



**Transición energética en el contexto nacional e internacional y retos de
optimización para la ANDI**

Alejandra Rodríguez Caraballo

11231819602

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá D.C., Colombia

2023

**Transición energética en el contexto nacional e internacional y retos de
optimización para la ANDI**

Alejandra Rodríguez Caraballo

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniera Ambiental

Director:

Ph.D., Didier Camilo Sierra Flórez

Codirectora:

M.Sc., Vanessa Rodríguez Rueda

Línea de Investigación:

Gestión Ambiental

Grupo de Investigación:

GRESIA

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá D.C., Colombia

2023

TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN EL CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL Y RETOS DE OPTIMIZACIÓN PARA LA ANDI.

ENERGY TRANSITION IN THE NATIONAL AND INTERNATIONAL CONTEXT AND OPTIMIZATION CHALLENGES FOR THE ANDI.

Rodríguez Caraballo, Alejandra¹; Sierra Flórez, Didier Camilo²

¹ Universidad Antonio Nariño, Colombia, alejrodriguez94@uan.edu.co

² Universidad Antonio Nariño, Colombia, dsierra23@uan.edu.co

Resumen: El presente trabajo de pasantía surge de las actividades realizadas en la Vicepresidencia de Minería, Hidrocarburos y Energía de la ANDI. En este contexto, se reconoce la necesidad de analizar los procesos de transición energética, los cuales se derivan del compromiso internacional de Colombia con el Acuerdo de París. Este acuerdo tiene como objetivo limitar el calentamiento global a menos de 2 °C y establece metas específicas, conocidas como Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés), para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la resiliencia frente al cambio climático. En este contexto, las empresas desempeñan un papel crucial como parte del sector privado para alcanzar estos objetivos y su compromiso resulta fundamental para construir un futuro más sostenible. Con el fin de apoyar a las empresas en esta tarea, se ha desarrollado una herramienta que les permite evaluar su nivel de cumplimiento de los compromisos nacionales. Para ello, las empresas deben ingresar datos sobre sus emisiones en las etapas de producción y operación.

Palabras claves: Transición energética, retos de optimización, ANDI.

Abstract: This internship work arises from the activities carried out in the Vice Presidency of Mining, Hydrocarbons and Energy of ANDI. In this context, the need to analyze the energy transition processes is recognized, which derive from Colombia's international commitment to the Paris Agreement. This agreement aims to limit global warming to less than 2 °C and sets specific targets, known as Nationally Determined Contributions (NDCs), to reduce greenhouse gas emissions and increase resilience against climate change. In this context, companies play a crucial role as part of the private sector to achieve these objectives and their commitment is essential to build a more sustainable future. In order to support companies in this task, a tool has been developed that allows them to assess their level of compliance with national commitments. To do this, companies must enter data on their emissions in the production and operation stages.

Key words: Energy transition, optimization models, ANDI.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el uso de la energía ha sido necesaria en los procesos de desarrollo de la humanidad, de hecho, el consumo energético es una necesidad imperante para la supervivencia y bienestar de la humanidad en la actualidad. La creciente urbanización ha llevado a un rápido desarrollo de las ciudades, lo que ha generado un aumento exponencial en el consumo de energía pasando de ser de principalmente biomasa tradicional con 7 000 TWh a 160 000 TWh con combustibles fósiles como se ve en la *Figura 7*Tabla 7 que se encuentra más adelante. Este hecho se vio acentuado en gran medida por la Revolución Industrial, que marcó un antes y un después en la historia de la humanidad y supuso un impulso significativo en el aumento del consumo energético a nivel global. Desde entonces, se ha producido un constante incremento en el consumo energético, debido en gran parte al crecimiento demográfico y al desarrollo económico a nivel mundial.

La Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), una organización sin ánimo de lucro que se ha consolidado como el gremio empresarial más importante a nivel nacional. Por su parte, promueve el desarrollo económico, social y ambiental del país, basándose en principios como la democracia participativa, el fomento de la libre empresa y la competitividad empresarial. En su compromiso con la consolidación de una sociedad equitativa y sostenible, la ANDI ha trabajado incansablemente para impulsar políticas y estrategias que fomenten el crecimiento económico y la creación de empleo, al tiempo que promueven la protección del medio ambiente y el bienestar social (ANDI, 2022).

En Colombia, las emisiones de gases de efecto invernadero están influenciadas principalmente por dos sectores clave. El sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra) representa el 55% del total de emisiones en el país, seguido por el sector energético con un 35% de contribución. Estos sectores desempeñan un papel fundamental en la huella de carbono nacional y requieren una atención especial para abordar el cambio climático. En el año 2016, se observa un pico máximo de emisiones en Colombia, el cual está directamente relacionado con el incremento en la generación de electricidad a partir de fuentes térmicas. Este aumento en la demanda de energía eléctrica generó un incremento significativo en las emisiones de gases de efecto invernadero, subrayando la necesidad de explorar fuentes de energía más limpias y sostenibles.

En cuanto al transporte, es el principal responsable de las emisiones en el país, contribuyendo en promedio con el 38,2% de las emisiones en la serie temporal analizada. En segundo lugar, con un aporte del 24,6%, se encuentra la subcategoría Industrias de la energía. Estos datos resaltan la importancia de implementar medidas eficientes y sostenibles en el sector del transporte y la industria para reducir significativamente las emisiones y promover una economía más limpia y resiliente al cambio climático.

El presente estado del arte busca proporcionar una visión clara del estado actual de la transición energética a nivel mundial. Se busca identificar también los desafíos y obstáculos que se presentan en este proceso, con el fin de establecer un punto de partida sólido que facilite la toma de decisiones informadas. Esto mediante la búsqueda masiva de información en materia de lineamientos, compromisos, acuerdos, estrategias, planes y demás instrumentos existentes tanto a nivel nacional como internacional, con el fin de impulsar la adaptación al cambio climático así como la transición a nuevas formas de generar energía que contribuyan con los ODS.

Este análisis permitirá comprender cuál es la situación actual en materia de transición energética, examinando aspectos como la diversificación de fuentes de energía, el uso de tecnologías limpias y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Además, se tendrán en cuenta las políticas y regulaciones implementadas en diferentes países, así como las iniciativas y proyectos destacados que se están llevando a cabo en este campo.

Asimismo, se desarrolla una herramienta para que las empresas que son un actor clave en la transición energética a nivel mundial puedan establecer un punto de referencia para conocer en qué nivel de avance

se encuentran en términos de transición energética a partir de los compromisos de Colombia frente al cambio climático.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante varias décadas, investigaciones científicas han confirmado la existencia de un cambio climático en el planeta. A pesar de que la Tierra siempre ha experimentado cambios, muchos de los eventos observados desde 1950 son sin precedentes en décadas o incluso milenios. Estos cambios han tenido un impacto visible en los ecosistemas, incluyendo un aumento en la temperatura de la superficie del océano de 0,11 °C por década entre 1971 y 2010, y la alteración del ciclo hidrológico debido a cambios en las precipitaciones y el derretimiento de nieve y hielo, lo que ha afectado la cantidad y calidad del recurso hídrico. Esto ha llevado a cambios en las áreas de distribución geográfica, las actividades estacionales, las pautas migratorias, la abundancia y las interacciones de las especies terrestres, dulceacuícolas y marinas en respuesta al cambio climático actual (IPCC, 2023b).

El último informe publicado por el IPCC muestra matriz energética global señala que la demanda de energía sigue en aumento y se fundamenta en gran medida en el consumo de combustibles fósiles. El petróleo es la principal fuente de energía, con un consumo de 4 418,2 millones de toneladas en el año 2016, lo que supone un aumento de 77,2 millones de toneladas con respecto al año anterior. El carbón ocupa el segundo lugar, con un consumo de 3 732 millones de toneladas de petróleo equivalente, lo que representa una disminución de 52,7 millones de toneladas respecto al año anterior. El gas natural, por su parte, ocupa el tercer lugar con un consumo de 3 204,1 millones de toneladas de petróleo equivalente, lo que significa un aumento de 57,4 millones de toneladas respecto al año anterior. (IPCC, 2023b).

En respuesta a la problemática mencionada, Colombia se ha comprometido a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% con respecto a las emisiones proyectadas para el año 2030, como parte del Acuerdo de París sobre el cambio climático. Aunque las emisiones de GEI del país representan solo el 0,46% del total a nivel mundial, las proyecciones indican un posible aumento del 50% para el 2030, lo que equivaldría a 335 millones de toneladas de dióxido de carbono. Si Colombia cumple su objetivo, es posible que mantenga su nivel actual de emisiones per cápita, que es de 4,8 toneladas de dióxido de carbono equivalente por habitante (García et al. 2015).

En la actualidad, la matriz energética de Colombia se encuentra liderada por el petróleo, con una participación significativa del 43,1%. El gas y la hidroelectricidad ocupan el segundo y tercer lugar con un 22,6% y un 12,9% respectivamente. Por otro lado, el carbón representa el 10,0% de la oferta energética de Colombia, mientras que la leña y el bagazo aportan un 5,2% y un 4,5% respectivamente. Sin embargo, es importante mencionar que los recursos renovables, como la energía solar y eólica, tienen una presencia muy limitada en la matriz energética colombiana, con tan solo un 1,7% de participación.

La creciente preocupación por el cambio climático y sus consecuencias se hace necesaria la transición energética hacia fuentes de energía renovable y sostenible. La matriz energética mundial actual, basada principalmente en combustibles fósiles, genera un importante impacto ambiental y emisiones de gases de efecto invernadero. Es por ello por lo que, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Ciudades Sostenibles (11), Producción y Consumos Responsables (12), Acción por el Clima (13) y Vida de los Ecosistemas Terrestres (15), es fundamental impulsar la adopción de tecnologías más limpias y reducir la dependencia de los combustibles fósiles. La inversión en energías renovables no solo contribuirá a la mitigación del cambio climático, sino que también fomentará la innovación, la creación de empleo y el desarrollo sostenible.

MARCO REFERENCIAL

ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables son vistas como una solución prometedora para abordar los impactos ambientales negativos del sector energético, ya que su uso conlleva una mayor sostenibilidad, inclusión y equidad social, aprovechando los recursos naturales no convencionales de cada región. A pesar de los costos tecnológicos aún elevados, la transición a las energías renovables tiene notables beneficios ambientales, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y de la contaminación del aire. Además, de presentar impactos positivos en la salud pública y genera empleo, aumenta la resiliencia ante eventos climáticos y mejora el acceso a la energía en áreas rurales (Giraldo *et. al.*, 2018; International Renewable Energy Agency [IRENA], 2019).

Las energías renovables son generadas a partir de recursos naturales, como el viento, el agua, el sol y la biomasa, produciendo energía eólica, hidráulica, solar fotovoltaica, bioenergía, geotérmica y mareomotriz. El mercado global de las energías renovables está en auge, con un aumento del consumo de energía renovable en casi cuatro veces en la última década. Actualmente, Asia lidera el mercado de energías renovables, seguida por Europa y Norteamérica (Medina Rincón y Venegas Camargo, 2018).

América Latina y el Caribe han mostrado un compromiso significativo en la transición energética, anunciando su promesa de alcanzar el 70% de energías renovables en la región para 2030, con una capacidad instalada de 312 GW. Colombia lidera la iniciativa de Renovables en Latinoamérica y el Caribe (RELAC), en la cual diez países de la región se han unido a la promesa de transición. Esto demuestra la disposición de la región para adoptar energías limpias y reducir su huella de carbono (Tejada Guzmán, 2022).

EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética se refiere a la capacidad de utilizar la energía de manera óptima, obteniendo los mejores resultados con la menor cantidad de recursos energéticos disponibles. Su objetivo principal es reducir el consumo de energía sin comprometer la calidad ni el rendimiento de los procesos y sistemas en diversos sectores, como la industria, el transporte, la construcción y los hogares. Su aplicación busca minimizar el desperdicio de energía y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Para alcanzar la eficiencia energética, es necesario implementar medidas y tecnologías que permitan optimizar el uso de la energía. Estas acciones pueden incluir desde la adopción de equipos y sistemas más eficientes, hasta la mejora de los procesos de producción, la implementación de medidas de aislamiento térmico en edificios, la incorporación de fuentes de energía renovable y la promoción de una conciencia sobre el consumo responsable de energía. La eficiencia energética no solo conlleva beneficios ambientales al reducir la huella de carbono, sino que también genera ahorros económicos significativos al disminuir los costos energéticos (Morelos Gómez, 2016).

GOBERNANZA ENERGÉTICA

La gobernanza energética abarca una serie de procesos, políticas, regulaciones y decisiones implementadas en el ámbito de la energía con el objetivo de asegurar una gestión eficiente, equitativa y sostenible de los recursos energéticos a nivel nacional o regional. Su enfoque principal se centra en la coordinación y colaboración entre diferentes actores, tanto del sector público como del privado, con el propósito de promover la seguridad energética, la eficiencia en el uso de la energía, la diversificación de fuentes energéticas, la mitigación del cambio climático y el acceso equitativo a la energía (Miranda *et al.*, 2022).

La gobernanza energética implica la formulación de políticas energéticas claras, el establecimiento de marcos regulatorios efectivos, la promoción de la transparencia y la participación ciudadana en la toma de decisiones, así como la cooperación internacional en asuntos energéticos. También abarca la planificación y gestión de la infraestructura energética, la promoción de tecnologías limpias y la incentivación de la innovación en el sector energético (Lázaro Touza *et. al.*, 2020).

El objetivo fundamental de la gobernanza energética es lograr un sistema energético sostenible que garantice un suministro de energía asequible, seguro y confiable, al mismo tiempo que se minimiza el impacto ambiental y se promueve el desarrollo socioeconómico. Mediante una gobernanza energética efectiva, se busca equilibrar los intereses de los distintos actores involucrados, asegurando la estabilidad del mercado energético, la protección del medio ambiente y el bienestar general de la sociedad.

LINEAMIENTOS NACIONALES E INTERNACIONALES

LINEAMIENTOS INTERNACIONALES

Tabla 1

Lineamientos internacionales sobre transición energética

Norma	Descripción
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Ratificado mediante la Ley 164 de 1994)	tiene por objeto estabilizar las concentraciones de efecto invernadero en la atmósfera para la lucha contra el cambio climático
Acuerdo de París (Ratificado mediante la Ley 1844 de 2017)	Compromiso entre países para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a 2050 en el marco de la adaptación al cambio climático

Nota. Elaboración propia.

LINEAMIENTOS NACIONALES

Para analizar los procesos de transición energética es preciso presentar las normas, conceptos, políticas y recomendaciones que atañen la temática del presente trabajo, enmarcadas en el contexto nacional e internacional.

La ley emitida por el congreso de la república general ambiental de Colombia, emitida por el congreso de la república o Ley 99 de 1993 “por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones” (Ley 99, 1993).

La Ley 143 de 1994 se centra en establecer el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional.

Tabla 2

Compilado de normas nacionales transición energética

Norma	Ente que emitió			Descripción
Ley 99 de 1993	Congreso república	de	la	“por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”
Decreto 2469 de 2014	Presidencia república	de	la	“por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración”
Decreto 1076 de 2015	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible			“Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”
Decreto 2143 de 2015	Presidencia república	de	la	“Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, Decreto 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo 111 de la Ley 1715 de 2014”
Resolución 1312 de 2016	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible			“Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), requerido para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de fuentes de energía eólica continental y se toman otras determinaciones”
Resolución 1283 de 2016	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible			“Por la cual se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables-FNCR y gestión eficiente de la energía para obtener los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones”
Ley 1844 de 2017	Congreso república	de	la	“Por medio de la cual se aprueba el “Acuerdo de París”, adoptado el 12 de diciembre de 2015, en París, Francia”

Ley 2099 de 2021	Congreso de la república	“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”,
CONPES 4075 de 2022	Consejo nacional de política económica y social	Propone la política que establece los lineamientos para el desarrollo de la transición energética en el país
	República de Colombia	
	Departamento nacional de planeación	
CONPES 3943 de 2018		Establece la política de mejoramiento de la calidad del aire

Nota. Elaboración propia.

POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS

PLAN ENERGÉTICO NACIONAL 2020-2050

El Plan Energético Nacional 2020-2050 (PEN 2020-2050), es un documento que sirve como instrumento estratégico. Su enfoque consiste en la formulación de escenarios que permitan establecer los parámetros que sustentarán la política pública energética. La finalidad de estos escenarios es definir la contribución de las tecnologías en el suministro de energía, la reducción de costos y el cumplimiento de los compromisos medioambientales. Este instrumento no solamente es útil para el análisis de los resultados, sino que también representa una herramienta esencial para el diseño de políticas energéticas sostenibles y eficientes en el tiempo (Unidad de Planeación Minero-Energética [UPME], 2021a).

El documento está compuesto, fundamentalmente, por visión, pilares, objetivos e iniciativas. La visión representa el horizonte de treinta años hacia el cual se dirige el país en materia de desarrollo. Los pilares que se presentan son cuatro, se presentan más adelante en la Tabla 4 e identifican las áreas estratégicas que requieren la atención y acción de la política pública para direccionar los esfuerzos conjuntos de la sociedad, la academia y el gobierno hacia la consecución de la visión. Los objetivos y sus correspondientes indicadores permiten medir y valorar el avance y progreso hacia la meta propuesta, mientras que las iniciativas comprenden las acciones y tecnologías específicas que se emplearán para concretar dichos objetivos (UPME, 2021a).

Para su desarrollo se identifican los desafíos que enfrentará el sector energético en los próximos 30 años (Tabla 3) debido a avances tecnológicos, cambios en políticas públicas y tendencias del mercado.

Tabla 3

Desafíos identificados en el Plan Energético Nacional 2020-2050

DESAFÍO	DESCRIPCIÓN
<p>Desafío 1. Disponibilidad de recursos energéticos locales, cobertura universal y mejoras en calidad del servicio</p>	<p>Las expectativas de oferta de recursos internos indican que la autosuficiencia energética podría terminar. En este sentido diversificar la matriz energética y contar con la infraestructura que permita interactuar con el comercio internacional es crucial para satisfacer las demandas de energía en el futuro.</p>
<p>Desafío 2 Brecha tecnológica y uso eficiente de los recursos energéticos</p>	<p>el rezago tecnológico en los equipos de uso final implica para el país pérdidas entre 6 y 11 mil millones de dólares al año. Superar las dificultades en la financiación de medidas de eficiencia energética es primordial para la competitividad del sector productivo, la seguridad energética y el cumplimiento de las metas de tipo ambiental.</p>
<p>Desafío 3. Mitigación y adaptación al cambio climático</p>	<p>Satisfacer demandas crecientes de energía y de forma simultánea, descarbonizar la matriz y el consumo energético, requiere inversiones que permitan el ascenso tecnológico hacia combustibles de cero y bajas emisiones.</p>
<p>Desafío 4. Cambios estructurales en el sector energético asociados a la digitalización y la descentralización</p>	<p>La creciente disponibilidad de datos y las soluciones modulares y locales para el abastecimiento energético son tendencias complementarias e inevitables que rompen la estructura vertical de las cadenas de valor del sector por lo que es necesario habilitar su entrada de forma organizada para que el país cuente con más fuentes de oferta más posibilidades de interconexión un mayor empoderamiento y participación de los consumidores finales.</p>
<p>Desafío 5. COVID y la toma de decisiones bajo incertidumbre</p>	<p>El 2020 ha sido un año excepcional por la COVID 19. Para mitigar el contagio acelerado se han tomado medidas de aislamiento que han interrumpido las cadenas de producción y servicios locales e internacionales. A largo plazo los efectos aún son desconocidos por lo que en el PEN 2020-2050 no se incluyen medidas derivadas por este fenómeno.</p>

Nota. Tomado del *Plan Energético Nacional 2020-2050: Resumen Ejecutivo - La transformación energética que habilita el desarrollo sostenible* por la UPME, 2021b.

