiten reducir emisiones directas de los procesos minero-energéticos, entre las que se encuentran: i) diversificación de la canasta energética; ii) gestión activa de la demanda; iii) eficiencia energética; iv) control de emisiones fugitivas; y v) sustitución de combustibles fósiles.

- **Captura de emisiones a través de procesos o medios tecnológicos y ambientales.** Está compuesta por las opciones que permiten realizar una captura de las emisiones de los procesos minero-energéticos, entre las que se encuentran: i) tecnologías de CCUS; ii) bioenergía con captura y almacenamiento de carbono (BECCS); y iii) soluciones basadas en la naturaleza.
- **Compensación de carbono.** Está compuesta por las opciones que permiten a la industria compensar aquellas emisiones de GEI que no pueden reducir o capturar. Estas opciones se realizan a través de la obtención de certificados de reducción de emisiones, tal como aquellas opciones asociadas a: i) uso de la adicionalidad de las compensaciones ambientales obligatorias de los proyectos; ii) certificaciones obtenidas por proyectos y/o iniciativas realizados en el marco de mercados voluntarios; y iii) certificados obtenidos en mercados de carbono.

Las rutas planteadas hacia la carbono neutralidad abren puertas a falsas soluciones que han sido documentadas por diversos trabajos^{20,21,22}, por lo que se requiere una revisión del enfoque sobre el cual se plantea la mitigación en el sector minero-energético.

²⁰ Chen, S., Liu, J., Zhang, Q., Teng, F., & McLellan, B. C. (2022). A critical review on deployment planning and risk analysis of carbon capture, utilization, and storage (CCUS) toward carbon neutrality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 167, 112537. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112537>

²¹ Greig, C., & Uden, S. (2021). The value of CCUS in transitions to net-zero emissions. *The Electricity Journal*, 34(7), 107004. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2021.107004>

²² Durmaz, T. (2018). The economics of CCS: Why have CCS technologies not had an international breakthrough? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 95, 328-340. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.007>

2.10. Hoja de Ruta para el fortalecimiento del Sistema MRV de mitigación de GEI de Colombia

Colombia tiene establecido su sistema MRV nacional bajo la Resolución 1447 de 2018⁽²³⁾ y ha realizado esfuerzos significativos para mejorar los procesos técnicos relacionados con la elaboración y reporte de los INGEI e implementar el SINGEI. Sin embargo, se han identificado debilidades institucionales que pueden obstaculizar el cumplimiento de los compromisos ante la CMNUCC, en específico los relacionados con las nuevas reglas definidas en los fondos cotizados en bolsa (ETF, por sus siglas en inglés) de los AP. Estas debilidades incluyen la falta de capacidad técnica y recursos financieros para desarrollar un enfoque integral sobre el MRV nacional. Para abordar estas deficiencias, se está implementando desde enero de 2022 el proyecto Creación de Capacidades para la Transparencia (CBIT, por sus siglas en inglés): “Visión Estratégica MRV 2030 de Colombia”,

el cual tiene el objetivo de fortalecer las capacidades técnicas del país en monitoreo, reporte y verificación de las emisiones y remociones antropogénicas de GEI de una manera que optimice los mecanismos de transparencia bajo la CMNUCC y los AP.

Esta Hoja de Ruta se realizó bajo el enfoque de modalidades, procedimientos y directrices (MPGs, por sus siglas en inglés) del ETF de los AP. Para ello, se analizó el Sistema MRV actual bajo los elementos o principios para el diseño de sistemas MRV, con el objetivo de identificar si el Sistema MRV actual atiende todos estos elementos o principios y de qué forma. El Manual sobre arreglos institucionales para el apoyo a la MRV/transparencia de la acción y el apoyo climáticos²⁴ describe tales elementos como se ve en la tabla 4.

²³ MADS. (2018, 1º de agosto). Resolución 1447 de 2018. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/15-Resolucion-1447-de-2018.pdf>

²⁴ UNFCCC. (2020). *Manual sobre arreglos institucionales para el apoyo a la MRV/transparencia de la acción y el apoyo climáticos*. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Hand%20book_SP.pdf

Tabla 4. Principios o elementos para el diseño de sistemas MRV

Elementos o principios	Descripción
Mandatos institucionales	Unos mandatos institucionales adecuados y claros garantizan la disponibilidad de expertos, el flujo de datos, sistemas e instrumentos eficientes y una suficiente participación de las partes interesadas, con el fin de proporcionar información útil a los responsables de la toma de decisiones y cumplir con las obligaciones nacionales de presentación periódica de informes en el marco de la Convención y el Acuerdo de París.
Conocimientos técnicos	Contar con un equipo sólido de expertos nacionales garantiza la disponibilidad de los recursos para generar de manera regular resultados técnicos que informen a los responsables de la toma de decisiones y a un público más amplio sobre los futuros retos, así como de los progresos y la ambición climática del país. El equipo se responsabilizará de la retención y la transferencia de conocimientos entre expertos y organizaciones, la mejora continua, la sucesión gradual de las funciones de los expertos nacionales y la formación de los expertos subordinados.
Flujos de datos	Los flujos de datos eficientes garantizan la disponibilidad y accesibilidad a los datos necesarios para comprender los retos a los que nos enfrentamos (p. ej., reducir las emisiones de GEI o los riesgos y vulnerabilidades relacionados con el clima) y para demostrar claramente los progresos y la ambición climática. Estos flujos de datos serán críticos para generar informes e indicadores fiables que involucren una amplia variedad de partes interesadas en la adopción de medidas.
Sistemas e instrumentos	Una coordinación, sistemas e instrumentos efectivos garantizan que el equipo de expertos nacionales pueda acceder a los datos y gestionar el flujo de datos, llevar a cabo el QA/QC y preparar resultados oportunos de suficiente calidad que mejoren con el paso del tiempo. También favorecen la participación de una amplia variedad de partes interesadas que suministran los datos y utilizan los resultados del MRV.
Participación de las partes interesadas	Una participación sólida de las partes interesadas garantiza que el sistema de transparencia llegue a un mayor número de partes interesadas, incluidas aquellas procedentes del Gobierno nacional, el gobierno local, el sector privado, el sector académico, las organizaciones no gubernamentales, los medios de comunicación y la opinión pública. Esto para que los datos puedan ser recogidos de las fuentes más fiables y pertinentes, y que los resultados puedan fundamentar su proceso de toma de decisiones. La implicación debe incluir a las partes interesadas involucradas en la aplicación de las medidas, así como a las partes interesadas que suministran los datos y proporcionan asesoramiento relativo a la comprensión de estos.

Fuente: UNFCCC. (2020). *Manual sobre arreglos institucionales para el apoyo a la MRV/transparencia de la acción y el apoyo climáticos*. Autor.

3.

Estado actual del MRVme

Desde el año 2020, el MME, a través del convenio de cooperación internacional CIAT y el proyecto de materias primas y clima de GIZ, ha venido generando informes de avance al MRVme como parte del seguimiento a la implementación del PIGCCme. A la fecha, se han publicado dos de estos reportes: el primero para el año 2021 y el segundo para el año 2022. En la actualidad se encuentra en proceso de elaboración el tercer informe, que se espera sea publicado en 2025.

Los reportes del MRVme agrupan toda la cartera minero-energética que tiene como responsable el MME, por lo que no entran todas las actividades identificadas de la cadena productiva del carbón en Colombia (figura 5). De acuerdo con esto, los reportes del MRVme consideran solo dos de estas actividades: minería de carbón (exclusivamente la

extracción) y uso de carbón en termoeléctricas (inmerso en la información del SIN). Por consiguiente, los análisis presentados en este documento se limitarán a estas dos actividades, que para facilidad de mención se llaman “sector carbón”, excepto en los casos en los que puedan referenciarse individualmente (figura 5).

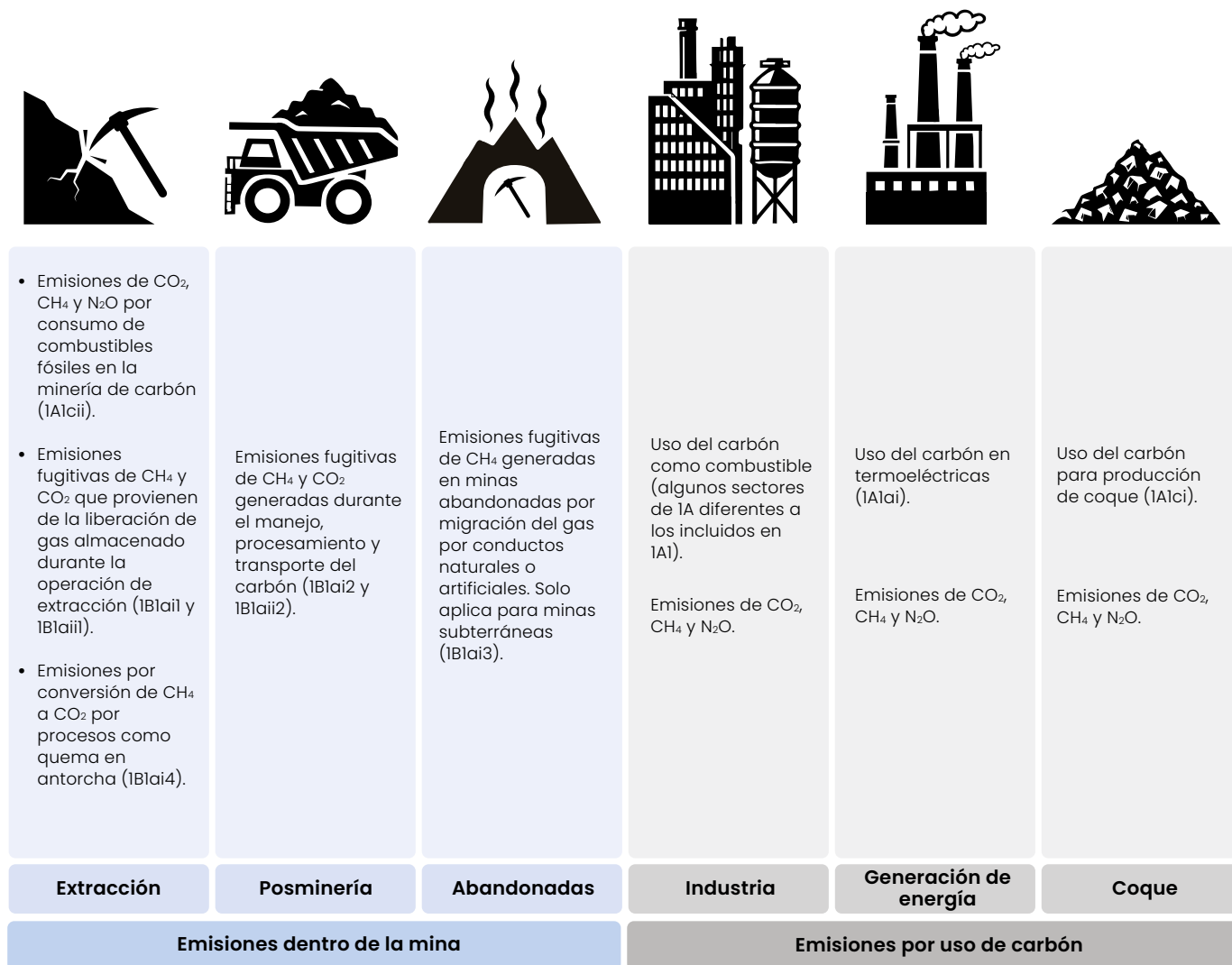


Figura 5. Esquema de generación de emisiones en la cadena productiva del carbón con su correspondiente categoría IPCC
Fuente: elaboración propia.

El objetivo del MRVme es hacer seguimiento a la meta de mitigación del PIGCCme correspondiente a la reducción de 11.2 Mt de CO_{2eq} para el año 2030, equivalente a la mitigación del 34 % de las emisiones del

sector con respecto a la línea base. Esta meta, a su vez, se desagrega en las diferentes líneas estratégicas de mitigación, como se presenta en la figura 6. De igual forma, se tiene la meta de carbono neutralidad a 2050.

