

Estudio de la viabilidad de políticas para la transición energética aplicables en
Colombia a partir del análisis de referentes internacionales.

Aldair López López

César Alberto Pardo Archila

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero de Petróleos

Director

Erik Giovany Montes Páez

Magister en Ingeniería de Hidrocarburos

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Fisicoquímicas

Escuela de Ingeniería de Petróleos

Bucaramanga

2024

Resumen.

Título: Estudio de la viabilidad de políticas para la transición energética aplicables en Colombia a partir del análisis de referentes internacionales*.

Autores: Aldair López López, César Alberto Pardo Archila**.

Palabras claves: transición energética, política energética, energías renovables, gases de efecto invernadero, emisiones.

Descripción: La transición energética es cada día una realidad más cercana a la nuestra razón por la cual en 2015 se firmó el acuerdo de Paris, el cual, propone llegar a la carbono neutralidad para el año 2050 manteniendo el aumento de la temperatura hasta un nivel máximo de 1.5°C por encima de los niveles preindustriales como su objetivo principal. En la COP 27 realizada el año 2022, 7 años después de la firma del acuerdo los balances realizados por la ONU no muestran resultados alentadores, con la tendencia global actual para el año 2030 se registrarían temperaturas 10% mayores a las registradas en el año 2010. Situación crítica que obliga a intensificar los esfuerzos de manera global, en este orden de ideas y entendiendo que los contextos para llevar a cabo transiciones exitosas son diferentes para cada país, se intentan identificar diferentes estrategias y estructuras que se acomoden al contexto colombiano, partiendo del estudio de referentes internacionales con modelos de transición energética avanzados.

* Trabajo de grado.

** Facultad de Ingeniería Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: Erik Giovany Montes Páez Magister en Ingeniería de Hidrocarburos.

Abstract.

Title: Study of the feasibility of energy transition policies applicable in Colombia based on the analysis of international references.*

Authors: Aldair López López, César Alberto Pardo Archila**.

Key words: energy transition, energy policy, renewable energies, greenhouse gases, emissions.

Description: The energy transition is every day a reality closer to our reason why in 2015 the Paris agreement was signed, which, proposes to reach carbon neutrality by the year 2050 keeping the temperature increase to a maximum level of 1.5°C above pre-industrial levels as its main objective. In the COP 27 held in 2022, 7 years after the signing of the agreement, the balances made by the UN do not show encouraging results, with the current global trend for the year 2030 temperatures would be 10% higher than those recorded in 2010. In this order of ideas and understanding that the contexts to carry out successful transitions are different for each country, we try to identify different strategies and structures that fit the Colombian context, based on the study of international references with advanced energy transition models.

* Degree work.

** Physical-Chemical Engineering Faculty. Petroleum Engineering School. Director: Erik Giovany Montes Páez Master in Hydrocarbons Engineering.

Contenido.

Contenido.....	4
Lista de Ilustraciones.....	7
Lista de Tablas.	12
Lista de Anexos.....	13
Introducción.....	14
1 Objetivos.....	16
1.1 Objetivo general.....	16
1.2 Objetivos específicos.....	16
2 Diagnóstico nacional.....	17
2.1 Generalidades del plan energético nacional (PEN) 2020-2050.....	18
2.2 Comportamiento del consumo energético por sectores.....	27
2.2.1 Sector transporte.....	28
2.2.2 Sector industrial.....	28
2.2.3 Sector residencial.....	30
2.3 Marco legal vigente.....	30
2.3.1 Energía eléctrica.....	31
2.3.2 Transporte Sostenible.....	31
2.3.3 Hidrocarburos.....	32
2.3.4 Minería.....	32

2.3.5	Transversal.....	33
2.4	Emisiones.....	34
2.4.1	Emisiones mundiales.....	35
2.4.2	Emisiones América latina y el caribe.	37
2.4.3	Emisiones Colombia.....	39
3	Referentes internacionales en transición energética.....	42
3.1	Caso de estudio: Islandia.....	44
3.1.1	Histórico de oferta energética.....	47
3.1.2	Consumo final de energía.....	49
3.1.3	Emisiones de GEI.....	52
3.2	Caso de estudio: Dinamarca.....	53
3.2.1	Histórico de oferta energética.....	58
3.2.2	Consumo final de energía.....	60
3.2.3	Emisiones de GEI.....	63
3.3	Caso de estudio: Noruega.....	64
3.3.1	Histórico de oferta energética.....	70
3.3.2	Consumo final de energía.....	72
3.3.3	Emisiones de GEI.....	74
3.4	Caso de estudio: Brasil.....	76
3.4.1	Histórico de oferta energética.....	80

3.4.2

Consumo final de energía.....

82

3.4.3

Emisiones de GEI.....

84

4

Análisis para el contexto colombiano.

85

4.1

Acciones prioritarias.....

96

5

Conclusiones.....

103

6

Recomendaciones.

105

7

Bibliografía

106

Lista de Ilustraciones.

<i>Ilustración 1. Composición de la oferta energética 1975-2021 (UPME, BECO 2022)...</i>	27
<i>Ilustración 2. Consumo por fuente de energía del sector transporte, Colombia 2023 Energy Policy Review, Agencia Internacional de Energía (IEA).....</i>	28
<i>Ilustración 3. Consumo por fuente de energía del sector Industria, Colombia 2023 Energy Policy Review, Agencia Internacional de Energía (IEA).....</i>	29
<i>Ilustración 4. Consumo por fuente de energía del sector Residencial, Colombia 2023 Energy Policy Review, Agencia Internacional de Energía (IEA).....</i>	30
<i>Ilustración 5. Emisiones totales de CO2 equivalente a nivel mundial, Climate Watch Data 2022.....</i>	35
<i>Ilustración 6. Emisiones totales de CO2 equivalente a nivel mundial por sectores, Climate Watch Data 2022.</i>	37
<i>Ilustración 7. Emisiones totales de CO2 equivalente América latina y el caribe, Climate Watch Data 2022.....</i>	38
<i>Ilustración 8. Emisiones totales de CO2 equivalente a en América latina y el caribe por sectores, Climate Watch Data 2022.....</i>	39
<i>Ilustración 9. Emisiones totales de CO2 equivalente Colombia, Climate Watch Data 2022.</i>	40
<i>Ilustración 10. Emisiones totales de CO2 equivalente en Colombia por sectores, Climate Watch Data 2022.</i>	41
<i>Ilustración 11. Calefacción residencial en Islandia, adaptado de Eliminación de los combustibles fósiles: la transición de Islandia del carbón y el petróleo a la calefacción urbana geotérmica 1930-1980, Odinn Melsted, 2021.</i>	46

<i>Ilustración 12. Oferta energética Islandia, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 13. Oferta energética Islandia en porcentajes, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 14. Consumo de energía Islandia, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 15. Consumo de energía Islandia en porcentajes, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser.....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 16. Emisiones totales de CO2 equivalente Islandia, Historical GHG emissions 2021, actualizado el 9 de febrero del 2023.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 17. Oferta energética Dinamarca, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 18. Oferta energética Dinamarca en porcentajes, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser.....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 19. Consumo energético Dinamarca, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser</i>	<i>62</i>

<i>Ilustración 20. Consumo energético Dinamarca en porcentajes, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser.....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 21. Emisiones totales de CO2 equivalente Dinamarca, Historical GHG emissions 2021, actualizado el 9 de febrero del 2023.....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 22. Generación de electricidad por fuente, Noruega 1990-2022, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser.....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 23. Oferta energética Noruega, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 24. Oferta energética Noruega en porcentajes, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 25. Consumo energético Noruega, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 26. Consumo energético Noruega en porcentajes, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser.....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 27. Emisiones totales de CO2 equivalente Noruega, Historical GHG emissions 2021, actualizado el 9 de febrero del 2023.....</i>	<i>76</i>

<i>Ilustración 28. Oferta energética Brasil en porcentajes, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 29. Oferta energética Brasil, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 30. Consumo final Brasil en porcentajes, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 31. Consumo final Brasil, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 32. Emisiones GEI Brasil, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 33. Generación de electricidad por fuente, Islandia 2022, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 34. Generación de electricidad por fuente, Noruega 2022, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser</i>	<i>87</i>
<i>Ilustración 35. Generación de electricidad por fuente, Dinamarca 1990-2022, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser</i>	<i>88</i>

<i>Ilustración 36. Generación de electricidad por fuente, Dinamarca 2022, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser.....</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 37. Generación de electricidad por fuente, Brasil 1990 - 2022, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser.....</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 38. Generación de electricidad por fuente, Brasil 2021, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser.....</i>	<i>91</i>
<i>Ilustración 39. Generación de electricidad por fuente, Colombia 2022, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser.....</i>	<i>91</i>
<i>Ilustración 40. Comparación de generación eléctrica y producción de emisiones a partir de esta entre carbón y gas natural en Colombia, elaboración propia.</i>	<i>98</i>
<i>Ilustración 41. Viabilidad de acciones prioritarias, sustitución de la generación eléctrica a partir de carbón a gas natural, elaboración propia.</i>	<i>99</i>
<i>Ilustración 42. Viabilidad de acciones prioritarias, creación de ente estatal encargado de la investigación, desarrollo y promoción de las FER en Colombia, elaboración propia.</i>	<i>101</i>

Lista de Tablas.

Tabla 1: Tabla de control de objetivos e indicadores PEN 2020-2050, Plan Energético Nacional 2020-2050. 22

Lista de Anexos.

<i>Anexo 1. Tabla marco legal vigente.</i>	<i>126</i>
---	------------

Introducción.

La transición energética es cada día que pasa una realidad más cercana a la nuestra, con una gran cantidad de países comprometidos con la descarbonización de sus canastas energéticas y el abordamiento del cambio climático. A pesar de la meta global de limitar el aumento de la temperatura a 1.5°C por encima de los niveles preindustriales establecida en el Acuerdo de París en 2015, los informes de la ONU presentados en el COP27 indican que las emisiones podrían aumentar en más de 10% para el año 2030 con respecto a 2010, es por esto por lo que se llama nuevamente a los gobiernos a reformar e implementar de manera inmediata planes climáticos que logren la reducción de las emisiones actuales, para esto, todos los países deben incrementar esfuerzos para dar con estrategias que irrumpen tanto en las formas en que producimos, como en las que consumimos y transportamos.

A través de un diagnóstico nacional se busca identificar el estado actual de la política energética nacional, consumo, oferta y demás características que ayuden a plantear las estrategias necesarias para que Colombia logre los objetivos propuestos en la reducción emisiones de gases de efecto invernadero y por tanto en la mitigación del cambio climático, por medio de una transición energética justa.

Los contextos para llevar a cabo la transición energética son diferentes para cada país, pero eso no sesga la posibilidad de que se puedan tomar lecciones de países referentes en este apartado que contribuyan a un desarrollo más acelerado de la transición energética colombiana a través del estudio de su política energética y demás aspectos que permitieran reconocer las bases del éxito de su transición energética.

Al efectuar el análisis se pudieron observar características similares en los casos de estudio planteados, y se determinaron horizontes importantes en el contexto nacional, entre ellos la limpieza y diversificación de la matriz de generación eléctrica, la generación de un ambiente de colaboración entre los distintos actores de los sectores públicos y privados que confluyen para la transición energética, la importancia de la participación estatal a través de la planificación energética de largo plazo, la investigación y el desarrollo de las fuentes de energías renovables y la recopilación y centralización de los datos, entre otros.

Además, se plasmaron las acciones que se identificaron como prioritarias que lograrían solucionar algunas problemáticas encontradas en el diagnóstico nacional y avanzar con respuestas a los requerimientos tanto de mediano como de largo plazo en camino de la descarbonización de la matriz energética colombiana, sin embargo, se necesita ahondar más en cuanto a las afectaciones socioeconómicas que podrían surgir y cómo afrontarlas.

1 Objetivos.

1.1 Objetivo general.

Estudiar la viabilidad de políticas para la transición energética aplicables en Colombia a partir del análisis de referentes internacionales.

1.2 Objetivos específicos.

- Realizar un diagnóstico del contexto energético teniendo en cuenta aspectos como matriz energética, emisiones, plan energético, eficiencia energética y metas del país.
- Revisión de las políticas públicas y planes energéticos que se han desarrollado en países líderes en transición energética.
- Identificar acciones prioritarias que se deberían desarrollar en aras de cumplir las metas del país en materia de transición energética.
- Evaluar la viabilidad dentro del contexto colombiano de distintas estrategias y políticas aplicadas alrededor del mundo para la transición energética.

2 Diagnóstico nacional.

La transición energética es un tema que involucra a todos los países y tiene un impacto significativo en la economía el medio ambiente y la seguridad global. Debido a esto muchos países se han sumado a la necesidad de alejarse de los combustibles fósiles hacia energías que se acomoden a las necesidades del mundo en camino de la descarbonización.

Muestra de esto es el Acuerdo de París, un tratado firmado internacionalmente el cual busca limitar el aumento de la temperatura global a menos del 2% por encima de los niveles preindustriales. Muchos países han ratificado el acuerdo, por lo que su enfoque ha estado en diseñar y presentar planes nacionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y renovar la canasta energética a fuentes y procesos más alejados de los combustibles fósiles.

En concordancia, cada país ha establecido su línea de trabajo de acuerdo con sus características y particularidades, en el caso de Colombia condensándolo en el plan energético nacional (PEN) actual 2020-2050, un plan ambicioso y con mucho trabajo por delante, el cual aprovecharemos para efectos de contextualización para este diagnóstico.

2.1 Generalidades del plan energético nacional (PEN) 2020-2050.

En el PEN actual se plantean 4 áreas estratégicas sobre las que se quiere fijar el enfoque de la política pública:

1. Seguridad y confiabilidad de abastecimiento: Se propone como centro de la política energética, en aras de garantizar soluciones energéticas de calidad y asequibles para el consumidor y la diversificación de la matriz energética.
2. Mitigación y adaptación al cambio climático: Búsqueda de soluciones que permitan mitigar las emisiones de GEI tanto en la producción, como en el consumo de energía.
3. Competitividad y desarrollo económico: Se propone que el uso de la tecnología sea el foco al que propenda la política pública para de esta manera mejorar la eficiencia energética y a la vez impulsar el mercado competitivo.
4. Gestión del conocimiento y la innovación: Se resalta la importancia en el avance de la digitalización y uso de datos para la toma de decisiones, alienta la formación de capital humano y centros de investigación en áreas de desarrollo de nuevas fuentes y el uso adecuado de la energía.

El reto propuesto por el país es lograr un abastecimiento de la energía que utilice menos combustibles fósiles y en donde el uso de otras energías se mantenga de forma creciente. Los combustibles líquidos continuarán su participación en la matriz energética ahora de una manera menos protagónica, ya que se pretende dar un gran avance en la descarbonización por medio de fuentes de energía no convencionales, la diversificación de gases combustibles y el aprovechamiento de los avances tecnológicos que permitan un uso más eficiente de la energía.

En este orden de ideas la tabla 1 contiene la información de los objetivos propuestos en el PEN, sus indicadores de seguimiento, cuáles fueron las condiciones iniciales en el momento de realizar el plan y la visión para el año 2050, es decir, en donde deberían estar los indicadores de acuerdo con el plan:

Pilar	Objetivo	Indicador de seguimiento	Línea base	Visión a 2050
Seguridad y confiabilidad de 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	Objetivo	Indicador de seguimiento	Línea base	Visión a 2050
Mitigación y adaptación al cambio climático	Contar con un sistema energético resiliente.	Emisiones de CO ₂ asociadas a la producción de energía	35.047 GgCO ₂ eq-año	Bajarlo (No se define visión para estos indicadores).
	Propender por un sistema energético de bajas emisiones de GEI.	Emisiones de CO ₂ asociadas al consumo de energía	61.955 Gg CO ₂ eq-año	70.000- 90.000 GgCO ₂ eq-año
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

Pilar	Objetivo	Indicador de seguimiento	Línea base	Visión a 2050
Competitividad y desarrollo económico	Promover un entorno de mercado competitivo y la transición hacia una economía circular	Diferencial inflación precios energía vs. Precios al consumidor	2,2 %	Bajarlo (No se define visión para estos indicadores).
		Consumo per-cápita de leña	132 ton/mil habitantes	36-70 ton/mil habitantes
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

Pilar	Objetivo	Indicador de seguimiento	Línea base	Visión a 2050
Conocimiento e innovación	Estimular la investigación e innovación y fortalecer las capacidades de capital humano	Número de grupos de investigación	210	Aumentarlo (No se define visión para estos indicadores).
		Inversión en ACTI como porcentaje del PIB	0,74%	1%

Tabla 1: Tabla de control de objetivos e indicadores PEN 2020-2050, Plan Energético Nacional 2020-2050.

Con base en estos objetivos, el PEN reconoce 5 desafíos en los que debería centrarse la política energética, los cuales serán brevemente explicados a continuación:

1. Disponibilidad de recursos energéticos locales, cobertura universal y mejoras en la calidad del servicio.

La búsqueda por asegurar un suministro de energía que sea tanto confiable como sostenible representa para el sector energético colombiano una gran prueba que debe ser afrontada en las décadas venideras, para tal efecto se hace esencial la exploración del comercio internacional como una alternativa viable, alentar la promoción de la interconexión regional en el ámbito eléctrico y mejorar la calidad de los servicios para así obtener una respuesta eficaz a las crecientes demandas de la sociedad y la economía.

2. Brecha tecnológica y uso eficiente de los recursos energéticos.

La reducción de costos, el fortalecimiento de la competitividad y la reducción de los impactos ambientales en el país pueden ser abordados desde el uso eficiente de los recursos, para lograr la mayor eficiencia posible se hace necesaria no solo el uso de la mejor tecnología posible, sino también centrarse en campos con altos índices de ineficiencia que en Colombia tienen nombre propio y son los sectores del transporte, el residencial, la industria y el sector de servicios. Impulsar eficazmente la transformación tecnológica no es fácil, por lo que para este desafío se plantea priorizar la digitalización, la adopción de estándares de rendimiento y la provisión de financiamiento adecuada, haciendo un especial enfoque sobre la recopilación de datos como un elemento esencial para evaluación del avance en esta dirección.

3. Mitigación y adaptación al cambio climático.

El sector energético colombiano, al igual que el resto del mundo se enfrenta al reto de la mitigación y adaptación al cambio climático, en consideración con esto la planeación energética debería centrarse en la implementación y fortificación de infraestructura suficiente que pueda hacer frente a los retos que presenta el cambio climático, todo esto mientras garantiza que no se vea afectado el país social, económica y ambientalmente.

4. Cambios estructurales en el sector energético asociados a la digitalización y descentralización.

Se hace de vital importancia la descentralización, digitalización y descarbonización en el sector energético, denominadas por el Consejo Mundial de

Energía (WEC¹,2017) conjuntamente las “3D”. Su importancia radica en que serán las responsables de la transformación en la cadena de valor de la industria energética.

La descentralización, facilitada por tecnologías como paneles solares y almacenamiento, posibilitará la entrada de nuevas empresas y pondrá a los consumidores en una mejor posición. Por otra parte, la digitalización se destaca por su habilidad para disminuir costos, perfeccionar la toma de decisiones y suministrar información en tiempo real. Ambas tendencias están desafiando los modelos de negocio preexistentes e impactando sectores que, a lo largo de la historia, han sido predominantemente oligopólicos y monopolísticos.

Claramente no será fácil incorporar estos dos factores y es por esto que representan un desafío al sector energético, pero su importancia es tal que hace necesario los esfuerzos, los cuales deberán ser enfocados en cultivar capacidades en análisis de datos, establecer una gobernanza efectiva de los datos, abordar la ciberseguridad y ajustar los modelos para acomodar la diversidad de fuentes de energía.

5. COVID y la toma de decisiones bajo incertidumbre.

El COVID-19 ha tenido un profundo impacto en la economía global y en el sector energético no ha sido diferente, sufriendo una disminución en la demanda

¹ WEC: Consejo Mundial de Energía, entidad encargada de promover el suministro y utilización de la energía en beneficio de todos los pueblos.

energética, sin embargo, el reconocimiento de este impacto es un primer paso para luego pasar a la preparación para enfrentar a futuro situaciones similares.

A corto plazo, el sector debe atraer inversión para financiar proyectos y superar problemas en las cadenas de producción. A largo plazo, es vital estar preparados para cambios duraderos en la economía y la industria energética, manteniendo una constante adaptabilidad y resiliencia.

El Plan Energético Nacional 2020-2050 (PEN 2020-2050) es el paso a seguir dentro de la transición energética Colombiana, pero dicho plan no es más que la continuación de una gran pirámide de transformaciones que Colombia empezó hace mucho tiempo, el crecimiento poblacional, productivo y de urbanización vivido por el país en los últimos 50 años es innegable, y es que, según el Departamento Nacional de Estadística (DANE) en datos oficiales, la población en este lapso de tiempo se ha duplicado, pues ha pasado de casi 24 a 50 millones de habitantes, el Producto Interno Bruto (PIB) ha crecido 5,5 veces, pasando de 183.809 MMCOP a 1.176,6 BCOP y el país paso de un factor de urbanización de alrededor de 55% a casi el 75%.

Tal crecimiento tanto en producción como en población ha aumentado de manera significativa y exponencial el consumo de energía y ha provocado un cambio en la composición de la oferta energética. En este periodo, según la Unidad de Planeamiento Minero Energético (UPME)² el consumo final de energía en Colombia pasó de 728 PJ a

² Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME): Es una unidad administrativa de carácter técnico adscrita al ministerio de minas y energía.

1.319 PJ, esto refleja la transformación productiva y económica a la que se enfrentó el país.

Según los datos de la UPME el cambio en la oferta energética desfavoreció a algunas fuentes tanto como impulsó a otras; el mayor impulso lo tuvieron el Diesel y la gasolina de motor, fueron las fuentes de energía que más terreno ganaron durante este tiempo, el Diesel pasando de un 4% a un 20% mientras que la gasolina de motor pasó de un 16% a un 19%; y si se agrupan bajo la categoría de combustibles líquidos estos llegan a representar alrededor de un 40% de la oferta energética.

Otras fuentes de energía que aumentaron su participación de gran manera en la composición de la oferta energética fueron la electricidad que pasó de representar un 5% de la oferta energética a un total de 17% y el gas natural que pasó de un 2% en el año 1975 a un 15% en el 2021.

La leña tuvo la mayor pérdida de participación en la oferta, pasando de representar el 40% de la oferta energética nacional a un 8% en 2021, es una pérdida de participación que se puede comprender debido a la industrialización y urbanización del país en este tiempo, además del gran avance del gas en las últimas décadas.