Tabla 4

Tablero de control de objetivos e indicadores PEN 2020-2050

Pilar	Objetivo	Indicador de seguimiento	Línea base	Visión 2050
Pilar 1. Seguridad y confiabilidad en el abastecimiento	Permitir el acceso a soluciones energéticas confiables, con estándares de calidad y asequibles.	Índice de Equidad Energética del World Energy Council	Calificación: C Ranking: 73	Calificación: A
	Diversificar la matriz energética.	Participación FNCE en la producción primaria de energía	3,1 %	12 %- 20 %
Pilar 2. Mitigación y adaptación al cambio climático	Contar con un sistema energético resiliente.	Índices de calidad de prestación del servicio de energía eléctrica	SAIDI: 37,7 h-año SAIFI: 48 al año.	SAIDI: 3-5 horas año SAIFI: 2 -5 veces al año
	Propender por un sistema energético de bajas emisiones de GEI.	Emisiones de CO2 asociadas a la producción de energía	35.047 GgCO2eq-año	
		Emisiones de CO2 asociadas al consumo de energía	61.955 Gg CO2eq-año	70.000- 90.000 GgCO2eq-año
Pilar 3. Competitividad y desarrollo económico	Adoptar nuevas tecnologías para el uso eficiente de recursos energéticos.	Porcentaje de energía útil sobre el consumo total de energía final	31%	50 %-70 %
		Intensidad energética	2,29 kJ/COP	1,08 -1,32 kJ/COP
	Promover un entorno de mercado competitivo y la transición hacia una economía circular.	Diferencial inflación precios energía vs. Precios al consumidor	2,2 %	
		Consumo per-cápita de leña	132 ton/mil habitantes	36-70 ton/mil habitantes
Pilar 4. Conocimiento e innovación	Avanzar en la digitalización y uso de datos en el sector energético.	Porcentaje de usuarios con medidor inteligente	1.2%-2-4%	90%-100% de los usuarios
	Estimular la investigación e innovación y fortalecer las capacidades de capital humano	Número de grupos de investigación	210	
		Inversión en ACTI como porcentaje del PIB	0,74%	1%

Nota. Tomado del *Plan Energético Nacional 2020-2050: Resumen Ejecutivo - La transformación energética que habilita el desarrollo sostenible* por la UPME, 2021b.

El Plan identificó tecnologías y acciones para alcanzar sus objetivos. Se evaluaron las posibilidades de abastecimiento de energía, como fuentes hidráulicas, térmicas, hidrocarburos y energías no convencionales. También se contemplaron iniciativas de descentralización y digitalización, así como la renovación de equipos y la sustitución de combustibles. Las iniciativas se clasificaron en 4 escenarios según su madurez tecnológica y su aporte a la mitigación del cambio climático. Los escenarios van desde el más conservador hasta el más ambicioso (UPME, 2021a).

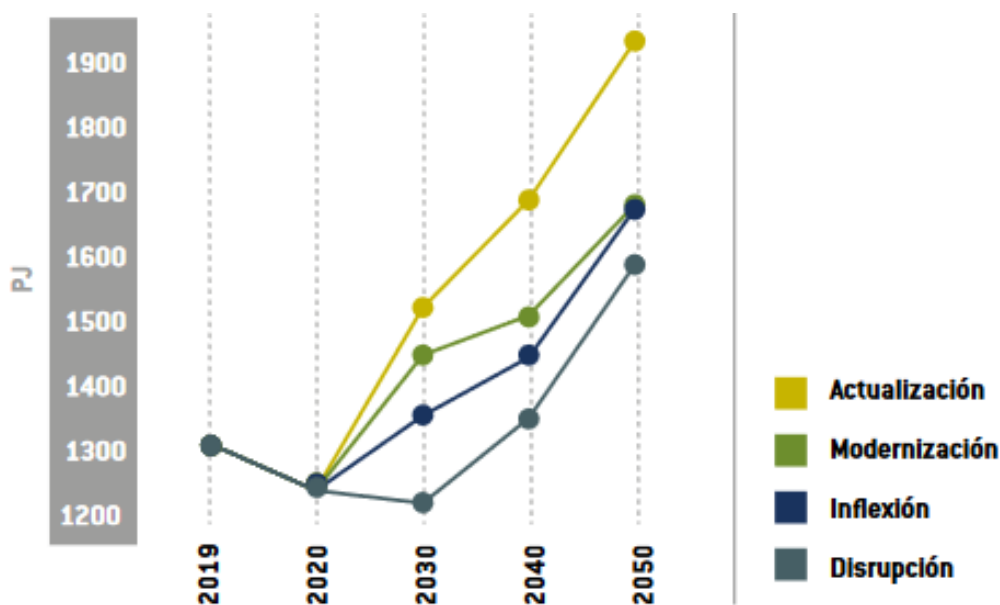
Se contemplan cuatro escenarios energéticos: Actualización, Modernización, Inflexión y Disrupción. El primero se alinea con las tendencias actuales, mientras que el segundo contempla la gasificación como un primer paso hacia la descarbonización. El tercer escenario apuesta por la electrificación de la economía, mientras que el cuarto se enfoca en la innovación para alcanzar la neutralidad de carbono. Los escenarios fueron simulados con un modelo que evalúa la oferta y la demanda de energía durante 30 años y ofrece resultados ambientales, energéticos y económicos (UPME, 2021a).

A continuación, en la Figura 1 se presenta el modelo de simulación de los diferentes escenarios, de los que se evidencia que la proyección de la demanda de energía sufrirá

un incremento constante que oscila entre el 48% y el 21% en comparación con el consumo actual.

Figura 1

Demanda energética por escenario (Petajoules - PJ)



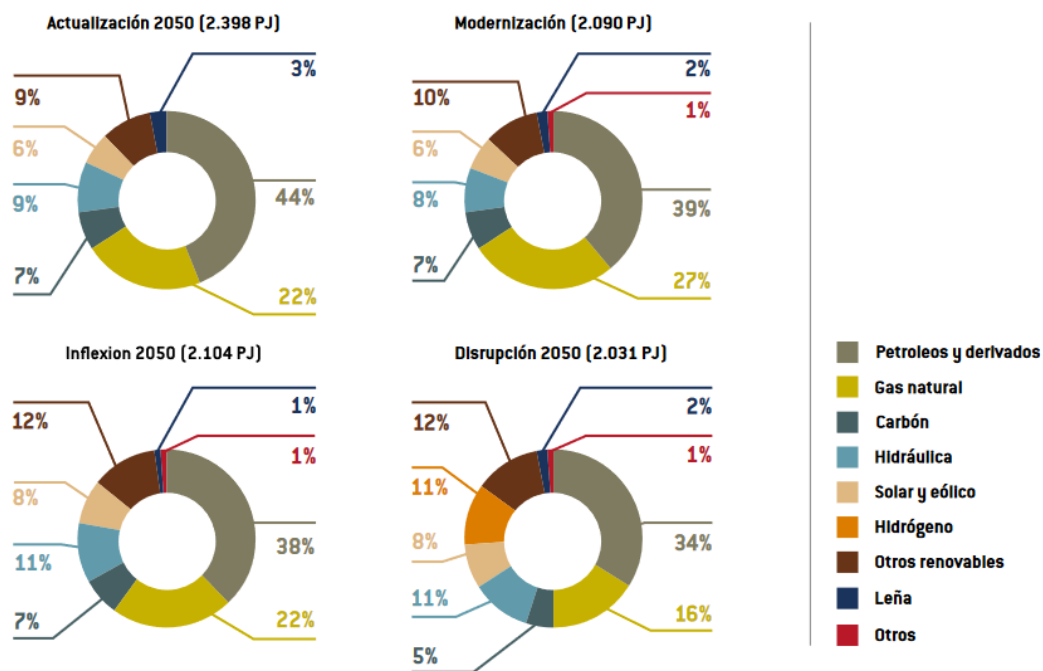
Nota. Tomado del *Plan Energético Nacional 2020-2050: Resumen Ejecutivo - La transformación energética que habilita el desarrollo sostenible* por la UPME, 2021b.

La tasa de aumento en el consumo en comparación con el año 2019 en el contexto de actualización se ubica en un 48%, mientras que en Modernización e Inflexión alcanza el 28%, y en Disrupción se sitúa en un 21%. Las variaciones entre estos escenarios se fundamentan en las divergencias que existen en la adopción de las tecnologías más avanzadas disponibles y en las tasas de progreso a largo plazo del Producto Interno Bruto (UPME, 2021a).

La Figura 2 muestra la representación gráfica de la oferta energética y deja en claro que el petróleo y sus subproductos, incluyendo el Gas Licuado de Petróleo (GLP), seguirán desempeñando un papel importante en la oferta energética. A pesar de que se han considerado diferentes escenarios que implican distintos grados de esfuerzo para reemplazar estos combustibles, se espera que incluso en el escenario más “audaz”, denominado “Disrupción”, el uso de esta fuente de energía siga siendo significativo, representando un 34% de la oferta total (UPME, 2021b).

Figura 2

Composición de la canasta energética

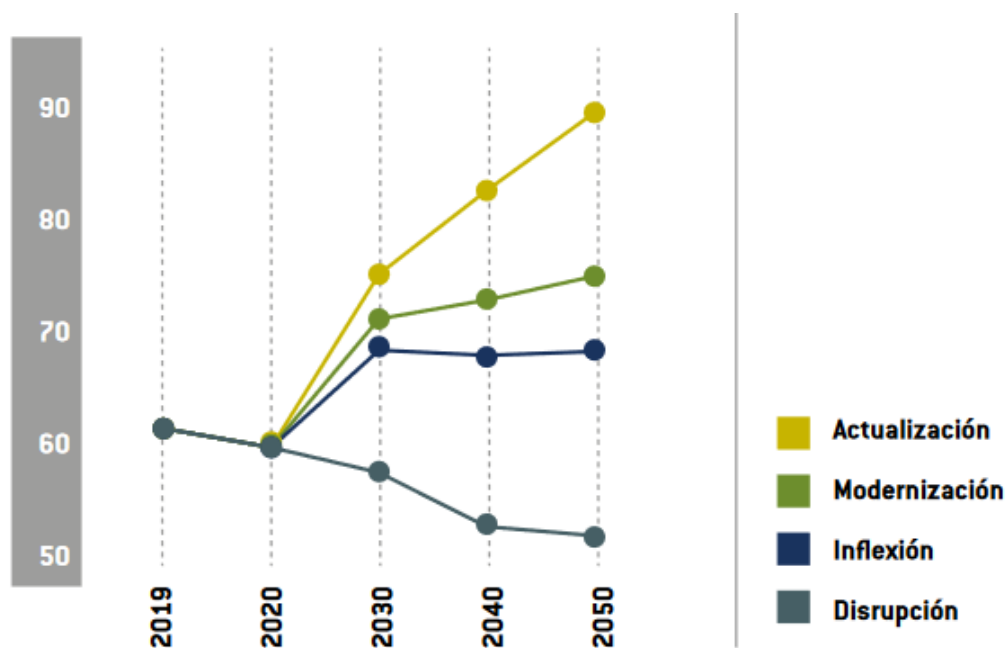


Nota. Tomado del *Plan Energético Nacional 2020-2050: Resumen Ejecutivo - La transformación energética que habilita el desarrollo sostenible* por la UPME, 2021b.

El uso de energías no convencionales, como la energía solar y eólica, junto con el hidrógeno, puede ofrecer una solución viable para aumentar la variedad de recursos energéticos disponibles. En particular, en el escenario de Inflexión, se observa que la energía solar y eólica contribuyen con el 8% y el 12%, respectivamente, de todas las fuentes renovables disponibles. Sin embargo, en el contexto de Disrupción, se destaca una mayor diversificación de los recursos energéticos con un 8% de energía solar, otro 8% de energía eólica, un 11% de hidrógeno y un 12% de otras formas de energía renovable. Esto sugiere que la introducción de fuentes de energía no convencionales y la adopción de soluciones de energía renovable pueden ser una alternativa efectiva y sostenible para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (UPME, 2021a).

Figura 3

Emisiones de CO₂eq por escenario (Gigagramos - Ggr)



Nota. Tomado del *Plan Energético Nacional 2020-2050: Resumen Ejecutivo - La transformación energética que habilita el desarrollo sostenible* por la UPME, 2021b.

Por su parte, la demanda de energía se relaciona directamente con el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero, las cuales se miden en términos de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), como se observa en la **Figura 3**. En el período de tiempo que abarca hasta el año 2050, se ha estimado que los escenarios de Actualización, Modernización e Inflexión darán lugar a niveles de emisiones de 90, 75 y 69 mil gigagramos de CO₂ equivalente, respectivamente. El único escenario que logra reducir las emisiones por debajo del nivel registrado en el año 2019 es el escenario de Disrupción, en el cual se observa una disminución del 16% que equivale a 53 mil gigagramos de CO₂ equivalente (UPME, 2021a).

Tabla 5

Resumen de Mensajes clave

Pilar 1. Seguridad y confiabilidad en el abastecimiento	Pilar 2. Mitigación y adaptación al cambio climático	Pilar 3. Competitividad y desarrollo económico	Pilar 4. Conocimiento e innovación
<ul style="list-style-type: none"> • La demanda de energía aumentará a futuro debido al crecimiento económico y poblacional, por lo que el abastecimiento interno dependerá de la explotación de recursos locales, la diversificación de la matriz y el comercio internacional de energéticos. • Los combustibles fósiles participan de forma importante en la oferta de energía primaria, por tanto, las decisiones nacionales de explotación de hidrocarburos influyen sobre el abastecimiento energético. • La energía renovable se perfila como la fuente principal para la generación eléctrica, sin embargo, requiere de altas inversiones en infraestructura y de capital humano capacitado para la implementación, operación y mantenimiento de estas soluciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para cumplir las metas de reducción de emisiones de GEI, se requiere la adopción de nuevas tecnologías para la generación de energía y, especialmente, para la demanda. Esto incurre en altas inversiones y riesgos ambientales asociados a las iniciativas a desarrollar. • Las señales de mercado y los mecanismos de financiación para el recambio tecnológico son fundamentales para la descarbonización. • Avanzar hacia la carbono neutralidad requiere de la acción conjunta de todos los sectores de la economía del país. Además, se debe incentivar medidas ambiciosas de recambio tecnológico; sustitución de combustibles fósiles e implementación de tecnologías de uso; captura y almacenamiento de carbono; forestación y reforestación; restauración de tierras; y secuestro de carbono en el suelo, entre otras, mediante esquemas de financiación innovadores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alcanzar las metas de eficiencia energética dependerá de los mecanismos de financiación que estén disponibles para la modernización tecnológica. • La estructuración financiera de estas iniciativas debe considerar nuevos esquemas que incorporen aspectos ambientales, sociales y de gobernanza, tales como los Principios de Inversión Responsable (PRI, por sus siglas en inglés). • La evolución en precios de las tecnologías del sector transporte es clave para la diversificación de la matriz, la eficiencia energética y la descarbonización. • La transformación energética ofrece oportunidades de crear una nueva industria nacional y empoderar la economía local, pero requiere la colaboración público-privada para gestionar los riesgos del mercado y otros desafíos emergentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • La transformación energética es la oportunidad de desarrollo para nuevos e innovadores negocios, pues las nuevas soluciones que viabilizarán la descarbonización, descentralización y la digitalización del sector energético desplazarán las tecnologías actuales. • La gestión del conocimiento es necesaria para habilitar la transformación energética y el desarrollo sostenible. Esto, si está basada en la consolidación de una economía circular, facilitada por la formación de capital humano y la investigación científica de alianzas entre la academia y el sector privado. • La automatización, así como la creciente disponibilidad de datos, requiere de capital humano con formación y habilidades distintas a las que el sector ha demandado hasta el momento.

Nota. Tomado de *Fundamentos de carbono neutralidad del Sector Minero Energético* por Ministerio de Minas y Energía, 2021a.

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO DEL SECTOR MINERO ENERGÉTICO 2050

En el año 2018, el Ministerio de Minas y Energía implementó un plan para el sector minero energético del país, conocido como el Plan Integral de Gestión de Cambio Climático del Sector minero energético 2050 (PIGCCme 2050). El objetivo principal de este plan es reducir la vulnerabilidad del sector ante el cambio climático y fomentar un desarrollo sostenible y de bajas emisiones de carbono. Además, con él se busca proteger la sostenibilidad y la competitividad de la industria minero-energética en el país (Ministerio de Minas y Energía, 2021b).

A través del PIGCCme, el Ministerio busca hacer la identificación, la evaluación y dar una guía para la inclusión de estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero y de adaptación al cambio climático en la planificación por sectores. Esta iniciativa es fundamental para el sector, ya que ayuda a fortalecer y proteger la industria ante los efectos del cambio climático.

El PIGCCme se ha establecido dentro de un periodo de tiempo de 12 años, comprendido entre 2018 y 2030. Este plan se estructura en tres componentes fundamentales: mitigación, adaptación y gobernanza. Cada uno de estos componentes se divide en distintas líneas estratégicas específicas que se orientan hacia objetivos definidos. En la Figura 4 que se encuentra a continuación se esquematiza esta dicha división.

Figura 4

Esquema de componentes del PIGCCme

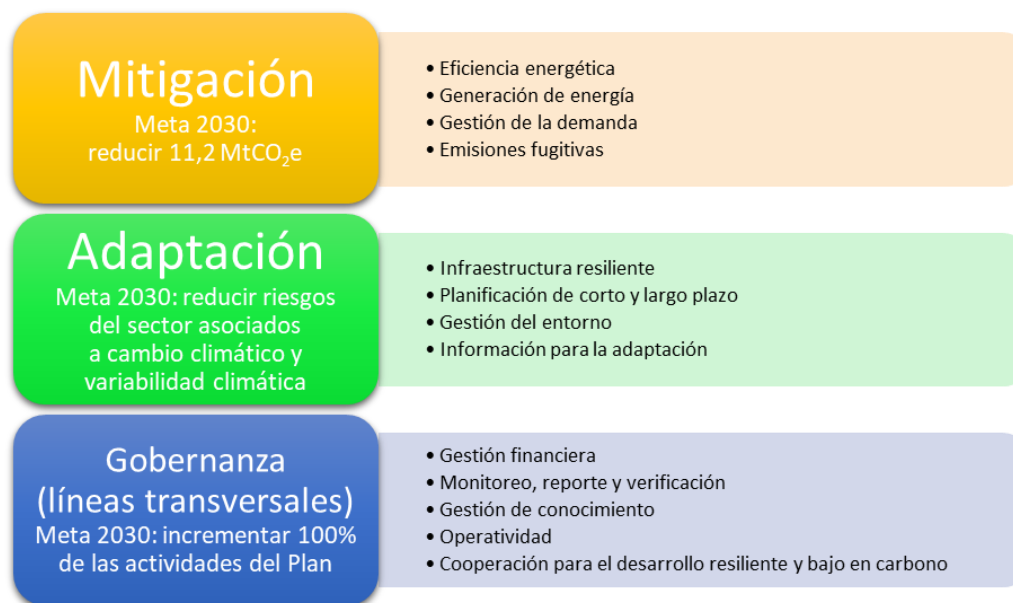


Nota. Tomado del *Plan integral de gestión del cambio climático del sector minero energético 2050* por Ministerio de Minas y Energía, 2021b.

Asimismo, el PIGCCme tiene asociadas metas que deben ser evaluadas en el año 2030, con el fin de medir el éxito del plan en la consecución de sus objetivos y su impacto en el sector minero energético del país. La evaluación de estas metas permitirá determinar si se han alcanzado los resultados esperados en cada uno de los componentes y líneas estratégicas del plan, y así poder tomar medidas necesarias para mejorar el desempeño en los años siguientes. En definitiva, el PIGCCme se concibe como un instrumento de planificación a largo plazo, que busca fomentar un desarrollo sostenible y responsable del sector minero energético en el país, en el marco de una estrategia de adaptación al cambio climático y de mitigación de los impactos ambientales negativos de la industria.