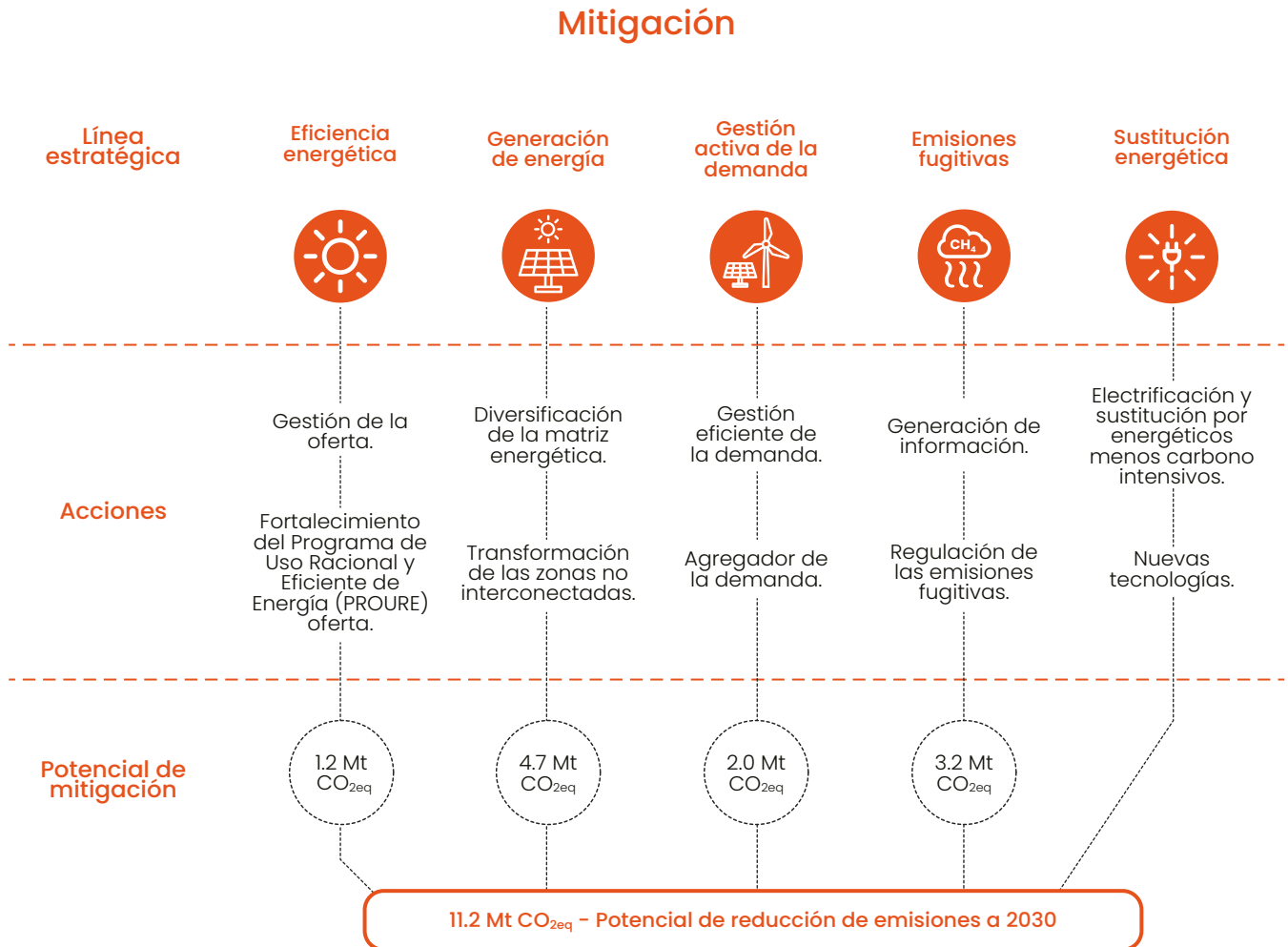


Figura 6. Descripción del objetivo de reducción de emisión para el sector minero-energético en su componente de mitigación
Fuente: elaboración propia, con base en MME (s. f.)²⁵.

²⁵ Ministerio de Minas y Energía. (s. f.). *Mitigación*. <https://pigccme.minenergia.gov.co/public/web/mitigacion#objetivoMitigacion>

En general, los reportes del MRVme se encuentran constituidos por un marco normativo aplicable y actualizado, los convenios o cooperaciones interinstitucionales obtenidos con el fin de fortalecer el MRVme, los avances descritos en forma general para cada una de las líneas estratégicas de mitigación del PIGCCme, la descripción de las actualizaciones metodológicas y los resultados de la estimación del inventario GEI para el sector, así como la de su línea base

y el escenario de mitigación, la descripción de los avances de los indicadores del MRVme y el avance en términos de emisiones según cada subsector.

La tabla 5 presenta un resumen de la estructura de los reportes del MRVme, donde se mencionan las secciones de mayor interés. Además, se muestra una descripción de cada una de ellas comparando lo descrito en el primer y el segundo reporte.

Tabla 5. Comparativo entre el primer y el segundo reporte del MRVme

Sección	Primer reporte	Segundo reporte
Generalidades		
Año de reporte	2021	2022
Marco normativo	Se presentó toda la normativa vigente.	Se actualizó el marco normativo considerando la nueva Resolución 40350 del 29 de octubre de 2021 del MME, que reemplazó las resoluciones 40072 de 2018 y 40483 de 2019 del MME. De igual forma, se adicionaron: Resolución 40066 del 11 de febrero de 2022 del MME; Resolución 40126 del 29 de abril de 2022 del MME; Decreto 1318 de 2022 del MME; Resolución 40302 de 2022 del MME; Decreto 1476 del 3 de agosto de 2022 del MME; y Resolución 40317 de 2023.
Arreglos institucionales desarrollados en el marco del MRVme	Se presentaron los avances de arreglos institucionales definidos para el desarrollo de MRVme, que incluyeron: <ul style="list-style-type: none"> • Alianza del Sector Eléctrico Carbono Neutral (ASECN). • UPME y XM Colombia SAS. • XM Colombia SAS. 	Se adicionó entre estos arreglos el del IDEAM-ANH-MRVme, con el fin de fortalecer emisiones fugitivas en el sector de petróleo y gas.
Avance del PIGCCme	A 2021, el porcentaje de implementación del PIGCCme fue de 40 %.	Hasta el año 2022, se logró un progreso del 41.69 %.

Sección	Primer reporte	Segundo reporte
Generalidades		
Actualización metodológica de estimación de emisiones de GEI	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se realizó la revisión de factores de emisión (FE) para quema de gas licuado de petróleo (GLP), los empleados para estimar emisiones en antorchas en la industria del petróleo, y algunos referentes a las emisiones fugitivas en los procesos de extracción de gas natural. ✓ Se adicionó la categoría de quema de combustibles en el transporte por oleoductos. ✓ Se realizó la desagregación de emisiones de forma departamental. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se armonizaron los FE utilizados en el reporte con los utilizados en el INGEI y se ajustan las emisiones del BUR 3. ✓ Se llevaron a cabo mejoras significativas en la estimación de emisiones para las actividades de petróleo y gas en el <i>midstream</i>. ✓ Se adicionaron las estimaciones asociadas a ferróniquel y agregados pétreos. ✓ Se avanzó en el desarrollo de metodología para la estimación de emisiones a nivel de instalación y emisiones de hexafluoruro de azufre (SF₆).
Actualización de la línea base y escenarios de mitigación a 2030 y 2050	Se actualizaron la línea base y las proyecciones a 2030 y 2050.	No se mencionó como un ítem, aunque sí se realizó una actualización de escenario.
Avances de implementación por líneas estratégicas de mitigación del PIGCCme*		
Generación de energía	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Potencial de reducción de emisiones de GEI de 7,73 MtCO_{2eq} a 2030. ✓ Se presentaron avances normativos generales. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se actualizó el potencial de reducción de emisiones de GEI a 4,7 Mt CO_{2eq}. ✓ Se presentan avances normativos. ✓ El MME realizó un estudio técnico para desarrollar la política pública relacionada con las tecnologías de captura, utilización y almacenamiento de carbono.
Eficiencia energética en el sector minero-energético	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Esta línea estratégica tiene un potencial de reducción de emisiones de GEI de 1,44 MtCO_{2eq} a 2030. ✓ En relación con la definición de metas de eficiencia energética, se realizó la estimación del potencial para el sector termoeléctrico y se obtuvieron 5 escenarios, 3 correspondientes a potenciales de ahorro por gestión de operación y mantenimiento, y 2 por mejora tecnológica, con porcentajes promedio de ahorro entre 0,8 % y 5,4 %. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se actualizó meta a reducción de 1,2 Mt CO_{2eq} a 2030. ✓ Se presentaron avances normativos en otras áreas diferentes al sector carbón.

Sección	Primer reporte	Segundo reporte
Avances de implementación por líneas estratégicas de mitigación del PIGCCme*		
Emisiones fugitivas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Esta línea estratégica tiene un potencial de reducción de emisiones de GEI de 1,71 MtCO_{2eq} a 2030. ✓ Se presentaron avances en otras áreas diferentes al sector carbón. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se actualizó esta línea estratégica a un potencial de reducción de 3,2 Mt CO_{2eq} a 2030. ✓ Se presentaron avances en otras áreas diferentes al sector carbón.
Gestión activa de la demanda	Esta línea estratégica tiene un potencial de reducción de 0,32 Mt CO _{2eq} a 2030.	Esta línea estratégica mantuvo su potencial de reducción de emisiones.
Sustitución de energéticos y nuevas tecnologías	No se reportó.	Esta línea estratégica se adicionó en este reporte, por lo que no contó con una estimación de emisiones asociada para 2030, pero sí se tuvo en cuenta en los escenarios de carbono neutralidad para 2050.
Indicadores		
Cantidad	En total, se reportaron 69 indicadores.	En total, se reportaron 56 indicadores.
Inclusión del sector carbón en los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Del total de indicadores, 6 tuvieron algún parámetro que hacía referencia al sector carbón. ✓ La minería de carbón se encontró diferenciada como subsector individual. ✓ Los indicadores de emisiones de CO_{2eq} se presentaron separados por categorías del sector carbón 1A1c y 1B1c. ✓ El indicador de intensidad de emisiones de CO_{2eq} para el sector de minería de carbón se reportó separado por tipo de emisiones (combustión, fugitivas y totales). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Del total de indicadores, 17 tenían algún parámetro que hacía referencia al sector carbón. ✓ Se combinó la minería del carbón con el sector de minería de ferrocromo y el de agregados pétreos en un solo sector de minería. ✓ Para 3 de los indicadores relacionados con autogeneración de energía en el sector de minería se presentaron valores de reporte, que solo correspondían a información para la minería de ferrocromo, único subsector de la minería que disponía de estos datos. ✓ Los indicadores de emisiones de CO_{2eq} se presentaron separados por categorías de minería carbón 1A1c y 1B1c. ✓ El indicador de intensidad de emisiones de CO_{2eq} para el sector de minería de carbón se reportó como un total.

Sección	Primer reporte	Segundo reporte
Emisiones CO_{2eq}		
Categorías que se tienen en cuenta	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 1A: actividades de quema de combustible. ✓ 1B: emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustible. ✓ 2B8b: producción de etileno. ✓ 3B4a: humedales que permanecen como tales (difusión). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 1A: actividades de quema de combustible. ✓ 1B: emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustible. ✓ 2B8b: producción de etileno. ✓ 2C2: producción de ferroaleaciones. ✓ 3B4a: humedales que permanecen como tales (difusión).
Resultados generales	<p>Para 2020 se estimó que las emisiones contabilizadas por el MME alcanzaron el valor de 30,8 MtCO_{2eq} (sin considerar las emisiones de ferróníquel y materiales pétreos); el 11 % estaban asociadas a la extracción de carbón, 42 % a la generación de energía en el SIN, 1 % a la generación de energía en las ZNI y el 46 % a los procesos de extracción, almacenamiento, transporte y tratamiento de hidrocarburos.</p>	<p>Para 2021 se estimó que las emisiones contabilizadas por el MME alcanzaron el valor de 26,9 Mt CO_{2eq}; el 14,1 % estaban asociadas a la extracción de carbón, 32 % a la generación de energía en el SIN, 1,3 % a la generación de energía en las ZNI, el 33,6 % a los procesos de extracción, almacenamiento, transporte y tratamiento de hidrocarburos, y 2,6 % a la minería de otros materiales.</p>
Avance de las emisiones con respecto a la meta de reducción*	<p>Para el subsector de minería de carbón, en el año 2020 se presentó un descenso de las emisiones muy por debajo de las emisiones del escenario línea base, asociado a la reducción de la extracción de carbón. Sin embargo, en cuanto a las emisiones por unidad extraída, este subsector se encontró con un valor por encima de las proyecciones.</p>	<p>Siguió el mismo comportamiento del reporte anterior.</p>

Nota: en los ítems señalados con un asterisco () se presenta la descripción enfocada solo a las actividades del sector carbón.*

Fuente: elaboración propia.

3.1. Actores

El Sistema MRV de acciones de mitigación está formado por un conjunto de actores, políticas, planes, estrategias, procesos, subsistemas y tecnologías a cargo de la gestión de la información relacionada con las emisiones y reducciones. En los documentos disponibles en línea no se encontró un mapa de actores

completos que permita ver la interacción de los diferentes actores involucrados; sin embargo, teniendo en cuenta la revisión normativa y bibliográfica, así como el desarrollo de consultas informales, se construyó un mapa (figura 7) que representa la interacción que tiene el Sistema MRVme.