COMPOSICIÓN DE LA OFERTA ENERGÉTICA 1975-2021

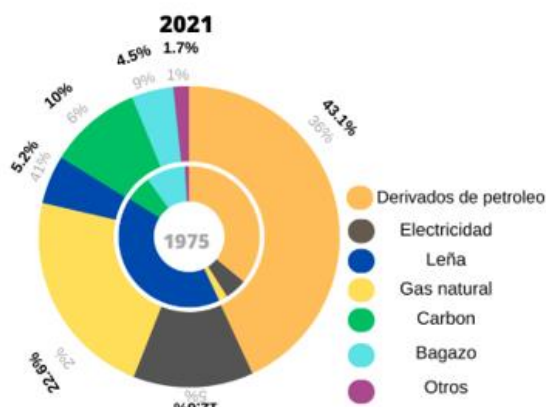


Ilustración 1. Composición de la oferta energética 1975-2021 (UPME, BECO 2022).

2.2 Comportamiento del consumo energético por sectores.

En reconocimiento del aumento en el consumo final de energía es requerida una sectorización del consumo y a su vez la contextualización de cómo se da, en este orden de ideas a continuación se hará un análisis de los datos de consumo final de energía por sectores expuestos en la *Colombia 2023 Energy Policy Review*³ de la Agencia Internacional de Energía (IEA⁴ por sus siglas en inglés).

³ Colombia 2023 Energy Policy Review: Informe realizado por la Agencia Internacional de Energía para analizar de forma exhaustiva la política energética de sus países miembros.

⁴ La Agencia Internacional de la Energía es una organización internacional creada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) que busca coordinar las políticas energéticas de sus estados miembros, con la finalidad de asegurar energía confiable, adquirible y limpia a sus habitantes.

2.2.1 Sector transporte.

El sector transporte en Colombia es el que más energía consume, representando el 40% del consumo energético de la economía en 2021. Además, el sector es el de mayor ineficiencia en el país (69%); el carretero es la forma de transporte con mayor contribución con un 88% (Incluyendo carga y pasajeros), lo sigue el aéreo con un 10%, el marítimo con 1% y el fluvial con el 1% restante.

En Colombia el 90% del consumo final de energía en el sector transporte proviene de los derivados de petróleo, lo sigue un 6% proveniente de los biocombustibles y el 4% restante son suministrados a partir del gas natural. Actualmente en el territorio nacional los combustibles líquidos de mayor uso en transporte son la gasolina con 49% y el Diesel con 41% del consumo total.

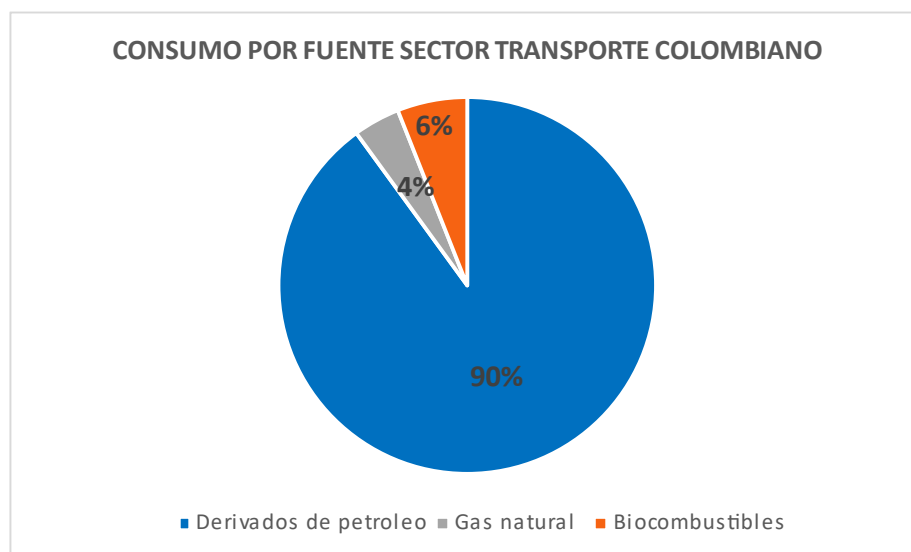


Ilustración 2. Consumo por fuente de energía del sector transporte, Colombia 2023 Energy Policy Review, Agencia Internacional de Energía (IEA).

2.2.2 Sector industrial.

El sector industrial es el segundo sector de mayor consumo de energía en el país, alcanzando una participación del 36% del consumo total, esto debido a la forma en la

que está estructurada la industria colombiana y a su constante desarrollo, lo que también la lleva a situarse como el tercer país con mayor crecimiento en el 2021 solo por detrás de Perú y Argentina. Un importante punto de enfoque dentro de la industria es la generación de calor ya que un 88% de la energía final se usa con este fin.

La distribución de las fuentes de energía y la cantidad que son destinadas para usos finales en el sector industrial se muestran en la ilustración 3.

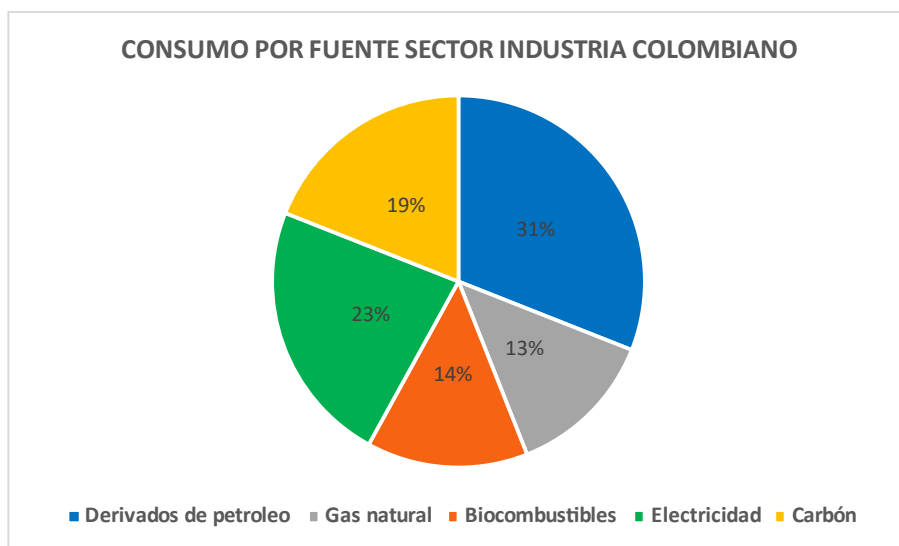


Ilustración 3. Consumo por fuente de energía del sector Industria, Colombia 2023 Energy Policy Review, Agencia Internacional de Energía (IEA).

Los derivados del petróleo y la electricidad cubren cerca del 55% del consumo final energético del sector industrial colombiano, los derivados con un 31% mientras que la electricidad con un 23%, por otra parte, el carbón cubre otro gran porcentaje del consumo final de la energía en el sector con alrededor del 19%, seguido por los biocombustibles con 14% y el gas natural con un 13%.

2.2.3 Sector residencial.

Por último, está el sector residencial que representa en el consumo final de la energía del país un 24%, los usos de mayor intensidad son la cocción con un 68% y la refrigeración con alrededor de un 15% y por último están otras labores como el aire acondicionado, la televisión, las lavadoras, el calentamiento de agua y la iluminación.

En cuanto a las fuentes de generación el sector residencial es el que vive el mayor aporte por parte de las bioenergías ya que un 37% de los usos finales destinados para este sector provienen de esta fuente de energía, seguido por un 26% de energía brindado por el gas natural, 25% que aporta la energía eléctrica y un 12% de los derivados del petróleo.

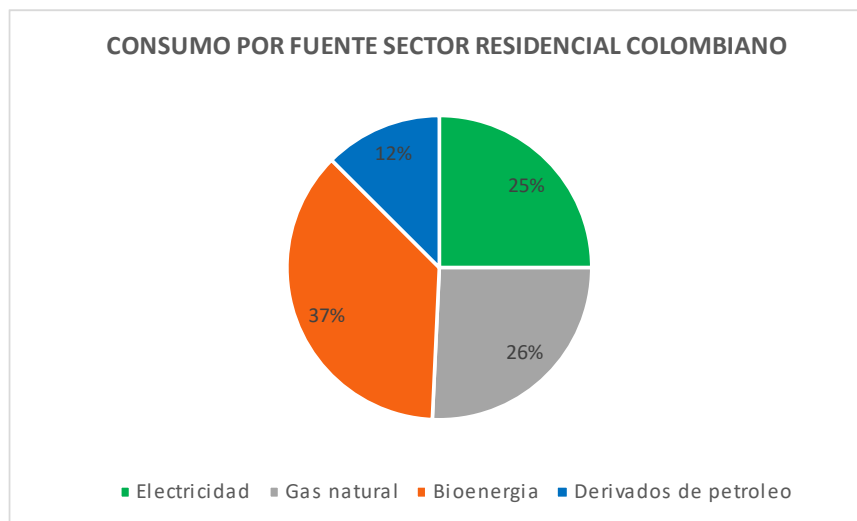


Ilustración 4. Consumo por fuente de energía del sector Residencial, Colombia 2023 Energy Policy Review, Agencia Internacional de Energía (IEA).

2.3 Marco legal vigente.

Actualmente hay distintos instrumentos normativos vigentes que desde distintas posiciones enmarcan la actualidad y el avance de la transición energética del país, para efectos de orden, se mencionará los elementos vigentes y se agruparán en 5

categorías tal como hace el Consejo Nacional de Política Pública y Social (CONPES) en su documento *4075 - política de transición energética*⁵, en el *Anexo 1*⁶ se encuentra una tabla con cada uno de estos elementos y sus respectivos fines y/o alcances.

2.3.1 Energía eléctrica.

- Ley 1715 de 2014.
- CONPES 3934 – Política de crecimiento verde (2018).
- Ley 1955 de 2019 – Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018-2022.
- Plan de Acción Indicativo – Programa de uso racional y eficiente de la energía 2021-2030 (PAI PROURE 2021-2030), UPME 2021.
- Ley 2099 de 2021.
- Hoja de ruta para el despliegue de la energía eólica costa afuera en Colombia, Ministerio de Minas y Energía 2021.

2.3.2 Transporte Sostenible.

- CONPES 3942 – Política para el mejoramiento de la calidad del aire (2018).
- CONPES 3963 – Política para la modernización del sector transporte automotor de carga (2019).
- Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME) 2019.
- Ley 1955 de 2019 – PND 2018-2022.
- Ley 1964 de 2019.

⁵ Documento 4075 – Política de transición energética, CONPES 2022: Determina los lineamientos para avanzar hacia la transición energética del país.

⁶ Anexo 1: Tabla marco legal vigente.

- Ley 1972 de 2019.
- Ley 2169 de 2021.

2.3.3 Hidrocarburos.

- CONPES 3510 – Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia (2008).
- Decreto Único Reglamentario 1073 de 2015.
- Decreto 2251 de 2015.
- Decreto 2345 de 2015.
- Decreto 2253 de 2017.
- Ley 1955 de 2019 – PND 2018-2022.
- CONPES 3990 – Colombia potencia bioceánica sostenible 2030 (2020).
- CONPES 4023 – Política para la reactivación, la repotenciación y el crecimiento sostenible e incluyente (2021).
- Ley 2128 de 2021.
- Resolución 40317 de 2023 del Ministerio de Minas y Energía.

2.3.4 Minería.

- Ley 685 de 2001.
- CONPES 3762 – Lineamientos de política para el desarrollo de Proyectos de Interés Nacional Estratégicos – PINES (2013).
- CONPES 3934 – Política de crecimiento verde (2018).
- Ley 1955 de 2019.
- CONPES 4021 – Política nacional para el control de la deforestación y la gestión sostenible de bosques (2020).

2.3.5 Transversal.

- Ley 1844 de 2017.
- Resolución 40350 de 2021 del Ministerio de Minas y Energía.
- Ley 2169 de 2021.
- CONPES 4075 – Política de transición energética (2022).

Hasta el momento los avances alcanzados en materia de transición energética pese al robusto marco normativo vigente son apenas las bases del proceso de manera parcial, esto debido a su naturaleza de corto y mediano plazo además de la débil articulación entre los sectores que confluyen para posibilitarlo, así lo plantea el documento *CONPES 4075 – Política de transición energética* en su diagnóstico, en donde además plantea cuatro grandes problemas que entorpecen el avance del proceso:

1. Retos para incrementar la seguridad y confiabilidad energética.
2. Insuficientes recursos y estrategias para promover la innovación y conocimiento en transición energética.
3. Escasas medidas para el fomento de la competitividad y el desarrollo económico desde el sector minero energético.
4. Altas emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al sistema energético del país.

Sumado a esto, en la normatividad es evidente la falta de intención hacia la búsqueda e implementación de nuevas fuentes de energía que no hayan sido proyectadas antes, como la energía nuclear o la marítima, además de la escasa planeación para dar paso a la energía geotérmica que viene siendo tomada en cuenta

aparentemente hace años, pero que no presenta avances significativos en su consolidación como una fuente de energía más en la matriz colombiana pese a su protagónico papel en los procesos más avanzados de transición energética que hay en el mundo y su potencialidad en nuestro territorio, así mismo la normatividad actual carece de propuesta alrededor de la incursión hacia el aprovechamiento del hidrogeno, clave en la reducción de emisiones y probablemente un gran aliado en términos económicos para los países productores de gas en la transición energética.

2.4 Emisiones.

La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), es un eslabón de vital importancia en la tarea de frenar el cambio climático y tienen su nacimiento en la identificación de las excesivas cantidades de gases de efecto invernadero que son emitidos por nuestra sociedad y causan un gran impacto en la atmosfera terrestre.

Si bien los gases de efecto invernadero no son solo el CO₂ ya que según el Instituto de Recursos Mundiales (WRI⁷ por sus siglas en inglés) están compuestos por otros gases como el CH₄ (metano), N₂O (Óxido nitroso), PFC (Perfluorocarbonos), SF₆ (hexafluoruro de azufre) y NF₃ (Trifluoruro de nitrógeno) para lograr una unificación y hacer más sencilla la comprensión de los datos se trabajará las emisiones totales en valores de CO₂ equivalente.

⁷ WRI: Organización mundial de investigación, que busca crear condiciones de equidad y prosperidad a través de la administración sostenible de los recursos naturales.

2.4.1 Emisiones mundiales.

Según el Climate Watch⁸ para el año 2020 las emisiones globales de CO₂ equivalentes se mantuvieron en los 47513 MT, valor que representa la primera disminución en muchos años donde la tendencia se mantenía de forma ascendente, por otro lado, los primeros 10 países en términos de emisiones alcanzan un porcentaje del 60% de las totales donde el principal generador de emisiones es China con alrededor de 26% de las emisiones globales.

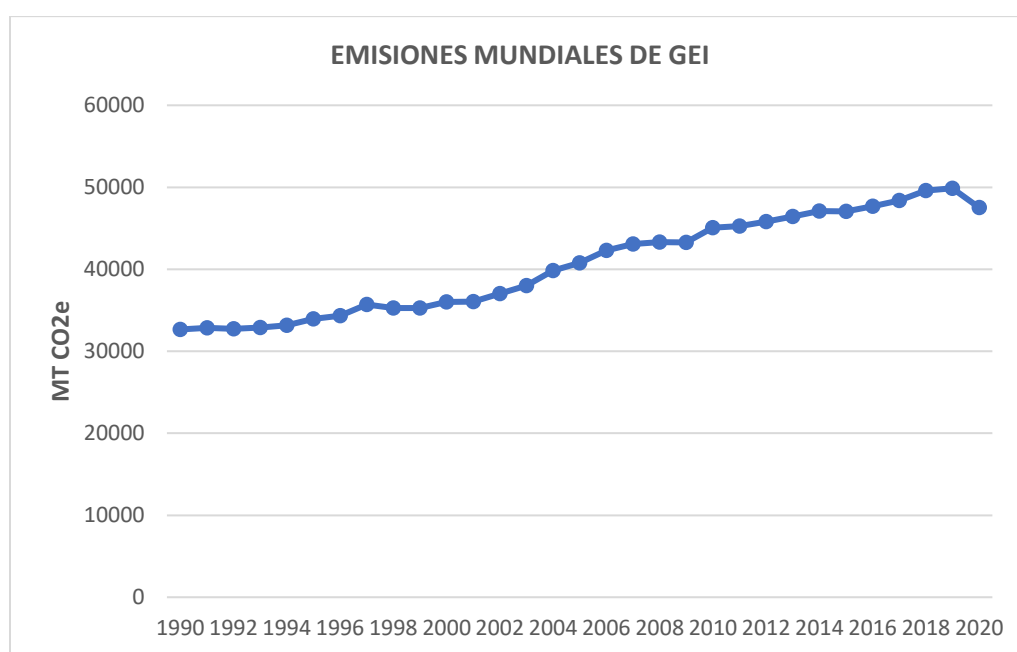


Ilustración 5. Emisiones totales de CO₂ equivalente a nivel mundial, Climate Watch Data 2022.

⁸ Climate Watch: Es una plataforma en línea diseñada para los legisladores, investigadores, medios de comunicación y otras partes interesadas con los datos, visualizaciones y recursos climáticos abiertos que necesitan para obtener información sobre el progreso nacional y mundial en el cambio climático.

Las emisiones en el climate watch data 2022 están agrupadas en los siguientes 4 sectores: Energía, procesos industriales, procesos agrícolas y por último residuos. Por lo que en base a esta agrupación está hecho el presente análisis.

El sector energético es la principal fuente de emisiones a nivel mundial en el 2020 contribuyendo con alrededor del 77% del total, es importante mencionar que en el sector energético se encuentran los subsectores de transporte, generación de calor, residencial, manufactura y otros tipos de quema de combustibles, los cuales son sectores con altos índices de ineficiencia y en los que se pueden hallar oportunidades de disminución de emisiones a partir del mejoramiento de los sistemas para evitar las pérdidas de energía.

El siguiente sector con más altos índices de generación de emisiones es la agricultura y otros usos de la tierra que aportan un 13 % de las emisiones globales totales donde se encuentran los subsectores de la ganadería, el estiércol y los usos agrícolas que si bien su participación en las emisiones no es comparable al sector energético es importante encontrar las estrategias que ayuden a la mitigación de estas.

El sector de los procesos industriales es el tercero con mayor participación en la contribución de emisiones y ha tenido un aumento del 187% desde 1990 en la cantidad de emisiones; el sector industrial es un sector que si bien produce gases de efecto invernadero mediante el consumo de combustibles fósiles, también lo hace a través de procesos que no generan combustión, estos son procesos químicos necesarios para la fabricación de metales u otros elementos requeridos para las labores que esta industria desempeña diariamente.

Por último, están los residuos, cuyo sector aporta un total del 3% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

EMISIONES MUNDIALES DE GEI POR SECTORES

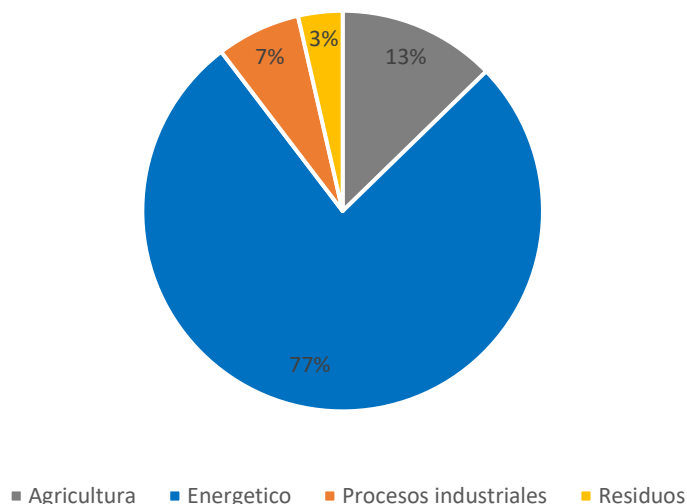


Ilustración 6. Emisiones totales de CO2 equivalente a nivel mundial por sectores, Climate Watch Data 2022.

2.4.2 Emisiones América latina y el caribe.

Las emisiones de América latina y el caribe continúan con su tendencia marcada de disminución empezada en el año 2016 alcanzando para el año 2020 un valor de 3064.5 MT de CO2 equivalente lo que representa alrededor de 6.45% de las emisiones globales, esto demuestra la intención como región de reducir las emisiones, pero no son los esfuerzos suficientes para lograr los objetivos plasmados en el acuerdo de Paris.

En la región el mayor emisor es Brasil con cerca de 1470 MT de CO2 equivalente llegando a contribuir con casi la mitad de las emisiones de la región, seguido por México y Argentina, con cantidades mucho más alejadas.

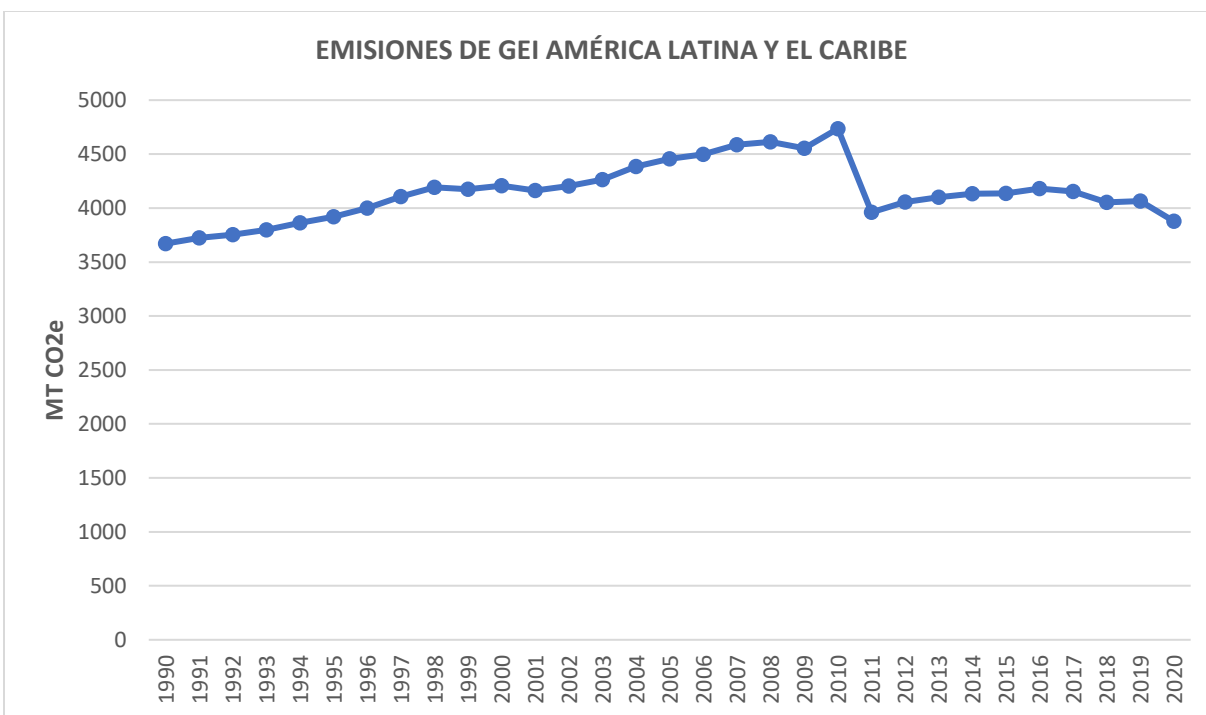


Ilustración 7. Emisiones totales de CO2 equivalente América latina y el caribe, Climate Watch Data 2022.