Figura 5

Metas propuestas en el PIGCCme



Nota. Adaptado de *Fundamentos de carbono neutralidad del Sector Minero Energético* por Ministerio de Minas y Energía, 2021a.

ANDI Y SECTOR ENERGÉTICO

ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS DE COLOMBIA

La Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) es una agremiación sin ánimo de lucro, nacida en la ciudad de Medellín como persona jurídica de derecho civil, durante el mes de septiembre de 1944, siendo desde ese entonces el gremio de empresas más importante a nivel nacional. La ANDI tiene como fin promover el desarrollo económico, ambiental y social de Colombia rigiéndose bajo las líneas de la democracia participativa, el fomento de libre empresa y la competitividad empresarial (ANDI, 2022).

La agremiación está integrada por un aproximado de 1 400 empresas, pertenecientes a todos los sectores económicos, de origen nacional o extranjero con presencia en el territorio colombiano, abarcando en conjunto cerca del 40% del PIB del país. Se organiza según subsectores en veintiséis Cámaras Sectoriales; por ubicación geográfica, en trece Seccionales; además de esto cuenta con

doce Áreas Transversales que tratan temas de interés para distintos sectores, en la Tabla 6 se enuncia cada una de ellas.

Tabla 6

Cámaras sectoriales, Seccionales y Áreas transversales de la ANDI

Cámaras Sectoriales	Seccionales	Áreas Transversales
<ul style="list-style-type: none"> ● Aseguramiento de la Salud ● Dispositivos Médicos e Insumos para la Salud ● Emprendimiento y Aceleración - ANDI del Futuro ● Fedemetal ● Fedemol ● Gases Industriales y Medicinales ● Grandes Consumidores de Energía y Gas ● Hidrógeno ANDI Naturgas Induarroz ● Industria de Alimentos ● Industria Alimentos Balanceados ● Industria Automotriz ● Industria de Bebidas ● Industria Cosmética y de Aseo ● Industria Digital y Servicios ● Industria de Electrodomésticos ● Industria de Sabores y Fragancias ● Industria Farmacéutica ● Industria Pulpa, Papel y Cartón ● Instituciones para el Cuidado de la Salud ● Marítima y Portuaria ● Moda y Textiles ● Procultivos ● Proveedores y Canales de Distribución ● Sectorial de Transporte de Pasajeros ● Servicios Legales ● Zonas Francas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Antioquia ● Atlántico - Magdalena ● Bogotá - Cundinamarca - Boyacá ● Bolívar ● Caldas ● Cauca ● Llanos Orientales y Orinoquía ● Risaralda - Quindío ● Santander ● Norte de Santander ● Tolima - Huila ● Valle del Cauca ● Mesa Más La Guajira 	<ul style="list-style-type: none"> ● Asuntos Jurídicos ● Centro Nacional del Agua y la Biodiversidad ● Desarrollo Económico y Competitividad ● Dirección de Industria ● Dirección Internacional y Aprovechamiento de acuerdos comerciales ● Estrategia y Desarrollo ● Fundación ANDI Gerencia y Arquitectura Social ● Gerencia de Logística, Transporte e Infraestructura ● Innovación y Emprendimiento ● Vicepresidencia de Minería, Hidrocarburos y Energía ● Vicepresidencia de Desarrollo Sostenible ● Transformación Digital

Nota. Elaboración propia con información de ANDI, s.f. a.

La ANDI funciona como un ente articulador entre el sector privado, el sector público, la academia, la sociedad civil y el entorno internacional, Trabaja mediante la provisión de servicios a las empresas que se encuentran afiliadas, enmarcándose éstos en la vocería y representación de las empresas frente a otros sectores; las relaciones empresariales; el suministro y análisis de información; la convocación a comités donde se tratan temas coyunturales o de interés para el sector al que pertenecen las empresas; asesoría; representación internacional; invitación a eventos y como centro de negocios (ANDI, s.f. a).

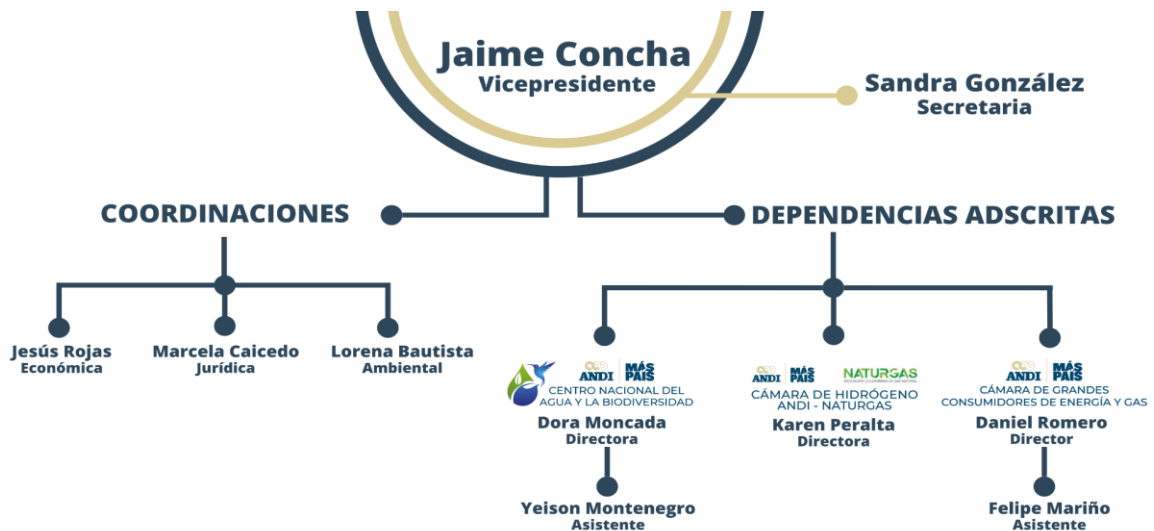
La ANDI tiene su sede principal ubicada en la ciudad de Medellín. No obstante, la entidad cuenta con diversas sedes ubicadas en diferentes ciudades de Colombia, tales como Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Cartagena, Cúcuta, Ibagué, Manizales, Pereira, Santander de Quilichao y Villavicencio. La presencia de la ANDI en varias regiones del país permite la realización de diversas actividades y servicios que fortalecen el desarrollo empresarial y económico del territorio nacional (ANDI, s.f. a).

VICEPRESIDENCIA DE MINERÍA, HIDROCARBUROS Y ENERGÍA

La Vicepresidencia de Minería, Hidrocarburos y Energía (VP MHE) es un área transversal de la ANDI en donde se articulan las necesidades de los tres sectores mencionados en su nombre, correspondiente al 13,5% del PIB nacional junto con las distintas seccionales de la agremiación, atendiendo temas ambientales, sociales, económicos, jurídicos y logísticos, Esto mediante un comité minero energético, mesa de energía y gas, ruedas de negocios y agendas de trabajo intersectoriales, De igual forma, la vicepresidencia comanda distintos eventos a nivel nacional y regional alrededor de la agenda de desarrollo y competitividad de los tres sectores (ANDI, s.f. b).

Figura 6

Organización interna de la VP MHE



Nota. Tomado de ANDI, 2023.

La VP MHE se soporta en los pilares estratégicos de la organización y se orienta a:

- el Desarrollo social y sostenible, gracias al comité ambiental minero energético

- el seguimiento de legislación y normativa ambiental
- la mesa de movilidad sostenible y el centro nacional del agua y la biodiversidad
- la certidumbre jurídica, a través de la Mesa de facilitación y mejoramiento de trámites y el seguimiento legislativo en materia que atañe al sector
- el reposicionamiento del papel de la empresa mediante los eventos de Colombia genera, Feria ANDI y el congreso de cambio climático y transición energética
- el crecimiento de los sectores representados y competitividad con ruedas de negocio y despiece tecnológico

OBJETIVOS

GENERAL

Determinar los procesos de transición energética en el contexto internacional y nacional, y como la ANDI avanza en los procesos de optimización.

ESPECÍFICOS

1. Analizar la situación actual de los métodos empleados en los procesos de transición energética a nivel mundial y en Colombia.
2. Formular una herramienta para conocer el estado actual de cumplimiento por parte de las empresas afiliadas a la ANDI en la transición energética.

RESULTADOS

ESTADO DEL ARTE

ESTADO DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA

CONTEXTO MUNDIAL

La transición energética es definida por Vaclav Smil (2010) como "el cambio en la composición (estructura) del suministro de energía primaria, el desplazamiento gradual de un patrón específico de provisión de energía hacia un nuevo estado de un sistema energético". Por su parte, Araújo (2014) la define como "el cambio en la naturaleza y el patrón de cómo se usa la energía en un sistema, incluidos los cambios asociados con el tipo de combustible, el acceso, el abastecimiento, la entrega, la confiabilidad o el uso final."

A través de la historia de la humanidad se han llevado a cabo distintos procesos de cambio en las formas de aprovechar la energía los cuales van acorde con las definiciones de transición energética anteriormente mencionadas. Así, los cazadores-recolectores fueron los primeros en emplear fuentes de energía, quienes utilizaron el fuego como fuente de iluminación y generación de calor por medio del uso de la biomasa que encontraban en su entorno como combustible. En la historia reciente de la humanidad es posible identificar tres transiciones energéticas como consecuencia del avance de la ciencia y del desarrollo de nuevas tecnologías.

La primera transición se dio con el sedentarismo, que obligó a los humanos a buscar nuevas fuentes de energía para satisfacer sus necesidades. El perfeccionamiento en la técnica de obtención y manejo del fuego permitió la creación de herramientas metálicas y la aparición de los primeros molinos impulsados por el viento y el agua. Sin embargo, con el aumento del consumo de los hogares y la industria, la leña y el carbón se convirtieron en las principales fuentes

de energía utilizadas en Europa y América durante varios siglos. La Tabla 7 muestra la transición en la matriz energética a lo largo del periodo de 1800 a 1940. Se observa que inicialmente la biomasa representaba el 98,3% de la matriz energética, pero para la década de 1940 esta cifra se redujo significativamente a solo el 31,6%, siendo superada por el carbón como fuente energética dominante. A pesar de los problemas ambientales generados por su utilización, los avances tecnológicos de la época permitieron nuevas formas de utilización del carbón, como la producción de gas y la generación de energía eléctrica.

Tabla 7

Proporción de la matriz energética desde 1800 hasta 1940

Año	Biomasa Tradicional % del mix energético	Carbón % del mix energético
1800	98,3%	1,7%
1820	97,6%	2,4%
1840	95,1%	4,9%
1860	86,8%	13,3%
1880	73%	26,7%
1900	50,4%	47,2%
1920	38,4%	54,4%
1940	31,6%	50,7%

Nota. Tomado de *Energy Transitions: Global and National Perspectives* por Smil, 2016.

La segunda transición ocurre con la primera Revolución Industrial, que se inició en Inglaterra a mediados del siglo XVIII, trajo consigo importantes avances en la producción de bienes y servicios, gracias al desarrollo de nuevas tecnologías y sistemas de producción. Uno de los grandes inventos de la época fue la máquina de vapor, una máquina de fluido térmica motor capaz de proporcionar potencias de 5 a 10 kW (Lovland, 2007). La máquina de vapor tuvo un impacto significativo en la producción de energía y fue clave para la mecanización de la industria textil, la agricultura y el transporte, lo que permitió un aumento considerable en la productividad y la eficiencia de la producción en la industria.

Por otra parte, a finales del siglo XIX, el aceite mineral empezó a ganar lugar como recurso energético en todo el mundo, provocando una gran transformación en la forma en que la humanidad aprovechaba la energía. El bajo precio del petróleo, debido a su abundancia para ese tiempo, estimuló el consumo de queroseno y la sustitución del carbón en los hogares, lo que tuvo un impacto importante en la calidad de vida de las personas. El petróleo se convirtió en la principal fuente de energía utilizada por la humanidad, sustituyendo al carbón de uso doméstico, industrial y en el transporte.

La demanda de petróleo aumentó rápidamente con la invención de los motores eléctricos y los motores de combustión interna, lo que generó un auge en la exploración y extracción de petróleo a nivel mundial. A partir de entonces, el petróleo pasó a ser uno de los recursos energéticos más importantes del mundo, teniendo un impacto significativo en la economía, la política y la sociedad en general. En la Tabla 8 se muestra la proporción de la matriz energética desde 1950 hasta 2000.

Tabla 8

Proporción de la matriz energética desde 1950 hasta 2000

Año	Carbón % del mix energético	Petróleo % del mix energético	Gas natural % del mix energético
1950	44,4%	19,1%	7,3%
1960	37%	26,6%	10,7%
1970	25,7%	40,2%	14,5%
1980	23,8%	40,6%	16,3%
1990	24,4%	35,5%	18,4%
2000	22,5%	35,1%	19,7%

Nota. Tomado de *Energy Transitions: Global and National Perspectives* por Smil, 2016.

Dentro de esta segunda transición también se encuentra la producción de energía nuclear estableciéndose la central Obninsk, para el año 1954, la primera central nuclear en la entonces Unión Soviética que contaba con una capacidad instalada de 6 MW. A pesar de su potencial para generar grandes cantidades de energía, la energía nuclear también ha sido objeto de controversia debido a los altos costos de instalación y mantenimiento, así como a los riesgos asociados con la tecnología. Los accidentes nucleares, como los ocurridos en Three Mile Island, Chernóbil y Fukushima, han demostrado la necesidad de ser extremadamente cautelosos en la gestión de la energía nuclear y de asegurar que las centrales nucleares operen de manera segura y responsable. A pesar de los desafíos asociados con la energía nuclear, su capacidad para generar grandes

cantidades de energía la convierte en una fuente importante de energía para el futuro (Petros'yants, 1984).

A finales del siglo XIX, inició una tercera transición energética con la creación de centrales hidroeléctricas para la generación de electricidad. Este avance tecnológico permitió aprovechar la fuerza del agua como fuente de energía renovable, lo cual revolucionó la forma en que se producía y utilizaba la electricidad en todo el mundo. Las centrales hidroeléctricas se convirtieron en una alternativa más limpia y sostenible a las fuentes de energía tradicionales, brindando una nueva era de desarrollo y progreso en el campo de la energía.

Además de las centrales hidroeléctricas, la transición hacia energías renovables ha permitido la incorporación gradual de la energía solar y eólica a la matriz energética global, aumentando su participación en la producción de energía a nivel mundial. En la actualidad, se están concentrando esfuerzos en la producción de energía a partir del hidrógeno, debido a que se considera más eficiente, no genera emisiones y es útil tanto como vector energético como fuente primaria de energía. En la Tabla 9 se muestra, en cifras, cómo ha cambiado la matriz energética en las dos últimas décadas.

Tabla 9

Proporción de la matriz energética desde 2000 hasta 2020

Año	Biomasa tradicional % del mix energético	Renovables % del mix energético	Combustibles fósiles % del mix energético	Energía nuclear % del mix energético
2000	10,2%	6,6%	77,3%	5,9%
2005	8,7%	6,5%	79,4%	5,4%
2010	7,7%	7,7%	79,9%	4,7%
2015	6,9%	9,2%	79,9%	4%
2020	6,7%	11,2%	78%	4%

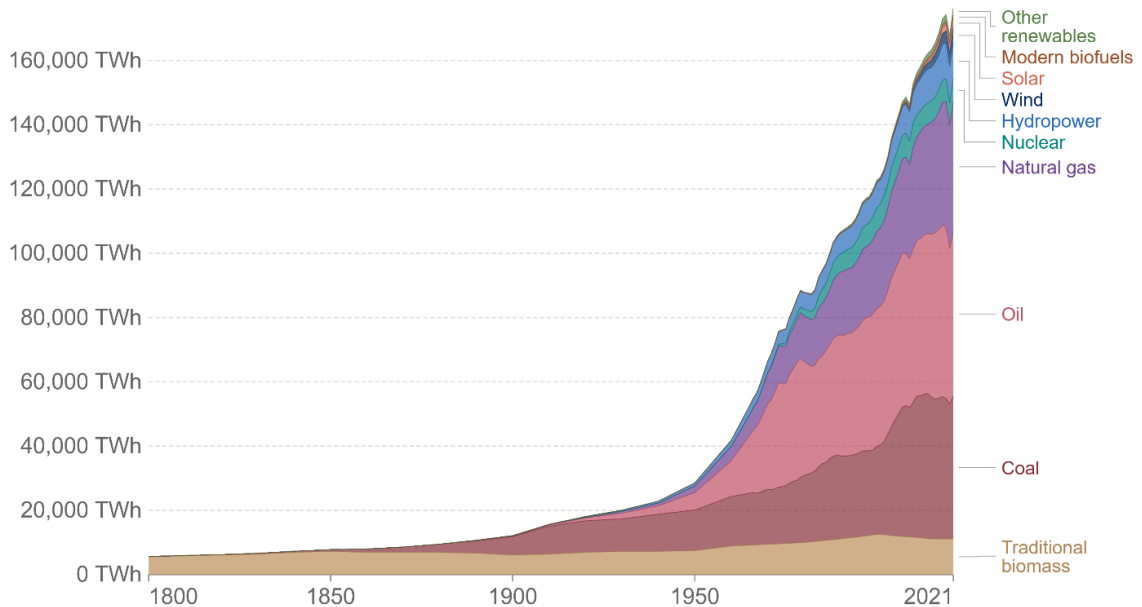
Nota. Tomado de *Statistical Review of World Energy 2020* por BP p.l.c., 2019.

Estas nuevas fuentes de energía renovable deben desempeñar un papel fundamental en la diversificación de la canasta energética, haciendo que sea más pronta la transición hacia un modelo energético sostenible. Este enfoque es necesario porque el actual modelo energético enfrenta dos desafíos importantes: el agotamiento de los combustibles fósiles y el impacto ambiental negativo que su extracción y uso generan en el planeta. La solución a estos problemas radica en la adopción de fuentes de energía renovables, capaces de proporcionar energía limpia, abundante y sostenible para las necesidades presentes y futuras de la humanidad y de igual forma

contribuir con el cumplimiento de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible). En la *Figura 7* se evidencia como ha venido aumentando el consumo de energía a lo largo de la historia.

Figura 7

Historico de consumo de energía global desde 1800 al presente



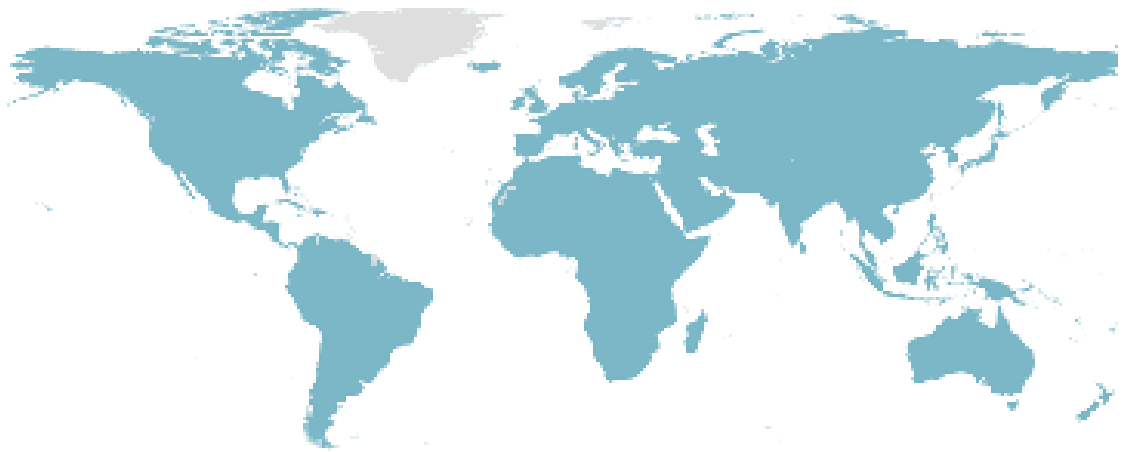
Nota. Gráfica tomada de Our World in Data (2021), con datos de *Energy Transitions: Global and National Perspectives* y *Statistical Review of World Energy 2022*.