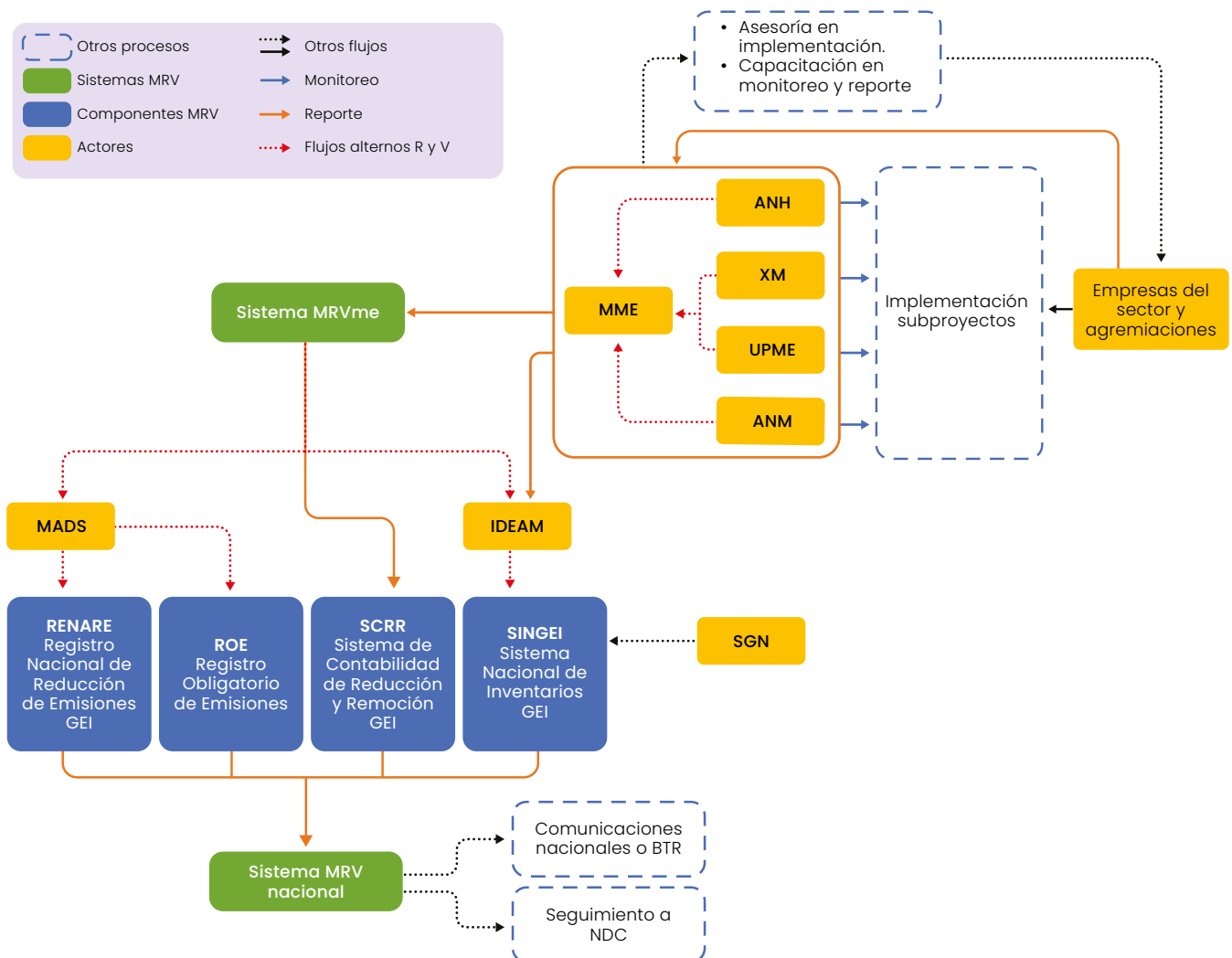


Figura 7. Mapa de actores del MRVme
Fuente: elaboración propia.

Cada uno de los actores presentados en el mapa juega un rol específico dentro del MRVme. Entre estos, se encuentran los líderes de los sectores, generadores de información y articuladores con sectores (tabla 6).

Tabla 6. Descripción de roles de los actores

Actor	Tipo de institución	Rol
MME	Gubernamental	<ul style="list-style-type: none"> a. Responsable de la cartera minero-energética. b. Responsable del MRVme. c. Proporciona información para el INGEI. d. Administra la plataforma Sistema de Información Minero de Colombia (SIMCO).
ANH	Especial-Nacional	<ul style="list-style-type: none"> a. Proporciona información de primera mano relacionada con el sector de hidrocarburos. b. Se encuentra involucrada en el arreglo institucional IDEAM-ANH-MRVme.
XM	Mixta	<ul style="list-style-type: none"> a. Administra el mercado de energía. b. Proporciona información de primera mano sobre el sector de generación de energía eléctrica. c. Estima el factor de emisiones del SIN.
ANM	Especial-Nacional	<ul style="list-style-type: none"> a. Proporciona información de primera mano relacionada con el sector de minería. b. Alimenta la plataforma SIMCO.
UPME	Gubernamental	<ul style="list-style-type: none"> a. Provee información al SINGEI. b. Desarrolla estudios de estimación de factores de emisión específicos para el país, incluidos los factores de emisión de los combustibles colombianos (FECOC), y para el sector minero. c. Gestor del SIMCO, que se utiliza para la serie 2010-2018.
IDEAM	Gubernamental	<ul style="list-style-type: none"> a. Líder de la implementación del inventario y gestor de la información. b. Veedor de información y colaborador en ajuste de metodologías de estimación de emisiones para el MRVme.
MADS	Gubernamental	<ul style="list-style-type: none"> a. Cabeza del sector ambiental y responsable de la NDC, así como partes del MRV nacional, como el RENARE y ROE.
SGN	Gubernamental	<ul style="list-style-type: none"> a. Proporciona información al INGEI a partir de estudios realizados, como los factores de emisión específicos de la minería del carbón.
Empresas del sector y agremiaciones	Varias	<p>Se incluyen empresas públicas, privadas y mixtas. Entre estas se encuentran las termoeléctricas, ANM, Ecopetrol, entre otras. Gracias a sus roles:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Implementan las medidas de mitigación. b. Proporcionan información a los gestores de información. c. Las agremiaciones sirven como articuladoras de empresas.

Fuente: elaboración propia.

3.2. Metodologías de estimación de emisiones y resultados

Como parte del desarrollo del segundo reporte del Sistema MRVme, el MME realizó la estimación de las emisiones de la serie temporal de 2010 a 2021 y la proyección para el año 2030, que para el sector del carbón incluye las categorías del IPCC:

- IA1c: fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas para la actividad de consumo de combustible en extracción.
- IB1a: minería carbonífera y manejo de carbón para la minería de superficie y subterránea.

Esta estimación se basó en el protocolo de cálculo de emisiones MME, que tomó como referencia la metodología del IPCC 2006 con algunas actualizaciones al año 2019⁽²⁶⁾ y utilizó como información de entrada las proyecciones del sector elaboradas por la UPME, documentadas en el Plan de Expansión Minero-Energética de 2014, así como en los planes de abastecimiento de gas fósil y combustibles líquidos.

De este modo, las estimaciones del MRVme permiten refinar las emisiones calculadas en el sector de energía en el INGEI 1990-2018 que se reportaron en el BUR2, la proyección de emisiones para la actualización de la NDC (línea base MADS 2020) y el INGEI BUR3 año 2021. En el marco del desarrollo del MRV se analizaron y resolvieron discrepancias entre las estimaciones de emisiones reportadas en el BUR3 y las estimaciones propias del MRVme, principalmente en relación con el manejo de la información sobre el consumo de gas fósil en las refinerías. Esto posibilitó la actualización

de la metodología de estimación en relación con la revisión de diversos factores de emisión utilizados para estas estimaciones, lo que permitió la armonización de las emisiones GEI pronosticadas en los inventarios nacionales de emisiones desarrollados por el IDEAM con aquellas estimadas por el MRVme.

Entre los complementos realizados para esta línea base se encuentra la estimación de emisiones GEI para el sector minero-energético departamental, así como la presentación de las emisiones no solo por categorías IPCC, sino también por sectores, como:

- Minería de extracción de carbón.
- Minería de extracción de otros minerales.
- Petróleo y gas-*Downstream*.
- Petróleo y gas-*Midstream*.
- Petróleo y gas-*Upstream*.
- SIN-Embalses.
- IN-Normal.
- Zonas no interconectadas-Telemetría y no telemetría.

Esto permite tener claridad de las emisiones específicas del sector carbón y de su participación departamental. En general, la minería de carbón y sus emisiones se han concentrado mayoritariamente en los departamentos del Cesar y La Guajira (39 % y 30 % para el año 2021, respectivamente),

²⁶ MME y CIAT. (2024). Segundo reporte del sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación de mitigación de emisiones GEI. https://www.minenergia.gov.co/documents/11533/Segundo_reporte_del_sistema_MRVme_2021.pdf

como se observa en la figura 8. También se reporta un descenso en la serie temporal en los departamentos de Boyacá, Cesar, Norte de Santander, Cauca y Cundinamarca, y un

incremento para La Guajira respecto al año 2020, siendo el único departamento que registró este comportamiento.

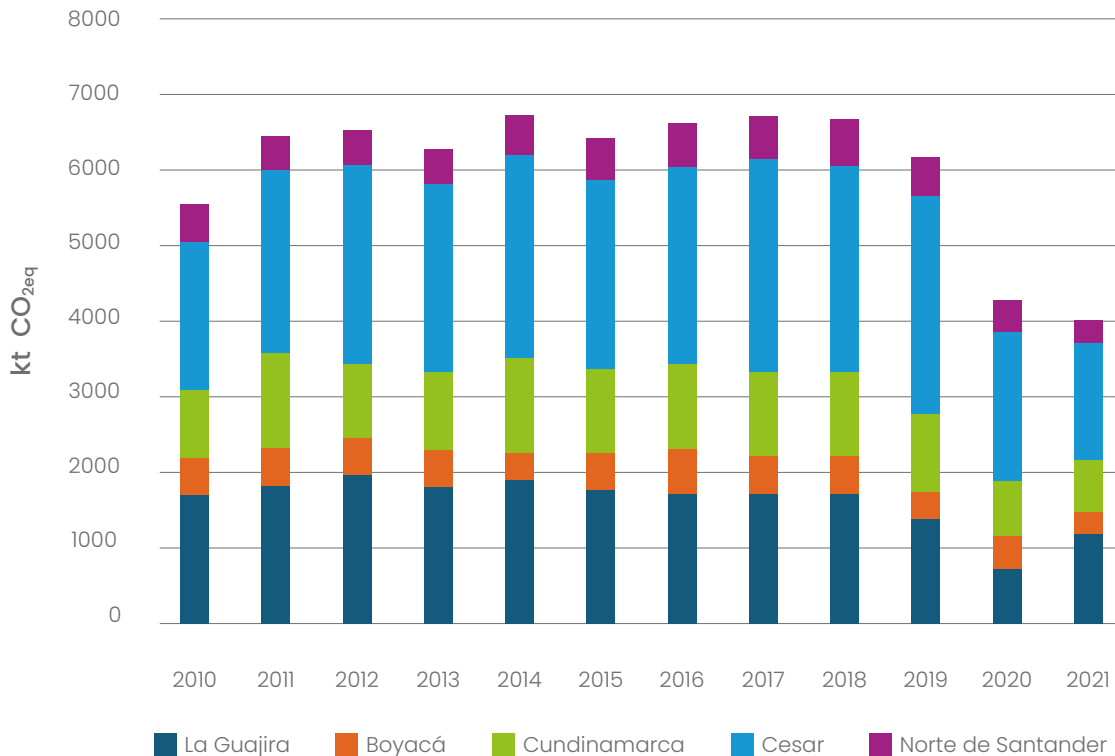


Figura 8. Emisiones del sector de minería de extracción de carbón por departamentos destacados
Fuente: elaboración propia, con base en gráficas del segundo reporte MRVme.

Otro resultado destacado es la reducción general de las emisiones de la minería de extracción del carbón, encontrando su mínimo en el año 2021 con una reducción del 27 % respecto al año 2010. Esto se refleja

también en la reducción de su participación en las emisiones del sector minero-energético hasta llegar a su mínimo del 13 % en 2020 (tabla 7).

Tabla 7. Emisiones por año y participación del sector de minería de extracción de carbón

Año	Emisiones CO _{2eq} de minería de extracción de carbón (Mt)	Total emisiones CO _{2eq} (Mt)	Participación
2010	5.18	30.1	17 %
2011	6.08	27.4	22 %
2012	6.24	29.68	21 %
2013	5.94	32.72	18 %
2014	6.22	33.56	19 %
2015	6.04	36.4	17 %
2016	6.32	34.87	18 %
2017	6.43	28.72	22 %
2018	6.45	31.02	21 %
2019	5.96	33.81	18 %
2020	4.06	31.9	13 %
2021	3.81	26.91	14 %

Fuente: elaboración propia, con base gráficas del segundo reporte MRVme.

Al analizar las emisiones por las actividades principales del sector minero-energético, se observa que el 95 % están asociadas al consumo de combustible como gas fósil,

carbón mineral, líquidos y otros gases, así como a las emisiones fugitivas derivadas de la extracción de petróleo, gas fósil y carbón de minería de superficie.

3.3. Indicadores del sector carbón y avances por sector

El segundo reporte del MRVme presenta 56 indicadores de seguimiento a las actividades de las líneas de acción de mitigación.

Estos indicadores se clasificaron en cinco categorías (tabla 8), donde un solo indicador puede pertenecer a una o varias.

Tabla 8. Categorías de indicadores del MRVme

Categoría	Descripción
Indicadores de insumos	Monitorean los recursos financieros atribuidos a una política.
Indicadores de actividad	Abordan actividades de administración de políticas, las cuales ocurren regularmente mientras la política está en ejecución.
Indicadores de actividad	Miden los efectos inmediatos que corresponden a cambios en el comportamiento, la tecnología, los procesos o las prácticas que resultan de la implementación de un instrumento de política.
Indicadores de efecto GEI	Monitorean el cambio en las emisiones de dichos gases que ocurre como resultado de la implementación de las políticas planteadas.
Indicadores de efecto no GEI	Permiten realizar el seguimiento a las condiciones sociales y económicas que ocurren como resultado de la implementación de la política, por ejemplo: calidad del aire, y los efectos sobre la salud, el empleo y los ingresos.

Fuente: segundo reporte MRVme.

Para fines de este estudio, se realizó la revisión de cada indicador y se identificaron aquellos en los que se puede evidenciar seguimiento a la evolución del sector carbón en términos de minería, termoeléctricas y uso

de combustible en otros sectores. Con el fin de ofrecer mayor facilidad de análisis, estos indicadores se agruparon en cinco temáticas que dan una idea general de la información que suministran (tabla 9).