En cuanto a las emisiones por sectores para el año 2020 se mantuvo en América latina y el caribe la tendencia mundial con el sector energético como el mayor contribuidor de emisiones con un total de 1588.48 MT de CO2e que es equivalente a más de la mitad de las emisiones de la región lo que termina siendo un indicador de alerta a la industria energética para aumentar los esfuerzos de forma conjunta como región para mitigar las emisiones, seguido por el sector de la agricultura con un total de 1065.38 MT de CO2e, en tercer lugar se encuentra el sector residuos con un total de 241.55 MT de CO2e y por último está el sector de los procesos industriales con un total de 169.13 MT de CO2e.

EMISIONES DE GEI EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE POR SECTORES

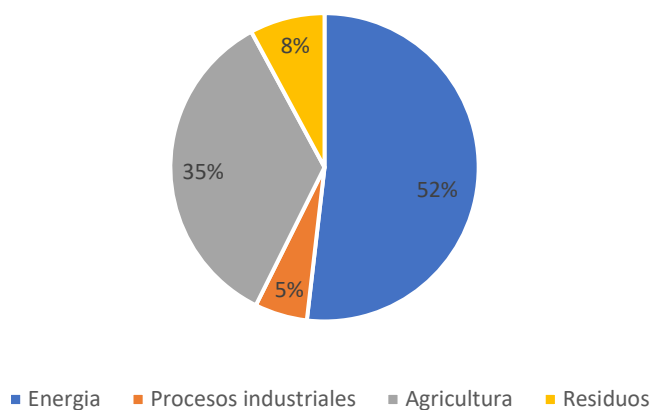


Ilustración 8. Emisiones totales de CO₂ equivalente a en América latina y el caribe por sectores, Climate Watch Data 2022.

2.4.3 Emisiones Colombia.

Por último, las emisiones producidas anualmente en Colombia que para el año 2020 fueron de alrededor de 270 Mt de CO₂e, representan un leve aumento con respecto al año anterior donde el valor de las emisiones estuvo sobre 269 Mt de CO₂e, si bien este no es un aumento significativo, sí muestra una tendencia preocupante y es que desde 2016 las emisiones del país van aumentando año a año lo que complica el cumplimiento de los compromisos adquiridos por el país en este ámbito.

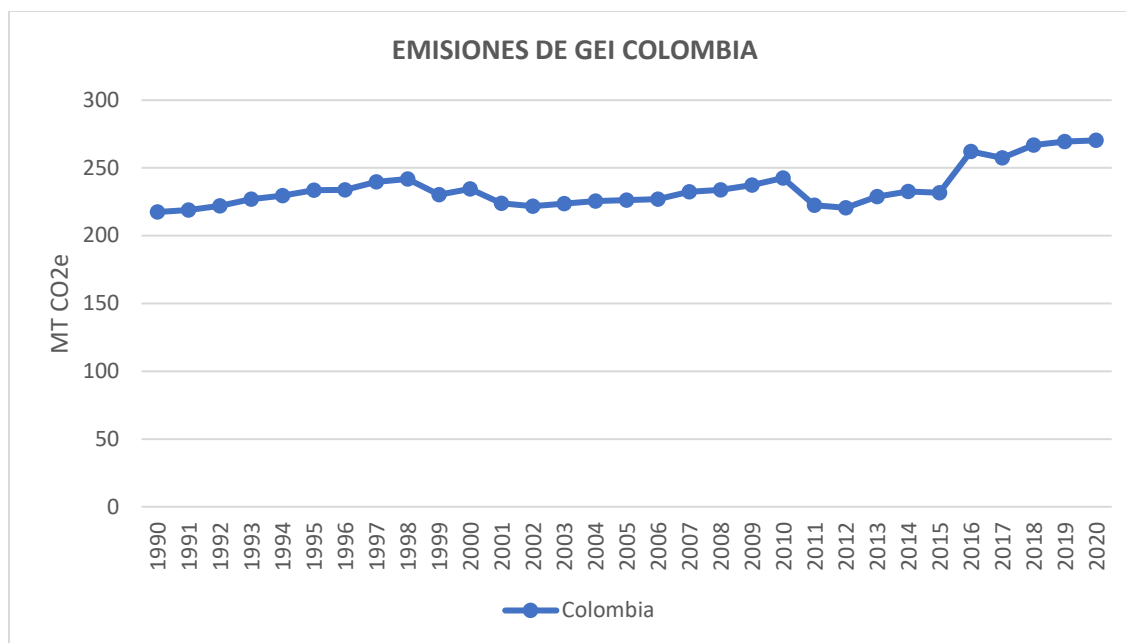


Ilustración 9. Emisiones totales de CO2 equivalente Colombia, Climate Watch Data 2022.

Entrando a clasificar las emisiones por sectores nos encontramos que al igual que a nivel mundial y a nivel de Latinoamérica y el caribe, Colombia tiene como mayor generador de emisiones al sector de la energía, con alrededor del 47% de las emisiones totales, mientras que el sector de la agricultura abarca otro 37% de las emisiones, alejándose este un poco del comportamiento mundial, aportando muchas más emisiones que el promedio, con un 9% de las emisiones contribuye el sector de los residuos y el 7% restante de las emisiones en el país son aportadas por el sector de los procesos industriales.

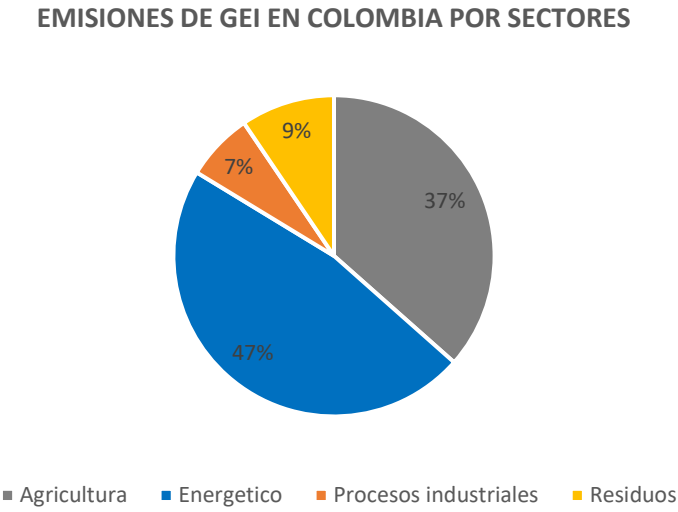


Ilustración 10. Emisiones totales de CO2 equivalente en Colombia por sectores, Climate Watch Data 2022.

3 Referentes internacionales en transición energética.

La transición energética es un trabajo de largo plazo que representa esfuerzos de todos los sectores de la sociedad y la economía, esto debido a que incluye cambios no solo en las formas en que se produce energía sino que también modifica la calidad de vida, la economía de las regiones, las relaciones internacionales, el ambiente, el trabajo y hasta las distintas lógicas de consumo de la población, entre otras cosas, por tanto este proceso es particular en cada lugar de acuerdo a las condiciones específicas de cada territorio.

En las últimas décadas la mayoría de los países del mundo ya han empezado a incluir en sus matrices energéticas las fuentes de energía renovables debido principalmente a los distintos encuentros, acuerdos y llamados internacionales que se hacen de cara a las ya evidentes consecuencias del cambio climático, sin embargo, un comportamiento común entre los países que tienen ofertas energéticas con protagonismo de las fuentes de energía renovables es que la utilización de las mismas data desde mucho antes de que se empezara a hablar de cambio climático.

Los métodos de obtención de energía en cada territorio están determinados por distintos factores, que van desde su geografía hasta sus relaciones políticas, sin embargo, quizá el más determinante sea la disponibilidad de recursos debido a que genera todo un desarrollo histórico alrededor de la relación entre la población y el territorio que habita, que finalmente es lo que direcciona el aprovechamiento de dichos recursos; es por esto que algunos países cuentan con matrices energéticas limpias e

iniciaron sus transiciones⁹ antes de que se hablara siquiera del calentamiento global o de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, al no poseer hidrocarburos dentro de su disponibilidad de recursos tuvieron que incursionar en otras alternativas de generar energía para no depender netamente de la importación de los derivados del petróleo.

En concordancia con lo anterior, para los países productores de petróleo es indispensable la revisión de las fuentes, tecnologías y métodos que han desarrollado y utilizado los países no poseedores de hidrocarburos para la obtención de energía, con el fin de aprender de la explotación de las fuentes de energía renovables no convencionales, teniendo en cuenta los recursos y potenciales en común que tengan los territorios.

Para obtener una idea general de las alternativas que tiene Colombia para la disminución del uso de los hidrocarburos y poder hacer el análisis de los potenciales y/o estrategias que podría plantear para lograr una transición energética pertinente, se expondrán algunos casos de naciones que poseen matrices energéticas limpias, acordes a los objetivos internacionales que ya se han planteado, ya sea por medio de una transición energética desde los hidrocarburos o por una conformación distinta históricamente de la obtención y uso de energía.

⁹ Aunque muchos de estos países no sufrieron como tal una transición en su producción energética debido a que nunca tuvieron protagonismo el petróleo o el carbón en sus ofertas energéticas a lo largo de su historia, sin embargo, hace décadas importan hidrocarburos en alguna medida.

3.1 Caso de estudio: Islandia.

Islandia es un país insular nórdico ubicado entre las placas tectónicas de América del Norte y Eurasia, en una región denominada la dorsal meso atlántica, ésta es una zona con alta actividad volcánica y más del 10% de su territorio se encuentra cubierto de hielo, condiciones que hacen del aprovechamiento de la energía geotérmica y las centrales hidroeléctricas protagonistas en su matriz energética.

“En la actualidad, la economía de Islandia, que abarca desde el suministro de calor y electricidad a viviendas unifamiliares hasta la satisfacción de las necesidades de las industrias de alto consumo energético, está impulsada principalmente por energía verde procedente de fuentes hidroeléctricas y geotérmicas. La única excepción es la dependencia de los combustibles fósiles para el transporte.” (Logadóttir, Naciones Unidas, 2015).

Aunque actualmente Islandia es un ejemplo de cómo se puede ser un país desarrollado con una matriz energética limpia no siempre ostentó esta condición, hasta finales de la década de 1960 el consumo energético estaba en su mayoría representado por los derivados del petróleo importados.

A comienzos de la década de los 70 se dio cuenta que no podría seguir dependiendo de las importaciones de hidrocarburos debido a las constantes fluctuaciones en el precio del petróleo, consecuencia de distintas crisis que afectaban los mercados mundiales. (Logadóttir, Naciones Unidas, 2015).

En la década de 1930 en camino de aumentar su seguridad energética decidió buscar un recurso energético propio y encontró que emprendedores locales a comienzos del siglo XX ya habían desarrollado sistemas de calefacción a partir del

aprovechamiento del agua caliente que yacía del suelo al igual que pequeñas hidroeléctricas locales para dar energía a sus fincas, a partir de ahí se profundizó en el aprovechamiento de estos recursos y se iniciaron proyectos de mayor escala en búsqueda de dar energía a las poblaciones y ciudades con el uso de centrales geotérmicas e hidroeléctricas, sin embargo no fue hasta la década de los 70 que se vio reflejado el abandono de los combustibles fósiles.

Hacia la década de los 70 el parlamento islandés a partir de análisis ofrecidos por el ministerio de energía e impulsado por la crisis que vivía el petróleo en ese momento (lo que implicaba un elevado precio), decide que Islandia no solo debía, sino que también podía abandonar el uso del petróleo en todo lo que correspondía a la calefacción (uno de los principales usos de la energía en el país) aprovechando su potencial para generar energía geotérmica y electricidad a partir de hidroeléctricas¹⁰.

Existen antecedentes bastante sólidos para esta decisión, como debió ser la reciente construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas para esa entonces, según Logadóttir en 1950 se construyeron 530 de estas; además de esto, para 1960 el gobierno islandés entendiendo que la tecnología de perforación creada por la industria del petróleo aportaba en gran medida en la búsqueda de agua caliente a mayores profundidades decidió crear un fondo de mitigación para la inversión geotérmica y la perforación de sondeo, garantizando la recuperación de gastos para proyectos fallidos.

¹⁰ Odinn Melsted (2021) Eliminación de los combustibles fósiles: la transición de Islandia del carbón y el petróleo a la calefacción urbana geotérmica, 1930-1980, *Historia y tecnología*, 37:4, 527-547, DOI:10.1080/07341512.2022.2033386.

Es así que ya para la década de 1980 más del 70% de la calefacción era proporcionada por servicios geotérmicos y menos del 20% por combustibles fósiles como se puede apreciar en la *Ilustración 11*.

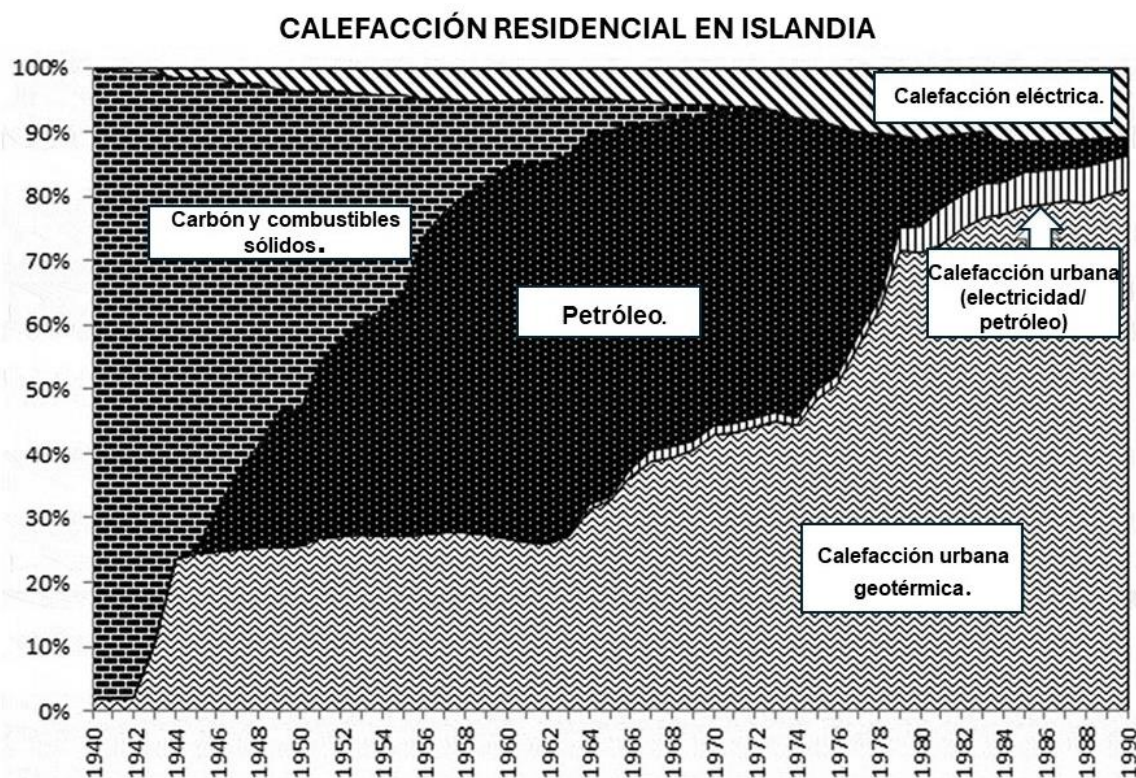


Ilustración 11. Calefacción residencial en Islandia, adaptado de Eliminación de los combustibles fósiles: la transición de Islandia del carbón y el petróleo a la calefacción urbana geotérmica 1930-1980, Odinn Melsted, 2021.

Cabe resaltar que Islandia inicia su transición con la motivación de garantizar su propia seguridad energética con recursos propios, distinto a lo que motiva y vuelve indispensable la mayoría de las transiciones actualmente, esto debido a que para ese momento aun no se hablaba de cosas como la sostenibilidad ni el cambio climático, por tanto las energías renovables aun no poseían la suficiente importancia como quizá hoy ya se entiende (Melsted, Eliminación de los combustibles fósiles: la transición de Islandia del carbón y el petróleo a la calefacción urbana geotérmica, 1930-1980, 2021).

3.1.1 *Histórico de oferta energética*

Islandia actualmente alimenta a más del 90% de su población con servicios geotérmicos¹¹ y produce más energía eléctrica de la que consume, de la cual más del 99% es generada apartir de recursos propios renovables (Davíðsdóttir, 2022), el 70% energía hidroeléctrica y casi el otro 30% apartir de plantas geotérmicas, lo que lo hace el único país en el mundo en volver sostenible y limpia casi al 100% su generación de electricidad.

Además posee uno de los mayores índices de consumo energético per capita¹² del mundo¹³, debido quizá a su relativa estabilidad en el precio de la energía durante los últimos 20 años, el cual en comparación también resulta ser de los más bajos en el mundo durante el mismo periodo de tiempo.

En su oferta energética en las últimas décadas ha venido experimentando un incremento acelerado en la cantidad de energía generada apartir de fuentes renovables como la eólica, solar, geotérmica, etc. Tal como se puede observar en la *Ilustración 12*, en donde se evidencia como del 2005 al 2010 pasó de generar poco más de 70MTJ a generar más de 140MTJ apartir de recursos renovables, un aumento de casi el 100%

¹¹ Los cuales incluyen electricidad y calefacción centralizadas por ciudades utilizadas tanto para usos residenciales como para derretir la nieve de las calles, suministrar energía a los invernaderos, calentar piscinas, elaboración de alimentos, etc.

¹² Per cápita es una locución que hace referencia a "por persona".

¹³ Datos analizados de: <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-generacion/islandia>.

en 5 años, esto ligado a su constante mejora en la disponibilidad y consumo energético per capita que demuestra este país.

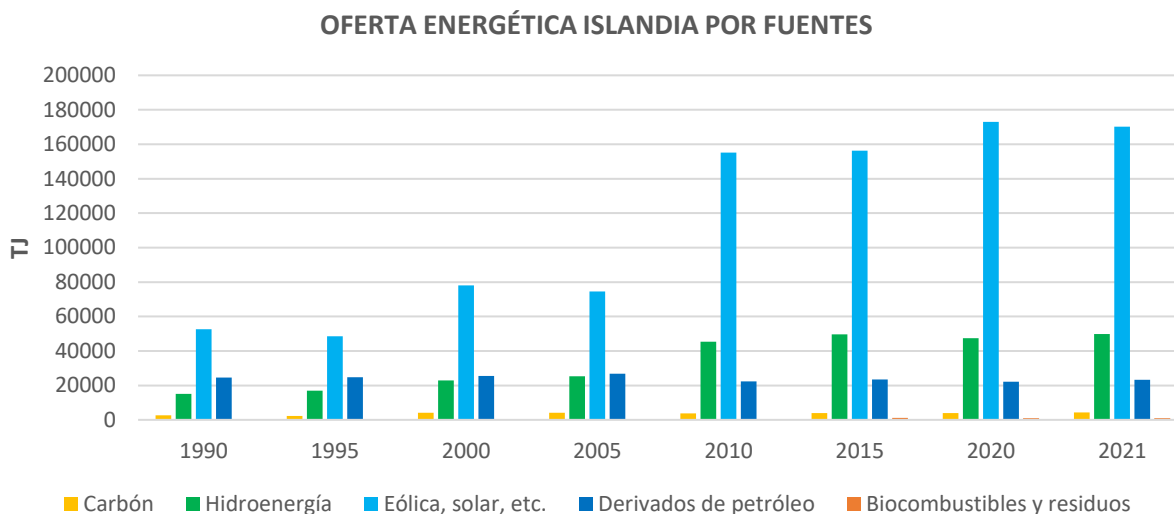


Ilustración 12. Oferta energética Islandia, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

Es importante resaltar como aunque es constante la presencia de los combustibles fósiles en la oferta energética a lo largo del tiempo, es evidente su disminución en cuanto al porcentaje que representa de esta, para la década de los 90 representaban aproximadamente el 30% de la oferta total aportando mas de 20MTJ a la misma, para 2021, a pesar de aportar la misma cantidad de energía no alcanzaron a ser el 10% del total de la oferta energética nacional, en la *Ilustración 13* se puede observar mejor el comportamiento de los hidrocarburos en la oferta energética.

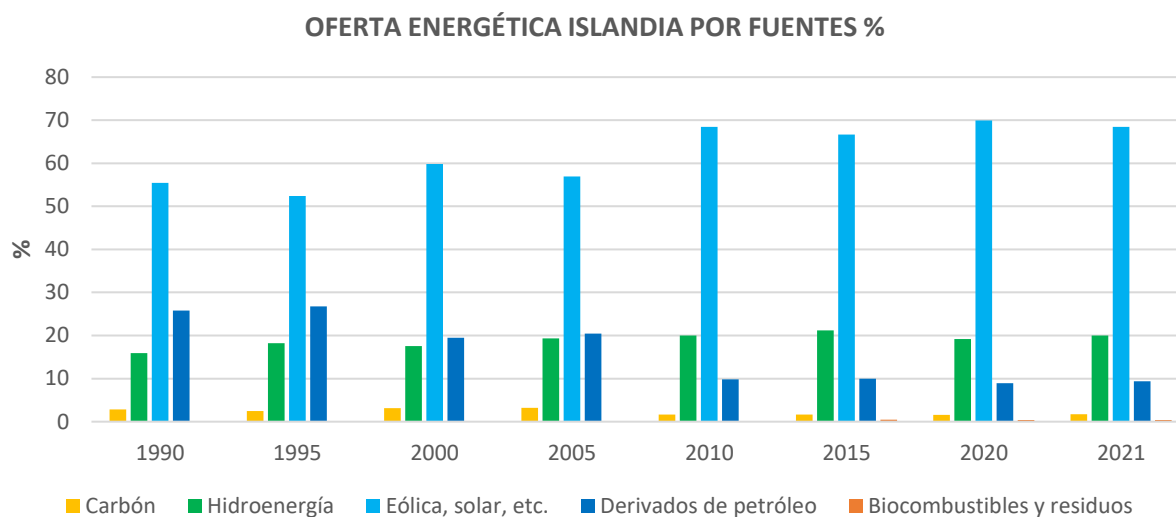


Ilustración 13. Oferta energética Islandia en porcentajes, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

Como es evidente en la *Ilustración 13*, Islandia actualmente configura con fuentes de energía renovables más del 90% de su oferta energética y tanto la disminución de los hidrocarburos como el aumento constante y acelerado de la obtención de energía de maneras sostenibles y con recursos propios es consecuencia de sus asertivas decisiones y apuestas a largo plazo en materia de energía desde los años 70 hasta la actualidad.