CAMBIO CLIMÁTICO

El *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (IPCC) es una organización de las Naciones Unidas que se estableció en 1988 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Este grupo tiene el objetivo de evaluar la información científica que hay disponible sobre el cambio climático y proporcionar informes periódicos a los líderes políticos. Los 195 Estados miembros de la ONU (figura 8) y la OMM son parte del IPCC y colaboran miles de personas en todo el mundo (IPCC, s.f.).

Figura 8

Estados miembros de la ONU a 2023



Nota. Tomado de Organización de las Naciones Unidas [ONU], s.f.

Los expertos que se encargan de llevar a cabo el desarrollo del informe trabajan de manera voluntaria, haciendo la evaluación de miles de artículos científicos que son publicados cada año para proporcionar un resumen detallado sobre el cambio climático, las causas de este, los impactos, los riesgos y las formas de reducirlos a través de la adaptación y la mitigación. La revisión abierta y transparente de esos expertos y de los Estados miembros es de suma relevancia para garantizar una evaluación objetiva y completa que refleje una amplia gama de opiniones y conocimientos especializados.

El IPCC tiene tres grupos de trabajo donde cada uno se centra en diferentes factores del cambio climático. El primero lo hace en la base física del cambio climático; el segundo, en los impactos y la vulnerabilidad relacionados con él, y el tercero, en la mitigación del mismo. De igual forma, cuenta con un grupo especial, que desarrolla distintas metodologías para medir las emisiones y las remociones dadas de GEI. Los informes del IPCC a su vez proporcionan información científica a los gobiernos de todos los niveles que pueden utilizar para desarrollar políticas climáticas y son una contribución fundamental en las negociaciones internacionales sobre el cambio climático (IPCC, 2023a).

Desde su creación, el IPCC ha publicado seis informes de evaluación, el primero en 1990 y el más reciente en este año 2023, y que han servido como referencia clave para el establecimiento de acuerdos internacionales sobre el cambio climático. Estos informes son la base de un conocimiento global y compartido que permite tomar decisiones fundamentadas en la lucha contra el cambio climático y avanzar hacia un futuro más sostenible. Estos informes garantizan la precisión, imparcialidad y transparencia de su contenido mediante un proceso de elaboración y revisión en varias etapas. Los informes son redactados por expertos y luego sometidos a revisión por otros expertos y miembros de los Estados para asegurar que la información científica presentada sea confiable y de alta calidad.

Cabe resaltar que la publicación más reciente de primer grupo de trabajo del sexto IPCC fue realizada en el último trimestre, se publicó que el objetivo de mantener el calentamiento global por debajo de 1,5°C requiere que las emisiones de dióxido de carbono netas se

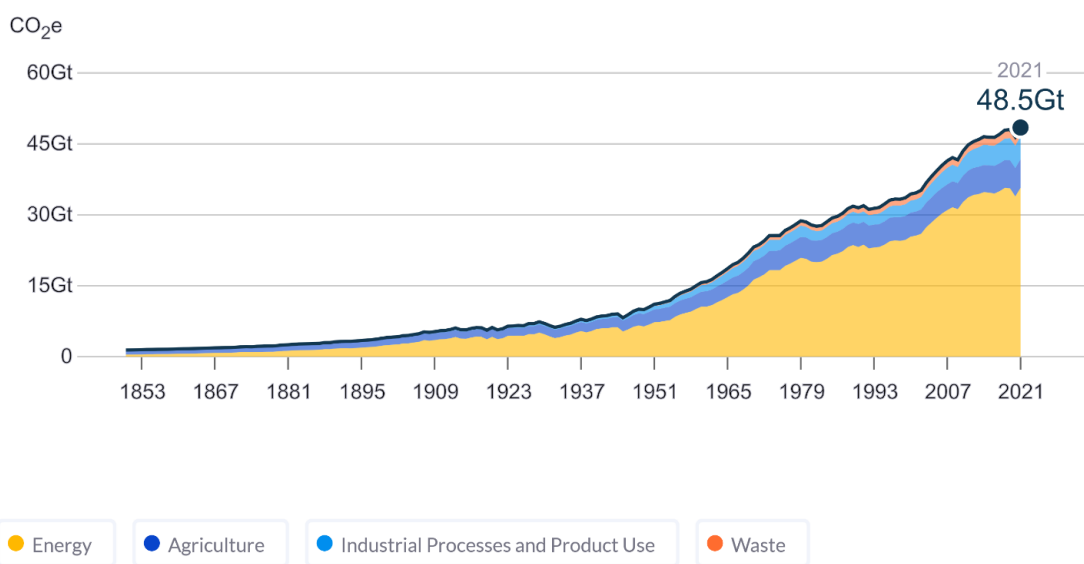
reduzcan hasta cero para lo que sería los principios de la década de 2050, lo que significa que sólo se pueden emitir 500 Gt netas de CO₂. Pero se menciona que las emisiones que provienen de la infraestructura para los combustibles fósiles que hay en la actualidad y la que hay planificada, puede superar ese límite en un nivel aproximado del 67% es decir 335 Gt de CO₂, lo que lleva a una preocupación sobre la dependencia y el impacto en el medio ambiente. Para evitar lo antes mencionado, se sugieren estrategias como la eliminación de la infraestructura existente de combustibles fósiles, la cancelación de nuevos proyectos, la modernización de las plantas de energía con tecnologías de captura y almacenamiento de carbono, y el aumento del uso de fuentes de energía renovables (IPCC, 2023b).

Siguiendo con esta misma línea, el uso de carbón, petróleo y gas deberá reducirse significativamente a nivel mundial, especialmente en el caso del carbón, que prácticamente se espera que se elimine para el año 2050. También se habla de posibles riesgos económicos en un futuro por la inversión que aún se viene dando en proyectos de generación de energía eléctrica a partir del carbón. Por esto, se requiere un cambio de rumbo en el sector energético a nivel mundial para lograr los objetivos climáticos y reducir el impacto en el medio ambiente (IPCC, 2023b).

El incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero ha sido impulsado por dos factores interconectados: el aumento de la población y el crecimiento económico (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2014). Este último ha demostrado ser particularmente significativo en relación con las emisiones de CO₂ producidas por la quema de combustibles fósiles. Para comprender mejor el contexto en que se encuentran las emisiones de gases de efecto invernadero por sectores se presenta en la Figura 9 el histórico de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial desde 1850, particularmente incluidos en el protocolo de Kioto, desglosado por sectores (BID, 2014).

Figura 9

Histórico de emisiones por sectores de gases de efecto invernadero desde 1850 a 2021

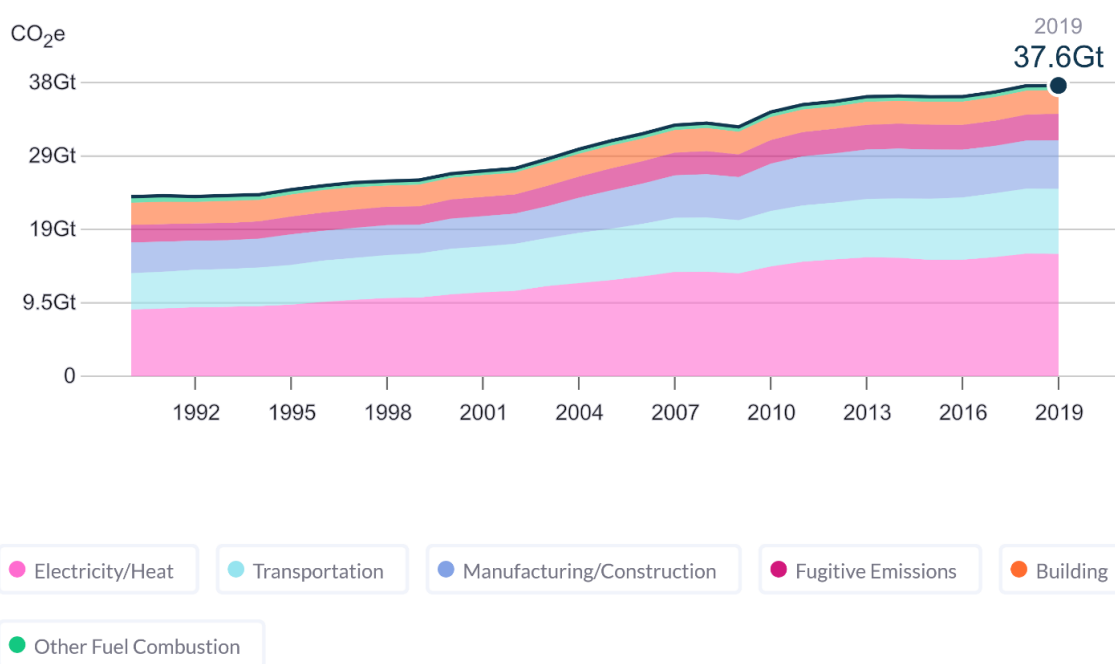


Nota. Gráfica obtenida aplicando filtros en Climate Watch, 2022a, con datos del Postdam Institute For Climate Impact Research [PIK].

La Figura 9 revela que el sector energético ha sido el principal emisor de gases de efecto invernadero durante el último siglo, superando significativamente a otros sectores económicos. Este predominio se ha mantenido inalterada a lo largo del tiempo, en gran medida debido a las emisiones derivadas de la quema de combustibles fósiles, los cuales se emplean mayormente en la generación de electricidad, transporte y calefacción. Dicho factor ha sido el principal determinante del crecimiento constante de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial. Para profundizar en la información, se presentan los datos de la Figura 10, que reflejan las emisiones más destacadas en las distintas zonas que componen el sector energético a nivel global.

Figura 10

Histórico de emisiones de gases de efecto invernadero dentro del sector energético desde 1990 a 2019



Nota. Gráfica obtenida aplicando filtros en Climate Watch, 2022b, con datos del World Resources Institute.

El acuerdo de París fue alcanzado el 12 de diciembre de 2015 durante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y fue suscrito por 195 países. El objetivo central del acuerdo es “limitar el calentamiento global por debajo de los 2 grados centígrados y, en lo posible, por debajo de 1,5 grados centígrados sobre los niveles preindustriales” (Acuerdo de París, 2015). Este objetivo se considera fundamental para prevenir daños irreversibles al planeta. Dado que la acumulación de emisiones de CO₂ contribuye al aumento de la temperatura, los países firmantes reconocen la necesidad de reducir las emisiones de manera significativa, sin afectar el desarrollo económico (Acuerdo de París, 2015).

En consonancia con el Acuerdo de París, los países firmantes asumieron el compromiso de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar su capacidad de adaptación mediante la formulación y aplicación de una Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés), lo cual se considera el eje central del Acuerdo. Las NDC son una herramienta que permite a cada país establecer objetivos específicos de mitigación y adaptación para hacer frente a los efectos del cambio climático. A partir de 2020, los países deben revisar y actualizar sus NDC cada 5 años y aumentar la ambición de sus metas en cada actualización (Acuerdo de París, 2015).

Con base en los compromisos de mitigación del cambio climático, desde el PNUMA se publica anualmente el Informe sobre la Brecha de Emisiones o en inglés *Emissions Gap Report*, que se basa en datos científicos para evaluar la discrepancia existente en las emisiones de GEI a nivel mundial, en caso de que los países no cumplan con sus compromisos de mitigación del cambio climático, y cómo deberían ajustarse para evitar sus consecuencias más graves. Además, este informe anual identifica áreas críticas que requieren atención para reducir la brecha de emisiones centrándose en temas específicos de interés que hayan surgido durante el último año.

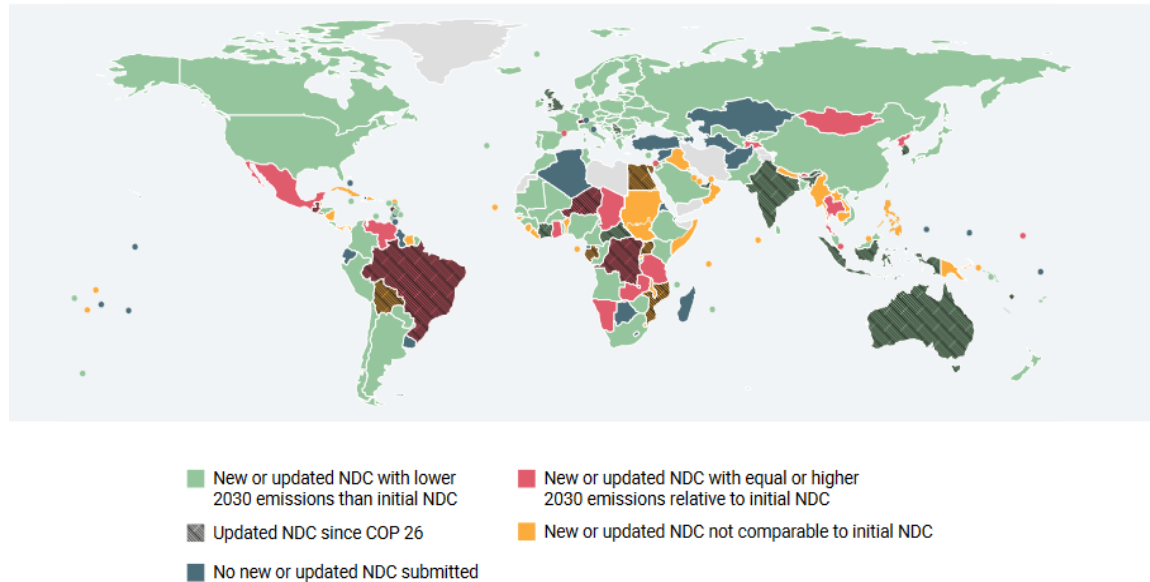
En el último Informe sobre la Brecha de Emisiones de 2022 se tuvo como uno de sus puntos clave que, a pesar de los llamados a fortalecer las NDC para 2030, el progreso realizado después de la COP26 en Glasgow ha sido insuficiente. De hecho, las NDC presentadas solo representan menos del 1% de las emisiones globales proyectadas para 2030, lo que indica que se necesita una acción más fuerte para alcanzar el objetivo del Acuerdo de París. Además, aunque el 91% de las naciones han enviado sus NDC nuevas y actualizadas, la mayoría de los miembros del G20 recién están comenzando a implementar esfuerzos para cumplir con sus objetivos. Por lo tanto, es imperativo que se tomen medidas más sólidas para reducir los gases de efecto invernadero en niveles sin precedentes durante los próximos ocho años para cumplir con los objetivos establecidos (United Nations Environment Programme [UNEP], 2022).

Para cumplir con las promesas para 2030, según el informe, se requiere una acción de mitigación y adaptación más sólida por parte del G20. Los esfuerzos recién implementados no serán suficientes para lograr una reducción significativa en las emisiones de gases de efecto invernadero. En resumen, es fundamental que se fortalezcan las acciones de mitigación y adaptación para cumplir con el objetivo del Acuerdo de París de limitar el calentamiento global a menos de 1,5°C. Si no se toman medidas urgentes, las consecuencias del cambio climático serán catastróficas para el planeta y sus habitantes (UNEP, 2022).

La Figura 11 ilustra la distribución de países en relación con el efecto que las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) nuevas o actualizadas tendrán en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el año 2030 en comparación con las NDC iniciales.

Figura 11

Efecto de las NDC nuevas o actualizadas en las emisiones de GEI de 2030 en relación con las NDC iniciales

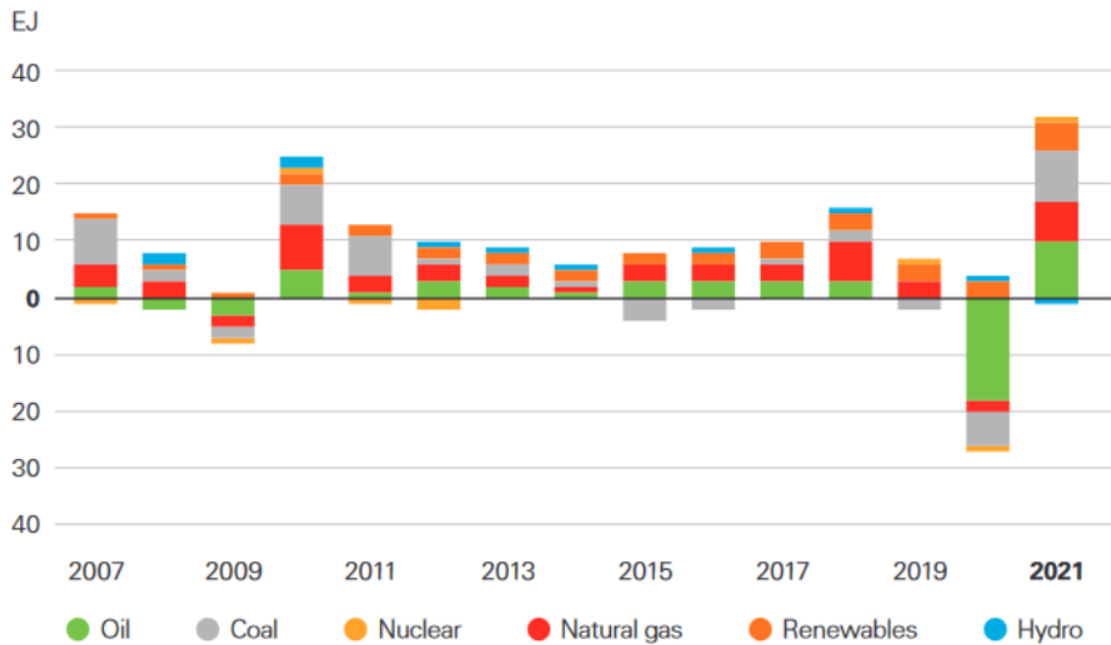


Nota. Tomado de *Emissions Gap Report 2022* por UNEP, 2022.

Según el *BP Statistical Review of World Energy (2022)*, durante el año 2021 se registró un aumento significativo del 5,8% en la demanda de energía primaria, superando incluso los niveles alcanzados en el año 2019 en un 1,3%. En el mismo período, se observó un incremento de más de 8 EJ en la producción de energía renovable, mientras que el consumo de combustibles fósiles se mantuvo prácticamente sin cambios. En el último año, los combustibles fósiles representaron el 82% del consumo de energía primaria, lo que supone una disminución del 1% respecto a los niveles registrados en 2019, y una reducción del 3% en comparación con los datos de hace cinco años. Es importante destacar que el mayor crecimiento se produjo en las economías emergentes. En la Figura 12 se presenta la variación de la energía diferenciada por combustible y en unidad de exajoules (BP p.l.c., 2022).

Figura 12

Variación de energía primaria por combustible



Nota. Tomado de *Statistical Review of World Energy 2022* por BP p.l.c., 2022.