Tabla 9. Temáticas de los indicadores de MRVme

Temática	Descripción
Consumo y producción de energéticos, matrices energéticas	Se presentan los consumos de combustibles fósiles, energía eléctrica, autogeneración y capacidad instalada en el sector de minería y en el SIN. También se presenta la matriz energética para estos sectores.
Eficiencia energética	Indicadores propios de eficiencia energética como intensidad de calor, eficiencia específica para termoeléctricas y eficiencia de producción basada en la demanda de energía eléctrica.
RENARE	Reporta la cantidad de proyectos ingresados al RENARE.
Compensación	Cantidad en hectáreas de árboles sembrados.
Emisiones de contaminantes	Reportan emisión, reducción de emisiones e intensidad de emisiones (emisiones por unidad de producción/extracción) de CO _{2eq} , carbono negro y contaminantes criterio. Estos valores se presentan para el sector de minería.

Fuente: elaboración propia.

El nombre de los indicadores y otras características, por ejemplo, la línea de acción a la que se asocian, el tipo y el subsector al que pertenecen, se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. Indicadores del MRVme asociados al sector carbón

Indicador	Nombre del indicador	Subsector	Líneas estratégicas					Temática del indicador
			Generación de energía (GE)	Eficiencia energética (EE)	Gestión de la demanda (GD)	Emisiones fugitivas (EF)	Sustitución energética y nuevas tecnologías (SE)	
CnsdC	Cantidad de combustible consumido	Minería		x			x	Consumo y producción de energéticos, matrices energéticas
CnsdC	Cantidad de combustible consumido	SIN	x	x			x	Consumo y producción de energéticos, matrices energéticas
Q	Cantidad de energía consumida de combustibles	Minería		x			x	Consumo y producción de energéticos, matrices energéticas
w	Energía eléctrica generada	Minería	x	x			x	Consumo y producción de energéticos, matrices energéticas
w	Energía eléctrica generada	SIN	x	x	x		x	Consumo y producción de energéticos, matrices energéticas
CpInG	Capacidad instalada de generación eléctrica	Minería	x	x			x	Eficiencia energéticas

Indicador	Nombre del indicador	Subsector	Líneas estratégicas					Temática del indicador
			Generación de energía (GE)	Eficiencia energética (EE)	Gestión de la demanda (GD)	Emisiones fugitivas (EF)	Sustitución energética y nuevas tecnologías (SE)	
CplnG	Capacidad instalada de generación eléctrica	SIN	x	x	x		x	Eficiencia energética
WMx	Matriz energética de generación de energía	Minería		x			x	Consumo y producción de energéticos, matrices energéticas
WMx	Matriz energética de generación de energía	SIN	x	x	x		x	Consumo y producción de energéticos, matrices energéticas
DIEEP	Demanda interna de energía eléctrica en procesos	Minería		x			x	Consumo y producción de energéticos, matrices energéticas
EMx	Matriz energética de consumo de energía	Minería					x	Consumo y producción de energéticos, matrices energéticas
UndGn	Unidades de generación en centrales térmicas	SIN	x					Eficiencia energética
HtRt	<i>Heat rate</i>	SIN		x				Eficiencia energética
FcUt	Factor de utilización de las unidades de generación eléctrica	SIN		x				Eficiencia energética

Indicador	Nombre del indicador	Subsector	Líneas estratégicas					Temática del indicador
			Generación de energía (GE)	Eficiencia energética (EE)	Gestión de la demanda (GD)	Emisiones fugitivas (EF)	Sustitución energética y nuevas tecnologías (SE)	
EfT	Eficiencia en las centrales térmicas	SIN		x				Eficiencia energética
EfPD	Eficiencia de producción basada en la demanda de energía eléctrica	Minería		x			x	Eficiencia energética
EfPQ	Eficiencia de producción basada en la demanda de energía de combustibles	Minería		x				Eficiencia energética
EfPT	Eficiencia de producción basada en la demanda total de energía	Minería		x			x	Eficiencia energética
CnCFP	Consumo energético de combustible fósil sustituido por cambios tecnológicos en transporte, procesos de calor y maquinaria pesada	Minería					x	Consumo y producción de energéticos, matrices energéticas
PrRNR	Cantidad de proyectos registrados en el RENARE	Minería de carbón	x	x	x	x	x	RENARE
ACoAm	Áreas sembradas como compensaciones ambientales	Minería de carbón	x	x	x	x	x	Compensación

Indicador	Nombre del indicador	Subsector	Líneas estratégicas					Temática del indicador
			Generación de energía (GE)	Eficiencia energética (EE)	Gestión de la demanda (GD)	Emisiones fugitivas (EF)	Sustitución energética y nuevas tecnologías (SE)	
EGEI	Emisiones GEI generadas	Minería	x	x	x	x	x	Emisiones de contaminantes
REGEI	Reducción de emisiones GEI	Minería	x	x	x	x	x	Emisiones de contaminantes
EGEIU	Intensidad de emisiones GEI	Minería	x	x	x	x	x	Emisiones de contaminantes
ECCr	Emisiones de contaminantes criterio y contaminantes climáticos de vida corta	Minería	x	x	x	x	x	Emisiones de contaminantes
ECCrU	Intensidad de emisiones de contaminantes criterio y contaminantes climáticos de vida corta	Minería	x	x	x	x	x	Emisiones de contaminantes

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los avances de los subsectores de interés, a continuación, se describen los reportados a partir de los indicadores del sistema interconectado asociados a las termoeléctricas y la minería de carbón.

3.3.1. Avances del sector de minería de carbón

- En el año 2021 la extracción de carbón cayó en un 40 %, lo que se asocia a la pandemia. Así, se infiere en el reporte que la reducción de emisiones provenientes de la minería de carbón estuvo dada por la combinación de la disminución de la extracción y la sustitución de energéticos en los procesos de calor y maquinaria pesada hacia gas fósil o electricidad.
- Se presentó una mejora en la optimización del consumo de combustibles fósiles del sector de minería de carbón en un 13 % desde la línea base de 2015. Siendo este el único sector con una reducción en el indicador de eficiencia de producción basada en la demanda energética de combustibles (EfPQ).
- Al realizar un análisis conjunto de EfPQ, EfPD y EfPT, se observó que entre los años 2015 y 2021 se electrificaron parcialmente los procesos en la minería de carbón, mejorando de un 5 % a un 13 % estos indicadores de eficiencia.
- En relación con las fuentes no convencionales de energía, no hay información que evidencie su uso en el sector de minería de carbón.
- Los indicadores relacionados con autogeneración del sector minero (W y CplnG) aún presentan información relacionada

con autogeneración en el sector de minería de carbón.

- Se reportó un aumento de la demanda de energía al SIN en un 5 % y un aumento del 18 % en gas fósil por parte de la minería de carbón.
- La minería de carbón no registró a 2021 la implementación de nuevas tecnologías²⁷ en las fuentes de información consultadas.
- Entre los años 2015 y 2021, las emisiones de GEI asociadas a la minería de carbón se redujeron aproximadamente un 25 % en total. En cuanto al carbono negro, se redujeron las emisiones del sector en cerca del 44.6 %.
- Los contaminantes criterio generados por el sector carbón (no exclusivamente minería), las emisiones de CO, NO_x, PM con diámetro aerodinámico menor a 2.5 µm (PM_{2.5}), SO₂ y compuestos orgánicos volátiles diferentes al CH₄ (NMVOC) reportaron también reducciones entre 32% y 45 % con respecto al año 2015.

En cuanto a la comparación de las emisiones históricas del sector con la línea base y el escenario de mitigación, se refleja lo mencionado sobre la reducción de emisiones de este sector por debajo de lo esperado (figura 9).

²⁷ El PIGCCme establece la línea estratégica de nuevas tecnologías basadas en combustibles cero y bajos en emisiones, como hidrógeno, geotermia, biomasa y CCUS.

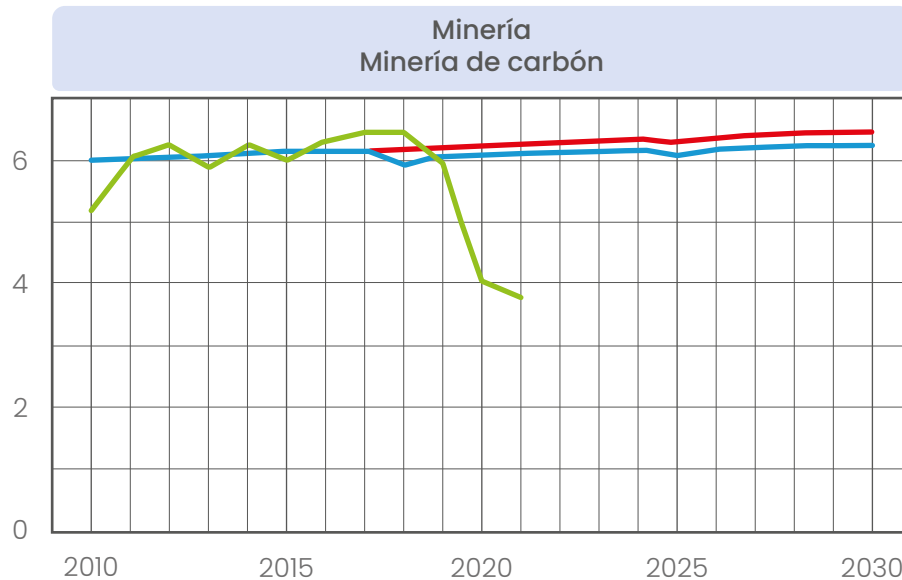


Figura 9. Emisiones (MtCO_{2eq}) históricas (verde), de la línea base (roja) y de escenario de mitigación (azul) del sector de minería de carbón
Fuente: segundo reporte MRVme.

3.3.2. Avances en el SIN

- Se destaca la importancia de centrales térmicas en las emisiones del SIN, resaltando que la reducción del uso de carbón mineral y gas fósil en la generación reflejó importantes reducciones de emisiones de CO_{2eq} (43 %).
- HtRt es un indicador de eficiencia térmica: entre mayor sea el valor, más ineficiente es el proceso. En el caso de las plantas de generación eléctrica, tanto para carbón como para gas, experimentaron mejoras leves en 2021, destacándose en las plantas de carbón una reducción de este indicador en un 23 %.
- Las centrales térmicas disminuyeron su factor de utilización, lo cual está en línea con la reducción de generación de energía proveniente de estas plantas y confirma que la disminución no se debió a la salida de termoeléctricas de la matriz de generación.
- Se optimizó el consumo de combustible en termoeléctricas a carbón; se reflejó una mejora del 8 %.
- Se reportó la reducción de emisiones en contaminantes criterio y CCVC para el SIN, asociada al menor uso de las centrales térmicas de carbón. Las reducciones estuvieron en el rango del 36 % al 62 % con respecto al año 2015.

Con relación a la comparación de las emisiones históricas del sector respecto a la línea base y el escenario de mitigación, se observó que las emisiones históricas en el año 2020 estaban por encima de la línea base y el escenario de mitigación, al igual que las emisiones del año 2021 (figura 10). Esto significa que aún en este sector no se ven reflejadas acciones de mitigación planteadas en el plan.

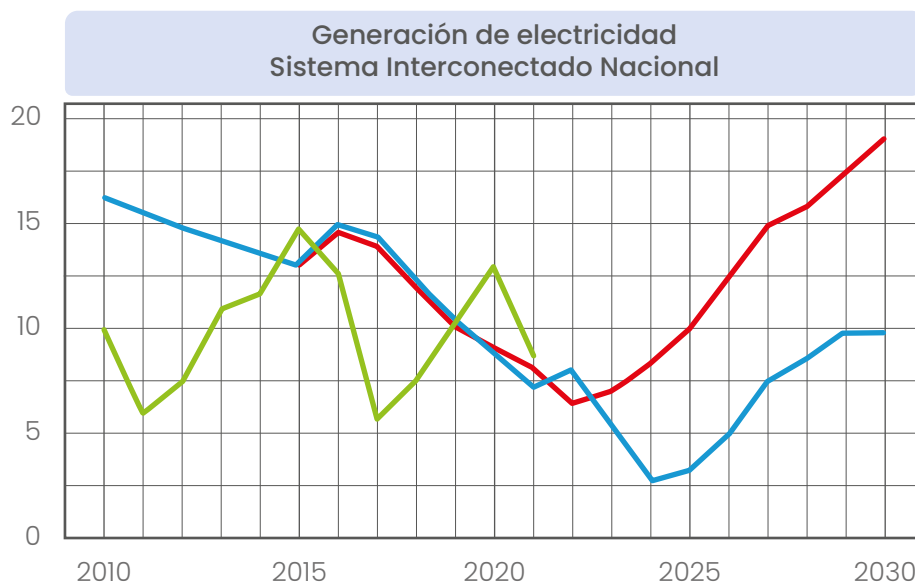


Figura 10. Emisiones ($MtCO_{2eq}$) históricas (verde), de la línea base (roja) y de escenario de mitigación (azul) del sector de generación de electricidad del SIN
Fuente: segundo reporte MRVme.