3.1.2 Consumo final de energía.

Al revisar el consumo final de energía se puede confirmar lo expuesto anteriormente, en la actualidad la mayoría de su consumo energético se da en forma

de energía eléctrica y de calor (*Ilustración 14*), generadas por fuentes de energía renovables en dimensiones de más del 99% cada una¹⁴.

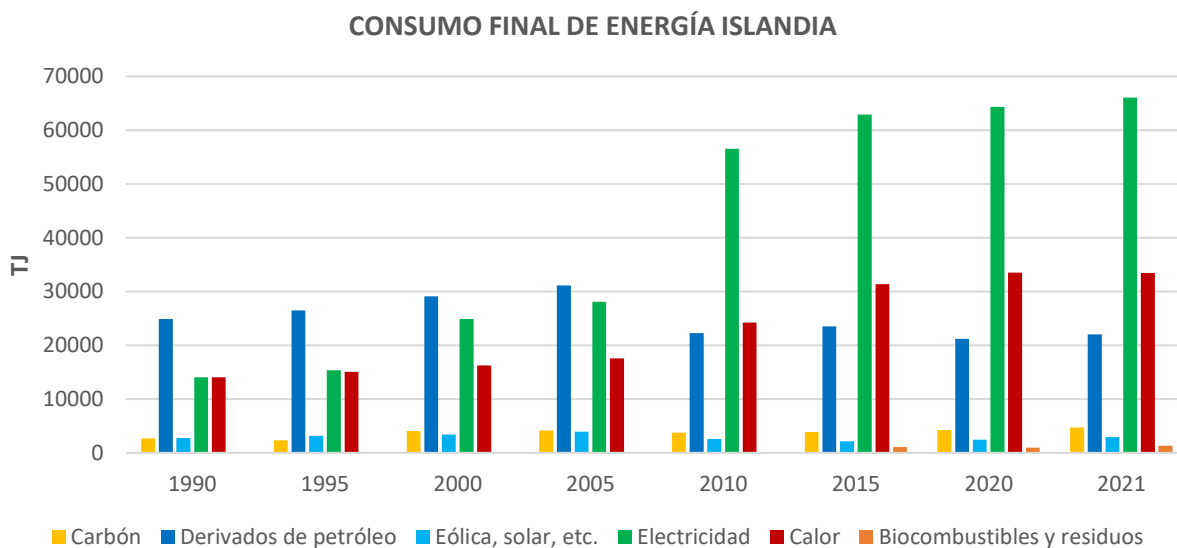


Ilustración 14. Consumo de energía Islandia, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

En el caso de la generación de la electricidad casi el 70% se da en plantas hidroeléctricas y el restante en plantas geotérmicas, y para el caso de la generación de calor los papeles se invierten, las plantas geotérmicas son protagonistas con más del 90% de la generación y casi todo el restante se le atribuye a las hidroeléctricas, con algunas pequeñas excepciones que aun usan calderos de petróleo (menos del 1%), haciendo así que Islandia sea el único país en lograr estos grandes avances en cuanto a energías renovables, en comparación, en la Unión Europea las energías renovables

¹⁴ Datos analizados desde: <https://datosmacro.expansion.com/>, <https://www.iea.org/> y <https://www.greenbyiceland.com/renewable-energy/>.

representan en promedio el 23% de la energía de calefacción, en Islandia el 99% (Page, 2023).

En cuanto al consumo de combustibles fósiles, en la *Ilustración 15* se puede evidenciar su progresiva disminución en las últimas décadas, pasando de una participación de más del 40% a una menor del 20% en la actualidad, sin embargo, al contrastar estos datos con los de la oferta energética de este país podemos notar que aun realiza importación de los mismos, esto se debe a que a pesar de llevar más de 70 años en camino de abandonar los hidrocarburos, y pese a sus grandes avances en materia de generación eléctrica y calefacción, hay sectores como la industria (pesquera principalmente) y el transporte que no han logrado completar su transición a las energías renovables y siguen dependiendo del uso de estos combustibles (Daviðsdóttir, 2022).

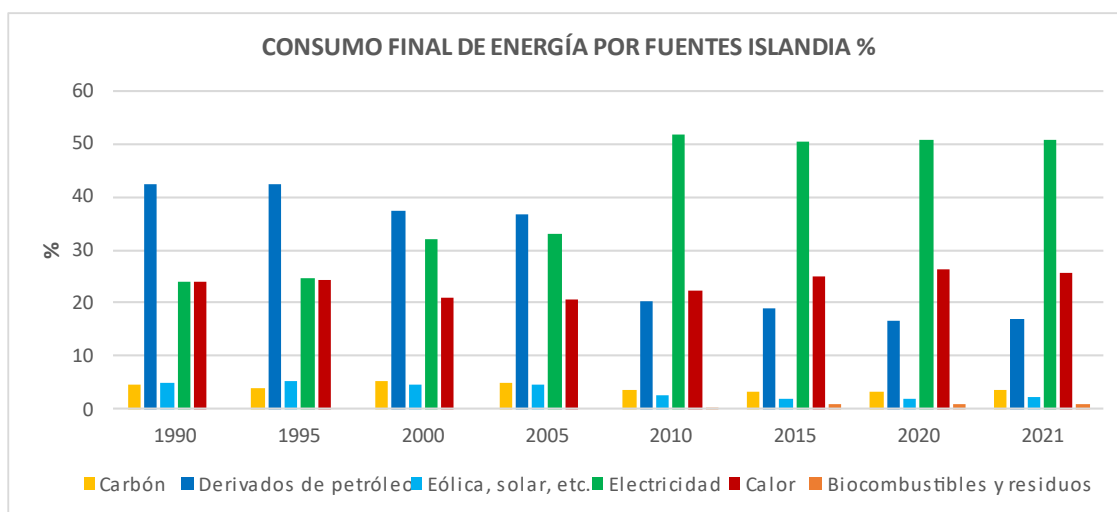


Ilustración 15. Consumo de energía Islandia en porcentajes, IEA (2022), *Energy Statistics Data Browser*, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

3.1.3 Emisiones de GEI

A pesar de que Islandia presenta quizá una de las matrices energéticas más limpias del mundo, aún no alcanza la meta de emisiones netas cero que se ha establecido en las naciones unidas, esto debido a varios factores, algunos ya mencionados anteriormente, sectores como la industria pesquera (que tiene gran relevancia en su economía) aún necesitan de los combustibles fósiles para alimentar los grandes buques de carga y barcos pesqueros con que trabajan; las industrias pesadas (como por ejemplo la fundición de aluminio), a pesar de hacer uso de energías renovables para su funcionamiento liberan grandes cantidades de CO₂ a la atmosfera durante sus procesos (Page, 2023).

Por otro lado, en el sector transporte aún quedan grandes retos para poder completar la transición que ya ha venido avanzando, y es que, a pesar de ser el segundo país del mundo (detrás solo de Noruega) en tener el mayor índice de autos eléctricos per cápita y ya haber anunciado su finalización de ventas de autos a gasolina y Diesel para 2030 (Page, 2023), aun no se desarrollan las tecnologías necesarias para reemplazar el transporte marítimo y aéreo alimentado por combustibles fósiles.

Actualmente, Islandia cuenta con uno de los índices de emisiones per cápita más altos de Europa, pero esto poco tiene que ver realmente con la huella de carbono de las personas, puesto que los responsables de la mayor parte de sus emisiones están en el sector industrial, sin embargo, como se puede observar en la *Ilustración 16*, para el 2021 reportaron 3,38 MTCO₂e, una cifra bastante grande teniendo en cuenta que su población es aproximadamente de 330 mil personas (lo que explica su alto índice de emisiones per cápita). Sin embargo, también se puede evidenciar su disminución de

emisiones en la última década producto de sus apuestas en el mejoramiento de la eficiencia de sus procesos y sus recientes apuestas por las tecnologías de captura de CO₂¹⁵.

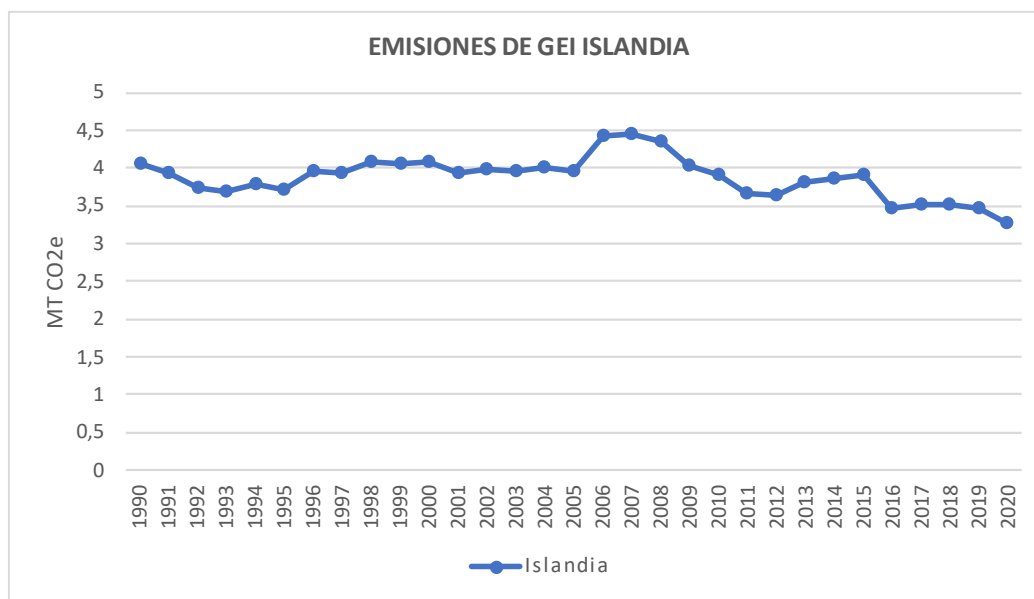


Ilustración 16. Emisiones totales de CO2 equivalente Islandia, Historical GHG emissions 2021, actualizado el 9 de febrero del 2023

3.2 Caso de estudio: Dinamarca

Dinamarca está compuesta por la península de Jutlandia y alrededor de 407 islas, aunque de estas solo 79 están habitadas, Dinamarca está delimitada al oeste por el mar del norte y sus islas se encuentran en medio del mar Báltico, razón por la cual el país cuenta con una gran costa de alrededor de 7314 km, sumado a esto la superficie

¹⁵ Islandia desarrolla proyectos apuntados a la captura, utilización y almacenamiento de carbono, como por ejemplo Carbfix que trata de capturar bajo tierra el CO₂ recuperado con fines de mineralización.

danesa es en su mayoría llanura, razones que contribuyen a su potencial de energía eólica y que explican su avance en la transición energética.

En términos generales se podría decir que la transición energética danesa empezó durante el invierno de 1973, a causa de la crisis del petróleo de 1972 (recurso que para ese momento representaba el 92% del consumo bruto de energía en Dinamarca) que llevó a que el precio para 1973 se cuadruplicara (Danish Energy Agency, 2021), al ser Dinamarca un gran importador de petróleo, la crisis llevó al gobierno Danés a tomar la decisión de primero abastecer sus necesidades energéticas a corto plazo con una fuente diferente y menos costosa y segundo, a separarse del combustible fósil al largo plazo.

Eso culminó en la creación de la Agencia Danesa para la Energía¹⁶ (DEA) y la elaboración del Danish Energy Policy ¹⁷ en 1976, los objetivos a corto plazo iban desde reducir la dependencia del país del petróleo, aumentar la diversidad de su suministro o reducir el consumo energético, hasta incrementar la investigación y el desarrollo relacionados con la energía. Los objetivos a largo plazo del acuerdo se centraban en frenar el agotamiento de los recursos naturales y desarrollar soluciones estables en el tiempo para la demanda de energía a través de la utilización de energías renovables y

¹⁶ La Agencia Danesa de Energía es responsable de las tareas relacionadas con la producción, suministro y el consumo de energía, así como los esfuerzos daneses para reducir las emisiones de carbono.

¹⁷ Plan creado con el principal objetivo de reducir la dependencia del petróleo, orientando el suministro hacia el gas natural y la energía nuclear usando a la vez el carbón y las energías renovables.

del aprovechamiento de los recursos propios. (Danish Energy Agency & State of Green, 2021).

Sin embargo, la primera medida tomada con el fin de mitigar el efecto del aumento del precio de los derivados del petróleo fue la transformación de las centrales eléctricas que funcionaban a partir de petróleo al carbón, de manera rápida y efectiva, mientras se trabajaba en la búsqueda de alternativas renovables serias que además fueran socialmente aceptables.

Los daneses se han caracterizado históricamente por ser una nación que toma decisiones a través del debate; Thomas Borchert los definió como un país con voluntad elevada para lograr consensos. En 1985 el pueblo danés tuvo que tomar una decisión al elegir el camino que tomaría su política energética, las opciones eran dos planes, el primero fundamentado en el desarrollo de la energía nuclear y el segundo centrado en las energías renovables en cabeza de la energía eólica. En marzo en Dinamarca se aprobó una decisión parlamentaria sobre planificación energética bajo el auspicio del acuerdo energético de ese mismo año. (Danish Energy Agency & State of Green, 2021)

Este acontecimiento es importante porque sentó las bases de los principales participantes de su transición energética la energía eólica, las centrales eléctricas y las centrales de cogeneración. (Danish Energy Agency & State of Green, 2021)

Si bien la energía eólica ya era estudiada hace bastante tiempo (desde finales de 1890 con diferentes grados de éxito) (Campos, Teres, & Akizu, 2018) fue hasta la crisis que fue tomada como una opción importante. Es así como en 1976 se crean los subsidios para las energías renovables, dichos subsidios cubrían el 30% de los costos de la instalación de estas fuentes y buscaban principalmente incentivar su uso.

Sumado a esto en 1979 el parlamento danés aprueba la ley de planificación del calor, la cual era un programa de tipo municipal que buscaba trazar una red de calefacción urbana¹⁸ en todo el país, para los edificios (Campos, Teres, & Akizu, 2018). (Danish Energy Agency, 2021), este fue un paso bastante importante entendiendo que la generación de calor es uno de los principales usos que se le da a la energía en diversos lugares del mundo, principalmente en lugares de más bajas temperaturas por sus adversidades climáticas.

Para la financiación de las nuevas alternativas nacientes el gobierno danés busco en los combustibles alternativas de generación económica es así como con los impuestos a la gasolina, el Diesel y el petróleo (1974), al carbón (1982), a las emisiones de CO2 (1992) y al gas natural (1996) se calcula que el gobierno danés logró recolectar alrededor de 25.000 millones de dólares entre 1980 y 2005, de los cuales alrededor de 15.000 millones fueron destinados para redes de cogeneración y de calefacción urbana mientras que los demás recursos fueron invertidos en la investigación y desarrollo de la eficiencia energética y las energías renovables. (Campos, Teres, & Akizu, 2018).

La buena relación entre el ministerio de energía, las empresas estatales y las empresas privadas también fue un factor clave en el desarrollo de las fuentes de energía renovable, en 1986 el gobierno firmó un acuerdo energético que obligaba a las empresas privadas a aumentar la generación de energía proveniente de proyectos

¹⁸ Una red de calefacción urbana consiste en un sistema donde se queman residuos y a partir de estos se obtiene energía que es transportada a las instalaciones para su calefacción.

piloto de energía eólica; además, ordenaba a las empresas generadoras de energía a crear proyectos piloto de cogeneración que funcionaran a partir de fuentes domésticas¹⁹.

La energía eólica y la cogeneración no paraban de crecer en Dinamarca y en 1990 un nuevo acuerdo energético ordenó una mayor capacidad de generación de energía eólica, capacidad que posteriormente fue aumentada en 1999 y en 2005, este acuerdo también ordenaba mayor utilización de plantas de cogeneración alimentadas con gas natural u otras fuentes amigables con el medio ambiente antes de 1994.

Para 1992 Dinamarca ya consideraba la idea de que sus plantas de cogeneración funcionaran a partir de la biomasa, es así como en este año a través de un nuevo acuerdo energético y por medio de subvenciones se empieza a promover el desarrollo y la investigación de la biomasa, la intención era que en un principio la biomasa fuese combinada con el carbón en las centrales que funcionaban a partir de este recurso para que al largo plazo esta pudiera remplazarlo.

En 1993 se firma un acuerdo para promover el aprovechamiento de la biomasa en el que además se prohíbe quemarla, a partir de ahí el desarrollo de la biomasa se ha mantenido al punto que la fuente representa en la actualidad alrededor del 7% tanto de la oferta como de la demanda del país.

Con las bases para una transición energética hacia las energías renovables el gobierno danés se puso más estricto con el uso de los combustibles fósiles y en 1997

¹⁹ Gas natural, paja, biomasa leñosa, residuos y biogás.

empiezan a negar la aprobación para instalar nuevas centrales eléctricas basadas total o parcialmente en carbón como combustible (Danish Energy Agency, 2021), haciendo ilegal la construcción de nuevas con excepción de las que ya estaban previamente planificadas, con la intención de eliminar el carbón de su catálogo energético.

Bajo esta misma línea en 1999 se implementó el proyecto de ley de reforma eléctrica proyecto de ley que daba la libertad al usuario de elegir su proveedor de electricidad y les daba a las empresas prestadoras del servicio la obligación de buscar las mejores alternativas de generar energía promoviendo la eficiencia, el ahorro, el uso de fuentes de energías renovables respetuosas con el medio ambiente entre otras. Como parte de este acuerdo Dinamarca También anuncio la eliminación total del uso de carbón para 2030.

3.2.1 Histórico de oferta energética

Dinamarca es según el periódico de la energía uno de los mayores productores de petróleo de la unión europea, en concordancia con esto es la fuente que más aporta en la oferta energética nacional desde 1990, esto a pesar de su evidente tendencia descendente y el compromiso de la nación de eliminar la producción de petróleo por completo para 2050 según lo dicho por su ministro Dan Jorgensen en 2020.

El carbón se encuentra en una situación similar, tras su inminente fin según algunos marcos legales para el 2030, también se puede observar una tendencia a la disminución, mientras que el gas natural se ha mantenido bastante fluctuante con una constante disminución luego de su auge al inicio de los 2000.

Los biocombustibles son el valor más interesante dentro de la oferta con una clara tendencia ascendente y que se da de manera acelerada, sumado a estos, las otras energías renovables han ido creciendo de a poco en las últimas dos décadas logrando afianzar un gran aporte dentro de la oferta energética danesa, por último, cabe resaltar la ausencia total del aprovechamiento de la energía hidroeléctrica en este país.

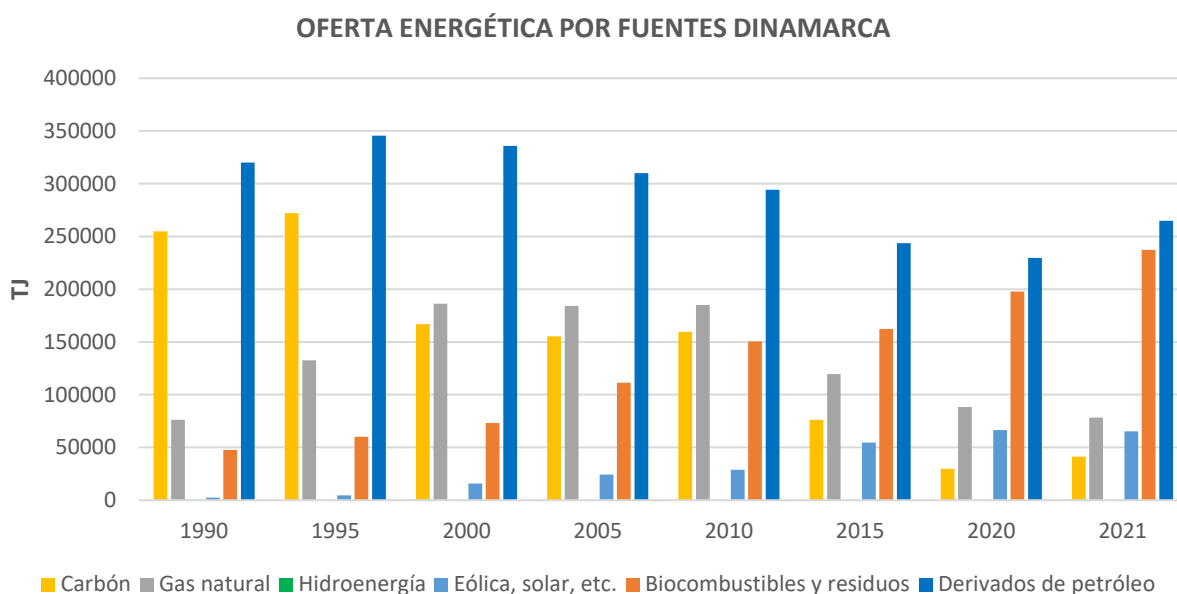


Ilustración 17. Oferta energética Dinamarca, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

Por otro lado, si se analiza desde lo porcentual, los derivados del petróleo para 1990 tenían una participación del 46% y para el 2021 su presencia en la oferta energética se vio reducida al 39%, al igual que la participación del carbón que para el año 1990 representaba el 36% de la oferta energética del país y para 2021 solo el 6%, dando un buen indicador en camino del objetivo de la eliminación de esta fuente.

Por otra parte, está la participación del gas natural que es bastante cambiante ya que para 1990 era del 11% y a partir de ahí su aporte fue en aumento hasta el 2004,

año en que como se mencionó anteriormente tuvo su pico más alto y en el que su participación llegó a estar cerca del 23% de la oferta energética para luego decaer y volver a representar un 11% de la misma en el 2021.