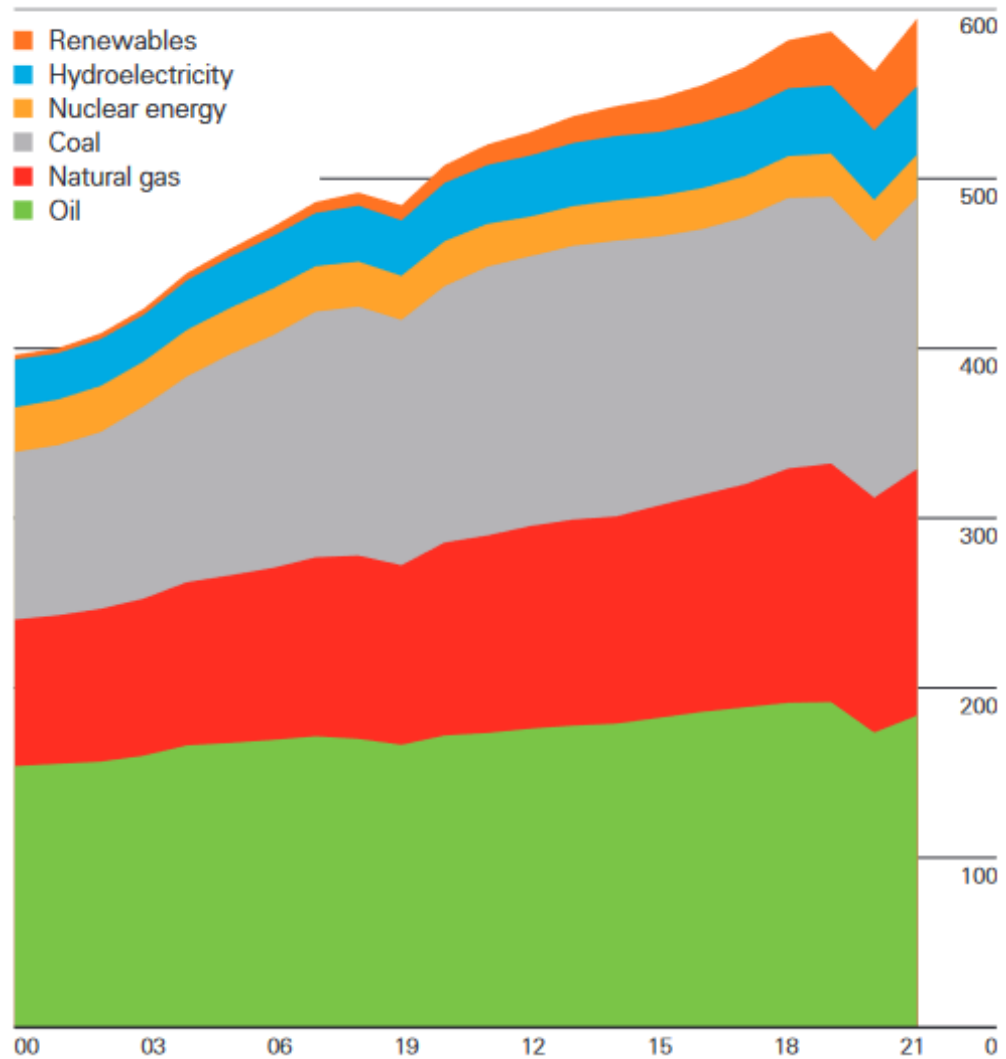
Además, durante el año 2021, se experimentó un incremento del 5,7% en las emisiones de dióxido de carbono generadas por el consumo energético, procesos industriales, quema en antorcha y metano (en términos de dióxido de carbono), alcanzando un total de 39,0 Gt de CO₂ equivalente. Asimismo, las emisiones de dióxido de carbono provenientes del uso de energía aumentaron en un 5,9%, hasta los 33,9 Gt de CO₂, cifras similares a las registradas en 2019. Se atribuye este aumento en las emisiones de carbono del año 2021 al repunte del crecimiento económico (BP p.l.c., 2022).

MATRIZ ENERGÉTICA

Considerando lo anterior con respecto a la relevancia del sector energético en cuanto a su incidencia en las emisiones de GEI, resulta oportuno examinar la matriz energética. Por lo que se refiere al consumo de energía a nivel mundial se tiene una tendencia al uso de combustibles fósiles, con el petróleo como principal fuente de energía, seguido por el carbón y el gas natural (BP p.l.c., 2022). En 2021, la demanda de petróleo alcanzó los 184,21 EJ equivalente a 94 088 millones de toneladas, lo que supuso un aumento de 5 342 millones en comparación con el año anterior. El carbón, por su parte, representó 160,10 EJ, disminuyendo 151,07 EJ en relación con el año anterior, mientras que el gas natural fue responsable de 145.33 EJ, aumentando en 632 EJ respecto al año anterior, como se muestra la figura 13 (BP p.l.c., 2022).

Figura 13

Crecimiento del consumo de energía desde 2000 a 2021



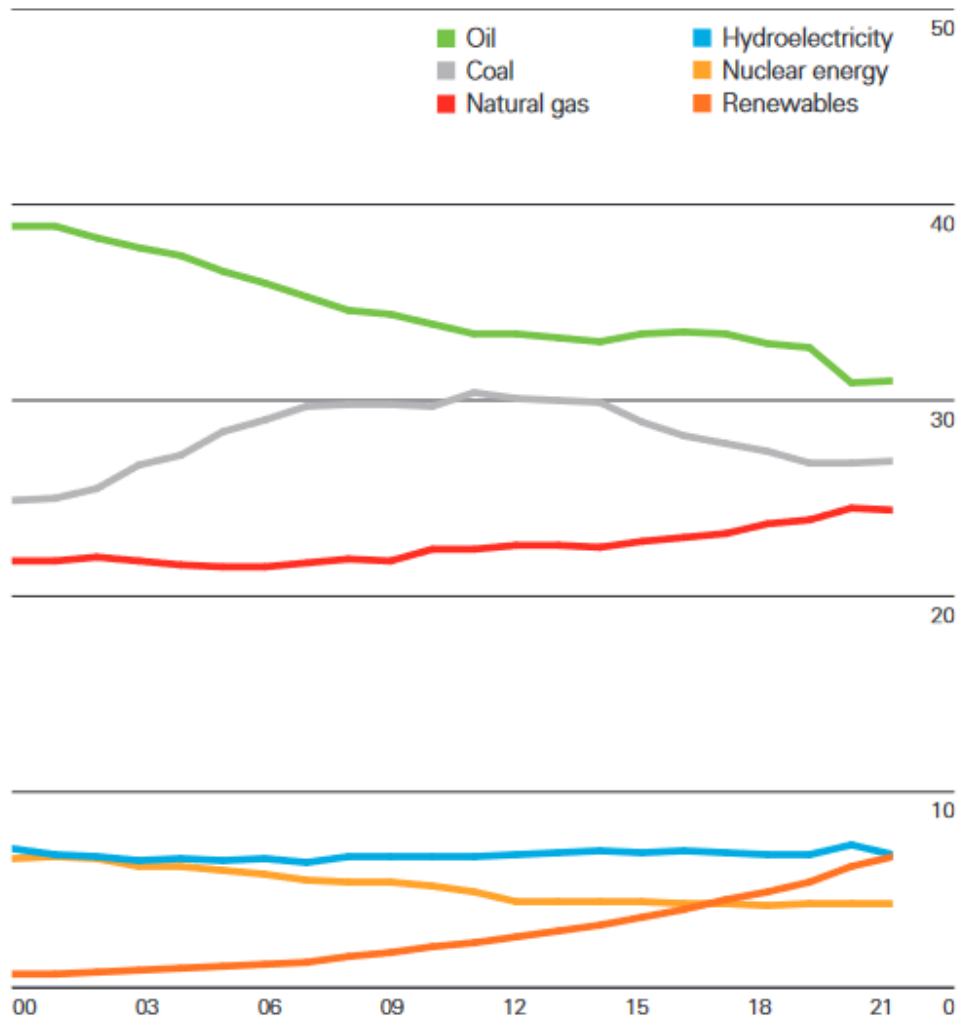
Nota. En el eje x se presenta el tiempo en años y en el eje y la energía en EJ.

Tomado de *Statistical Review of World Energy 2022* por BP p.l.c., 2022.

Tal como se puede apreciar en la Figura 14, se observa una disminución progresiva en la proporción de la participación de combustibles fósiles, como el petróleo y el carbón, mientras que las energías renovables y el gas natural han venido en aumento. Este incremento se debe principalmente al rápido desarrollo de fuentes de energía renovable en todo el mundo, y a que estas cubrieron el 90% del crecimiento global en la demanda de electricidad (International Energy Agency [IEA], 2023).

Figura 14

Participación por energético en el consumo de energía



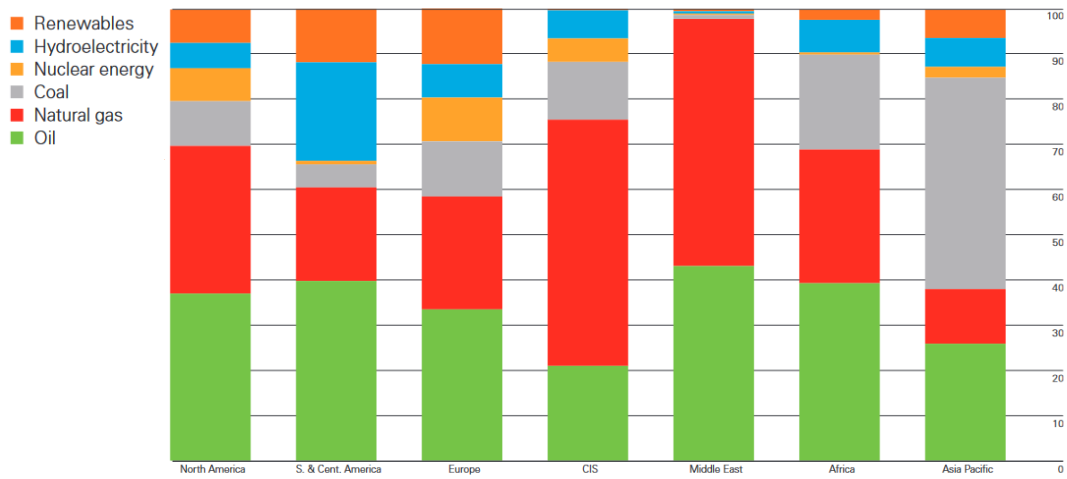
Nota. La información de este gráfico se encuentra en unidades porcentuales.

Tomado de *Statistical Review of World Energy 2022* por BP p.l.c., 2022.

Adicionalmente, en la Figura 15 que se presenta a continuación, se indica el porcentaje de participación de cada tipo de energía dentro de la matriz energética del mundo discriminada por región. En particular, se observa que Sur y Centro América presentan una proporción superior al 20% de consumo de energía primaria proveniente de fuentes hidroeléctricas en su matriz energética, mientras que en las demás regiones este porcentaje no supera los diez puntos porcentuales (BP p.l.c., 2022).

Figura 15

Patrón de consumo por regiones para 2021



Nota. La información de este gráfico se encuentra en unidades porcentuales.

Tomado de *Statistical Review of World Energy 2022* por BP p.l.c., 2022.

CONTEXTO NACIONAL

En Colombia, los bosques cubren aproximadamente el 55 % del territorio nacional, lo que demuestra su diversidad y riqueza de recursos de agua dulce y ecosistemas terrestres y marinos (FAO y PNUMA, 2020). A pesar de esto, el país enfrenta importantes desafíos relacionados con la degradación del suelo, causada en gran medida por los sistemas productivos, la deforestación y la mala regulación de las industrias. Además, existe una alta inequidad y pobreza, lo que limita el acceso a servicios básicos y afecta principalmente al sector rural. El 85 % de la población, el 87 % del PIB y una quinta parte del territorio colombiano están en riesgo de sufrir desastres naturales. A pesar de que Colombia tiene bajas emisiones por combustibles fósiles (solo el 0,4 % de las emisiones globales), su alta dependencia de la energía hidroeléctrica también presenta riesgos en términos de exposición a desastres naturales (Vergara *et. al.*, 2021).

En el año 2014, el país produjo 214 315 Gg de CO₂ equivalente de emisiones netas. El sector de Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo (AFOLU) fue responsable del 55 % de estas emisiones, mientras que el sector energético contribuyó con el 35 % (82 510 Gg de CO₂eq). El 10 % restante se atribuye a las emisiones de la categoría de Residuos y Procesos industriales y uso de productos (IPPU) con 6 % y 4 % respectivamente. En el Segundo Informe Bienal de Actualización de Colombia a la CMNUCC (BUR), que tuvo lugar hace cinco años, se determinaron las emisiones totales de Colombia de acuerdo con la contribución de los diferentes sectores de la economía: AFOLU, Energía, IPPU y Residuos, ello se puede ver en la figura 9 (IDEAM *et. al.*, 2018).

Figura 16

Participación sectorial de emisiones de gases de efecto invernadero 2014

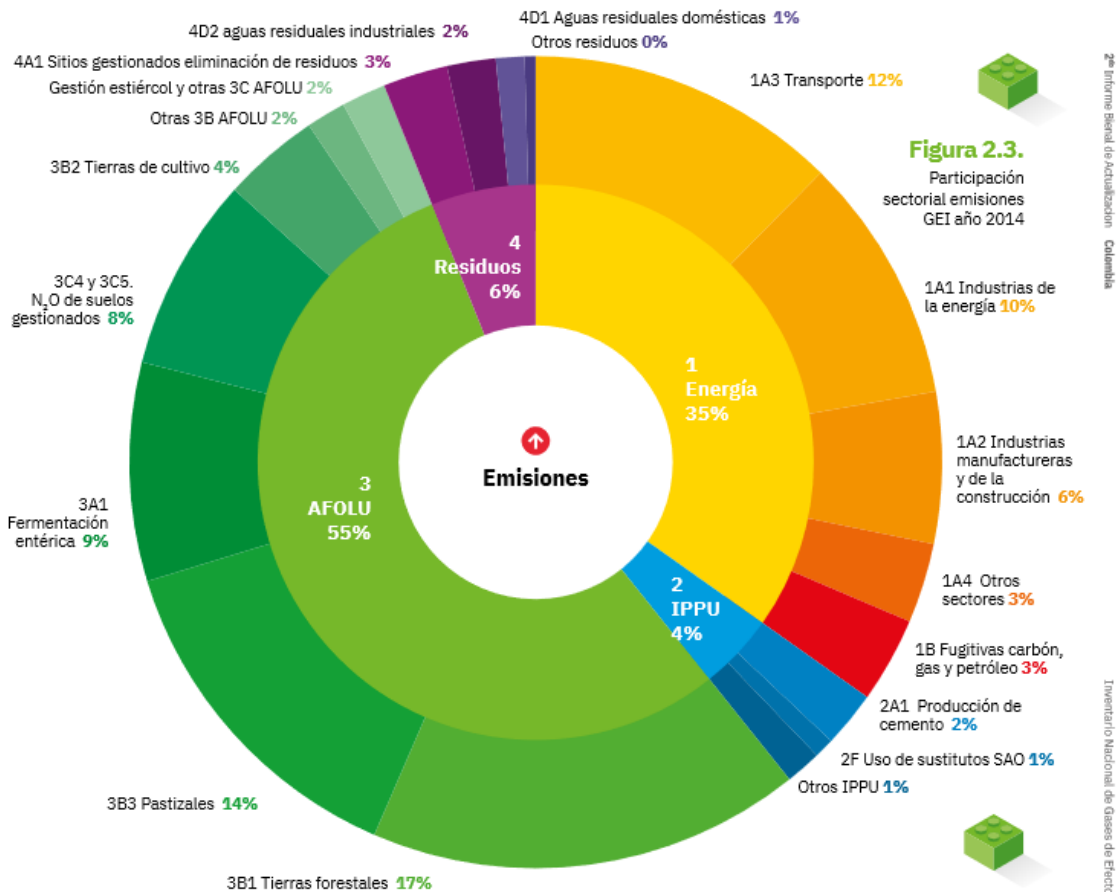


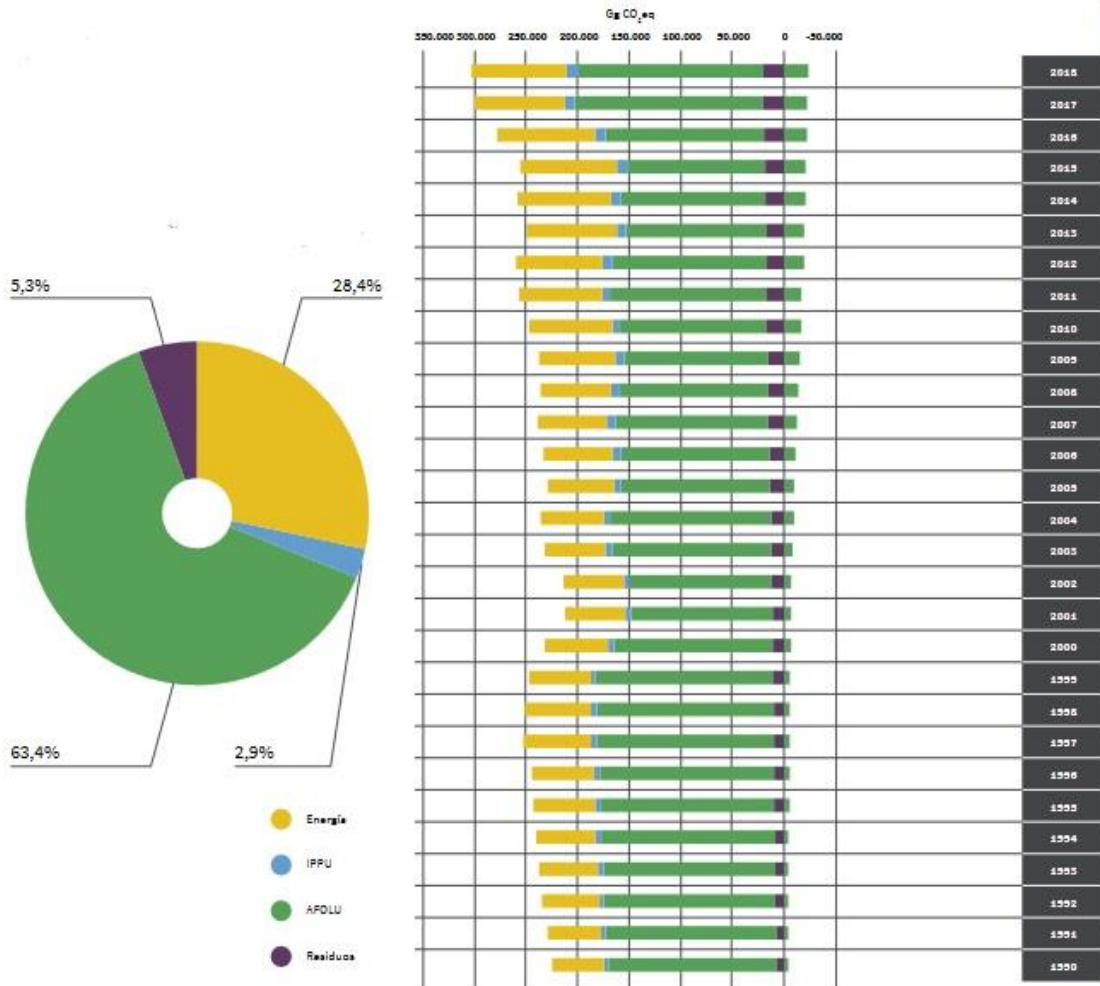
Figura 2.3.
Participación sectorial emisiones GEI año 2014

Nota. Tomado del *Segundo Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)* por IDEAM et. al., 2018.