3.4. Plataforma

En la actualidad, el PIGCCme cuenta con un espacio web²⁸ donde se publican los complementos del plan y sus diferentes componentes (mitigación, adaptación y gobernanza). Se explican con infografías útiles las metas establecidas para cada componente, así como las emisiones asociadas a los

sectores que engloban el PIGCCme. Hay una biblioteca de documentos de interés, entre los que se encuentran los dos reportes de avances al MRVme. Se destaca de este instrumento su esfuerzo por contar con una plataforma de divulgación amigable para todas las personas interesadas en el PIGCCme.

²⁸ Véase: <https://pigccme.minenergia.gov.co/>

4. Mejores prácticas

En el ámbito internacional se han desarrollado varios documentos, como guías, protocolos e informativos, que definen los sistemas MRV en términos de diseño, estructura y puntos clave que deben aplicarse para establecer una herramienta óptima que cumpla la función de implementar eficazmente, con transparencia y en el marco de un esquema de gobernanza, la NDC. En paralelo, cumplen con la finalidad de identificar las tendencias de las emisiones, determinar los sectores donde se deben enfocar esfuerzos, hacer seguimiento a las acciones de mitigación y cumplir los objetivos planteados.

Para este estudio se realizó un ejercicio exploratorio de documentos estandarizados que dan lineamientos para el diseño y las buenas prácticas en la implementación de sistemas MRV de mitigación. Se debe mencionar que la mayoría de estos documentos enfatizan su contenido a MRV

de escala nacional; sin embargo, en este análisis se rescatan conceptos y directrices aplicables también a una escala sectorial o de política.

La revisión bibliográfica tuvo como punto de partida el documento MRV 101: *Understanding Measurement, Reporting, and Verification of Climate Change Mitigation*²⁹, en el cual se menciona que existe una variedad de técnicas y metodologías para el diseño de MRV que difieren según el objetivo de evaluación y el nivel al que se plantea hacer (nacional, organizacional, política o medida de mitigación). En este sentido, el documento sugiere una serie de métodos comúnmente usados y que, según las particularidades del territorio, tienen que adaptarse a las circunstancias específicas. De aquí, se basó la búsqueda de las metodologías para ser hacer revisión detallada y extraer puntos de interés que permitan fortalecer el MRVme.

²⁹ WRI. (2016). MRV 101: Understanding Measurement, Reporting, and Verification of Climate Change Mitigation. <https://www.wri.org/research/mrv-101-understanding-measurement-reporting-and-verification-climate-change-mitigation>

4.1. Métodos internacionales

Título: *MRV – Cómo establecer un Sistema Nacional MRV*

Descripción	Esta guía-borrador desarrollada por GIZ da directrices y buenas prácticas para el diseño de sistemas MRV. Se establecen tres tipos de sistemas relacionados con MRV de emisiones ³⁰ , MRV de apoyo ³¹ y MRV de Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación (NAMAS) ³² . Siendo este último el que más se asocia con un MRV de mitigación sectorial.
Autor	GIZ e International Partnership Mitigation and MRV. Estos organismos tienen el objetivo de apoyar un intercambio práctico sobre actividades relacionadas con la mitigación y MRV entre países en desarrollo y desarrollados para ayudar a cerrar la brecha de ambición global.
Componentes relevantes	Se destacan como factores de éxito de los MRV de mitigación o NAMA los siguientes puntos: <ul style="list-style-type: none">- Buena comunicación. Se resalta la importancia de la buena comunicación y coordinación entre todas las entidades involucradas en el proceso de monitoreo para realizar los reportes.- Definición clara de roles y responsabilidades, y ofrecimiento de orientación sobre transparencia a cada organización que participa en el desarrollo e instrumentación del plan MRV para NAMA. Con ello se aseguran la confiabilidad y congruencia de la información medida, al igual que su reporte y verificación oportunos.- Cálculo de la mitigación de emisiones y costos de la mitigación, con base en métodos probados o confiables usando los mejores datos disponibles.- Aseguramiento y control de calidad. El monitoreo de la calidad y confiabilidad de los datos, y un

³⁰ Se asocia con inventarios de GEI nacionales.

³¹ Relacionado con financiación.

³² Relacionado con acciones de mitigaciones, ya sea como medida individual o un grupo de medidas.

acceso abierto y transparente a la información incrementan la eficiencia del proceso de MRV.

- **Revisiones del MRV.** Consisten en la elaboración de planes de mejora continuos y periódicos de los sistemas MRV.
- Se da como recomendación la elaboración de informes MRV cada dos años.
- Se destaca la importancia de formatos y documentos estandarizados que permitan recolectar información y trasladarla a otros actores dentro del MRV. Todo esto integrado en un sistema de gestión de datos donde se inste a utilizar sistemas armonizados para los distintos actores y sectores, y se utilicen metodologías compatibles para la recopilación de datos o una entidad central que realice las mediciones.
- Como componente clave, se debe realizar la estimación de la mitigación de emisiones ex-ante³³ y ex-post³⁴. Sin embargo, es claro que no existen metodologías estandarizadas internacionales establecidas, por lo que cada instrumento las debe definir.
- Se menciona el uso de indicadores como herramientas clave en el monitoreo de progreso del impacto de mitigación del sector. Estos deben reflejar: reducción de emisiones GEI, reducción de emisiones indirectas, capacidad de mitigación por desarrollar y cobeneficios del desarrollo sostenible (por ejemplo, impactos sociales).
- Se presenta una serie de casos de estudio en diferentes países.

Enlace de consulta

https://transparency-partnership.net/sites/default/files/mrv_tool_4_1_esp_corr.pdf

³³ Se refiere a la evaluación de los efectos que una acción o política tendrá en el futuro en cuanto a las emisiones de GEI antes de que se genere la reducción de emisiones.

³⁴ Consiste en estimar las emisiones reducidas o mitigadas de una medida o política después de que se ha implementado.

Título: *Manual sobre arreglos institucionales para el apoyo a la MRV/transparencia de la acción y el apoyo climáticos*

Descripción

La intención de este manual es ofrecer directrices para la mejora de los arreglos institucionales que respaldan la transparencia en la acción y el apoyo climáticos. Ofrece consejos prácticos para la transición en el ámbito nacional de reportes actuales por proyectos (centrados en la creación de informes individuales) que carecen de continuidad y recursos adecuados a reportes que establezcan flujos de datos y equipos sostenibles que puedan proporcionar una mejora regular y continua e información sólida para los informes nacionales y los responsables de adoptar decisiones.

Institución y ámbito

Convención Marco de las Naciones Unidas por el Cambio Climático

Componentes relevantes

El documento cuenta con un esquema amplio que no se abordará con detalle en este estudio considerando que su aplicación ya se realizó en el marco del proyecto de Hoja de Ruta de MRV nacional, donde se aplicó esta metodología para evaluar de igual forma los MRV sectoriales, lo que se describió de forma general en la sección 2.9 de este documento. Sin embargo, se destacan algunos puntos clave:

- Se definen los sistemas MRV como la recolección, el análisis y el uso periódico de información fiable sobre la acción y el apoyo climáticos, con el fin de reducir las emisiones de GEI y aumentar la resiliencia, así como los datos sobre las tendencias de las emisiones, tanto históricos como proyectados. Así, estos sistemas son esenciales para el intercambio de información y la toma de decisiones basadas en evidencias, por lo que refuerzan la confianza y el entendimiento, y fomentan la implicación de las partes interesadas. Se destaca la importancia de realizar estos ejercicios con el objetivo de comunicar información fiable, transparente y completa.

- Se menciona el papel del Marco Reforzado de Transparencia (ETF, por sus siglas en inglés) en constituir y mejorar los arreglos de MRV existentes, y se establece un marco para que todas las partes actúen de acuerdo con un conjunto común de modalidades, procedimientos y directrices (MPG).
- Se describen las acciones para el desarrollo de arreglos institucionales, como:
 - I. Definición de los objetivos y resultados de la transparencia.
 - II. Estructuración de los arreglos institucionales para la transparencia.
 - III. Creación de marcos jurídicos.
 - IV. Obtención de recursos humanos y financieros.
 - V. Desarrollo de sistemas e instrumentos.
- Se presentan los elementos esenciales para mantener los arreglos institucionales y mejorarlos de forma continua, entre ellos:
 - I. Garantía de financiación y apoyo de alto nivel.
 - II. Integración del marco de transparencia, que comprende la integración estrategias nacionales de cambio climático y los objetivos sectoriales de mitigación.
 - III. Definición clara de los términos de referencia.
 - IV. Garantía de la progresión profesional de los expertos nacionales.
 - V. Uso de consultores para fomentar las capacidades a largo plazo.

Enlace de consulta

https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Hand%20book_SP.pdf

Título: *GHG Protocol - Mitigation Goal Standard*

Descripción

Este documento proporciona orientación para diseñar objetivos de mitigación nacionales y subnacionales, y un enfoque estandarizado para evaluar e informar el progreso hacia el logro de los objetivos. Además, presenta un enfoque estandarizado para informar y evaluar el progreso de los objetivos de mitigación.

Institución y ámbito

GHG Protocol - WRI

Componentes relevantes

- El estándar está diseñado para objetivos de mitigación de GEI, pero puede aplicarse para otros objetivos, como eficiencia energética, energía renovable u otros no expresados en términos de emisiones de GEI o reducción de emisiones.
- Este documento recomienda trabajar de la mano con el *GHG Protocol Policy and Action Standard for Mitigation Policies*, en el sentido de que los dos se complementan: uno permite la estimación de la mitigación de GEI requerida para el cumplimiento de las metas y el otro establece la mitigación por la aplicación de acciones y políticas concretas.
- En la figura 11 se describen los pasos generales y detallados que se explican en este estándar como parte del proceso del diseño del objetivo de mitigación.

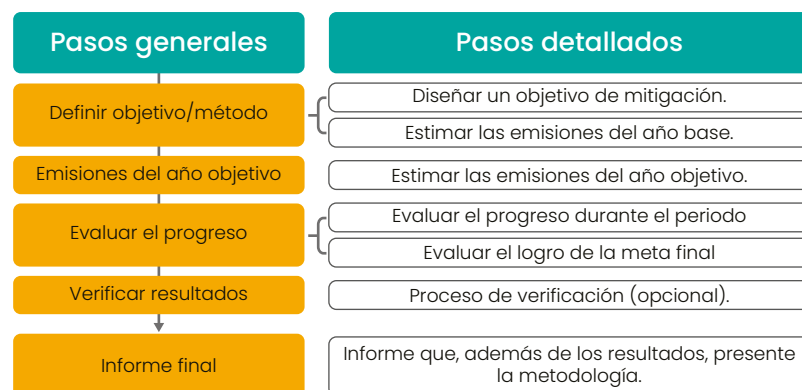


Figura 11. Pasos del GHG Protocol- Mitigation Goal Standard
Fuente: elaboración propia, con base en GHG Protocol - Mitigation Goal Standard.

- El informe de evaluación de objetivos debe completarse lo antes posible después del año del informe, el año objetivo o el año relevante del período objetivo (dados los retrasos relacionados con la disponibilidad de datos, en especial los datos del inventario de GEI).
- En este estándar no se presenta la implementación de indicadores como parte del seguimiento a los objetivos.

Enlace de consulta

https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Mitigation_Goal_Standard.pdf

Título: *GHG Protocol - Policy and Action Standard*

Descripción

Este documento proporciona un enfoque estandarizado para estimar y reportar el cambio en las emisiones y absorciones de GEI producido por las políticas y acciones. Busca ayudar a evaluar los efectos de las políticas y acciones en las emisiones de GEI de una manera exacta, coherente, transparente, exhaustiva y pertinente.

Institución y ámbito

GHG Protocol - World Resources Institute (WRI)

Componentes relevantes

- Este estándar es aplicable a cualquier nivel de gobierno, en cualquier sector, dirigido a mitigación de GEI, pero también entendible a otros parámetros cuantificables.
- Este protocolo se dirige a abarcar las actividades de estimación de las emisiones de referencia, evaluar los efectos relativos a GEI de las políticas ex-ante, monitorear el progreso durante la implementación de la política y evaluar los efectos relativos a GEI de las políticas ex-post.

Componentes relevantes

- Como parte de los lineamientos para monitorear el avance de la política por evaluar, se especifican los siguientes pasos:
 - I. Definir los indicadores clave de rendimiento
 - II. Definir los parámetros para la evaluación ex-post.
 - III. Crear un plan para el monitoreo de los indicadores clave de rendimiento.
 - IV. Monitorear cada uno de los parámetros a través del tiempo, de conformidad con el plan de monitoreo.
- Se definen a su vez cinco clases de indicadores que corresponden a las mismas definiciones presentadas en la tabla 8.

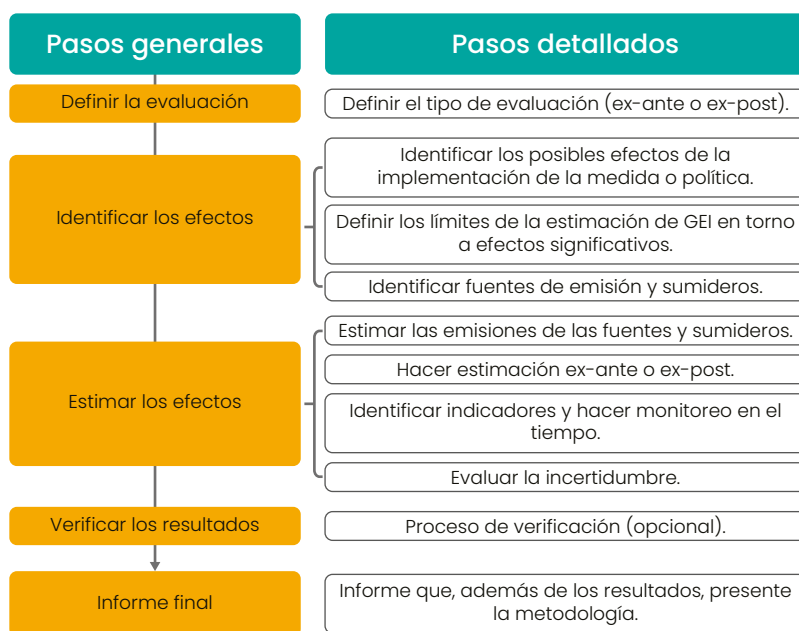


Figura 12. Pasos del GHG Protocol - Policy and Action Standard
 Fuente: elaboración propia, con base en GHG Protocol - Policy and Action Standard.