El aporte de la energía hidroeléctrica desde 1990 hasta el 2021 no logró llegar ni siquiera a un 1%. Los biocombustibles y residuos en 1990 representaban un 7% de la oferta energética nacional danesa y en 2021 abarcan un 35% de la oferta total. Por último, están las otras fuentes renovables que abarcan la energía solar, la energía eólica, etc. Y cuya presencia también se mantiene de forma ascendente, pero de una manera algo más moderada con una participación en 1990 de menos del 1% a un total del 9% en el 2021.

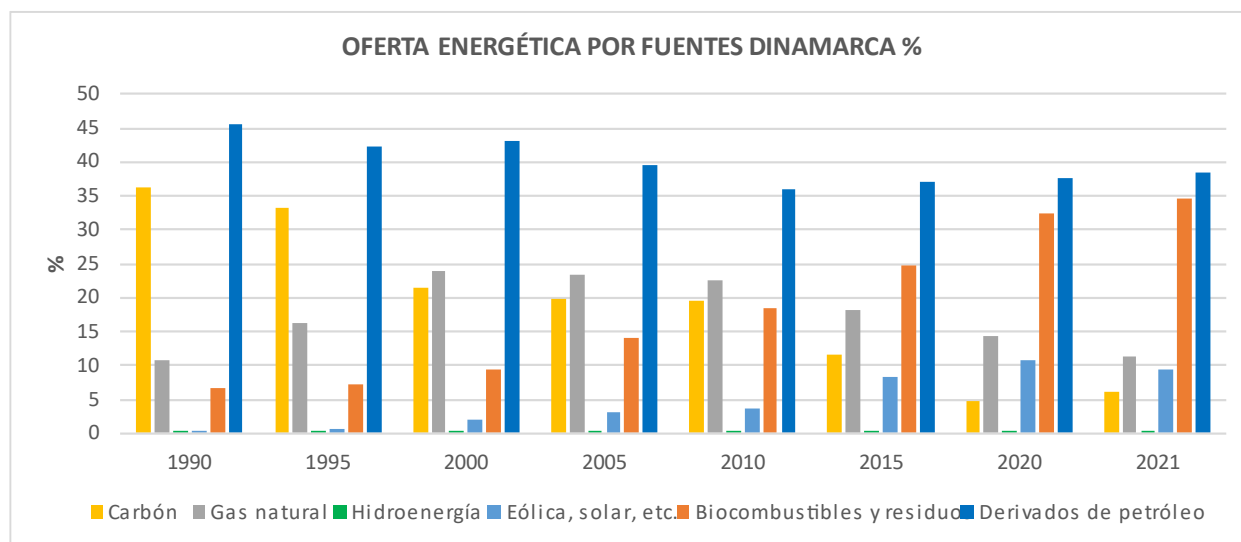


Ilustración 18. Oferta energética Dinamarca en porcentajes, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

3.2.2 Consumo final de energía

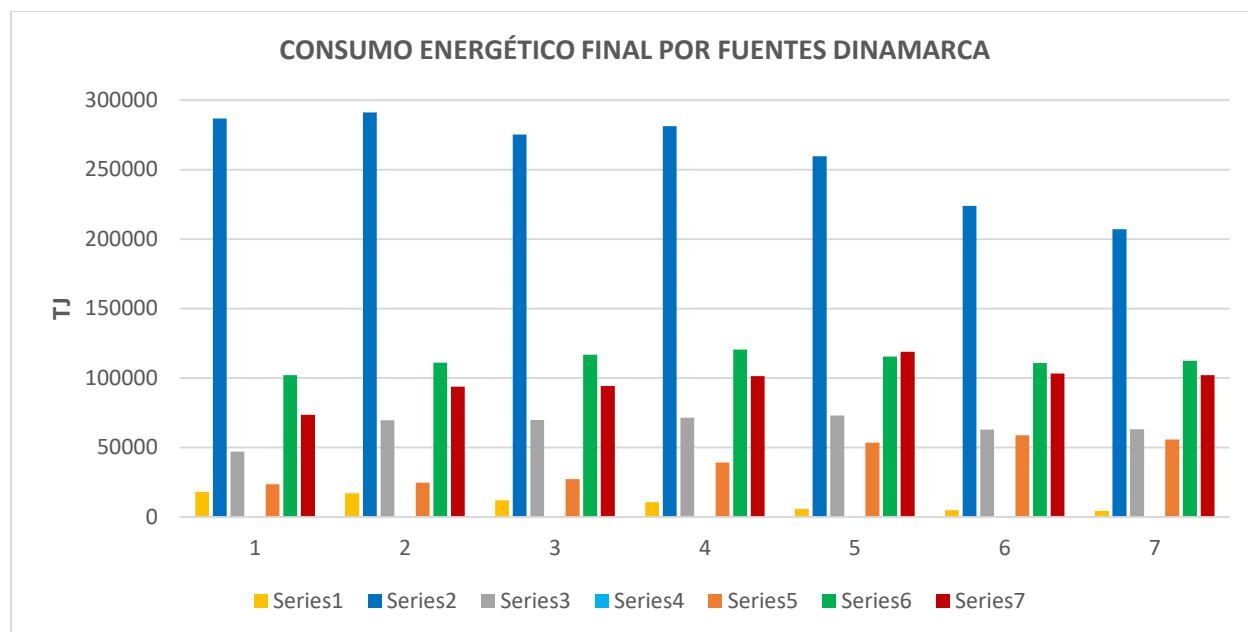
El comportamiento del consumo energético en Dinamarca es parecido al de la oferta con la diferencia de que otras fuentes toman una mayor participación haciendo que la distancia con el petróleo no sea tan grande.

Debido a que Dinamarca cuenta con sistemas de cogeneración²⁰, fuentes como la electricidad y el calor toman gran protagonismo en el consumo, haciendo que las demás fuentes presenten algunas diferencias con respecto a la oferta, es el caso del carbón cuya contribución para 1990 tenía una ya disminuida presencia y que para 2021 es aún menor.

Los derivados del petróleo mantienen su gran presencia en el consumo gracias a su intervención en sectores como el transporte que, según datos de la IEA, para el 2021 representó el 73% de la participación en este sector, el gas natural mantiene una tendencia casi constante, sin embargo, pierde participación de a poco.

Las otras fuentes alternativas han venido aumentando de una manera muy sutil en las últimas décadas, por último, en el caso de los biocombustibles tuvieron un gran crecimiento hasta 2010 que se puede observar de manera significativa en la *Ilustración 19*, en adelante han venido aumentando, pero no grandes valores.

²⁰ La cogeneración es un sistema que produce simultáneamente calor y electricidad en una planta que es alimentada por una única fuente de energía.



*Ilustración 19. Consumo energético Dinamarca, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>*

El carbón que para el año 1990 representaba un 3% del consumo final, para el 2020 su valor se vio reducido al 1% del consumo total, los derivados de petróleo se sitúan en el consumo final con un 38%, reducido en comparación con 1990, donde su representación llegaba a ser del 52%, mientras que el gas natural presenta un comportamiento relativamente estable con un valor del 11% del consumo final de energía en el año 2020 frente al 9% del año 1990.

Por otro lado, la electricidad cuya generación en Dinamarca es cubierta en su mayoría a partir de energía eólica y otras fuentes de energía renovables sostiene una tendencia constante sin grandes variaciones habiendo representado el 19% del total del consumo final para 1990, mientras que para el 2020 su colaboración fue de 21% y por último la generación de calor que paso de una cooperación en el consumo del 13% a un 19% para el año 2020.

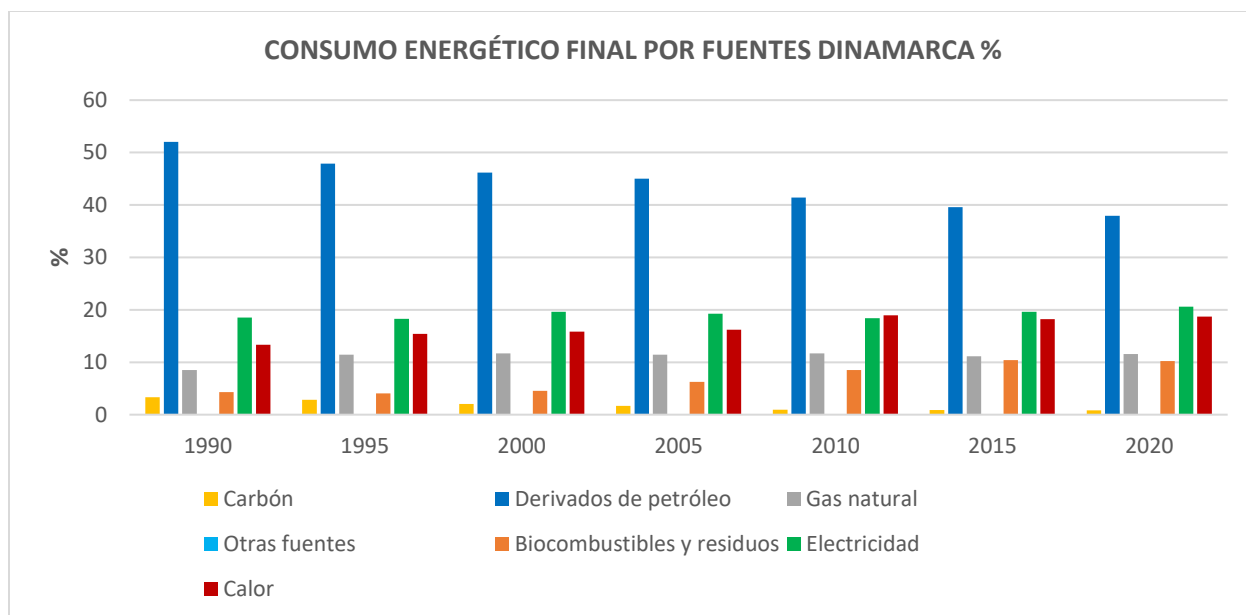


Ilustración 20. Consumo energético Dinamarca en porcentajes, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

3.2.3 Emisiones de GEI.

Si bien Dinamarca no es una nación muy extensa ha logrado consolidarse como un referente de las emisiones de GEI a nivel global al lograr una reducción de alrededor de 38% de sus emisiones desde 1991 hasta 2020.

Logrando sus mejores resultados en el sector energético, que si bien continúa siendo el mayor productor de emisiones en el año 1991 representaba un 78% de las 87,51 Mt de CO₂e, para el año 2020 contribuía con un 64% de las 43,19 Mt de CO₂e del país, es decir, logrando pasar de emitir 68,2 Mt de CO₂e a emitir 27,6 Mt en 2020, es decir, reduciendo casi un 60% las emisiones de este sector.

El sector energético fue el único que vivió un avance importante en la reducción de sus emisiones en este lapso, ya que los demás sectores que son la agricultura, el transporte, los usos de la tierra, el sector industrial y el sector de los residuos que no

representaban grandes cantidades en 1990 mantuvieron valores constantes en los que no se evidencia ningún cambio significativo.

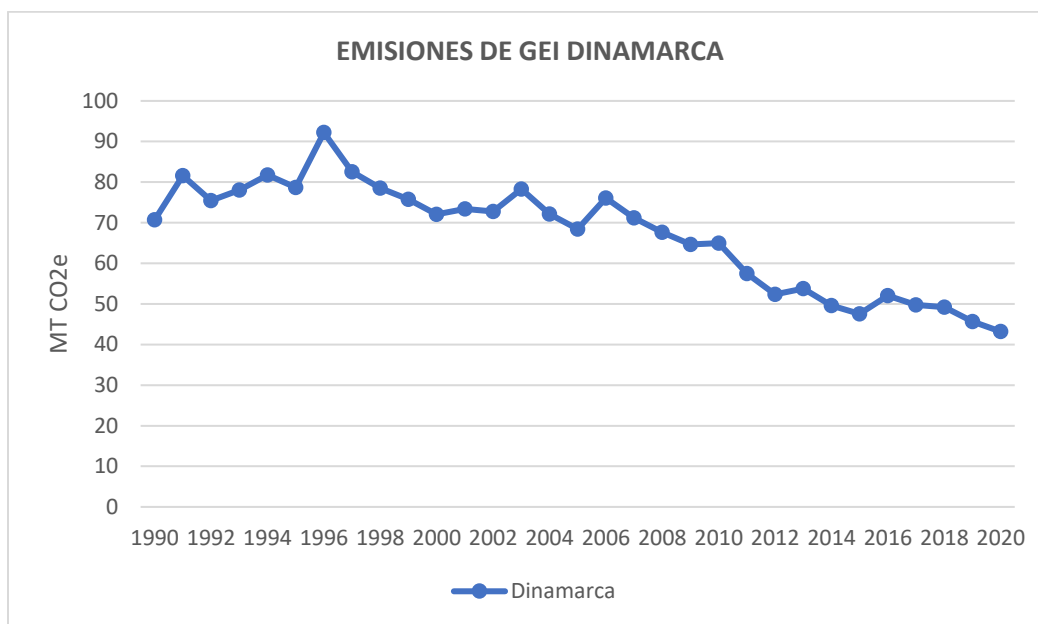


Ilustración 21. Emisiones totales de CO2 equivalente Dinamarca, Historical GHG emissions 2021, actualizado el 9 de febrero del 2023

3.3 Caso de estudio: Noruega

Noruega es un país de cerca de 5,5 millones de habitantes formado en mayor parte por mesetas altas y con una altitud media de 500 m además está rodeada por los mares de Barrents, el noruego, el mar del norte y el Skagerrak, estas características lo hacen un país con grandes capacidades de energía tanto eólica como hidroeléctrica, pero a lo largo del actual reporte se podrá observar que la energía hidroeléctrica es la que está mayormente desarrollada.

Si bien Noruega es actualmente un exponente de la transición energética, ya que según el índice de transición energética del foro económico mundial es el tercer mejor

país del mundo en este rubro en el 2021, con un índice de 73,7, solo por detrás de Suecia y Dinamarca, es a la vez un gran productor de combustibles fósiles, para este mismo año Noruega era a nivel mundial el doceavo productor de petróleo en el mundo y el octavo en cuanto a producción de gas, lo que lo convierte en una muestra de que se puede llevar a cabo la transición energética y seguir explotando los combustibles fósiles.

Es en este sentido que para Noruega la preocupación por llevar a cabo una transición energética no nace en una falta de abastecimiento o crisis energética, las primeras intenciones vinieron a causa de su angustia por la preservación del ambiente y el cuidado de sus recursos naturales, es de ahí que en 1972 se crea el ministerio de medio ambiente, con el objetivo de “trabajar por el mejor equilibrio posible entre la utilización de los recursos para el crecimiento económico y la protección de los recursos naturales en beneficio del bienestar humano” (Ministerio de Clima y Medio Ambiente, 2022), siendo así el primer país que contaba con un ente de estas características.

Respecto al desarrollo de las energías renovables, el país contaba con una cantidad considerable de plantaciones hidroeléctricas a lo largo del país que iniciaron en 1895 cuando el estado noruego compró la primera cascada con la intención de proveer de electricidad a una línea ferroviaria, fue así como se fue estableciendo una red eléctrica que en 1994 tras conectar el norte del país que era la única zona que aún no lo estaba se logró conexión de todo el país en esta red.

En pro del desarrollo de las fuentes de energías renovables en 1990 el parlamento noruego aprueba la ley de la energía cuyo objetivo era garantizar que la

producción, transformación, transferencia, venta y distribución de la energía se realice de forma socialmente racional, incluyendo que se tengan en cuenta los intereses públicos y privados que se vean afectados (Ministry of Petroleum and Energy, 1990).

La ley trajo consigo tres estamentos que se encargaran del cumplimiento de los objetivos pactados: Statnett²¹ responsable de la planificación y el desarrollo de la red de transmisión, NVE²² encargado de otorgar concesiones para la construcción de líneas eléctricas y Strømnettutvalget²³ encargada de dar recomendaciones que logren recortar el tiempo de procesamiento de las instalaciones de red.

Con estas medidas han logrado consolidar y solidificar la generación de energía eléctrica a partir del recurso hidráulico al punto de que Noruega abastece la mayor parte de su electricidad de fuentes renovables.

²¹ Empresa estatal noruega responsable de poseer, operar y construir la red eléctrica madre en Noruega.

²² Dirección de recursos hídricos y energía de Noruega.

²³ Comité público encargado de evaluar el desarrollo de las redes eléctricas.

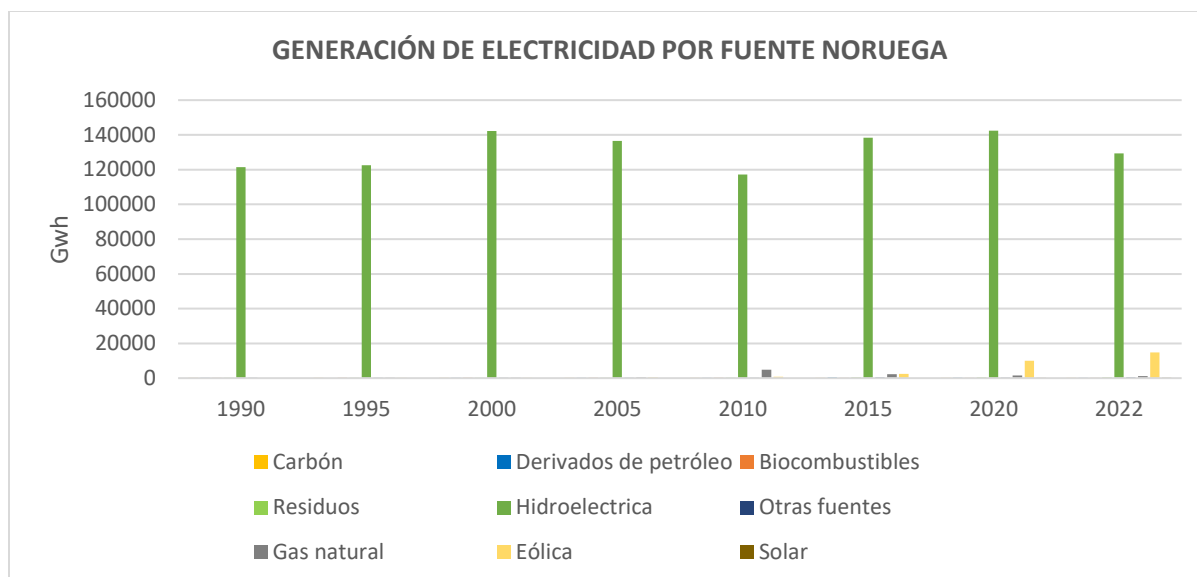


Ilustración 22. Generación de electricidad por fuente, Noruega 1990-2022, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

El predominio de la generación de energía eléctrica en Noruega era algo que para el año 2000 ya era prácticamente total al punto de que en los tiempos de abundancia del recurso hídrico Noruega exportaba energía eléctrica, entonces, si bien la energía hidroeléctrica se encontraba bastante consolidada el país se enfrentaba a la incertidumbre de posibles fenómenos de sequía que pudieran afectar el suministro eléctrico nacional, es así como optan por desarrollar la energía eólica ya que además representaba un potencial considerable para reducir las emisiones de GEI y reducir los efectos perjudiciales del cambio climático (Dahl, Tveiten, & Cowan, 2022).

En ese mismo año se crea Enova²⁴ según el departamento de petróleo y energía de Noruega para “apoyar una política ambiental ambiciosa”, se buscaba estimular el

²⁴ Enova es una empresa del estado responsable de la promoción, producción y el consumo de energía respetuosos con el medio ambiente.

desarrollo de la energía eólica por su alto potencial, la eficiencia energética contando con financiación y gran libertad para trabajar a largo plazo en el desarrollo de instrumentos. (Norwegian ministry of environment, 2007)

El desarrollo de esta energía se dio en gran parte de forma marina, esto debido a la resistencia que experimentaba la energía eólica terrestre, fundamentada principalmente en su contaminación visual al medio en el que son instaladas las turbinas debido a su gran tamaño, lo que además podía reducir el precio de las propiedades cercanas a las instalaciones, por tanto esto imposibilitó su desarrollo en este entorno a pesar del ya mencionado potencial; a pesar de los desarrollos marinos existentes, en general esta energía aún se encuentra en una fase de desarrollo temprana,

En el año 2005 se inicia la industria eólica formalmente, y en 2009 Enova subsidia el proyecto piloto de energía eólica marina flotante Hywind Scotland el cual fue el primer parque eólico flotante comercial del mundo con una capacidad total de 30 MW y produce energía eléctrica desde 2017, posteriormente en 2019 se pone en marcha el proyecto Hywind Tampen²⁵ construido con la intención de descarbonizar la producción de petróleo y gas en cinco de sus plataformas offshore (Snorre A Y B y Gullfaks A, B y C) contribuyendo con alrededor del 35% de su demanda eléctrica anual.

Los noruegos han sido históricamente un pueblo con gran interés por el cambio climático y una de sus medidas más fuertes se dio en 2008 cuando hicieron el acuerdo

²⁵ Primer proyecto de energía eólica flotante construido específicamente para alimentar instalaciones de petróleo y gas en altamar.

climático entre todos los partidos políticos de Noruega, que de entre ciertas medidas se destacan la intervención al sector del transporte con impuestos a los carburantes por emisiones de CO₂, impuestos que son destinados a campañas de concientización sobre el uso de los vehículos eléctricos, además con la intención de hacer más asequible el uso de este tipo de vehículos gracias a este acuerdo les son otorgados ciertos beneficios:

- Exención del pago de IVA y de otros impuestos aplicados a la compraventa de vehículos como lo son el impuesto sobre las importaciones y el de matrícula.
- El impuesto para vehículos de empresas es 50% menor para los vehículos eléctricos.
- Exención de pago de peajes por el uso de carreteras y transbordadores.
- Estacionamiento gratuito en parqueaderos públicos.
- Acceso al carril del transporte público.
- Estaciones publicas gratuitas de recarga de vehículos eléctricos.

En el año 2009 y gracias a la creciente preocupación por el cambio climático se materializó un acuerdo interparlamentario sobre la política climática, que proponía que la política climática debería apoyar la investigación, el desarrollo y la demostración de la energía eólica en Noruega. (Metron, 2020), a partir del cual surgieron dos centros de investigación dedicados a la energía eólica marina financiados con fondos públicos el NORCOWE y el NOWITECH, esto llevo a que para 2010 se adelantaran la mayor cantidad de proyectos de energía eólica marina, desde entonces, la energía eólica se

ha ido afianzando de a poco en la generación de energía eléctrica del país y para el año 2022 era la responsable de alrededor del 10% de la generación.

La intervención del sector residencial en el cual se adoptaron códigos de construcción desde 2010 que exigen certificados de eficiencia energética a la hora de construir, alquilar o vender edificios. Además, desde 2016 en Noruega está prohibido la instalación de sistemas de calefacción a base de combustibles fósiles y los que son a base de gasóleo fueron prohibidos en 2020. Por último, cuando a un edificio le son realizadas remodelaciones importantes estos deben contar con una necesidad energética neta menor a la que tenían previo al trabajo realizado.