En la tercera versión del BUR, publicada en 2021, se muestra la figura 17 en donde se puede apreciar que el módulo AFOLU ha sido históricamente el principal emisor de GEI en el país, contribuyendo en promedio con un 63,4% entre 1990 y 2018. No obstante, es importante señalar que su contribución ha disminuido progresivamente, de un 73% en 1990 a un 59% en 2018, con una tasa de crecimiento anual compuesta de emisiones del módulo AFOLU del 0,3%. Por otro lado, el módulo de energía ha aumentado gradualmente su participación en las emisiones GEI, con una contribución promedio histórica del 28,4% y un aumento gradual del 22% en 1990 al 31% en 2018, alcanzando su punto máximo en 2015 con el 37%. Las emisiones del módulo de energía han aumentado a una tasa anual compuesta del 2,1%. Asimismo, los módulos de IPPU y residuos han visto un incremento en su participación en las emisiones GEI a lo largo del tiempo, aunque en menor medida (3% y 4% respectivamente en 1990; 3,5% IPPU y 6,8% residuos en 2018). Las emisiones de estos módulos presentaron la mayor tasa de crecimiento anual compuesta (3% y 4% respectivamente) (IDEAM et. al., 2018).

Figura 17

Emisiones agregadas por módulo desde 1990 a 2018.



Nota. Tomado del *Tercer Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)* por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] *et. al.*, 2021.

En la Figura 18 que se encuentra a continuación, se presenta la evolución de las emisiones del sector de Energía entre 1990 y 2018, junto con un desglose por subcategorías. Según los datos, las emisiones de CO₂eq se situaron en 50.306 Gg en 1990 y en 92.940 Gg en 2018, lo que supone un incremento de 42.633 Gg de CO₂eq en dicho periodo y un aumento del 85% en las emisiones. En promedio, las emisiones del módulo fueron de 69.652 Gg de CO₂eq durante el inventario, con una tasa de crecimiento anual compuesta del 2,2% (IDEAM *et. al.*, 2021).

Para el año 2016 se encuentra un pico máximo de emisiones el cual está relacionado con el aumento de la generación de electricidad a partir de fuentes térmicas. Después de ese año, las emisiones empiezan a disminuir y se reducen en un 7,3% en 2017 con respecto al año anterior. Esto se debe principalmente a un aumento en la disponibilidad de agua para la generación de electricidad, lo cual es atribuido al Fenómeno de la Niña esto a su vez resultó en un menor consumo de combustibles fósiles (IDEAM *et. al.*, 2021).

Figura 18

Comportamiento de la participación histórica de los GEI en energía

Figura 2.18. Participación promedio histórica de cada GEI en energía

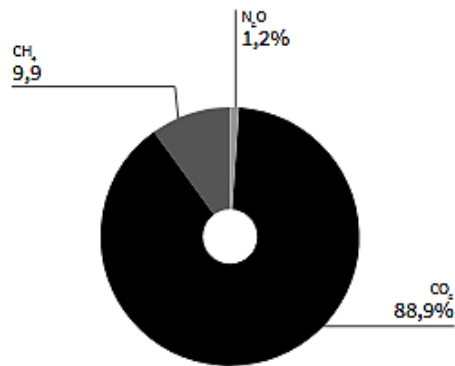


Figura 2.19. Participación promedio histórica por subcategoría en energía

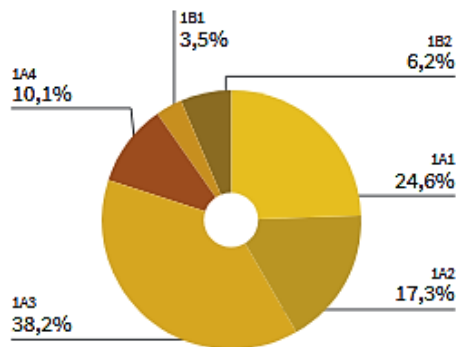
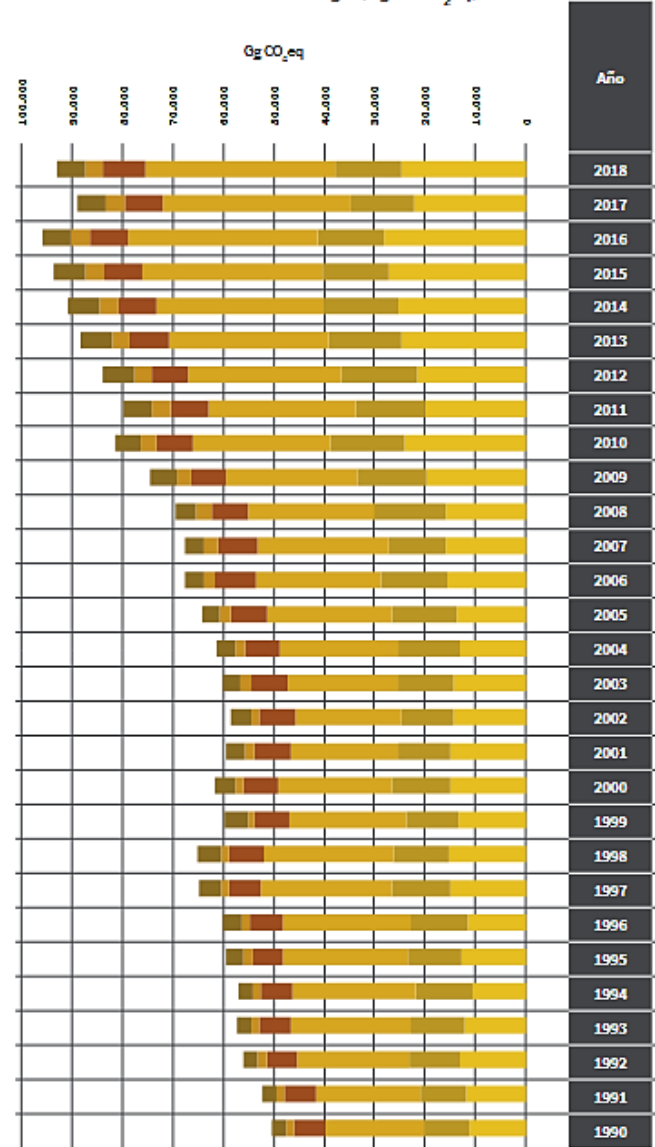


Figura 2.17. Tendencia de emisiones GEI para la serie 1990 a 2018 - Módulo de Energía (Gg de CO₂eq)



Nota. Dentro de la Figura 11, en la denominada ‘Figura 2.19.’ se abordan dos categorías: la primera (1A) corresponde a la Quema de combustible, en la cual se encuentra las subcategorías 1A1-Industrias de la energía; 1A2- Industria manufacturera y de construcción; 1A3-Transporte; 1A4- Otros sectores. La segunda categoría (1B) corresponde a Emisiones fugitivas, con subcategorías como 1B1- Combustibles sólidos; 1B2- Petróleo y gas natural.

Tomado del *Tercer Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)* por IDEAM et. al., 2021.

La subcategoría de transporte es la principal responsable de las emisiones, aportando en promedio el 38,2% de las emisiones de la serie temporal. En segundo lugar, con un aporte del

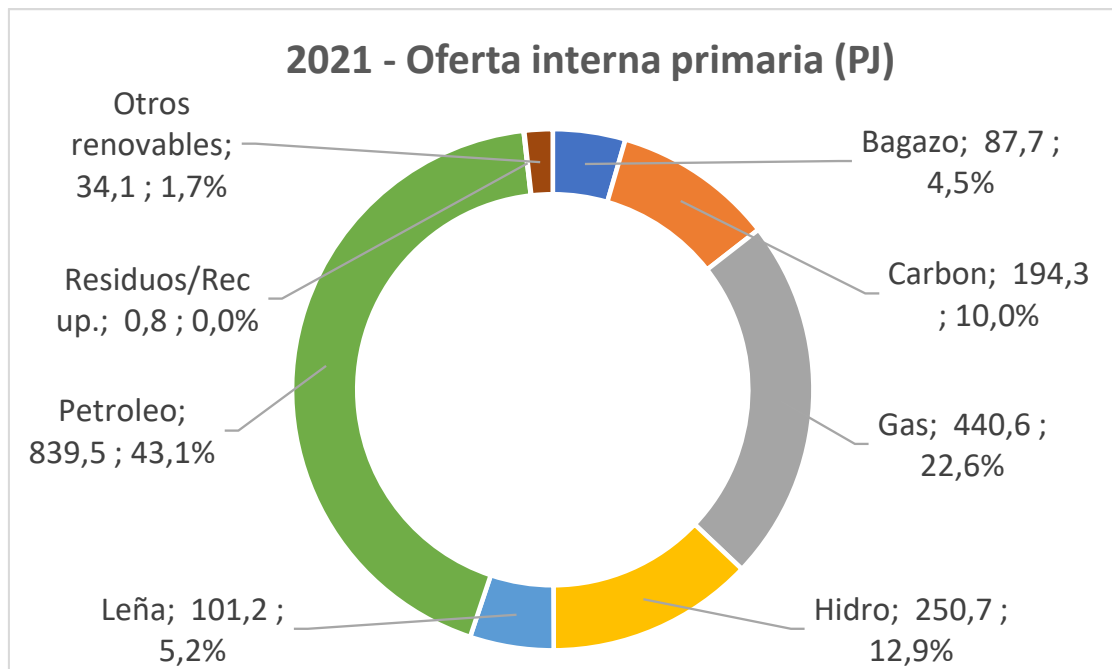
24,6%, se encuentra la subcategoría Industrias de la energía. Juntas, estas dos subcategorías contribuyen al 62,8% de las emisiones totales del módulo, lo que determina su comportamiento (IDEAM *et. al.*, 2021).

MATRIZ ENERGÉTICA

La distribución de la oferta energética de Colombia durante el año 2021 se presenta en la Figura 19 mostrada a continuación; el mix se encuentra liderada por el petróleo, con una importante participación del 43,1% en la matriz energética del país. El gas y la hidroelectricidad se sitúan en segundo y tercer lugar, con una participación del 22,6% y el 12,9%, respectivamente. Por otro lado, el carbón representa el 10,0% de la oferta energética de Colombia, mientras que la leña y el bagazo contribuyen con un 5,2% y un 4,5% cada uno. Cabe destacar que los demás recursos renovables, como la energía solar y eólica, tienen una presencia limitada en la matriz energética colombiana, representando únicamente el 1,7%.

Figura 19

Oferta de energética primaria al 2021

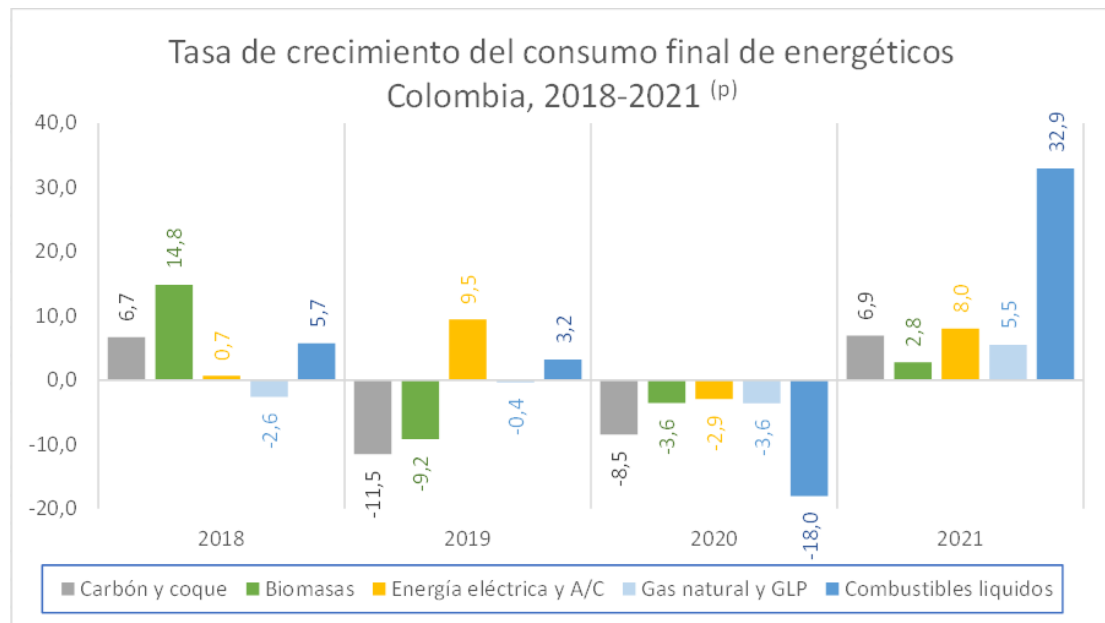


Nota. Tomado de *Balance Energético - BECO: Año 2021* por UPME, 2022.

Durante el periodo de 2018 a 2021, se ha examinado el consumo final de energéticos en Colombia, el cual ha presentado una tendencia desfavorable en cuanto a su tasa de crecimiento. Específicamente, en el año 2020 se registró una significativa disminución en el consumo de combustibles líquidos, lo que puede ser atribuido al confinamiento causado por la pandemia de Covid-19. No obstante, se ha observado una recuperación progresiva en el consumo de energéticos en años posteriores, reflejando un aumento o valores positivos de crecimiento. Estos resultados sugieren una mejora gradual en el sector energético del país. El comportamiento particular por cada energético se muestra en la Figura 20.

Figura 20

Tasa de crecimiento del consumo de energía por energético en Colombia



Nota. Tomado de *Balance Energético - BECO: Año 2021* por UPME, 2022.

De igual forma durante el año 2021, la economía experimentó una recuperación significativa, con un aumento del Producto Interno Bruto (PIB) del 10,7% en comparación con el año anterior. Este aumento en el PIB se correspondió con un aumento del 11,1% en la demanda de energía. En cuanto a la producción energética, la extracción de energía primaria experimentó un aumento del 1,4%, mientras que la producción de energéticos secundarios se incrementó en un 21,5%. Sin embargo, las exportaciones de energéticos sufrieron una disminución del 16,1%. Específicamente, las exportaciones de carbón se redujeron en un 18,3%, las de petróleo en un 14,9%, las de diésel en un 20,3% y las de gasolina en un 96,0%. Por otro lado, en cuanto a la demanda final de energía, los sectores que experimentaron los mayores crecimientos en la demanda fueron el transporte, con un aumento del 30,5%, seguido por los denominados "otros sectores" con un 21,0%, la industria con un 10,1%, y el sector comercial y público con un 9,1% (UPME, 2022).

ANDI Y SECTOR ENERGÉTICO

Desde los inicios de la agremiación, las empresas pertenecientes a los sectores que componen actualmente la VP MHE, recibían los servicios básicos desde diferentes dependencias de la ANDI, siendo proveídos por las Seccionales para las empresas pertenecientes al sector de hidrocarburos y energía y por la ahora extinta, Cámara de Asomineros.

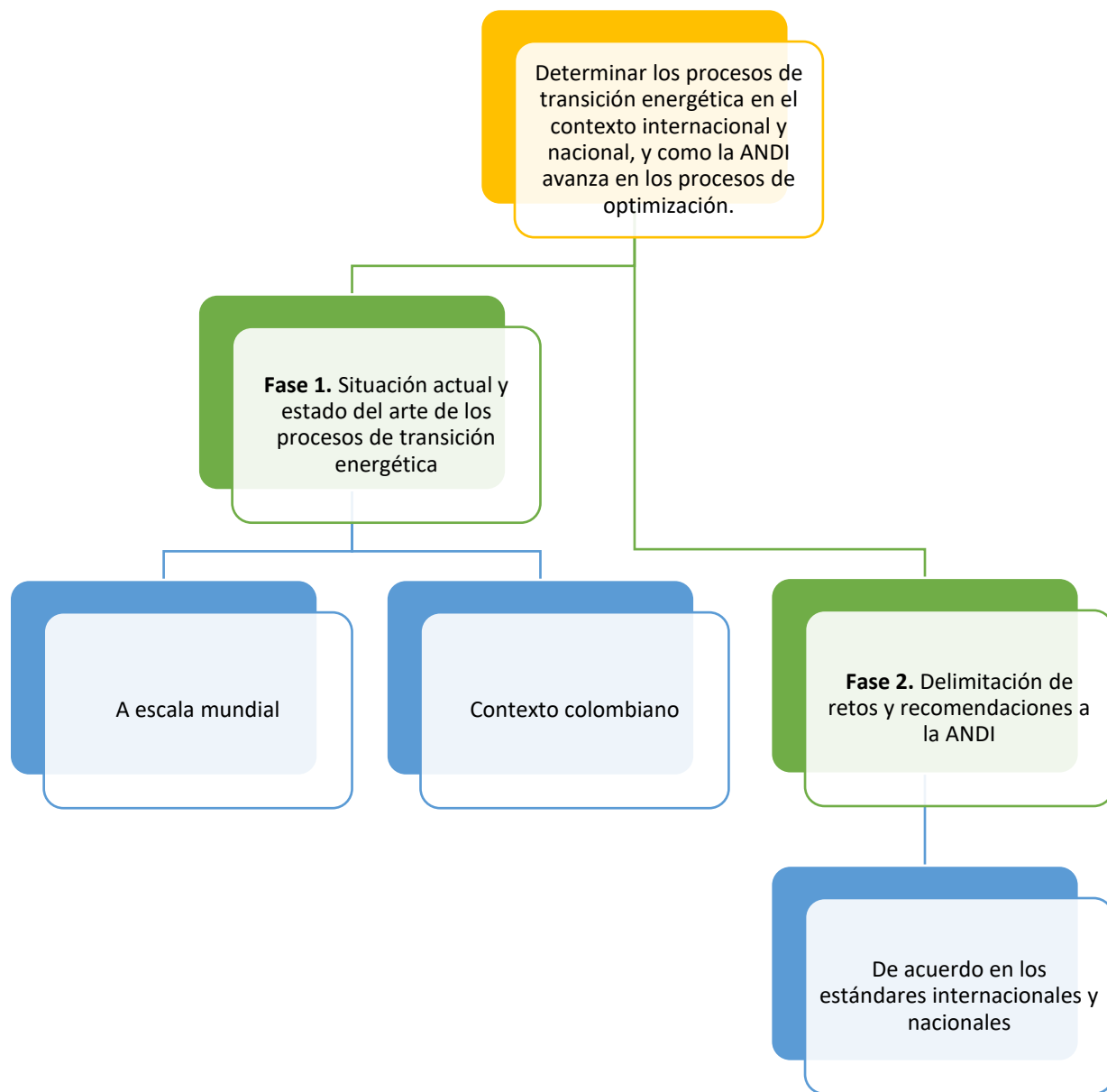
Con base en la necesidad que presentaban las empresas afiliadas de obtener información y recibir otros servicios especializados de sus sectores como los expuestos en el capítulo 3: marco referencial; surge en el año 2012 la VP MHE como un área transversal que reúne todas aquellas empresas de los sectores de minería, hidrocarburos y energía en un área transversal.

METODOLOGÍA

La metodología propuesta para el presente trabajo de pasantía tiene como objetivo evaluar y fortalecer los procesos de transición energética de las empresas afiliadas a la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI). Para lograr esto, se llevó a cabo un análisis de la situación actual de los lineamientos existentes tanto a nivel mundial como en Colombia en relación con la transición energética. A partir de este análisis, se formuló una herramienta que permita medir el grado de cumplimiento de la transición energética por parte de las empresas afiliadas. En la Figura 21, se esquematiza la metodología que fue usada para cumplir con los objetivos propuestos al inicio del presente trabajo.

Figura 21

Esquematización de la metodología empleada



Nota. Elaboración propia.

FASE 1

La recopilación de información sobre el nivel de avance y distribución de las matrices de generación energética, así como la normativa utilizada a nivel nacional e internacional necesarias para la elaboración del presente documento, se realizó mediante la búsqueda masiva en bases de datos y sitios web oficiales de entidades gubernamentales. Para ello, se utilizó una metodología basada en la selección de palabras clave específicas relacionadas con los objetivos de la investigación, tales como "transición energética", "cambio climático", "emisiones atmosféricas", "matriz energética", "gases de efecto invernadero", "energía renovable", entre otras.