- En este estándar sí se presenta la implementación de indicadores como parte del seguimiento a los objetivos

Enlace de consulta

<https://ghgprotocol.org/mitigation-goal-standard>

4.2. Sistemas MRV en otros países

Como parte del proceso de evaluación del estado actual de los sistemas MRV en Colombia, se realizó una comparación con los sistemas de otros países, ejercicio consolidado en la tabla 11. Este análisis se basó en la revisión bibliográfica disponible en línea y la información recolectada a partir de entrevistas realizadas a representantes del sector ambiental de los gobiernos de países como Chile y Uruguay. Es importante aclarar que esta comparación principalmente se elaboró para los sistemas MRV de países y no

para el sector de minero-energético, ya que la disponibilidad de la información sectorial es escasa y varios de los países se encuentran en los inicios de la consolidación de su MRV nacional. Sin embargo, se considera que los hallazgos y componentes adicionales identificados en este ejercicio son útiles y pueden implementarse tanto a escala país como sectorial. Las recomendaciones basadas en este análisis se integran y mencionan en la sección 5.

Tabla 11. Comparación entre MRV nacional y sectorial de diferentes países

Ítem	Colombia	Chile	México	Indonesia	Sudáfrica	Uruguay
Sistemas MRV nacional y sectorial	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estructura de sistema MRV nacional. ✓ No cuenta con formatos estándar para recopilar información. ✓ Se tiene un sistema MRVme. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cuenta con un conjunto ordenado de sistema MRV por medidas³⁵. ✓ En proceso de consolidación de MRV para el país. ✓ No cuenta con MRV sectorial. 	Aún no cuenta con un MRV nacional consolidado.	Cuenta con un sistema MRV nacional que integra herramientas, como National Registry System (NRS) ³⁶ .	Cuenta con un sistema de monitoreo y evaluación del país: South African Climate Change Information System (NCCIS) ³⁷ .	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Está en proceso de consolidación el MRV nacional. No cuenta con MRV sectoriales. ✓ Es el único sistema que tiene indicadores sobre equidad de género intrínsecos en cada medida.
Responsable	MADS y cada ministerio, de acuerdo con el sector.	División de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente (MMA).	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).	Ministry of Environment and Forestry (MoEF).	Department of Forestry, Fisheries and the Environment (DFFE).	Ministerio de Ambiente de Uruguay.
Fuente de la información para el Sistema MRV	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Avance en medidas NDC proviene de cada cartera ministerial y otras entidades públicas, como UPME o IDEAM. ✓ En cuanto a iniciativas, se están consolidando las herramientas del RENARE y del ROE. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La información de políticas y acciones proviene de la autoridad sectorial. 	Sin información.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En el caso de la minería del carbón, los datos proceden del Centro de Datos y Tecnología de la Información del Ministerio de Energía y Recursos Minerales (MEMR). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se obtiene la información de proveedores de datos del sector energía. ✓ Cuenta con un sistema de recolección nacional, provincial y local de información. 	Cada uno de los ministerios sectoriales.

³⁵ Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2022). *5.o Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/informe_SIBA_2022_Final.pdf

³⁶ Gobierno de Indonesia. (2023). *Indonesian Third Biennial Update Report Facilitative Sharing of Views*. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Indonesia_14th%20workshop%20of%20FVSU.pdf

³⁷ Republic of South Africa. Department of Forestry, Fisheries and the Environment. (2023). *South Africa's 5th Biennial Update Report (Bur-5) to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Fifth%20Biennial%20Update%20Report%20of%20South%20Africa%20Submission%20to%20UNFCCC.pdf>

Ítem	Colombia	Chile	México	Indonesia	Sudáfrica	Uruguay
Plataforma de reporte en el ámbito empresarial	El ROE aún no está consolidado.	Se utiliza el programa Huella Chile, con el cual se recopila información de emisiones, a nivel de organizaciones, eventos y municipalidades.	El Registro Nacional de Emisiones (RENE) está enfocado a compilar la información necesaria en materia de emisiones de GEI de los diferentes sectores productivos del país.	Cuenta con la plataforma SIMPEL (developed by MoEF).	The South African Greenhouse Gas Reporting System (SAGERS). Online registration and reporting by industry.	No se encuentra consolidada.
Plataforma de proyectos de mitigación	RENARE. Aún no está 100 % implementado.	A través del programa Huella Chile y su módulo de reducciones.	SIAT (nivel subnacional): sistema informático para el MRV de acciones en materia de mitigación de GEI y de monitoreo y evaluación (M&E) de la adaptación al cambio climático.	The National Registry System (NRS) para proyectos de mitigación de grupos comunitarios, sector privado, ONG, etc.	Sin información.	No cuenta con una plataforma específica, pero reporta el avance por cada medida en el visualizador de avances de la NDC y otros indicadores vinculados ³⁸ .
Verificación de la información de los MRV nacional y sectoriales	El MRVme tiene una validación interna por sus propios desarrolladores.	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> En Huella Chile: organizaciones privadas externas realizan verificación. <input checked="" type="checkbox"/> Para los MRV por medidas que existen en Chile: el responsable de la validación técnica está a cargo de la Oficina de Cambio Climático (OCC) del MMA. 	En el RENE, los establecimientos son verificados por un organismo acreditado y aprobado ³⁹ .	El proceso de verificación se realiza internamente por la dirección del Inventario de GEI y MRV de la Director General of Climate Change (DGCC).	Asesores independientes acreditados por el South African National Accreditation System (SANAS) para llevar a cabo los procesos de verificación.	Se realiza verificación interna de la información.
Retos y limitaciones para los MRV nacionales, sectoriales y por medida	Terminar de estructurar un MRV nacional que permita hacer seguimiento a las acciones establecidas en la NDC, integrando MRV sectoriales, como el MRVme.	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Ampliar y definir sus sistemas MRV, con el fin de recibir de forma sistemática la información requerida para su desarrollo. <input checked="" type="checkbox"/> Consolidar un MRV nacional. 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Fortalecer las diferentes instituciones que son responsables del flujo de información. <input checked="" type="checkbox"/> Fortalecer el desarrollo del componente de reporte de la mitigación del RENE⁴⁰ 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Integrar los diferentes sistemas de información. Mejorar el NRS para apoyar el mercado nacional de carbono. 	Recursos y personal limitados, y necesidad de cursos de entrenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Hacer seguimiento a indicadores y acciones de equidad de género y su impacto. <input checked="" type="checkbox"/> Terminar la consolidación del sistema MRV nacional.

Fuente: elaboración propia.

³⁸ SNRCC Uruguay. (2023). Visualizador de avances de la Contribución Determinada a Nivel Nacional y otros indicadores vinculados. https://visualizador.gobiernoabierto.gub.uy/visualizador/api/repos/%3Apublic%3Aorganismos%3Aambiente%3Avisualizador_cdn.wcdf/generatedContent

³⁹ Gobierno de México. (2014). Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/DO3452.pdf>

⁴⁰ Gobierno de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2022). México. Tercer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Mexico_3er_BUR.pdf

4.3. Referencias en el ámbito local – Proyecto Hoja de Ruta MRV nacional

El proyecto Hoja de Ruta MRV⁴¹, realizado en 2024, diseñó una herramienta para la implementación y fortalecimiento del MRV nacional, que incluyó un diagnóstico detallado de sus componentes, junto con el estado de avance del diseño de los MRV sectoriales. Este documento se basó en la evaluación del cumplimiento de los principios para el diseño de MRV expuestos en la sección 2.9, que a su vez se tomaron del Manual sobre arreglos institucionales para el apoyo a la MRV/transparencia de la acción y el apoyo climáticos, explicado en la sección anterior. Este estudio resalta la importancia de los MRV sectoriales, ya que pueden fortalecer aspectos como:

- **Bases de datos confiables**, dado que estos sistemas proporcionan información detallada sobre las emisiones de GEI y factores específicos por sectores relacionados con la economía, como la energía, la industria, la agricultura y el transporte.
- **Mejora de la planificación y toma de decisiones informadas**, puesto que pueden establecer cómo las políticas afectan a los actores directamente involucrados en cada sector.
- **Evaluación de políticas y medidas en el ámbito sectorial**, lo que permite a los gobiernos y las partes interesadas

ajustar sus estrategias en función de los resultados reales, así como mejorar la eficiencia de las políticas climáticas.

- **Generación de transparencia y rendición de cuentas** a niveles más detallados, lo que permite establecer metas ambiciosas.
- **Generación de incentivos** para que los sectores económicos adopten prácticas más sostenibles y reduzcan sus emisiones.
- **Mejora de la participación de actores no estatales**, como empresas, ONG y sociedad civil, en la medición y reducción de las emisiones.

Como resultados generales obtenidos de este estudio, se encuentran debilidades y mejoras sugeridas; algunas destacadas se presentan en la tabla 12, clasificadas por temáticas. Como parte de estas observaciones se resalta la de impulsar el diseño e implementación de los MRV sectoriales, lo que permitiría solucionar en gran medida muchas de las debilidades halladas en estos sistemas, debido a la vinculación directa e indirecta de los MRV sectoriales en esas debilidades. Así, un correcto diseño e implementación de los sistemas MRV sectoriales es crucial para el éxito de los sistemas MRV de inventario, mitigación y contabilidad de carbono de un país.

⁴¹ Transparencia Climática Colombia. (2024). *Hoja de Ruta MRV para el fortalecimiento del Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación – MRV de mitigación de GEI de Colombia*. https://climate-transparency-platform.org/sites/default/files/knowledge_centre_files/HOJA%20DE%20RUTA%20MRV%202024%20COLOMBIA%20f.pdf

Tabla 12. Falencias y sugerencias destacadas para el Sistema MRV nacional

Mandatos institucionales	Conocimientos técnicos/experiencia	Flujo de datos	Sistemas e instrumentos	Participación de partes interesadas
<p>Debilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ No está funcionando de modo adecuado la participación de actores; se identifican problemas en la implementación/operabilidad del sistema. ✓ Se evidencia la necesidad de hacer más sostenible el sistema, ya que el trabajo y dedicación de los profesionales que lo lideran, impulsan y mantienen se encuentran obstaculizados por falta de garantías en contratación y continuidad. ✓ El sistema depende en gran medida de recursos externos, sobre todo cooperación internacional. <p>Recomendaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se requieren ajustes a la Resolución 1447 para poder reflejar mejor las funciones y responsabilidades del CITCCC frente a los nuevos requerimientos del ETF del Acuerdo de París. ✓ Se sugiere que los roles de los actores se establezcan de forma normativa. ✓ Regular normativamente el INGEI. 	<p>Debilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Falta de conocimientos técnicos y experiencia en el personal involucrado. ✓ Falta de sostenibilidad económica del equipo del SINGEI. <p>Recomendaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Implementar un programa de entrenamiento continuo para actualizar las capacidades del personal técnico. ✓ Desarrollar programas de formación en áreas transversales y fortalecer el CITCCC. 	<p>Debilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Falta un líder designado para gestionar el sistema, por lo que se sugiere designar un coordinador MRV con la autoridad y capacidad para liderar y coordinar todas las actividades relacionadas con el MRV. ✓ Se identificaron desafíos en la transferencia efectiva de información desde IDEAM hacia otras instituciones, debido a la falta de personal específico que mantenga activos los canales de comunicación entre las diferentes entidades involucradas en el sistema. ✓ Se identifica la necesidad de dar un enfoque <i>bottom-up</i> para el INGEI, que implica contar con datos de actividad en el ámbito municipal y luego agregarlos en el ámbito nacional. ✓ El RENARE enfrenta una debilidad crítica en su flujo de datos, debido a su dependencia total de una plataforma web. <p>Recomendación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Para consolidar un INGEI <i>bottom-up</i>, se proponen acciones como establecer un marco de estándares y procedimientos para la recopilación de datos, capacitar al personal y mejorar la calidad de los datos mediante controles. 	<p>Debilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Debilidad en la página web del sistema MRV. ✓ El sistema de archivo utilizado en el SINGEI no cumple con las pautas necesarias para garantizar su efectividad y sostenibilidad a largo plazo. ✓ En el RENARE se identifica la obsolescencia del lenguaje de programación utilizado en el sistema. ✓ En el diagnóstico de aspectos tecnológicos en el sistema de contabilidad de carbono se destacan desafíos en el cumplimiento de los compromisos de mitigación, en especial con relación a la adaptación de esfuerzos si las proyecciones de emisiones cambian. 	<p>Recomendaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fomentar la participación de partes interesadas en el Sistema MRV, a través de la creación de un portal web dedicado al Sistema MRV funcional; así como la implementación de la Estrategia Nacional de Educación, Formación y Sensibilización de Públicos. ✓ Para el INGEI se propone la creación de espacios de articulación efectivos con proveedores de información y ministerios.