Para el sector industrial la intervención se ha basado en brindar apoyo a proyectos de eficiencia energética y de sustitución de combustibles fósiles a energías renovables, además, entre 2012 y 2018 se le brindo apoyo a la industria para la implementación de sistemas de gestión energética.

Como última medida en su búsqueda por reducir las emisiones en 2017 el parlamento noruego aprobó la ley de cambio climático que establece que para 2050 noruega debe ser un país de bajas emisiones.

Su objetivo va por muy buen camino, los noruegos han ido reduciendo la participación de los combustibles fósiles tanto de su oferta como de su demanda además de sus emisiones de GEI.

3.3.1 Histórico de oferta energética

La oferta energética noruega actual no solo es bastante limpia, sino que también es muy amplia y es que desde 1990 hasta 2010 en la oferta predominaba la presencia

de la energía hidroeléctrica y el petróleo, pero a partir de ahí otras fuentes como el gas natural, los biocombustibles y la energía eólica han cobrado protagonismo a su vez que fuentes como el carbón van perdiendo participación, esto claro, con una clara intención de eliminarlo de su oferta.

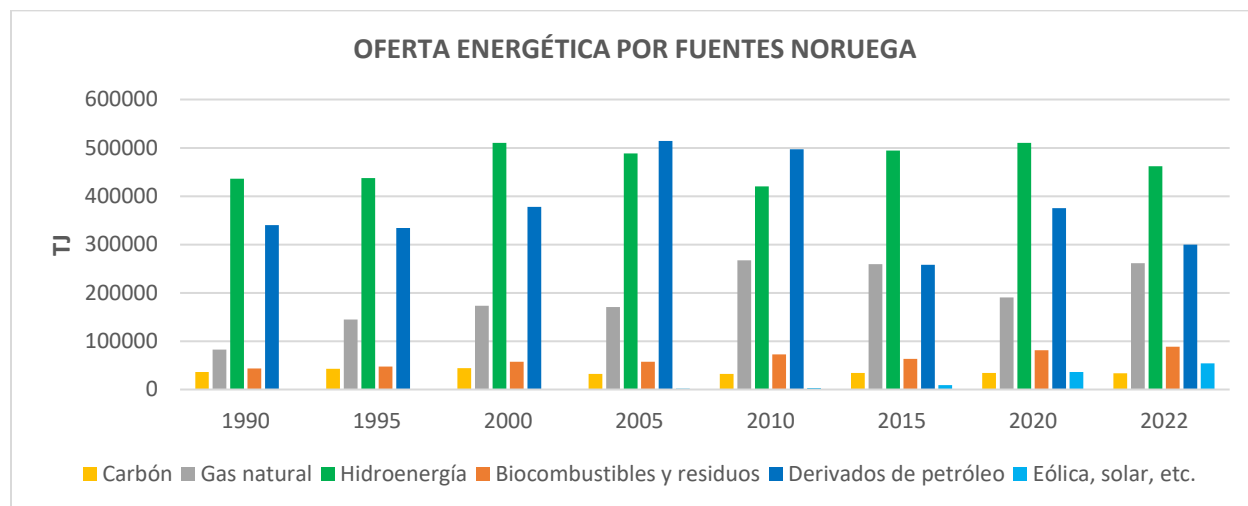


Ilustración 23. Oferta energética Noruega, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

A modo de balance, en estos últimos 30 años la participación del petróleo en la oferta paso de cerca del 36% a estar alrededor del 25%, el carbón por su parte paso de aportar cerca del 3,8% a una cifra cercana al 2,8% mostrando una clara tendencia descendente, para el gas natural la situación es algo diferente, con una tendencia ascendente en las últimas tres décadas paso de un 8,8% a un 21,8%, la energía hidroeléctrica se mantiene un poco fluctuante pero manteniendo su protagonismo con aportes entre el 30% y el 50% de la oferta energética del país, es así que pasó de aportar el 46% en 1990 a aportar el 38% en el año 2022, los biocombustibles pasaron de generar alrededor de 4,5% en 1990 a generar el 10% en el año 2022 y por ultimo

está la energía eólica que pasó de no tener aporte alguno en 1990 a hacer un aporte cercano al 4,5%.

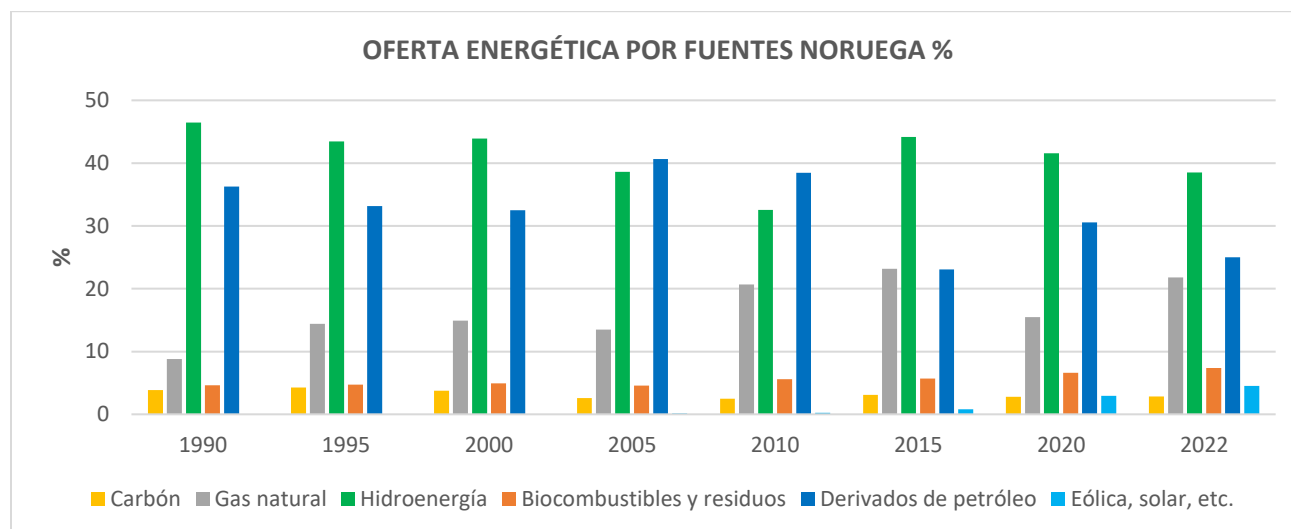


Ilustración 24. Oferta energética Noruega en porcentajes, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

3.3.2 Consumo final de energía

En el consumo es bastante evidente que los más usados son el petróleo y la energía hidroeléctrica, también es destacable el crecimiento de la generación de calor al igual que el de los biocombustibles y el detrimento del consumo de carbón.

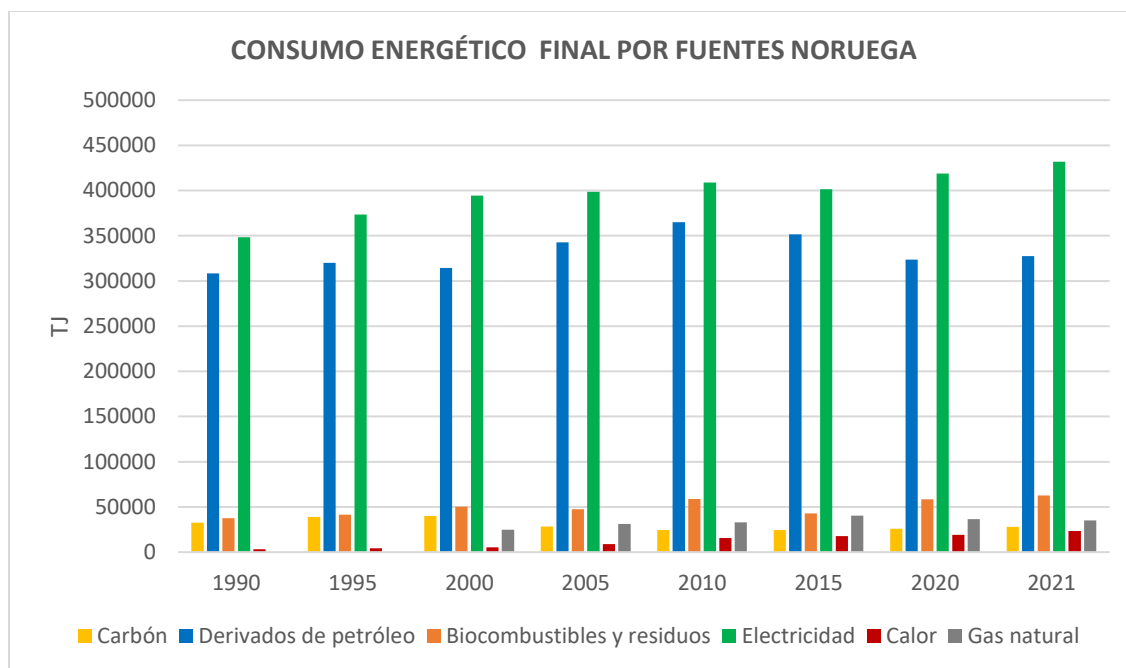


Ilustración 25. Consumo energético Noruega, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

Para hacerse a una idea de lo abismal que es la diferencia entre el consumo del petróleo y la hidroenergía en comparación con las demás fuentes entre 1990 y 2022, el petróleo ha mantenido en este lapso una contribución cercana al 35% y el 40%.

La generación de energía eléctrica se ha mantenido en valores cercanos al 50% dentro del consumo final de energía, la producción en Noruega ha sido en su historia reciente a partir de hidroenergía esto hasta el año 2015 donde la energía eólica comenzó a tomar valor en la producción de energía eléctrica al punto que para el año 2022 90% de la electricidad en Noruega se genera a partir de hidroeléctricas y 10% a partir de energía eólica.

Otras fuentes como el carbón han ido perdiendo valor dentro del consumo final noruego; en 1990 el carbón representaba cerca del 3,3% mientras que en el año 2022 su aporte es de un valor cercano al 0,8%.

El gas natural es una fuente de energía que en el consumo se ha mantenido constante a lo largo del tiempo, aportando alrededor del 11% del consumo, los biocombustibles y la generación de calor en constante crecimiento, los biocombustibles dieron un gran salto al pasar del 4% a contribuir un 10% y la generación de calor de un 13% en 1990 a un 18% en 2022.

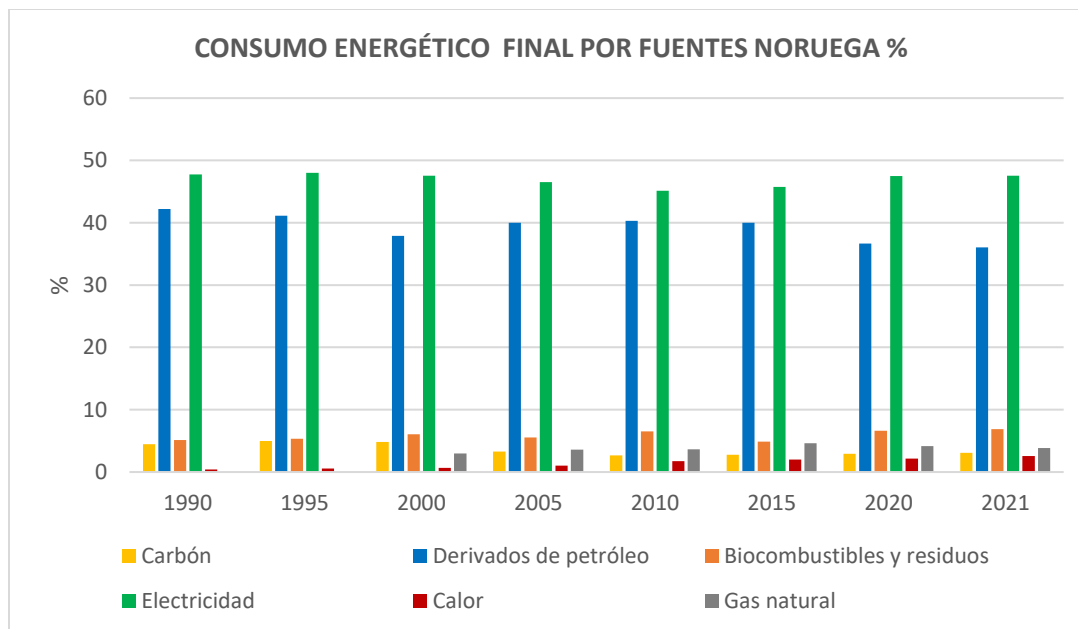


Ilustración 26. Consumo energético Noruega en porcentajes, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

3.3.3 Emisiones de GEI

Como ya se ha mencionado previamente Noruega es una nación con un gran interés en la reducción de los gases de efecto invernadero, intereses que se ven materializadas en sus múltiples iniciativas que van desde su gran inversión en el desarrollo de energías renovables, que lo han llevado a ser el mayor productor de energía hidroeléctrica en Europa, hasta megaproyectos de captura de CO₂ como es el

caso del Northern Lights²⁶ proyecto que fue aprobado a finales del año 2021 y en el que el gobierno noruego aportara cerca 1600 millones de euros lo que equivaldría a dos tercios de su coste total. (VILA, 2021)

El proyecto es ambicioso y con él, Noruega busca ser el mayor captador de emisiones en Europa en una industria naciente como la de la captura de CO₂, pero aún tiene que encontrar soluciones a la generación de GEI de su sector energético, el cual es por notable diferencia su sector de mayor cantidad de emisiones, y si bien sus iniciativas para el uso de autos eléctricos han dado grandes resultados en el sector transporte, no son suficientes para llegar a tiempo a las metas de reducción de emisiones.

Noruega produjo para el año 2020 31,33 MT de CO₂e de GEI donde el sector energético es el que más emisiones aporta²⁷ con gran diferencia sobre los demás sectores del país, en este confluyen subsectores como la generación de electricidad y calor y el transporte, que si bien tienen una tendencia a la disminución todavía generan un valor importante dentro de las emisiones noruegas.

El siguiente sector con mayor influencia dentro de las emisiones es el sector agrícola pero como ya se mencionaba anteriormente no son valores representativos al igual que los procesos industriales y los desperdicios.

²⁶ Proyecto que busca transportar CO₂ desde fuentes de captura industrial en Europa hasta una ubicación en altamar debajo del lecho marino del mar del norte.

²⁷ Datos analizados del Climate Watch Data.

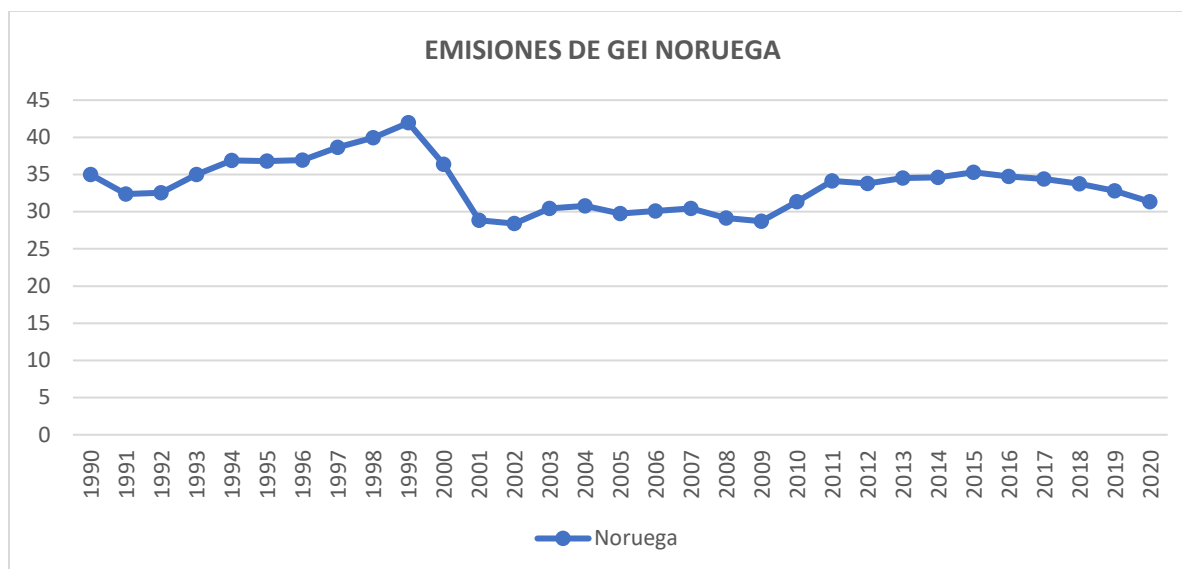


Ilustración 27. Emisiones totales de CO2 equivalente Noruega, Historical GHG emissions 2021, actualizado el 9 de febrero del 2023

3.4 Caso de estudio: Brasil

Brasil es el país más grande de América del sur y uno de los más poblados del mundo, aun así, gracias a su gran extensión territorial posee una baja densidad poblacional, es la economía más grande de América Latina²⁸ gracias a su gran disponibilidad y variedad de recursos naturales, es uno de los principales productores de petróleo del mundo aportando más del 4% de la producción mundial anual²⁹ y actualmente el país más avanzado de la región en la utilización de fuentes de energía renovables.

La historia del aprovechamiento energético en Brasil y de cómo ha llegado a tener una economía tan robusta está protagonizada principalmente por la actuación estatal, y

²⁸ Según el Banco Mundial es el país con mayor PIB de la región.

²⁹ Datos analizados de: <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/petroleo/produccion>.

es que, desde los años 40 el gobierno federal de Brasil interesado en asegurar el suministro de electricidad, gas y petróleo del país apostó por la creación de empresas estatales (apoyado claramente por los gobiernos estatales) que se encargaran desde la producción hasta el procesamiento de los recursos energéticos (Bajay, 2004), de acuerdo a esto, en 1953 fue definido un monopolio estatal y sancionado con la Ley 2004 del mismo año, en el que se le otorgaba a Petrobras³⁰ los permisos estatales para controlar el aprovechamiento de los hidrocarburos, indispensables en su economía.

En esta misma línea fue creada Eletrobras³¹, que coordinó la administración de distintas empresas estatales creadas para la generación y transmisión de energía eléctrica por regiones en el país, además de las empresas estatales creadas también para la distribución minorista de fluido eléctrico (Bajay, 2004).

Este modelo de administración de los recursos energéticos mediante empresas estatales fue un aparente éxito hasta mediados de los años 80, donde por diferentes factores, desde distintas posiciones políticas alrededor del futuro del modelo, errores administrativos y hasta corrupción, pusieron en debate nuevamente el esquema energético en Brasil.

Estos garrafales errores en la administración estatal estuvieron marcados principalmente por un mediocre intento por contener la inflación manteniendo los precios de la electricidad artificialmente bajos, y en ocasiones también de otros

³⁰ Empresa estatal brasilera creada para la producción, importación, procesamiento y transporte del petróleo.

³¹ Eletrobrás es el órgano del gobierno brasileño responsable de la generación y distribución de la energía eléctrica.

servicios públicos; y el mal uso político que se le dio al suministro de electricidad y distribución de gas (Bajay, 2004), a menudo envueltos en redes de corrupción que dejaban incompetencia en la administración y la malversación de fondos públicos con fines electorales llegando a ejecutar proyectos energéticos sin los recursos necesarios para finiquitarlos, en resumen, politiquería³².

Las discusiones sobre las mejoras institucionales que se requerían para corregir esta situación y tomar un rumbo fructífero para las industrias del petróleo y la electricidad se dieron durante décadas sin solventarse, y no fue hasta que hubo una crisis financiera en la industria de la electricidad en donde el gobierno de turno a mediados de la década de los 90 aprovechó para dar paso al sector privado dentro de la industria energética, decidiendo vender las empresas de propiedad federal a inversionistas privados y ejerciendo presión de distintas formas sobre los gobiernos estatales para que hicieran lo mismo (Bajay, 2004).

Así mismo, de manera contemporánea el congreso acabó con el monopolio legal de Petrobras para la industria de los hidrocarburos mediante la *Ley 9478 de 1997*³³ creando la Agencia Nacional del Petróleo (ANP) y el Consejo Nacional de Política Energética (CNPE), y otorgando la posibilidad a los gobiernos estatales de dar concesiones a inversionistas privados, esto bajo la falacia argumentativa de que la

³² Politiquería es una palabra popular que describe una práctica engañosa y tramposa de la política o de las relaciones sociales donde el único fin es el beneficio propio.

³³ Permitió la asociación de Petrobras con empresas privadas y abre la posibilidad de acceder a licitaciones de áreas de exploración al sector privado bajo su propio riesgo, la ley también establece el Consejo Nacional de Política Energética y la Agencia Nacional del Petróleo.

competencia resultaría en precios más bajos, lo cierto fue que con el paso del tiempo ni la producción de hidrocarburos ni la de electricidad federales fueron igualadas ni superadas por el sector privado, y los precios durante los siguientes años incrementaron más rápido de lo previsto.

Para el 2004, se crea una nueva empresa estatal mediante la *Ley 10847 de 2004*³⁴, la Empresa de Investigación Energética (EPE por sus siglas en portugués) que hasta la actualidad posee un papel muy importante dentro de la planeación energética en Brasil, pues su función principal y motivo de creación es la investigación y planificación estratégica de expansión de largo y mediano plazo, tanto industrial como político y legislativo del sector energético para el Ministerio de Minas y Energía.

En pro de la búsqueda de alternativas de generación de energía fue expedida la Ley 10438 de 2002 la cual creó el Programa de Incentivos a Fuentes Alternativas de Energía Eléctrica (PROINFA) que incluían acuerdos de compra con Eletrobras por hasta 20 años y la financiación de hasta el 80% de los proyectos (Costa, Vasconcelos, Neto, & Salazar, 2017), este programa no dio los resultados esperados en cuanto a generación de energía pero dio impulso a la diversificación de la matriz de generación eléctrica.

En términos de energías renovables, Brasil a lo largo de su historia reciente se ha preocupado principalmente por la diversificación de su matriz de generación eléctrica y

³⁴ La ley fundacional de la EPE (BRASIL, 2004) establece que el organismo debe promover estudios y producir información para ejecutar planes y programas de desarrollo energético que sean sostenibles y que cuiden el medio ambiente.

en camino de esto ha encontrado en el uso de las hidroeléctricas, la energía eólica y los biocombustibles sus mayores aliados, lo que lo ha convertido en un referente de esta materia en la región.