Durante la investigación realizada se han recopilado diversos documentos de carácter internacional y nacional que son relevantes para el análisis de la transición energética. Entre los documentos internacionales se destacan el último informe del IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático), el Acuerdo de París, el Statistical Review of World Energy, entre otros.

A nivel nacional, se encontraron documentos como el PIGCCme (Plan de Información para el Cumplimiento de las Contribuciones Nacionales de Mitigación y Adaptación), la actualización del año 2020 de las NDC (Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional) para Colombia, el Plan Energético Nacional (PEN) y los informes BUR (Informe de Actualización Bienal) 2 y 3.

Una vez recopilada toda la información relevante a partir de artículos científicos, reportes e informes de agencias internacionales y autoridades nacionales, se organizó y analizó dicha información para determinar el nivel de avance y distribución de las matrices de generación energética, la normativa aplicable y las tecnologías utilizadas tanto a nivel nacional como internacional. De esta manera, se obtuvo una visión global y actualizada sobre la situación energética en el contexto actual, lo que permite tomar decisiones informadas en la materia.

A partir de la revisión de documentos, se logró identificar las normas aplicables en el contexto de la matriz energética colombiana, así como los acuerdos internacionales que han sido ratificados por la nación. Asimismo, se han podido determinar los compromisos a los que se ha acogido el país, así como las metas establecidas para contribuir a la consecución de los objetivos fijados en el Acuerdo de París. Este proceso de análisis ha permitido obtener una visión clara y actualizada de la situación normativa y de compromisos del país en el ámbito energético, lo que a su vez resulta crucial para definir los pasos a seguir y lograr una transición energética sostenible.

FASE 2

Se realizó una base de datos en donde el usuario, en este caso una empresa, ingrese al sistema los datos de sus emisiones de GEI de los últimos tiempos. A partir de la información recopilada por el sistema de base de datos sobre las emisiones de GEI de la empresa en los últimos años, se elaboró una serie de recomendaciones que contemplan algunos puntos necesarios para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de la agenda 2030 y cumplir con los compromisos internacionales y nacionales en materia de cambio climático.

Las recomendaciones incluyen medidas específicas para reducir las emisiones de GEI en los procesos de la empresa. También se incluyen dentro de las recomendaciones adoptar tecnologías más limpias y eficientes, promover el uso de energías renovables, implementar normas ISO de calidad, así como para mejorar la eficiencia energética en la empresa.

En síntesis, la base de datos / herramienta permite a la empresa evaluar su desempeño en cuanto a emisiones de GEI y proporcionará una serie de recomendaciones para orientar su transición hacia prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANDI Y SECTOR ENERGÉTICO DE ACUERDO CON LOS ESTÁNDARES INTERNACIONALES

La Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) contribuye activamente a la transición energética en el país, mediante la organización del evento anual "Colombia Genera", que se lleva a cabo durante el primer trimestre de cada año. La edición más reciente de este evento tuvo lugar en marzo, y su propósito principal es abordar temas cruciales relacionados con la minería, los hidrocarburos, la energía y la transición energética. De esta manera, se fomenta un diálogo y análisis en torno a los desafíos que enfrenta Colombia en este ámbito tan relevante para su desarrollo económico y sostenible.

De igual forma, la ANDI también realiza periódicamente el Comité Ambiental Minero Energético que integra empresas afiliadas de los sectores de minería, hidrocarburos y energía. Este espacio de trabajo conjunto tiene como objetivo abordar temas de actualidad normativa que son comunes a los tres sectores. Entre los objetivos principales de esta iniciativa se encuentran el establecimiento de un marco regulatorio apropiado, el fomento del desempeño ambiental empresarial, la creación de grupos de trabajo sectoriales y la provisión de espacios de coordinación con el gobierno.

Este enfoque intersectorial es fundamental para abordar desafíos importantes y complejos en estos sectores, como la protección ambiental, la responsabilidad social y el desarrollo económico sostenible. La colaboración entre empresas y el gobierno es vital para lograr una regulación adecuada que equilibre el crecimiento económico con la protección del medio ambiente y el bienestar social.

Este escenario de trabajo conjunto también ofrece oportunidades para compartir experiencias y mejores prácticas entre los sectores. La colaboración y el diálogo abierto entre empresas pueden fomentar la innovación y el desarrollo de soluciones creativas y efectivas para enfrentar desafíos comunes. En última instancia, esta iniciativa busca fomentar un enfoque integrado y sostenible para el desarrollo de estos sectores clave en el país.

RETOS DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

En Colombia, la transición energética puede ser vista como una buena oportunidad para desarrollar un sistema energético más sostenible y reducir la dependencia de los combustibles fósiles. No obstante, es importante destacar que existen ciertos desafíos que se deben abordar adecuadamente para lograr una transición energética exitosa hacia un sistema energético más sostenible.

Uno de los principales retos de la transición energética en Colombia es la diversificación de la matriz energética. Históricamente, Colombia ha dependido en gran medida de los combustibles fósiles, sabiéndose que como se muestra en la figura 19 el 43,1% es Petróleo y el 22,6% de gas natural, como el petróleo y el gas, para satisfacer sus necesidades energéticas. Para abordar este desafío, el país necesita diversificar su matriz energética incorporando fuentes de energía renovable y no convencionales, como la energía solar, eólica, biomasa, geotérmica e hidroeléctrica, entre otras.

El segundo reto es el fortalecimiento del sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica puesto que este solo abarca cerca del 57% de la cobertura de Colombia. La integración de fuentes de energía renovable no convencionales en la matriz energética plantea desafíos técnicos en cuanto a la capacidad que debe tener la red de transmisión y distribución de la electricidad para mejorar aspectos como la variabilidad y la intermitencia de dichas fuentes. Por lo tanto, es necesario mejorar y fortalecer el sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica en el país (Universidad de Los Andes Colombia, 2023).

Otro desafío importante es fomentar la eficiencia energética. La eficiencia energética es fundamental para reducir la demanda energética y poder minimizar el consumo de los combustibles

fósiles. Colombia necesita fortalecer las políticas y los programas de eficiencia energética en los sectores industrial, comercial y residencial (Foros La República, 2023).

El fomento de la investigación, el desarrollo tecnológico y el trabajo conjunto entre el sector público, privado y la academia es otro punto importante para la transición energética en Colombia. La innovación tecnológica es fundamental para el desarrollo de nuevas soluciones energéticas y la mejora de la eficiencia energética, mencionada como punto anterior. Por ello, es necesario que haya una inversión continua en investigación y desarrollo para promover la creación de nuevas tecnologías y mejorar las que ya existen.

La gestión adecuada de los recursos naturales es otro desafío clave que debe ser abordado en la transición energética. El uso de fuentes de energía renovable debe tener en cuenta la gestión adecuada de los recursos naturales, evitando impactos ambientales negativos y garantizando la conservación de los ecosistemas. Es necesario establecer políticas y programas que fomenten la utilización sostenible de los recursos naturales.

Finalmente, el fortalecimiento de la gobernanza energética es un reto fundamental para la transición energética en el país. La transición energética requiere un marco regulatorio adecuado que promueva principalmente la inversión en energías renovables y garantice la estabilidad y la seguridad del suministro energético. Colombia necesita fortalecer su marco regulatorio y mejorar la coordinación entre las diferentes entidades del sector energético para garantizar una transición energética exitosa.

RECOMENDACIONES DE OPTIMIZACIÓN

HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO

Los retos para la transición energética en Colombia, como se identificó previamente, se enfocan principalmente en el desarrollo de herramientas prácticas para las empresas, es por esto por lo que en el presente trabajo se plantea la elaboración de una herramienta de diagnóstico que permita a la ANDI brindar a sus afiliados una forma de evaluar si los procesos que se están llevando a cabo en las empresas afiliadas dentro de la vicepresidencia de Minería, Hidrocarburos y Energía, cumplen con los objetivos y metas del Acuerdo de París, lo que es fundamental para avanzar en términos de transición energética en el país, como se evidenció en el estado del arte realizado en el presente documento. Dicha herramienta será útil para determinar si se requieren ajustes en los procesos empresariales con el fin de cumplir con los compromisos establecidos en el acuerdo internacional.

La herramienta recoge información interna de la empresa en relación con las emisiones dentro de los alcances 1 y 2, con el fin de realizar un diagnóstico. No obstante, se optó por no abarcar el alcance 3, ya que se ha establecido un límite operacional para el proyecto. Una vez aclarado esto, la ANDI se encargaría de presentar y difundir el enlace de acceso para hacer uso de la herramienta de diagnóstico, a las empresas afiliadas principalmente pertenecientes a los sectores de minería, hidrocarburos y energía.

Funciona a través de la recolección de información sobre algunos datos propios de la empresa, las emisiones y el consumo de energía de cada empresa que ingrese a la herramienta mediante el enlace de descarga brindado por la ANDI. Dichos datos se utilizan para crear una curva de progreso que debe coincidir o acercarse a los puntos clave de emisiones identificados en los compromisos que Colombia ha adquirido para cumplir con los objetivos del Acuerdo de París.

Luego de la creación de la curva de tendencia, la herramienta tiene la capacidad de determinar si la empresa está en el camino correcto para alcanzar los objetivos del Acuerdo de París o si por el contrario necesita realizar ajustes en sus procesos. Esta información se presenta al usuario a

través de un indicador que muestra el porcentaje de cumplimiento de la empresa frente a los compromisos que tiene Colombia en el marco del Acuerdo de París. Posteriormente, la herramienta proporcionará una serie de recomendaciones basadas en las respuestas obtenidas para que la empresa pueda mejorar sus procesos y cumplir con los estándares internacionales y nacionales. Finalmente, se recomendará a las empresas participar en los eventos que ofrece la ANDI desde la Vicepresidencia de Minería, Hidrocarburos y Energía, así como el Comité Ambiental Minero Energético para mantenerse informados sobre los avances y novedades en términos de transición energética.

ELABORACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO

La construcción de esta herramienta se fundamentó en dos pilares, la identificación de la capacidad de adaptación que tienen las empresas ante el cambio climático, así como en la iniciativa de las mismas en relación con el uso de nuevas tecnologías. Se diseñaron preguntas sencillas con el objetivo de preservar la privacidad de los datos de cada empresa que utilice la herramienta, evitando comprometer su confidencialidad, así como para hacer más sencilla la experiencia del usuario.

A continuación, se presentan las preguntas formuladas, organizadas en la Tabla 10 según la categoría asignada y correspondientes opciones de respuesta.

Tabla 10

Preguntas diseñadas para la herramienta de diagnóstico frente al cumplimiento de las empresas con los compromisos de Colombia frente al cambio climático

Categoría	Pregunta aplicada	Opciones de Respuesta
Caracterización de la empresa	Nombre de la empresa	Pregunta abierta
	Seleccione el sector al que pertenece la empresa	<ul style="list-style-type: none"> • Minería • Hidrocarburos • Energía
	¿Cuál es la capacidad instalada de generación de energía de la empresa, expresada en megavatios (MW)?	Pregunta abierta
	¿Cuál es el consumo de energía promedio en la etapa productiva (kWh)?	Pregunta abierta

	¿La empresa posee una licencia ambiental vigente?	<ul style="list-style-type: none"> • Sí • No
Nuevas tecnologías	¿A qué tipo de generación de energía contribuye la empresa?	<ul style="list-style-type: none"> • Petróleo y derivados • Gas natural • Carbón • Hidráulica • Solar • Eólica • Hidrógeno
	¿La infraestructura utilizada para los procesos comerciales de su empresa tiene una antigüedad superior a 15 años?	<ul style="list-style-type: none"> • Sí • No
Capacidad de adaptación	¿La empresa actualmente cuenta con certificaciones de calidad vigentes?	<ul style="list-style-type: none"> • Sí • No
	¿La empresa desarrolla proyectos de tecnología de captura, uso y almacenamiento de dióxido de carbono (CCUS, por sus siglas en inglés)?	<ul style="list-style-type: none"> • Sí • No
	¿La empresa desarrolla proyectos voluntarios de compensación?	<ul style="list-style-type: none"> • Sí • No

¿Su empresa ha implementado estrategias, como planes, seguros o sistemas de alerta, para fortalecer su capacidad de respuesta frente a eventos externos, como aquellos relacionados con el clima?

- Sí
- No

Nota. Elaboración propia

Cada respuesta en la herramienta está asociada a un valor asignado que indica si contribuye al cumplimiento de los compromisos nacionales para reducir las emisiones y alcanzar la neutralidad de carbono para el año 2050. Estos valores permiten evaluar en qué medida las respuestas de la empresa están alineadas con los objetivos de reducción de emisiones. De esta manera, se obtiene una calificación que refleja el grado de compromiso de la empresa con la transición hacia un futuro con bajas emisiones de carbono. Cabe aclarar que el resultado de dicha calificación se da únicamente para las preguntas de selección múltiple dentro de las categorías de Nuevas Tecnologías y Capacidad de Adaptación.

La valoración específica que se dio a cada respuesta se presenta a continuación.

¿A qué tipo de generación de energía contribuye la empresa?

- Petróleo y derivados (0)
- Gas natural (1)
- Carbón (0)
- Hidráulica (1)
- Solar (2)
- Eólica (2)
- Hidrógeno (2)

Los puntajes asignados a las opciones de respuesta se basaron en la clasificación de la fuente de energía utilizada por la empresa: renovable, de transición o convencional. Cada categoría recibió un valor específico que refleja su sostenibilidad y contribución a la reducción de emisiones. De esta manera, el tipo de energía utilizado se considera un factor clave en la calificación del desempeño de la empresa en relación con los compromisos nacionales de reducción de emisiones (Andrade-Castañeda *et. al.*, 2017; Ramos-Sanz, 2020).

¿La infraestructura utilizada para los procesos comerciales de su empresa tiene una antigüedad superior a 15 años?

- Sí (0)
- No (2)

Los puntajes asignados a las opciones de respuesta se fundamentaron en la eficiencia energética de la maquinaria. Esto se debe a los avances tecnológicos y las mejoras en el diseño de las máquinas a lo largo del tiempo, lo que ha llevado a un aumento en su eficiencia energética. Las máquinas antiguas tienden a tener sistemas menos sofisticados, mayor desgaste y una menor

capacidad para aprovechar la energía de manera eficiente. Por otro lado, las máquinas más modernas incorporan tecnologías avanzadas, materiales eficientes y prácticas de diseño mejoradas, lo que se traduce en un rendimiento superior y un menor consumo de energía (Álvarez Echeverría, 2015).

¿La empresa actualmente cuenta con certificaciones de calidad vigentes?

- Sí (2)
- No (0)

La importancia de considerar esta pregunta radica en el reconocimiento de las certificaciones en normas ISO por parte de las empresas. Estas certificaciones proporcionan un marco de referencia globalmente reconocido que impulsa mejoras en la eficiencia energética, promueve la gestión ambiental responsable y asegura la calidad en la generación de energía. Al obtener estas certificaciones, las empresas no solo fortalecen su reputación y la confianza de sus clientes, sino que también generan impactos positivos en sus resultados económicos y contribuyen a la preservación del medio ambiente.

¿La empresa desarrolla proyectos de tecnología de captura, uso y almacenamiento de dióxido de carbono (CCUS, por sus siglas en inglés)?

- Sí (2)
- No (0)

Se consideró incluir esta pregunta debido a la relevancia de la tecnología de captura, utilización y almacenamiento de carbono (CCUS, por sus siglas en inglés) en la búsqueda de la neutralidad de carbono. La tecnología CCUS desempeña un papel crucial en la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero al capturar el dióxido de carbono generado por las actividades industriales y energéticas, para luego utilizarlo o almacenarlo de manera segura. Al integrar la tecnología CCUS en los procesos de reducción de emisiones, las empresas pueden avanzar hacia la carbono-neutralidad de manera más efectiva, al tiempo que contribuyen a la protección del clima y la sostenibilidad a largo plazo. (Tang *et. al.*, 2023; Chen *et. al.*, 2022; Greig & Uden, 2021; Liu *et. al.*, 2023).

¿La empresa desarrolla proyectos voluntarios de compensación?

- Sí (2)
- No (0)

Se consideró esta pregunta debido a que las compensaciones son un componente fundamental en el camino hacia la carbono-neutralidad. Estas compensaciones desempeñan un papel crucial al permitir a las empresas contrarrestar las emisiones de gases de efecto invernadero que no pueden reducir directamente. Al invertir en proyectos de compensación, como la reforestación o tecnologías como CCUS, de las que se habló en la pregunta anterior, las empresas pueden equilibrar sus emisiones y contribuir activamente al cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones. Estas acciones reflejan el compromiso de las empresas en la transición hacia una economía más sostenible y demuestran su responsabilidad ambiental (Vega Ruíz, 2022).

¿Su empresa ha implementado estrategias, como planes, seguros o sistemas de alerta, para fortalecer su capacidad de respuesta frente a eventos externos, como aquellos relacionados con el clima?

- Sí (2)
- No (0)

La pregunta se hizo debido a la importancia de implementar estrategias de respuesta ante eventos climáticos extremos, agravados por el cambio climático. Estos eventos pueden causar interrupciones en la producción, daños en la infraestructura y pérdidas económicas. Al anticiparse y prepararse, la empresa puede mitigar los efectos adversos, demostrando su compromiso con la sostenibilidad y la resiliencia, valorado por clientes, inversionistas y otros grupos de interés. Estas acciones generan beneficios económicos a largo plazo al evitar costos de reparación, interrupciones en la cadena de suministro y pérdida de clientes, fortaleciendo la capacidad de la empresa para afrontar riesgos climáticos, mejorar su reputación y reducir impactos ambientales.

Además de asignar valores que califican las respuestas en términos de su contribución a los compromisos de reducción de emisiones, también se calculó un porcentaje que refleja la capacidad de adaptación de la empresa y su adopción de nuevas tecnologías. Proporciona una medida adicional de la preparación de la empresa para abordar los impactos y las oportunidades asociadas con la transición hacia una economía baja en carbono

Además de las preguntas anteriormente explicadas, en la herramienta se solicitan los registros de las emisiones netas en unidades de kilotoneladas de CO₂eq para distintos años, dependiendo estos de la información de la que disponga la empresa. A partir de los registros la herramienta calcula la curva de tendencia de emisiones para conocer la razón de cambio con la que los datos varían. De la curva es calculada su ecuación con el fin de estimar en qué momento la empresa será capaz, según el comportamiento histórico de las emisiones, de alcanzar el punto de cero emisiones netas. Esto lo hace tanto para los datos de emisiones ingresados para la etapa de producción como para la etapa de operación. En las figuras 22 y 23, se presenta una captura de pantalla donde se utilizaron datos estimados de emisiones con el fin de ilustrar como se ve la herramienta al momento de registrar los datos.

Figura 22

Sección para ingresar datos de emisiones netas de CO₂ en etapa de producción dentro de la herramienta

A continuación, registre la información de emisiones netas en kilotoneladas de CO₂ equivalente que se generan en la etapa de producción, comenzando desde el año más reciente hasta el más antiguo. Por favor, complete las celdas correspondientes y luego haga clic en el botón "Añadir registro" para registrar los datos. Si desea agregar un nuevo registro para otro año, presione el botón "Nuevo registro". No hay límite de registros.

Formulario de ingreso de datos de emisiones netas de CO₂ en la etapa de producción. El formulario está dividido en dos columnas. La columna izquierda contiene un campo de texto etiquetado "Año", un campo de texto etiquetado "Emisiones netas de CO₂ eq generadas en la etapa de producción", un botón amarillo "AGREGAR REGISTRO" y un botón amarillo "NUEVO REGISTRO". La columna derecha contiene dos campos de texto vacíos. Una línea vertical discontinua separa el formulario de la tabla de datos.