Fuente: *Transparencia Climática Colombia (2024)*.

En el marco del diseño de la Hoja de Ruta MRV se realizaron reuniones específicas con cada sector para hacer una evaluación minuciosa al cumplimiento de los pasos de diseño ideales propuestos en esta consultoría (figura 13).

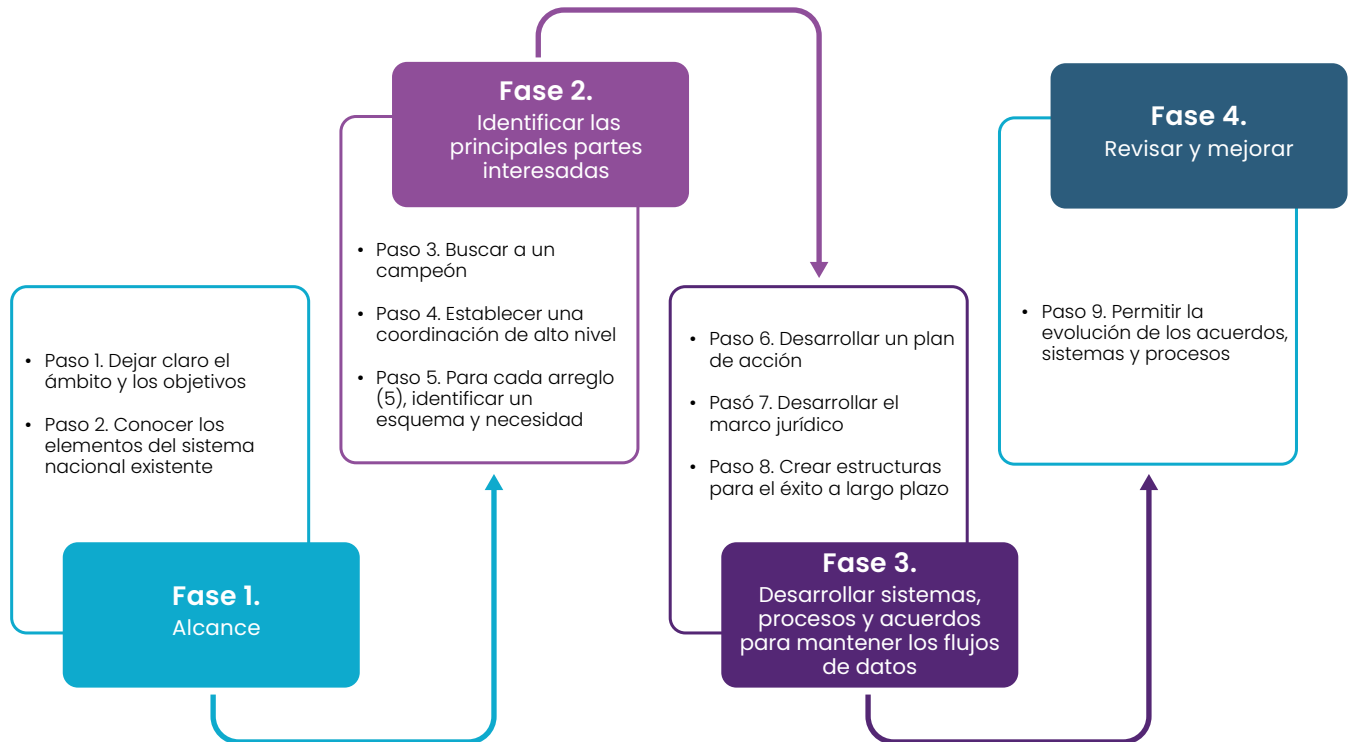


Figura 13. Resumen de la metodología del diseño de MRV
Fuente: Transparencia Climática Colombia (2024)⁴².

En general, el MRVme fue el que presentó mayores avances entre los MRV sectoriales. Se menciona que este instrumento se encuentra avanzado y en ejecución, por lo que las recomendaciones identificadas van

dirigidas a fortalecer su implementación y articulación con el MRV nacional. Entre las oportunidades de mejora que se mencionan en este estudio se destacan las presentadas en la tabla 13.

⁴² Transparencia Climática Colombia. (2024). Hoja de Ruta MRV para el fortalecimiento del Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación – MRV de mitigación de GEI de Colombia. https://climate-transparency-platform.org/sites/default/files/knowledge_centre_files/HOJA%20DE%20RUTA%20MRV%202024%20COLOMBIA%20f.pdf

Tabla 13. Oportunidades de mejora identificadas para el Sistema MRVme en el estudio de la Hoja de Ruta nacional

Ítem evaluado	Recomendación
Paso 1. Determinar el ámbito temático para los arreglos institucionales del sistema de transparencia e identificar alcances y objetivos	El sector ya tiene claros el alcance y los objetivos, que consisten en la meta sectorial de reducción de 11.2 Mt de CO _{2eq} , así como las estrategias previstas que integran al PIGCCme.
Paso 2. Revisar todas las actividades de recopilación de datos y presentación de informes hasta la fecha para las estrategias y notificaciones nacionales y/o internacionales: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificar los expertos y datos disponibles. ✓ Hablar con los encargados de la toma de decisiones y explorar sus necesidades de datos. 	Ya se tienen identificados los indicadores y la información clave del sector. Se ve el mapeo de iniciativas existentes, por lo tanto, se recomienda mantener las reuniones con los actores claves para fortalecer la información y, en específico, analizar de forma conjunta las necesidades del sector para atender las demandas o necesidades de SINGEI, RENARE y SCRR.
Paso 3. Identificar un actor clave para comprender las necesidades de reporte de información y hablar con las partes interesadas.	Aquí no se reportaron oportunidades de mejora, debido a que el sistema ya se encuentra en funcionamiento desde hace varios años, por lo tanto, tiene claridad de las necesidades de reporte.
Paso 4. Establecer una coordinación de alto nivel.	En este ítem se identificó la necesidad de contar con una coordinación, un liderazgo desde el MRV nacional de mitigación o sistema de transparencia, para dar los lineamientos a los subsistemas MRV que existen en el país.
Paso 5. Establecer una estructura organizativa general para el sistema de transparencia, destacando las principales organizaciones y su papel y sus responsabilidades.	Se sugiere definir para el sector un protocolo maestro que describa todos los procesos e información relevantes del sistema, con el fin de dar trazabilidad a la implementación del MRV.
Paso 6. Desarrollar un plan de acción.	Aunque no se especificaron necesidades en este paso, se recomienda evaluar los siguientes puntos para identificar necesidades claves: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Hacer compromisos con las partes interesadas. ✓ Establecer un marco legal para el MRV del sector. ✓ Identificar, contratar y capacitar a expertos en los campos del cambio climático y la gestión de datos.
Paso 7. Desarrollar el marco jurídico que garantice los flujos de datos y el conocimiento técnico.	Se evidencia la necesidad de que las funciones y responsabilidades de los MRV sectoriales queden recogidas en ley/decreto.
Paso 8. Crear estructuras para el éxito a largo plazo.	Se recomienda tener un plan de sostenibilidad del sistema que considere los recursos necesarios (humanos y materiales) para mantener su funcionamiento.
Paso 9. Permitir la evolución de los acuerdos, sistemas y procesos.	Se identifica la necesidad de desarrollar planes de comunicación y mejora para interactuar con las partes interesadas que suministran datos, añaden valor y utilizan el sistema de transparencia.

Fuente: elaboración propia, con base en los resultados del estudio Hoja de Ruta MRV⁴³.

⁴³ Gobierno de Colombia. (2024). Hoja de Ruta MRV. https://climate-transparency-platform.org/sites/default/files/knowledge_centre_files/HOJA%20DE%20RUTA%20MRV%202024%20COLOMBIA%20f.pdf

5.

Oportunidades de mejora del MVRme enfocadas en el sector carbón

En este capítulo se presentan las oportunidades de mejora para el MRVme identificadas a través de la revisión detallada de los documentos y reportes del MRVme, y de la identificación de parámetros clave para tener en cuenta en las mejores prácticas internacionales en el diseño de sistemas MRV, así como los resultados del estudio del diagnóstico del MRV nacional presentado en la anterior sección. Esto también con base en los comentarios de las necesidades identificadas en reuniones con actores claves como MME, MADS, IDEAM, SGC, ANM, academia, sociedad civil, entre otros.

A continuación, se describen las oportunidades de mejora identificadas con sus correspondientes recomendaciones, divididas en tres temáticas de interés: recomendaciones técnicas, de estructura y de perspectiva social.

5.1. Recomendaciones técnicas

5.1.1. Otras actividades del sector carbón contempladas

- **Oportunidad de mejora.** En primer lugar, es importante tener en cuenta que los sectores que son objeto de seguimiento en el MRVme solo corresponden a aquellos que entran en la cartera del MME, por lo tanto, otras actividades de la cadena productiva del carbón no se consideran en este sistema, como la producción de coque y el uso de carbón como combustible en diferentes sectores industriales. Así, aunque este reporte presenta avances en mitigación de proyectos de minería y uso del carbón en termoeléctricas, no refleja en su totalidad las actividades enlazadas al carbón en el país.
- **Recomendación.** Entendiendo por qué no todas las actividades del carbón hacen parte de este sistema de reporte, se propone incluirlas por el momento como cobeneficios en términos de indicadores que permitan reflejar el cambio de las matrices energéticas de los diferentes sectores productivos del país y el mejoramiento de la eficiencia energética en procesos productivos, como la fabricación de coque e incluso la reducción progresiva de su producción. Al mismo tiempo, es trabajo del líder del MRV nacional identificar cuáles de las entidades gubernamentales tienen como función hacer seguimiento a estas actividades.

5.1.2. Seguimiento a las medidas de mitigación del sector carbón

- **Oportunidad de mejora.** Al realizar la revisión detallada de los reportes, no

fue posible identificar con claridad cuáles eran las medidas de mitigación específicas para las actividades del sector carbón a las cuales se les quería hacer seguimiento con este sistema. Esto se debe a que el PIGCCme cuenta con medidas generales, muy pocas relacionadas con un sector en específico; cuando sí están relacionadas con un sector, la mayoría se dirige al de hidrocarburos. Incluso, en los indicadores analizados se debe hacer una revisión detallada para extraer los avances en cuanto a reducción de consumo de carbón en termoeléctricas; en el caso de la minería de carbón, algunos de los indicadores se encuentran agrupados con otros sectores mineros.

- **Recomendación.** Establecer un MRV específico para el sector carbón no se ve como un camino viable considerando las necesidades y los recursos económicos y técnicos que esta tarea conlleva. Además, no sería claro cuál debería ser la entidad responsable para su desarrollo. Se recomienda hacer una reestructuración del MRVme que permita: i) reflejar los impactos del sector carbón en la emisión de GEI, incluyendo indicadores desagregados; ii) contabilizar los avances de las medidas de mitigación en el marco de la NDC, como aquellas asociadas al portafolio del sector minero-energético; y iii) contar con una estrategia de monitoreo más desagregada que incluya nuevos indicadores de las demás actividades de la cadena productiva del carbón (manufacturero o producción de coque) como cobeneficios que puedan ser contabilizados a través de indicadores,

que reflejen el cambio de las matrices energéticas de los diferentes sectores productivos del país.

5.1.3. Fortalecimiento de las metodologías de estimación de emisiones del sector de minería de carbón

- **Oportunidad de mejora.** El PIGCCme, dentro de su componente de mitigación, cuenta con la línea estratégica de emisiones fugitivas de CH₄, en la cual se encuentran dos acciones. La primera se relaciona con la generación de información; en esta se destaca la actividad “Efectuar una campaña de detección de emisiones fugitivas en campos seleccionados por medio de la tecnología de cámaras infrarrojas para determinar el impacto generado y analizar opciones de corrección”. La segunda se dirige al fortalecimiento del marco regulatorio de este tipo de emisiones. Dentro de las actividades específicas de estas acciones se prioriza el sector de hidrocarburos, pero en ningún momento se menciona la implementación de estas acciones en el sector de minería de carbón. Aunque esta oportunidad de mejora no se encuentra directamente relacionada con el MRV, sí lo afecta, en especial en los indicadores y el monitoreo de estas acciones de mejoramiento de información que deberían abarcar todos los sectores.
- **Recomendación.** Se propone incluir en el PIGCCme medidas específicas de generación y fortalecimiento de la información requerida para el seguimiento al impacto de la minería de carbón sobre el sector minero-energético. Esto incluyendo vacíos metodológicos como la carencia de

información específica para minas abandonadas y la recopilación de información de autogeneración en la minería de carbón a partir del gas de CH₄ de las minas subterráneas. Todo esto abarca la exploración del uso de nuevas tecnologías para la cuantificación de emisiones, como los sensores aeroportados.

5.1.4. Indicadores del sector de minería de carbón

- **Oportunidad de mejora.** Los indicadores del segundo reporte del MRVme agrupan al sector de minería de carbón con la minería de ferroníquel y agregados pétreos en un solo sector, llamado “Minería”. De esta forma se invisibiliza el sector de minería de carbón, junto con sus impactos y los vacíos de información que aún existen. Un ejemplo de esto son los indicadores de autogeneración de energía eléctrica, que reportan información para el sector “Minería”; sin embargo, se aclara que solo se hace referencia a la información de minería de ferroníquel, siendo el único sector minero que cuenta con dicha información.
- **Recomendación.** Se recomienda de nuevo dejar aparte el sector de minería de carbón en los indicadores de seguimiento, como se realizó en el primer reporte. Asimismo, se debe evaluar la pertinencia de incluir otros indicadores que puedan diferenciar y permitir el seguimiento de actividades propias del sector carbón, que en este documento se han resaltado y que van más allá de aquellas relacionadas con la minería y la utilización del carbón en las termoeléctricas.