3.4.1 Histórico de oferta energética.

En lo que respecta a la oferta energética en general, los hidrocarburos siempre han jugado un papel relevante como en cualquier país productor de los mismos, con protagonismo principalmente de los derivados del petróleo; como se puede observar en la *Ilustración 28*, en los últimos 30 años la participación de los combustibles fósiles siempre se ha mantenido entre el 40% y 50% del total de la oferta nacional.

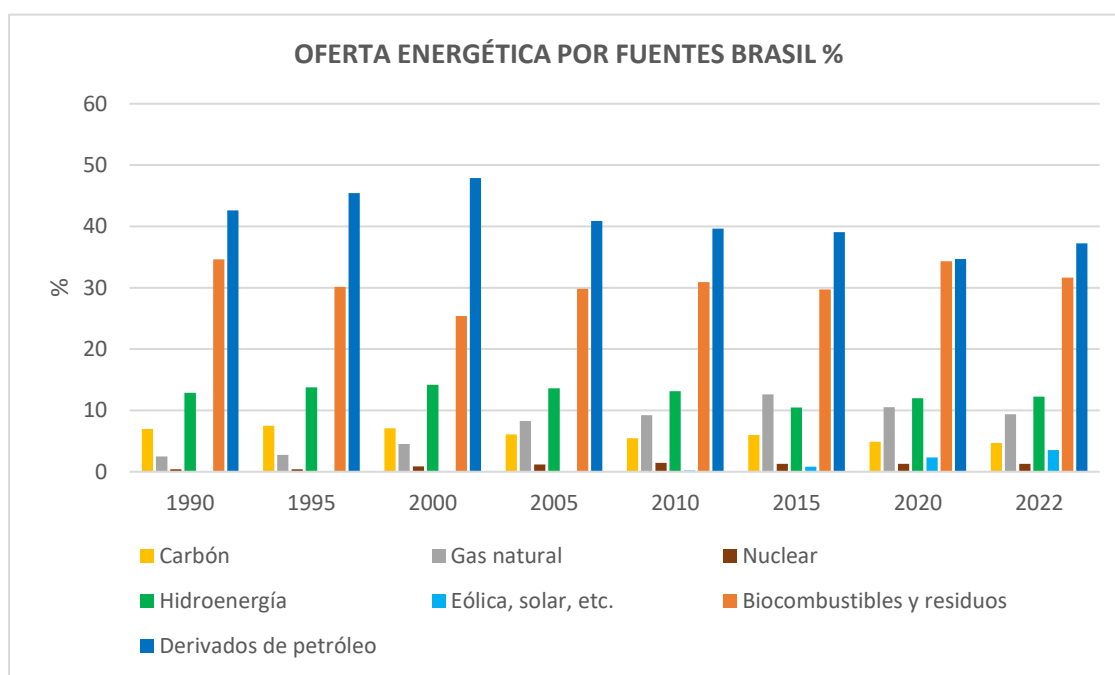


Ilustración 28. Oferta energética Brasil en porcentajes, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

Una de las cosas que caracterizan la oferta energética brasilera es la alta participación de los biocombustibles en ella, aportando actualmente más del 30% de la disponibilidad energética del territorio, y es que, desde hace más de 50 años, con la

creación del programa Proalcool³⁵ Brasil ha estado aprovechando la caña de azúcar, de la cual es uno de los mayores productores del mundo, y los residuos principalmente agrícolas para la generación de estos, y a su vez ha venido utilizando termoeléctricas alimentadas por biocombustibles para la generación de energía.

Además, este país cuenta con un porcentaje obligatorio de bioetanol que debe llevar la gasolina, que oscila entre el 18 y el 25%. Es importante resaltar el crecimiento que ha tenido esta fuente en los últimos 30 años como se puede observar en la *Ilustración 29*, pasando de generar 2MMTJ en 1990 a generar casi 4MMTJ en 2022, es decir, con un aumento de casi el 100% en este periodo de tiempo en su aporte energético a la oferta nacional.

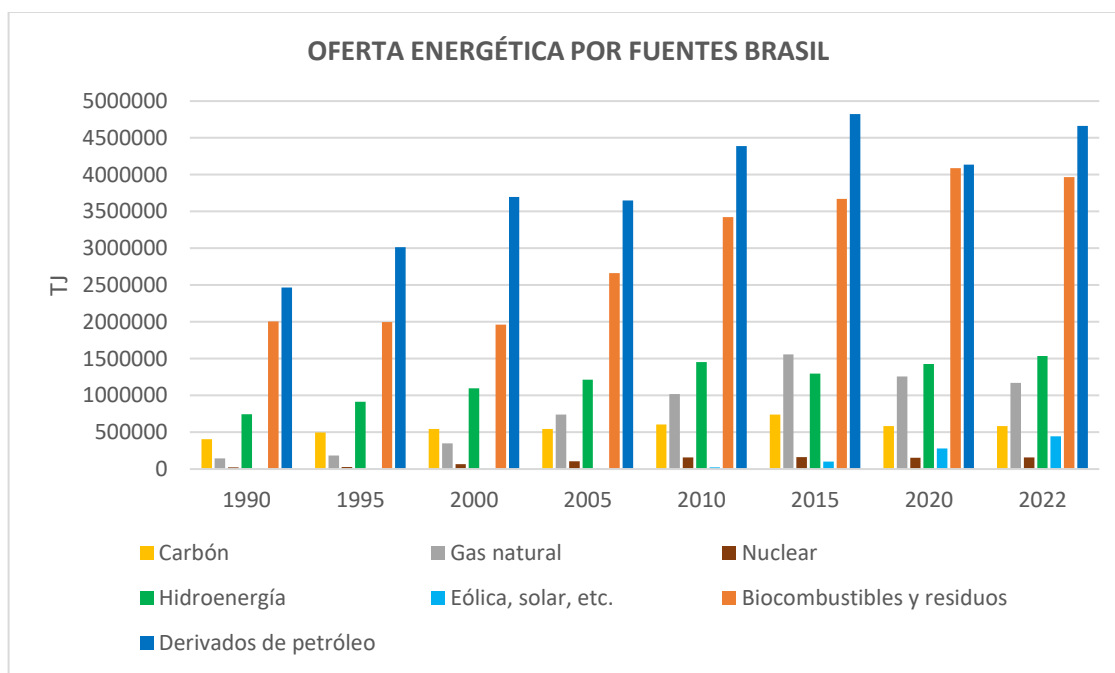


Ilustración 29. Oferta energética Brasil, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

³⁵ Decreto federal N° 76593 que crea el Programa Nacional de Alcohol (Proalcool) con el fin de promover el uso del etanol y el crecimiento de la industria del Alcohol.

Actualmente en Brasil se genera poco más del 85% de su energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables³⁶, además, la fuente con mayor participación en la generación eléctrica es la hidroenergía con un 56,83%, aprovechada a partir de las centrales hidroeléctricas distribuidas por todo el país, lo que da a esta fuente una participación relevante en la oferta energética nacional.

3.4.2 Consumo final de energía.

El consumo energético a lo largo de la historia y hasta el día de hoy mantiene una predominancia de los derivados del petróleo, en este momento, representan poco más del 40% del consumo, cifra que, sin duda sería mucho más significativa de no ser por la presencia de los biocombustibles en sectores como el transporte y la generación eléctrica.

Así mismo, la diversidad en su matriz de generación de electricidad hace que el aporte eléctrico sea en su mayoría desde energías renovables, lo que sumado al aporte de los biocombustibles en la actualidad da aproximadamente un 45% de uso de energía aprovechada desde fuentes de energía limpias.

³⁶ Datos analizados de: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>.

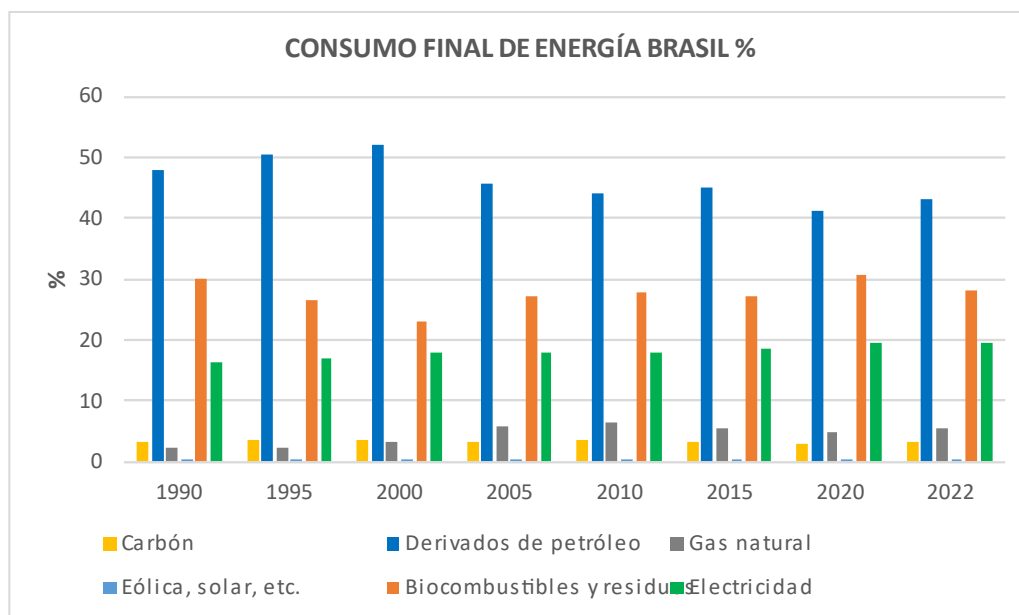


Ilustración 30. Consumo final Brasil en porcentajes, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

Es notorio el crecimiento y aporte de la industria de los biocombustibles en las últimas décadas pasando de aportar 1.5MMTJ en 1990 a casi 3 MMTJ en 2022, lo que demuestra que la inversión en su propia industria como lo es la caña de azúcar es un acierto en el camino de la transición energética y de la soberanía y seguridad energética nacional.

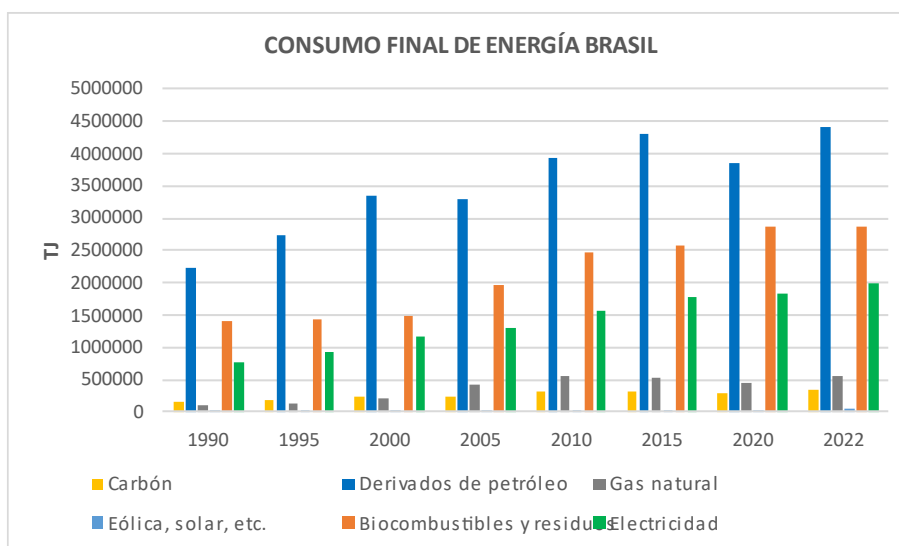


Ilustración 31. Consumo final Brasil, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

3.4.3 Emisiones de GEI.

Brasil es el séptimo país que más emite gases de efecto invernadero en el mundo, y el que más lo hace en Latinoamérica, aportando aproximadamente el 3,1% de las emisiones mundiales, actualmente emite alrededor de 1,5 Gt de CO₂eq, de los cuales más del 35% son provenientes del sector de la agricultura y casi otro 28% es aportado por el cambio de uso de la tierra, lo que deja que el sector energético aporta menos de una tercera parte de las emisiones totales del país, aproximadamente el 30%³⁷.

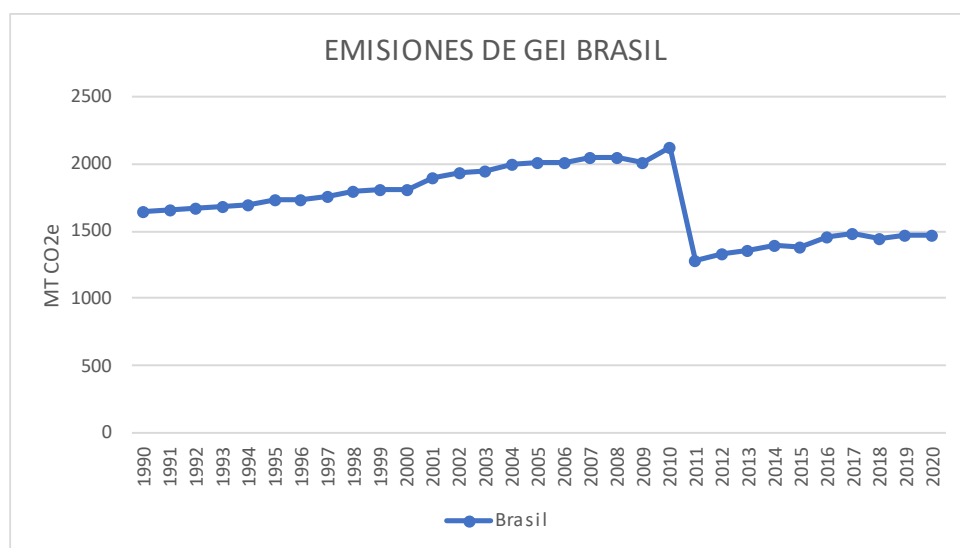


Ilustración 32. Emisiones GEI Brasil, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

³⁷ Datos analizados de:

https://www.climatewatchdata.org/countries/BRA?end_year=2020&start_year=1990#ghg-emissions

4 Análisis para el contexto colombiano.

Si bien la transición energética es un proceso por el que atraviesa el mundo como conjunto, no existe una formula general ni un paso a paso para hacerla efectiva, las particularidades de los territorios son determinantes tanto para evaluar las posibilidades como para hallar las alternativas necesarias y pertinentes en camino de la sostenibilidad energética.

Sin embargo, a partir del análisis del panorama energético actual de distintos países, principalmente aquellos que se consideran líderes en el aprovechamiento de las energías limpias y su trasegar histórico en camino de la soberanía, y actualmente, de la sostenibilidad energética, se pueden identificar algunos rasgos generales comunes con los que cuentan dichos países que podrían ser útiles para definir acciones prioritarias en camino de la transición energética colombiana, así mismo, teniendo en cuenta características comunes entre Colombia y los casos de estudio revisar estrategias que ya han sido utilizadas con aparente éxito.

En general se podría decir que la transición energética de los países más avanzados en la materia comenzó por la transformación en su forma de generar electricidad, teniendo como principio la utilización de fuentes de energía renovables y poco contaminantes como la energía geotérmica, energía eólica, energía solar, hidroenergía, etc.

Para el caso de países como Islandia y Noruega, ubicados al norte de Europa, con territorios y poblaciones relativamente pequeñas, apostaron a la generación eléctrica mediante pocas fuentes, en el caso de Islandia, el 99% de su energía eléctrica

es generada de manera limpia, el 70% en centrales hidroeléctricas y el restante en plantas geotérmicas.

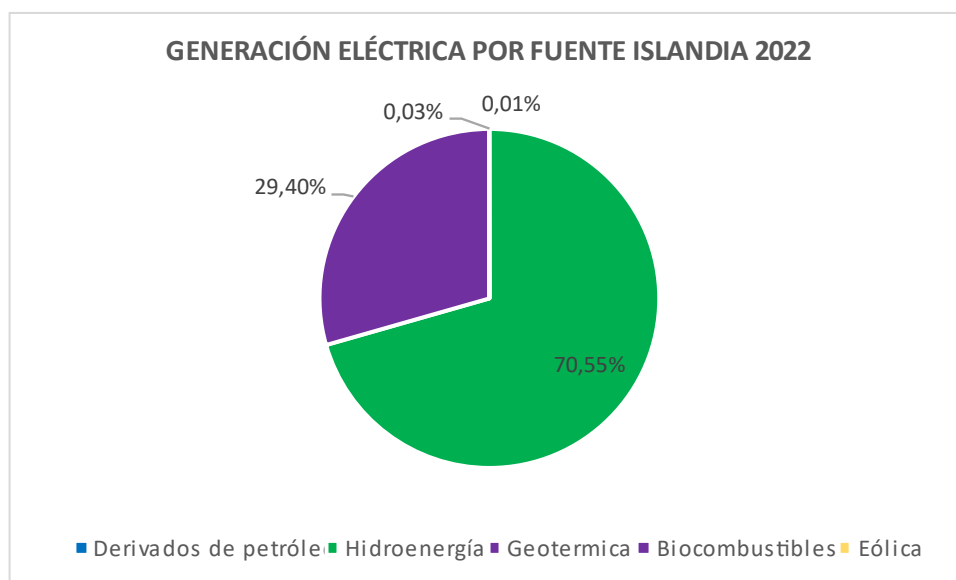


Ilustración 33. Generación de electricidad por fuente, Islandia 2022, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

Para el caso de Noruega prácticamente toda su energía eléctrica en los últimos 50 años ha sido generada a partir del aprovechamiento de la hidroenergía y es en los últimos 10 años donde a partir de sus decisiones en materia de política energética ha ahondado esfuerzos en búsqueda del aprovechamiento de su potencial eólico, con el fin de en un futuro no depender de una única fuente de generación y evitar posibles crisis generadas a partir de sequías entendiendo que dependía netamente de la generación hidroeléctrica, actualmente el aporte de la energía eólica en la generación eléctrica del país es del 10%, aun cuando esta industria se encuentra en una etapa de desarrollo temprana.

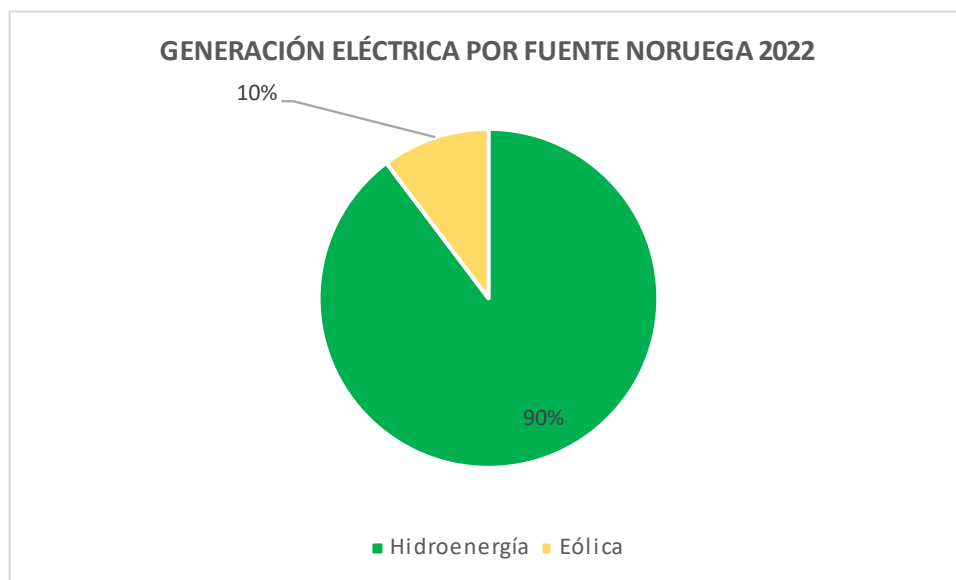


Ilustración 34. Generación de electricidad por fuente, Noruega 2022, IEA (2022), *Energy Statistics Data Browser*, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

Por otro lado, está el ejemplo de países como Brasil y Dinamarca, que poseen matrices de generación eléctrica más variadas en cuanto a fuentes, lo cual si se analiza con detenimiento es lo que actualmente buscan otros países, entre ellos Noruega, la diversificación en sus fuentes de generación eléctrica, esto es conveniente debido a que distintos factores pueden afectar el aprovechamiento de las mismas, ya sean económicos, ambientales o políticos, y mantener la seguridad energética es indispensable.

Dinamarca, por ejemplo, en los últimos 30 años ha mantenido una generación eléctrica con participación notable de distintas fuentes, sin embargo, se puede ver de manera explícita su transición a las energías limpias, tal como se evidencia en la *Ilustración 35*.

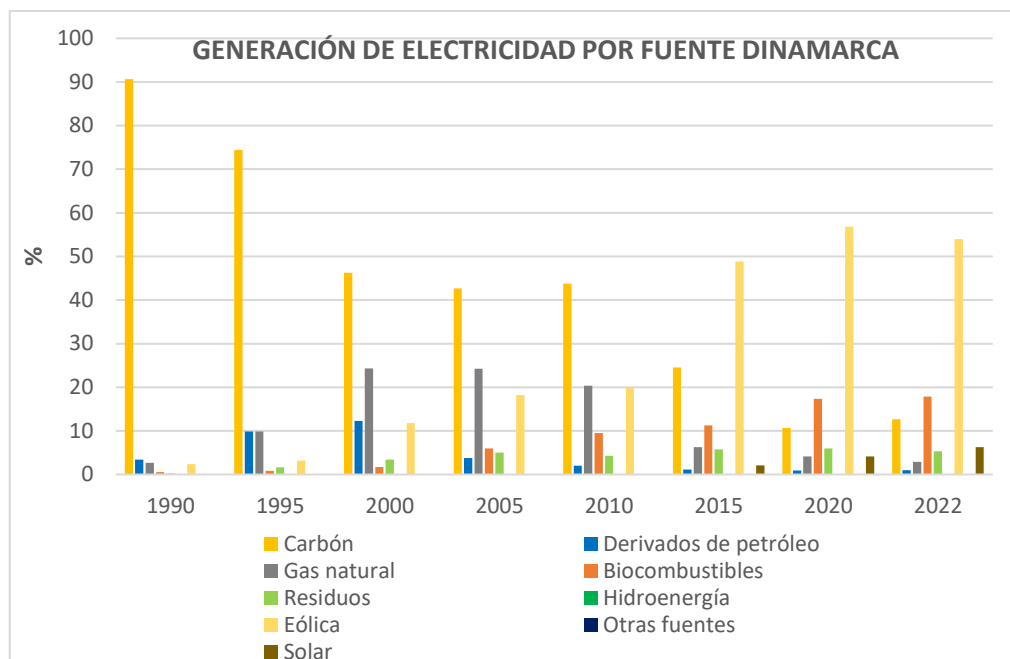


Ilustración 35. Generación de electricidad por fuente, Dinamarca 1990-2022, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, París <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

Para comienzos de los años 90 era casi un monopolio del carbón la generación eléctrica, sin embargo, a mediados de esta misma década empezó a diversificar sus fuentes con la participación de otros combustibles fósiles, no obstante, lo más trascendental de esta década en el tiempo fue la aparición de la energía eólica, que después de varios años de investigación y esfuerzos para su desarrollo empezaba a dar frutos, como se puede apreciar, una apuesta a largo plazo que cambió el rumbo de la energía en este país.