Año	Emisiones netas de CO ₂ eq generadas en la etapa de producción
2016	16000
2019	15085
2018	15000
2020	13726
2022	12000



Nota. Elaboración propia

Figura 23

Sección para ingresar datos de emisiones netas de CO₂ en etapa de operación dentro de la herramienta

A continuación, registre la información de emisiones netas en kilotoneladas de CO₂ equivalente que se generan en la etapa de operación, comenzando desde el año más reciente hasta el más antiguo. Por favor, complete las celdas correspondientes y luego haga clic en el botón "Añadir registro" para registrar los datos. Si desea agregar un nuevo registro para otro año, presione el botón "Nuevo registro". No hay límite de registros.

The interface consists of a form on the left and a table on the right. The form has two input fields: 'Año' and 'Emisiones netas de CO₂ eq generadas en la etapa de operación'. Below the form are two buttons: 'AGREGAR REGISTRO' and 'NUEVO REGISTRO'. A large yellow arrow labeled 'CONTINUAR' points from the form to the table. The table has two columns: 'Año' and 'Emisiones netas de CO₂ eq generadas en la etapa de operación'. The table contains the following data:

Año	Emisiones netas de CO ₂ eq generadas en la etapa de operación
2019	15500
2020	15500
2021	15000
2022	13800

Nota. Elaboración propia

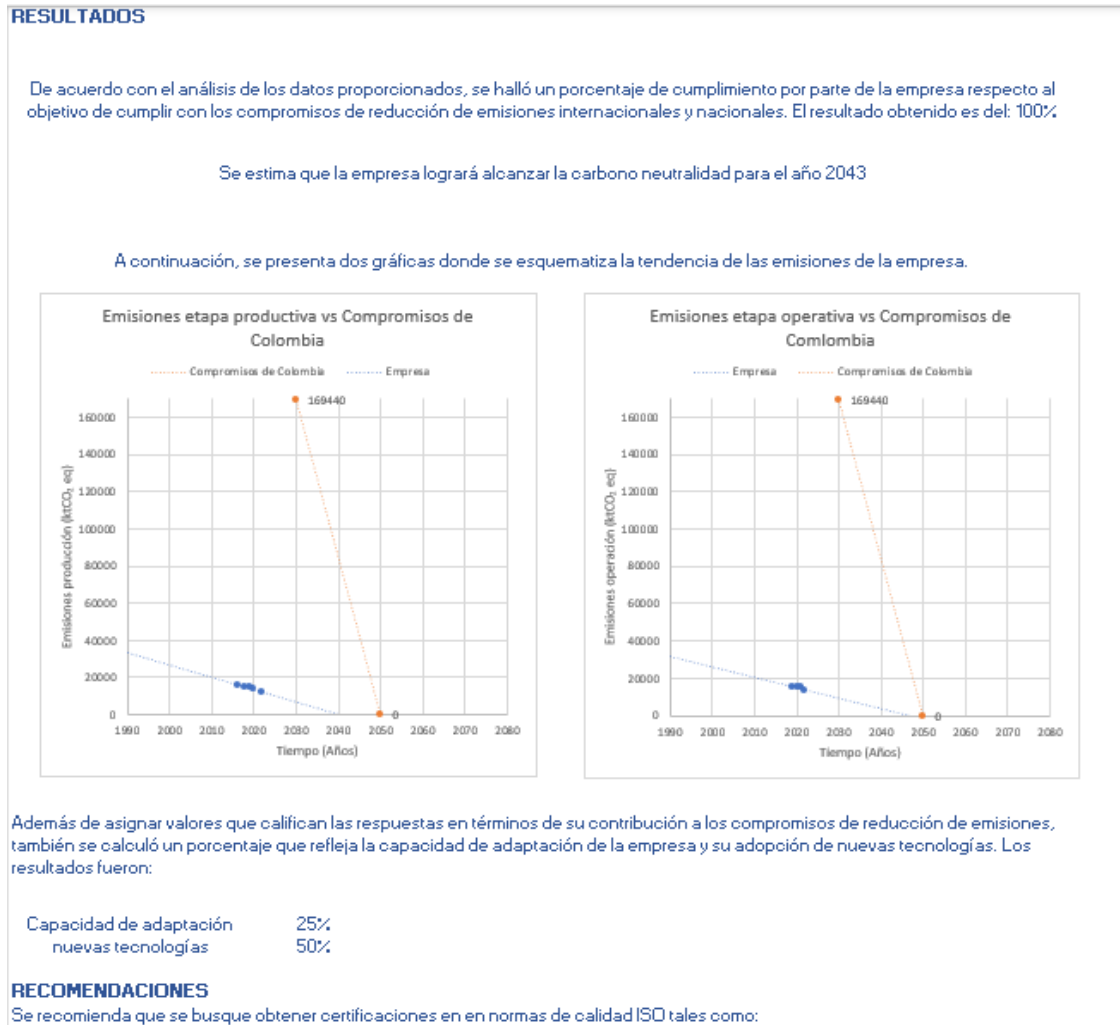
A partir de las estimaciones obtenidas de los años en que la empresa será capaz de alcanzar las emisiones netas de carbono en cero tanto para la etapa de producción como para la de operación, la herramienta procede a calcular año promedio en que se alcanzará dicho objetivo. Este año promedio es el entregado por la herramienta en la sección de resultados.

Para obtener el porcentaje de cumplimiento de los compromisos que tiene Colombia en el marco del Acuerdo de París, la herramienta se encarga de calcular la relación entre el año promedio en que se alcanza el objetivo con el año 2050, año determinante en las estrategias, apuestas, planes y demás instrumentos para alcanzar el punto de cero emisiones.

En la sección de resultados se muestra, entonces, el porcentaje de cumplimiento de las empresas frente a los compromisos de Colombia; el año promedio en que alcanzará la carbono neutralidad; las gráficas de las curvas generadas a partir de los datos junto con la curva de las emisiones que se tienen como meta en las NDC y en la E2050; la valoración de y algunas recomendaciones para mejorar el camino a la carbono-neutralidad. En la figura 24 se muestra como se ve la sección de resultados.

Figura 24

Sección de resultados



Nota. Elaboración propia

Por último, en la tabla se presentan las recomendaciones que suministra la herramienta a la hora de entregar los resultados:

Tabla 11

Recomendaciones brindadas en la herramienta

Recomendaciones

Se recomienda que se busque obtener certificaciones en normas de calidad ISO tales como:

- **ISO 9001: 2015 - Sistema de Gestión de Calidad**
La implementación de esta norma brinda beneficios y ventajas en diversas áreas de la empresa. Si bien la visibilidad y la expansión en el mercado son aspectos destacados, es importante tener en cuenta que la calidad se aplica de manera integral en todos los aspectos profesionales. Mediante un sistema documentado, se puede mejorar las áreas operativas y administrativas, fortaleciendo así la capacidad de enfrentar los desafíos que el cambio climático puede plantear en la operación.
- **ISO 14001: 2015 - Sistema de Gestión Ambiental**
La implementación de esta norma presenta beneficios y ventajas significativas, como la mejora en la eficacia ambiental y la reducción del consumo de recursos naturales y energía. Al obtener la certificación en esta norma, se reduce el impacto negativo de las operaciones en el entorno y se fortalece la capacidad de adaptación frente a los desafíos del cambio climático.
- **ISO 50001: 2018 - Sistemas de gestión de la energía**
La implementación de esta norma refleja el compromiso de una organización con la mejora continua de la gestión de la energía, lo que le permite establecer un ejemplo en su sector y asegurar el cumplimiento de los requisitos legales y normativos aplicables.

Se recomienda revisar el estado de la infraestructura antigua de la empresa para aprovechar los beneficios de la mejora de la eficiencia. Al incorporar tecnologías más avanzadas y eficientes, se puede aumentar la productividad y rentabilidad de la empresa. Los equipos y sistemas modernos suelen ser más eficientes energéticamente, lo que no solo reduce el impacto ambiental, sino también los costos operativos a largo plazo. Esta renovación permitirá a la empresa optimizar sus procesos y aprovechar al máximo los recursos disponibles

Se recomienda que la empresa busque iniciativas para reducir las emisiones atmosféricas como parte de su compromiso con la sostenibilidad ambiental. Esto implica implementar tecnologías y prácticas que minimicen la liberación de gases de efecto invernadero y otros contaminantes al aire. Además, es recomendable considerar la adopción de la Tecnología de Captura, Uso y Almacenamiento de Bióxido de Carbono (CCUS, por sus siglas en inglés), la cual permite capturar de forma segura el CO₂ generado durante los procesos productivos y utilizarlo en aplicaciones industriales o almacenarlo adecuadamente. Estas acciones contribuirán significativamente a mitigar las emisiones generadas por la empresa y promoverán su liderazgo en la lucha contra el cambio climático.

Se recomienda a la empresa invertir en más proyectos de compensación como estrategia efectiva para reducir emisiones. Estos proyectos, como reforestación, energía renovable y captura de carbono, neutralizan las emisiones y promueven la conservación del medio ambiente. La inversión demuestra compromiso con la mitigación del cambio climático, mejora la reputación y cumple con requisitos regulatorios. Además, genera beneficios a largo plazo como empleo local, fortalecimiento de comunidades y protección de ecosistemas.

Nota. Elaboración propia

CONCLUSIONES

El compromiso de Colombia con el Acuerdo de París y sus metas nacionales demuestra su firme compromiso en abordar el cambio climático y promover la sostenibilidad. La implementación de herramientas como la Plataforma de Información para el Cumplimiento de las Contribuciones Nacionales de Mitigación y Adaptación (PICCME) desempeña un papel fundamental al permitir a las empresas evaluar su nivel de cumplimiento y tomar acciones concretas para reducir las emisiones y mejorar la eficiencia energética.

Asimismo, la integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en estas estrategias fortalece la conexión entre la acción climática y el desarrollo sostenible. Al trabajar en conjunto para alcanzar los ODS, se promueve un enfoque integral que aborda no solo la mitigación del cambio climático, sino también otros desafíos sociales, económicos y ambientales, generando un impacto positivo en múltiples áreas.

Por su parte, La herramienta propuesta de eficiencia energética y sostenibilidad ofrece a las empresas la oportunidad de identificar áreas de mejora y reducir costos, al tiempo que mejora su imagen corporativa. Además, sirve como una base para evaluar el nivel de cumplimiento de los compromisos nacionales en el marco del Acuerdo de París, promoviendo el intercambio de buenas prácticas entre las empresas afiliadas a la ANDI.

Mediante el análisis de datos detallados, la herramienta identifica oportunidades para optimizar el uso de la energía, implementar estrategias eficientes y adoptar tecnologías sostenibles. Esto conduce a una reducción del consumo energético, menores emisiones de gases de efecto invernadero y ahorros económicos. Al mismo tiempo, la herramienta fomenta la colaboración y el aprendizaje conjunto, fortaleciendo la capacidad de las empresas para enfrentar los desafíos de la transición energética y cumplir con los objetivos del Acuerdo de París.

REFERENCIAS

- Acuerdo de París, 12 de diciembre, 2015, https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- Álvarez Echeverría, F. A. (2015). *Implementación de nuevas tecnologías: valuación, variables, riesgos y escenarios tecnológicos* (1ra ed.). UFG Editores. <https://archivo.cepal.org/pdfs/GuiaProspectiva/Alvarez2015Implementacion.pdf>
- Andrade-Castañeda, H.J., Arteaga-Céspedes, C.C. y Segura-Madrugal, M.A. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 18(1), 103-112. http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:561
- Araújo, K. (2014). The emerging field of energy transitions: Progress, challenges, and opportunities. *Energy Research & Social Science*, 1, 112-121. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.03.002>
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia [ANDI] (2022). *Informe de gestión 2021-2022*. <https://www.andi.com.co/Uploads/Informe%20ANDI%20Interactivo%20Final%20-%20Ago%202011.pdf>
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia [ANDI] (s.f. a). *Boletín Institucional ANDI*. <https://www.andi.com.co/Uploads/Boletin%20Institucional%20ANDI.pdf>
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia [ANDI] (s.f. b). *Minería, Hidrocarburos y Energía*. <https://www.andi.com.co/Home/Pagina/11-mineria-hidrocarburos-y-energia>
- Banco Interamericano de Desarrollo [BID] (2014, julio). *Impactos económicos del cambio climático en Colombia* [infografía]. <https://publications.iadb.org/es/publicacion/13867/impactos-economicos-del-cambio-climatico-en-colombia>
- BP p.l.c. (2019). *Statistical Review of World Energy 2020* (Edición 69). <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>
- BP p.l.c. (2022). *Statistical Review of World Energy 2022* (edición 71). <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>
- Chen, S., Liu, J., Zhang, O., 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. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112537>
- Climate Watch (2022a). *The PRIMAP-hist national historical emissions time series (1850-2021)*. https://www.climatewatchdata.org/embed/ghg-emissions?breakBy=sector&chartType=area&end_year=2021®ions=WORLD§ors=agriculture%2Cenergy%2Cindustrial-processes-and-product-use%2Cwaste&source=PIK&start_year=1850
- Climate Watch (2022b). *Climate Watch Historical Country Greenhouse Gas Emissions Data*. [https://www.climatewatchdata.org/embed/ghg-emissions?breakBy=sector&chartType=area&end_year=2021®ions=WORLD§ors=building%](https://www.climatewatchdata.org/embed/ghg-emissions?breakBy=sector&chartType=area&end_year=2021®ions=WORLD§ors=building%2Cenergy%2Cindustrial-processes-and-product-use%2Cwaste&source=PIK&start_year=1850)

[2Electricity-heat%2Cfugitive-emissions%2Cmanufacturing-construction%2Cothers-fuel-combustion%2Ctransportation&source=Climate%20Watch&start_year=1850](#)

Foros La República (2023, abril 19). *Hacia la transición energética*. Bogotá, Colombia.

Giraldo, M., Vacca Ramírez, R. y Urrego Quintanilla, A. (2018). Las energías alternativas ¿una oportunidad para Colombia? *Punto De Vista*, 9i(13). <https://doi.org/10.15765/pdv.v9i13.1117>

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

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC] (s.f.). *About the IPCC*. <https://www.ipcc.ch/about/>

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC] (2023a, 20 de marzo). *La acción climática urgente puede garantizar un futuro habitable para todos* [Comunicado de prensa]. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2023/03/IPCC_AR6_SYR_PressRelease_es.pdf

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC] (2023b). *Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6)*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], Fundación Natura, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], Departamento Nacional de Planeación [DNP] y Ministerio de Relaciones Internacionales [CANCILLERÍA] (2021). *Tercer Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)*. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/BUR3%20-%20COLOMBIA.pdf>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], Departamento Nacional de Planeación [DNP] y Ministerio de Relaciones Internacionales [CANCILLERÍA] (2018). *Segundo Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)*. http://www.ideam.gov.co/documents/24277/77448440/PNUD-IDEAM_2RBA.pdf

International Energy Agency [IEA] (2023, marzo). *CO2 Emissions in 2022: Growth in emissions lower than feared*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/3c8fa115-35c4-4474-b237-1b00424c8844/CO2Emissionsin2022.pdf>

International Renewable Energy Agency [IRENA] (2019). *Global energy transformation: A roadmap to 2050 (edición 2019)*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Apr/IRENA_Global_Energy_Transformation_2019.pdf?rev=6ea97044a1274c6c8ffe4a116ab17b8f

Lázaro Touza, L., Escribano Francés, G., y Crespi de Valldaura, V. (2020). Transición energética y gobernanza climática en tiempos de pandemia. *ICE, Revista De Economía*, (916). <https://doi.org/10.32796/ice.2020.916.7101>

- Ley 99 de 1993. (1993, 12 de diciembre). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>
- Liu, S., Wei, N., Jiang, D., Nie, L., Cai, B., Tao, Y. & Li, X. (2023). Emission reduction path for coal-based enterprises via carbon capture, geological utilization, and storage: China energy group. *Energy*, 273. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127222>
- Ministerio de Minas y Energía (2021a). *Fundamentos de carbono neutralidad del Sector Minero Energético*. https://pigccme.minenergia.gov.co/public/uploads/web_documentos/61b8aeac60301.pdf
- Ministerio de Minas y Energía (2021b, octubre). *Plan integral de gestión del cambio climático del sector minero energético 2050*. https://www.minenergia.gov.co/documents/6393/PIGCCme_2050_vf.pdf
- Miranda, L., Valdivia, R. y Verdier, M. (2022). Gobernanza energética y de la vivienda popular en Lima Metropolitana. En A. Castro y M. I. Merino-Gómez (Eds.) *Desafíos y perspectivas de la situación ambiental en el Perú. En el marco de la conmemoración de los 200 años de vida republicana* (pp. 441-463). Instituto de la Naturaleza, Tierra y Energía [INTE-PUCP]. <https://doi.org/10.18800/978-9972-674-30-3.022>
- Morelos Gómez, J. (2016). Análisis de la variación de la eficiencia en la producción de biocombustibles en América Latina. *Estudios Gerenciales*, 32(139), 120-126. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.01.001>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU] (s.f.). *Estados Miembros*. <https://www.un.org/es/about-us/member-states>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA] (2020). *El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas*. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- Our World in Data (2021, diciembre 1). *How have the world's energy sources changed over the last two centuries?* <https://ourworldindata.org/global-energy-200-years>
- Petros'yants, A.M. (1984, diciembre). Informes especiales: La precursora de la energía nucleoelectrica. *Boletín del OIEA*, 26(4), 42-46. https://www.iaea.org/sites/default/files/26404794246_es.pdf
- Ramos-Sanz, A. I. (2020). Determinación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en una matriz energética sustentable mediante análisis de escenarios: Estudio de caso en zonas áridas con alto riesgo hídrico. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 22(2), 114-125. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2752>
- Smil, V. (2010). *Energy transitions: History, Requirements, Prospects*. Praeger.
- Smil, V. (2016). *Energy Transitions: Global and National Perspectives* (2da ed.) Praeger.
- Tang, H., Chen, W., Zhang, S. & Zhang, Q. (2023). China's multi-sector-shared CCUS networks in a carbon-neutral vision. *iScience*, 26(4), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106347>

- Tejada Guzmán, P. M. (2022). *Energías renovables en Colombia: avances para la transición energética*. Asociación Ambiente y Sociedad. <https://www.ambienteysociedad.org.co/energias-renovables-en-colombia-avances-para-la-transicion-energetica/>
- Unidad de Planeación Minero-Energética [UPME] (2021a). *Plan Energético Nacional 2020-2050*. https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Plan_Energetico_Nacional_2020_2050.pdf
- Unidad de Planeación Minero-Energética [UPME] (2021b). *Plan Energético Nacional 2020-2050: Resumen Ejecutivo - La transformación energética que habilita el desarrollo sostenible*. https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Resumen_Ejecutivo_PEN_2020_2050.pdf
- Unidad de Planeación Minero-Energética [UPME] (2022, septiembre). *Balance Energético - BECO: Año 2021*. [Presentación de PowerPoint].
- United Nations Environment Programme [UNEP] (2022). *Emissions Gap Report 2022: The Closing Window. – Climate crisis calls for rapid transformation of societies*. <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2022>
- Universidad de Los Andes Colombia. (2023, mayo 4). *1er Congreso Energía y Transición Energética*, Bogotá, Colombia.
- Vega Ruíz, R. (2022). Fijación, mercantilización y desposesión del carbono en América Latina. Los proyectos REDD+ para combatir el cambio climático. *De Raíz Diversa. Revista Especializada En Estudios Latinoamericanos*, 8(15), 197-219. <https://doi.org/10.22201/ppela.24487988e.2021.15.79712>
- Vergara, W., Finch, M., Langer, P., Studart R. & Keneally, S. (2021, febrero 11). *Colombia Shows Leadership in the Race Against Climate Change*. World Resources Institute. <https://www.wri.org/insights/colombia-shows-leadership-race-against-climate-change>