5.1.5. Metas establecidas para cada indicador y asociación con actividad del PIGCCme

- **Oportunidad de mejora.** Los reportes del MRVme presentan una batería de indicadores que detalla información como: su valor en la línea de avance, su valor actual, el tipo de indicador y la línea estratégica a la cual pertenece. Sin embargo, no se presenta la meta establecida para los indicadores, por lo que no es claro en qué porcentaje de avance se encuentra su cumplimiento. De igual forma, aunque se relaciona cada indicador con la línea estratégica del PIGCCme, no es clara su relación con las actividades específicas, por tanto, al momento de hacer un análisis específico para el sector carbón, no es tan fácil interrelacionar las actividades específicas de PIGCCme. Se debe aclarar que esta oportunidad de mejora se genera de la revisión de los reportes disponibles al público, pero se desconoce si internamente se tienen documentos más detallados que presenten esta información.
- **Recomendación.** Establecer para cada uno de los indicadores la meta que se quiere alcanzar y su aporte en los avances de las acciones específicas del PIGCCme. Considerar la definición de indicadores que hagan seguimiento no solo desde el aspecto de gestión, sino también de impacto y avance de las medidas del portafolio a cargo del MME. En la actualidad se presentan indicadores que aplican para una o más estrategias del PIGCCme, sin

embargo, no se da seguimiento a las medidas en específico para el sector. Si esta información se encuentra en documentos internos no disponibles al público, se recomienda colocarla como anexo en los reportes del MRVme y dejarla disponible para libre descarga en pro de la transparencia y trazabilidad de la consolidación del sistema.

5.1.6. Fortalecer el componente de validación y verificación

- **Oportunidad de mejora.** Durante este ejercicio y las reuniones realizadas con los diferentes actores, se evidenció la carencia de un protocolo detallado de consolidación del MRVme que permita una trazabilidad de la información de forma clara. Además, el proceso de verificación del sistema se realiza por los mismos desarrolladores de los reportes, lo que deja un vacío en cuanto a la transparencia del proceso.
- **Recomendación.** El componente de verificación de un sistema MRV se refiere a procedimientos específicos o revisiones de expertos utilizados para verificar la idoneidad de la metodología adoptada, la calidad de los datos y las estimaciones, pudiendo hacerse de forma interna o externa⁴⁴. En ese sentido, se sugiere realizar la verificación del MRVme a través de un tercero, ya sea de índole nacional, como pueden ser otras dependencias de MME u otras instituciones (MADS, UPME, ICONTEC, entre otras), o una entidad internacional validada. Como parte de este componente del sistema se considera relevante establecer un protocolo que detalle el paso a paso

⁴⁴ United Nations. (2021). *Best Practice Guidance for Effective Management of Coal Mine Methane at National Level*. <https://www.globalmethane.org/documents/Best%20Practice%20Guidance%20for%20Effective%20Management%20of%20Coal%20Mine%20Methane%20at%20National%20Level%20Monitoring,%20Reporting,%20Verification%20and%20Mitigation.pdf>

de la consolidación del MRVme, incluyendo la información requerida y su procesamiento. Esto con el fin de mantener la trazabilidad del cálculo de indicadores, así como hacer seguimiento a las oportunidades de mejora aplicadas en cada versión del reporte.

5.1.7. Acciones específicas para el seguimiento de la mitigación del CH₄

- **Oportunidades de mejora.** El reporte MRVme presenta algunas alusiones al CH₄, entre ellas diagramas Sankey que permiten visualizar el aporte de fuentes a las emisiones por tipo de contaminante. Sin embargo, en los indicadores de seguimiento no se evidencia dicha desagregación; además, el CH₄ no se menciona de manera recurrente en el reporte. Esto impide conocer el aporte del CH₄ en las emisiones de CO_{2eq}, en especial en fuentes de emisiones fugitivas como la minería de carbón.
- **Recomendaciones.** El CH₄ es un gas con mayor potencial de calentamiento que el CO₂, por tanto, representa una oportunidad importante para reducir de forma rápida el incremento de la temperatura en la Tierra por su relativa corta vida en la atmósfera. Tener medidas estratégicas claras e indicadores de seguimiento a la mitigación de este contaminante y verlos reflejados en el MRV permite, por un lado, visibilizar su importancia en el cumplimiento de los objetivos nacionales y, por otro, promover el

apoyo internacional, dando pie a continuar desarrollando proyectos de mitigación en el país en esta materia. Reconociendo la minería de carbón como el quinto principal sector que contribuye con este contaminante en el país, se hacen las siguientes recomendaciones para el seguimiento de sus emisiones:

- a. Mejorar los factores de emisión en el ámbito nacional.
- b. Hacer seguimiento *in-situ* de las emisiones de CH₄ en minas subterráneas con equipos portátiles o equipos de medición continua (CEM), dependiendo del nivel de emisión de la mina.
- c. Validar las emisiones de CH₄ provenientes de minas en funcionamiento y abandonadas, a partir de tecnologías de medición aeroportadas.
- d. Elaborar estudios de mejores prácticas de seguimiento de emisiones de minas abandonadas que incluyan la estimación de curvas de decaimiento, entre otras estrategias ya documentadas⁴⁵, para poder implementar estrategias más adecuadas según el contexto colombiano.
- e. Lograr que las empresas mineras reporten las mediciones de CH₄ a las autoridades o instituciones correspondientes en el ámbito nacional, lo que requiere mejorar la articulación entre el sector público y privado.

⁴⁵ United Nations. (2021). Best Practice Guidance for Effective Management of Coal Mine Methane at National Level. <https://www.globalmethane.org/documents/Best%20Practice%20Guidance%20for%20Effective%20Management%20of%20Coal%20Mine%20Methane%20at%20National%20Level%20Monitoring,%20Reporting,%20Verification%20and%20Mitigation.pdf>

5.2. Recomendaciones estructurales

5.2.1. Articulación con el MRV de mitigación nacional

- **Oportunidad de mejora.** En la actualidad no existe una articulación óptima entre el MRVme y el Sistema MRV de mitigación nacional, en especial por el sector carbón, esto se evidencia en que no hay ningún proyecto de mitigación de este sector registrado en el RENARE.
- **Recomendación.** Realizar la planeación adecuada para iniciar la articulación entre el MRV nacional y los subsistemas sectoriales, ya que no se cuenta con una estandarización de la información requerida y no todos los subsistemas están en el mismo estado de avance. Se recomienda realizar la armonización del MRVme con este instrumento nacional para incorporar de forma más visible al sector carbón y todas sus actividades identificadas asociadas. De igual forma, se deben aunar esfuerzos entre los profesionales encargados del MRVme y del RENARE para identificar soluciones a la dificultad de registro de medidas de mitigación a la plataforma del RENARE. Se nos dio a conocer que una de las barreras se encuentra en la incapacidad de la plataforma para recibir información de más de un proyecto a la vez, por lo que resulta tedioso para una cartera completa y amplia como la de minas y energía subir todos sus proyectos asociados. De acuerdo con experiencias internacionales, es conveniente establecer formatos estandarizados de recolección de información para consolidar al MRV nacional desde los MRV sectoriales como el MRVme. Siguiendo la misma línea, a mediano plazo, se sugiere establecer una

plataforma que permita consolidar la información para el MRV nacional, en la cual se pueda visualizar el avance de las medidas para las diferentes carteras sectoriales.

5.2.2. Reestructuración del PIGCCme

- **Oportunidad de mejora.** Varios de los inconvenientes identificados para hacer seguimiento al sector carbón a través del MRVme radican en que el PIGCCme (así como las medidas establecidas en el portafolio de la NDC) no menciona de forma explícita al sector, incluso en sectores de gran aporte de emisiones de CH₄, como las emisiones fugitivas. Así, se identifica como oportunidad de mejora que en la actualización del PIGCCme se pueda subsanar esta carencia de acciones específicas para la mitigación de las emisiones del sector carbón en el país.
- **Recomendación.** Se sugiere i) alinear e integrar la visión de la transición energética justa (TEJ) incorporada en los instrumentos de política pública como la Hoja de Ruta para la TEJ y el Plan Energético Nacional, materializando esta orientación en las acciones e indicadores de las líneas estratégicas, ii) incorporar a las líneas estratégicas existentes acciones específicas para el sector de minería de carbón, como es el caso de la línea estratégica de emisiones fugitivas, que actualmente incorpora solo medidas para el sector de hidrocarburos; y iii) establecer nuevas líneas estratégicas que contemplen al sector de minería de carbón y que, dentro de sus acciones de mitigación, incluyan la reducción de emisiones fugitivas.

5.2.3. Estructuración del flujo de información, con inclusión de la articulación e involucramiento de actores

- **Oportunidad de mejora.** Existen espacios de trabajo entre los diferentes actores involucrados de forma directa o indirecta en el MRVme; sin embargo, a partir de reuniones con actores clave, se identificó que estos espacios no se realizan con periodicidad y que no se cuenta con una trazabilidad y un seguimiento de los compromisos.
- **Recomendación.** Es importante instalar una mesa de trabajo permanente que involucre a todos los actores del mapeo que interactúan dentro del Sistema MRVme. Este espacio de trabajo debe incluir una secretaría técnica que haga seguimiento de los compromisos, identifique otros actores que pueden aportar al sistema y haga la convocatoria periódica para su realización. De igual forma, esta mesa de trabajo debe tener como objetivo identificar las necesidades actuales del sistema (relacionadas con información requerida y fuentes de información, metodologías de estimación de emisión, articulación con otros instrumentos como el MRV nacional, entre otras) y acordar en conjunto un plan de trabajo a un horizonte de tiempo de corto, mediano y largo plazo, constituido por actividades que permitan fortalecer el MRVme.

Asimismo, a través de diferentes reuniones, se identificó como clave el incorporar actores, por ejemplo, la academia, e instituciones, como el Servicio Geológico Colombiano, que brinden apoyo en la generación de información para el fortalecimiento de aspectos

de interés de cara al seguimiento del sector carbón, como la utilización de información satelital, los sensores aeroportados y la actualización de factores de emisión específicos para el país; así como el involucrar a la ciudadanía (OSC, gremios, otras entidades del Estado). Esto para que se consideren en espacios de discusión sobre el MRVme y las actividades de mitigación.

5.2.4. Otras oportunidades de mejora destacadas de la Hoja de Ruta del MRV nacional

- **Oportunidad de mejora.** Las mencionadas en la sección 4.3, donde se detallan las oportunidades de mejora para el MRVme en el marco del proyecto para la Hoja de Ruta del MRV nacional.
- **Recomendaciones.** Se detallan las recomendaciones destacadas al MRVme de la sección 4.3, que son adicionales a las antes mencionadas:
 - a. Hacer un mayor mapeo de las iniciativas existentes de mitigación, por lo que se recomienda mantener las reuniones con los actores claves para fortalecer la información y, en específico, analizar en conjunto las necesidades del sector para atender las demandas o necesidades del SINGEI, RENARE y SCRR.
 - b. Definir para el sector minero-energético un protocolo maestro que describa todos los procesos e información relevante del sistema para dar trazabilidad a la implementación del MRVme.
 - c. Recoger las funciones y responsabilidades de los MRV sectoriales en una ley o un decreto.
 - d. Tener un plan de sostenibilidad del

sistema que considere los recursos necesarios (humanos y materiales) para mantenerlo en funcionamiento. Esto incluye identificar, contratar y capacitar a expertos en los campos del cambio climático y la gestión de datos que se encuentren asociados a la entidad.

Establecer un marco legal para el MRVme que especifique en su estructura y responsabilidad a los diferentes actores que participan de forma directa o indirecta en el sistema.

5.3. Recomendaciones desde una perspectiva social

- **Oportunidad de mejora.** Como parte de la revisión bibliográfica de las buenas prácticas en el diseño de MRV, se destaca la importancia de los indicadores como herramientas de seguimiento a las políticas y acciones del sistema. Entre estos indicadores se destacan los relacionados con beneficios, que incluyen impactos en la calidad del aire, la salud y socioeconómicos. En la actualidad, la batería de indicadores del MRVme no contempla unos que relacionen en los impactos socioeconómicos las medidas de mitigación del PIGCCme sobre las comunidades.
- **Recomendaciones.** Evaluar la factibilidad de adicionar a la batería de indicadores aquellos relacionados con impactos socioeconómicos, que pueden incluir impactos laborales (empleos generados o perdidos), impactos en la salud (morbilidad y mortalidad), impactos de género, impactos en población vulnerable, entre otros. Esta evaluación debe identificar la

información ya disponible y considerar los costos de los recursos adicionales (estudios, personal, entre otros) para el levantamiento de la información no disponible.

Además, siguiendo experiencias como la de Uruguay, es de interés incluir en las mismas medidas de mitigación acciones específicas que ayuden a reducir las brechas de género. Esto, por supuesto, incluye la formulación de indicadores propios que permitan hacer seguimiento al impacto en equidad de género de proyectos, en especial para el sector minero-energético.

pol·en

Transiciones Justas



@polentjcol



@polentjcol



POLEN Transiciones Justas



www.polentj.org

Con el apoyo de:

 **HEINRICH BÖLL STIFTUNG**
BOGOTÁ
Colombia

 **SEI** Stockholm
Environment
Institute