Actualmente en Dinamarca la energía eólica aporta más del 50% de la electricidad del país, y casi el 85% es generada a partir de fuentes limpias de energía como la energía nuclear, los biocombustibles, la hidroenergía, etc. El carbón pasó de generar

alrededor del 90% en 1990 a poco más del 12% en la actualidad, y los derivados del petróleo y el gas natural ya no representan ni el 4% de la generación total.

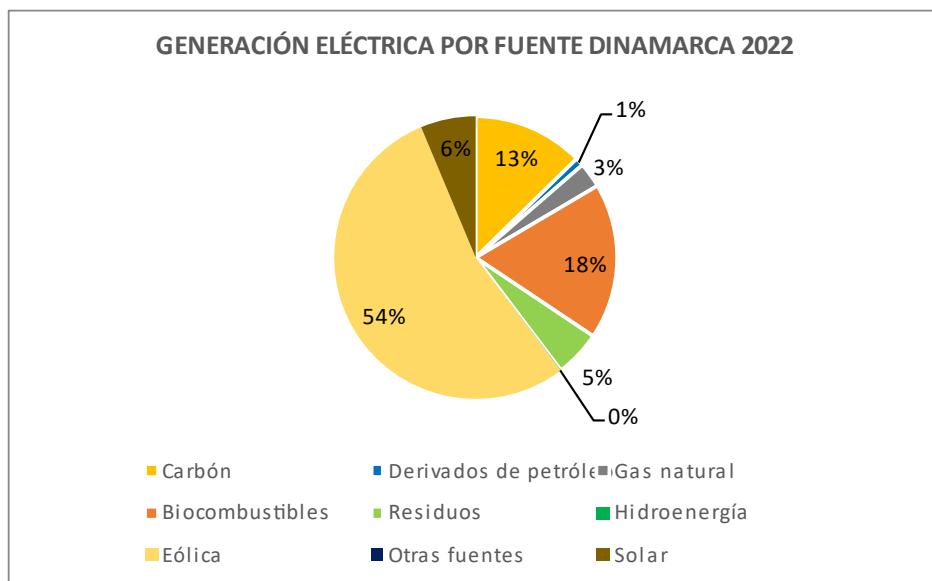


Ilustración 36. Generación de electricidad por fuente, Dinamarca 2022, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

Brasil es otro ejemplo de una matriz de generación eléctrica amplia, al igual que Dinamarca, su matriz ha venido evolucionando de depender de una sola fuente de generación, y es que, hasta 1990 Brasil generaba casi toda su electricidad a partir del aprovechamiento de la hidroenergía, lo que lo llevo en distintas ocasiones a crisis energéticas en distintas partes de su extenso territorio debido a sequias lo que ocasionó que a principios del 2000 apostara por la utilización de nuevas fuentes, que en términos prácticos hizo su matriz más diversa pero menos limpia.

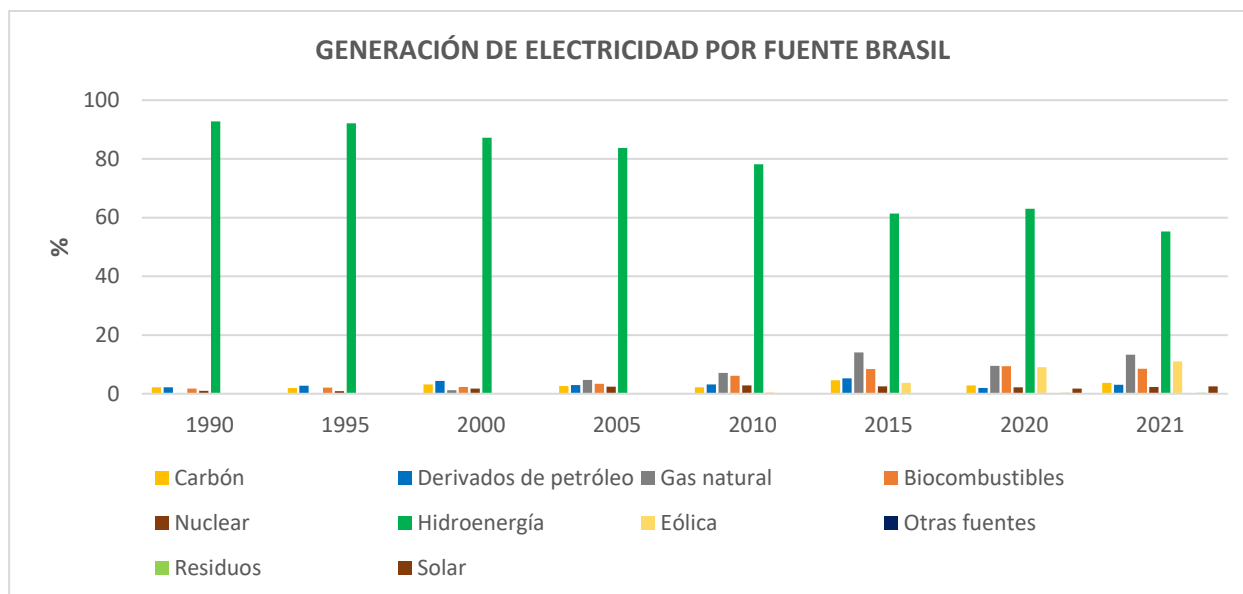


Ilustración 37. Generación de electricidad por fuente, Brasil 1990 - 2022, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

Para 2021 (datos más recientes) el 80% de la generación eléctrica provino de energías limpias, como la hidroenergía, la energía eólica y los biocombustibles, además también se genera electricidad a partir de los derivados del petróleo, el gas natural y el carbón, lo que convierte su matriz en una de las más diversas y a la vez de las más limpias de la región latinoamericana.

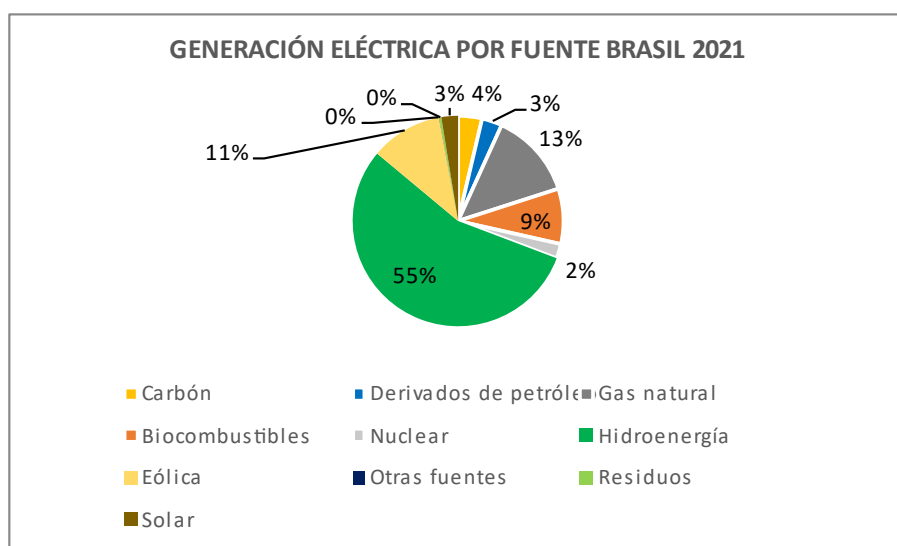


Ilustración 38. Generación de electricidad por fuente, Brasil 2021, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

En Colombia históricamente la protagonista en la generación eléctrica ha sido la hidroenergía, en la actualidad aporta más del 70% de la electricidad que dispone el país, lo cual es un buen primer indicador en camino de las matrices energéticas limpias, sin embargo, el restante casi por completo es generado a partir de combustibles fósiles con excepción de un pequeño porcentaje sumado por los biocombustibles.

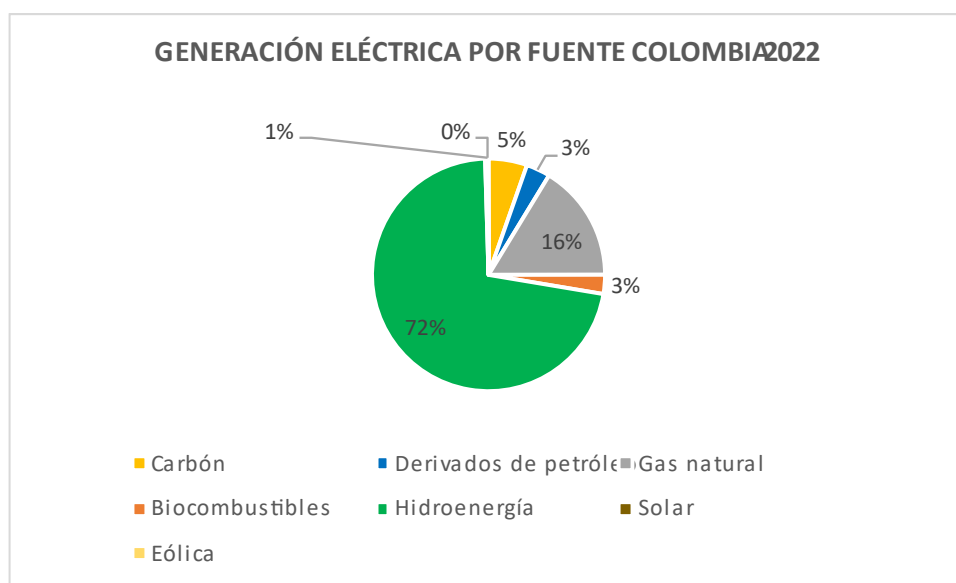


Ilustración 39. Generación de electricidad por fuente, Colombia 2022, IEA (2022), Energy Statistics Data Browser, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>

En primera medida, si bien el gas natural emite menos CO₂ que los otros combustibles fósiles como el carbón y los derivados del petróleo, no es considerado una energía limpia, entonces la disminución de este en la participación de la generación eléctrica es una medida evidente para lograr una matriz de generación más limpia.

Por otra parte, es necesario en camino de una generación de electricidad sostenible y de la transición energética, la investigación y el desarrollo de tecnologías de aprovechamiento de nuevas fuentes, preferiblemente de energías renovables con el fin de diversificar la matriz con energías limpias y poder ir reemplazando los aportes que son dados por los combustibles fósiles.

En materia de esto sería conveniente revisar, por ejemplo, la posibilidad del aprovechamiento de la energía eólica, pues al poseer acceso a dos océanos es posible encontrar un buen potencial, pues en casos como Dinamarca y Noruega ha venido siendo una excelente alternativa, además también sería pertinente, al igual que en Brasil, acelerar el desarrollo de la industria de los biocombustibles entendiendo que Colombia es uno de los países que más produce caña de azúcar en el mundo y que ya existen las bases de la misma.

Es importante entender que la investigación y el desarrollo en el sector energético necesitan de recursos e instrumentos para poder avanzar, por eso es transcendental generar las estrategias adecuadas en materia de política energética para poder dar paso a nuevas alternativas, y es el estado el principal protagonista en dicha tarea, pues es con las estrategias y regulaciones dadas por acciones legislativas que se generan los entes y las acciones necesarias para el redireccionamiento del sector energético.

Como primer paso hacia el aprovechamiento de un nuevo recurso está la investigación para hacerlo posible, y para esto son indispensables los recursos económicos necesarios para llevarla a cabo, por el lado de la investigación, todos los casos de estudio muestran que la creación de entes estatales que se encarguen de la investigación en materia de energías renovables, para que luego sean estos mismos

quienes regulen el recurso de interés es una buena alternativa, tal es el caso de Enova en Noruega que lidera los proyectos de energía eólica, la Empresa de Investigación Energética (EPE) en Brasil, o la Agencia Danesa para la Energía (DAE), además que de esta manera se ataca uno de los principales obstáculos que es la búsqueda de soluciones de largo plazo que perduren en el tiempo.

También es importante resaltar que en los países analizados se insiste en distintas épocas de sus desarrollos en el fortalecimiento de la participación estatal en la explotación y el control estatal en la administración de los recursos energéticos independiente de cuál sea su naturaleza, como son los casos de Petrobras y Eletrobras en Brasil, encargadas de administrar los hidrocarburos y la distribución eléctrica respectivamente, o para el caso de Statnett en Noruega, que construyó y opera la red eléctrica madre.

Para la obtención de los recursos que solventarán la creación de dichas entidades de investigación, y demás medidas que necesiten un respaldo financiero en camino de la transición energética, varios países ponen como principal estrategia los impuestos, en Dinamarca, por ejemplo, de 1970 a comienzos de 1990 se pusieron impuestos al Diesel y el petróleo, al carbón, al gas natural y a las emisiones de CO₂, Noruega también decidió en su Acuerdo climático en 2008 poner impuestos por emisiones de CO₂.

Sin embargo, más importante que la creación de estos impuestos es el hecho de que en sus marcos legales queda de manera explícita la destinación de estos para el desarrollo de las energías renovables, en el caso de Dinamarca, destinados a la investigación y el desarrollo de la eficiencia energética y las energías renovables, entre

ellas la energía eólica, y en el caso noruego a campañas de concientización a cerca del uso de vehículos eléctricos.

Es indispensable tener en cuenta que el giro de la política energética de cualquier lugar es una apuesta acompañada por una voluntad política dispuesta a configurar los factores necesarios para que esta se lleve a cabo con la menor cantidad de consecuencias negativas posibles, principalmente en la economía, por tanto los dos factores ya mencionados si bien son indispensables solo son funcionales acompañados de una gran serie de estrategias y medidas que vayan complementando el proceso de transición, encaminando la disminución de los combustibles fósiles y el desarrollo de las energías renovables.

En ese orden de ideas las estrategias que se presentan para acelerar la transición energética son diversas y van desde los subsidios a la energía renovable, que, en el caso danés, por ejemplo, cubren hasta el 30% de los costos de instalación, o en Islandia que cubrieron hasta el 80% de los gastos incluso en caso de fracaso de los proyectos cuando decidieron incursionar en la energía geotérmica, este tipo de medidas también intentan incentivar la cooperación entre el sector público y el privado quienes coexisten en todos los escenarios, entendiendo que la implementación de las medidas tomadas en pro de la transición para que sea efectiva deben ser compromiso de todos.

Otro tipo de medidas un poco menos amigables pero igualmente validas en la carrera por frenar el cambio climático son las medidas de tipo prohibicionistas, estas buscan detener de manera más inmediata la utilización de fuentes o productos que están en contravía de las proyecciones energéticas que se desarrollan, por ejemplo en

Dinamarca, en un intento de eliminar el carbón de su catálogo energético a partir de 1997 prohibió la creación de centrales termoeléctricas a carbón, o en el caso de Noruega que en 2016 prohibió la instalación de sistemas de calefacción de combustibles fósiles.

Los países del norte a la par que transformaron sus matrices de generación eléctrica, dieron otro gran paso en la transición energética en el siglo pasado, al identificar que una de las formas en que más se le daba uso a la energía era el calor decidieron apostar por la generación de calor a partir de energías renovables, es de esta manera que Islandia decidió apostar por la energía geotérmica para desplazar los combustibles fósiles, con el mismo propósito Dinamarca apostó por las redes de calefacción urbana y el aprovechamiento de la biomasa.

Si se mira la transición energética desde la perspectiva de la transformación por sectores, se puede evidenciar que los países más avanzados son aquellos que han transformado su matriz de generación eléctrica casi por completo a las fuentes limpias y a su vez han avanzado significativamente en algún otro sector o subsector, para el caso de los países nórdicos, estos avances se evidencian con la generación limpia de calor.

Sin embargo, se puede observar un obstáculo generalizado en las transiciones del mundo y es en torno a la energía utilizada en el sector transporte, y es que, si bien alternativas como el transporte terrestre eléctrico se han vuelto un tema de moda en las últimas décadas, la implementación de estas tecnologías ha sido un verdadero desafío en la mayoría de países del mundo, de los países más avanzados en esta tarea se

encuentran Noruega e Islandia, quienes son los países con más autos eléctricos per cápita en el mundo.

Para esto, varios países han desarrollado distintos incentivos en pro de renovar la flota de transporte terrestre, estas medidas contemplan cosas como la excepción de impuestos de importación, costos de matrícula y pago de peajes, además, en países como Noruega existen medidas más atractivas como estaciones de recarga públicas gratuitas y carriles preferenciales, asimismo también se emplean medidas que aceleran y/o obligan a la renovación del transporte público.

Sumado a esto, las tecnologías desarrolladas actualmente aún con sus bajos índices de implementación solo existen en el área del transporte terrestre y con muchas limitaciones en cuanto al transporte de carga, en el caso del transporte aéreo y marítimo, utilizado en grandes magnitudes por las distintas industrias, no existen alternativas viables fuera de los combustibles fósiles que hayan sido desarrolladas, lo que finalmente confirma un amplio camino faltante en ruta de un siguiente paso en la transición energética mundial.

4.1 Acciones prioritarias.

Si bien todo lo analizado anteriormente se relacionó de manera tal que fuera aplicable al contexto colombiano partiendo de las similitudes encontradas, se tiene en claro que hay distintos niveles de prioridad a la hora de empezar a efectuar estas estrategias, teniendo en cuenta eso y en concordancia con el análisis efectuado es claro que el paso inmediato principal para Colombia es lograr una electrificación limpia, para esto se considera que hay principalmente dos acciones indispensables que consolidarían un primer paso sólido y garantizarían su proyección a largo plazo, a las

cuales se les debería dar prioridad para acelerar el proceso de transición, estas serían la reducción de la participación de los combustibles fósiles en la matriz de generación eléctrica a partir de la transformación de las plantas termoeléctricas y la creación de un ente encargado de investigar, planear y proponer proyectos sobre el aprovechamiento de las energías renovables.

La participación de los combustibles fósiles en la generación de electricidad se da a través del uso de plantas termoeléctricas alimentadas por estos, ya sea carbón, gas o algún derivado del petróleo, en este proceso se emiten grandes cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera, lo que hace altamente contaminante la obtención de energía a partir de este método.

Dependiendo del combustible que alimenta la planta las emisiones generadas varían, en el caso de Colombia la generación de electricidad a partir de carbón emite en promedio 4,7 MtCO₂ para lograr aportar 4528 GWh, es decir, casi el 5% del total de generación, por otro lado el gas aporta 13757 GWh y emite 6 MtCO₂, lo que se traduce en aproximadamente el 16% de la disponibilidad eléctrica, en términos de emisiones de CO₂, la generación eléctrica que se alimenta con carbón aporta aproximadamente el 6% de las emisiones totales de CO₂ (exceptuando el CO₂ asociado a los usos de la tierra) y el gas emite el 7,5%, o en otras palabras, el carbón emite 1035 toneladas de CO₂ por cada GWh que produce, mientras el gas emite 435 t/GWh, aproximadamente 60% menos emisiones, es por esto por lo que consideramos el gas como la alternativa que menos afecta el desarrollo de las metas de descarbonización.

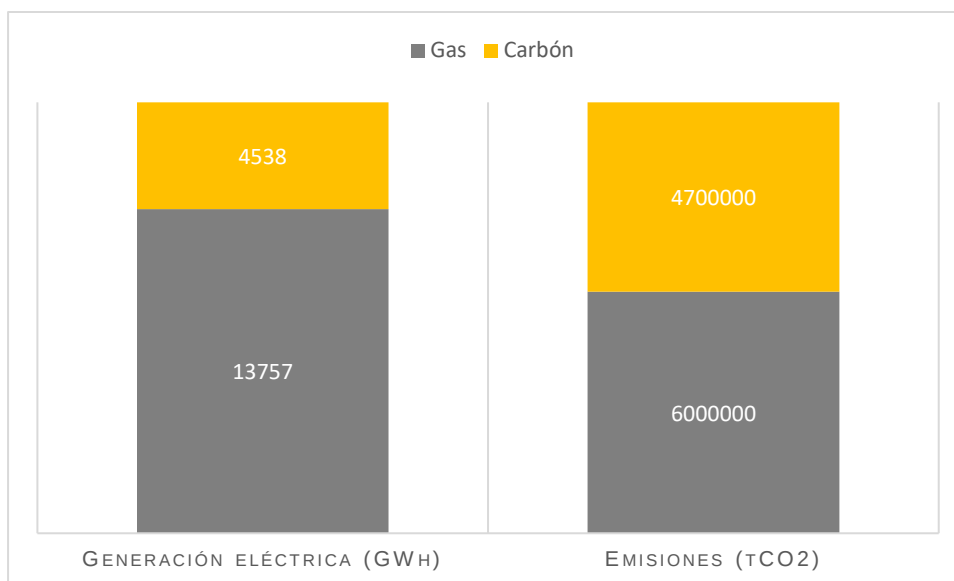


Ilustración 40. Comparación de generación eléctrica y producción de emisiones a partir de esta entre carbón y gas natural en Colombia, elaboración propia.

Además de esto, de las 19 plantas eléctricas a base de carbón que existen en el país, aproximadamente la mitad ya entró en fase de actualización tecnológica al tener más de 37 años de haber sido implementadas, esto debido a que está comprobado que el deterioro de los equipos hace más ineficiente sus procesos y por tanto genera más residuos, las centrales eléctricas son construidas para una vida útil de 30 a 40 años³⁸, lo que arroja un momento particular en el que impulsado por la necesidad de actualización en vez de renovar estos equipos sean remplazados por nuevos que funcionen a gas, teniendo en cuenta la viabilidad técnica y tecnológica existente en

³⁸ Dato extraído de: Laura Flechas Mejía, J. A. (2022). Eliminación gradual del carbón en la generación eléctrica en Colombia. Colombia: Transforma.

este campo debido a las tecnologías ya implementadas anteriormente en el territorio colombiano.

Desde el lado de la viabilidad legal de este cambio encontramos el antecedente legal de la sanción de la ley 2128 de 2021, la cual entre otras cosas se refiere al gas combustible como una herramienta para disminuir el impacto al medio ambiente tal como lo plantea en su Art.1:

“Incentivar el abastecimiento de gas combustible en el país y ampliar su Utilización, con el fin de generar impactos positivos en el medio ambiente, en la calidad de vida y la salud de la población, además el acceso al servicio público, según lo establecido en la Ley 1955 de 2019.” (Ley 2128 de 2021.)

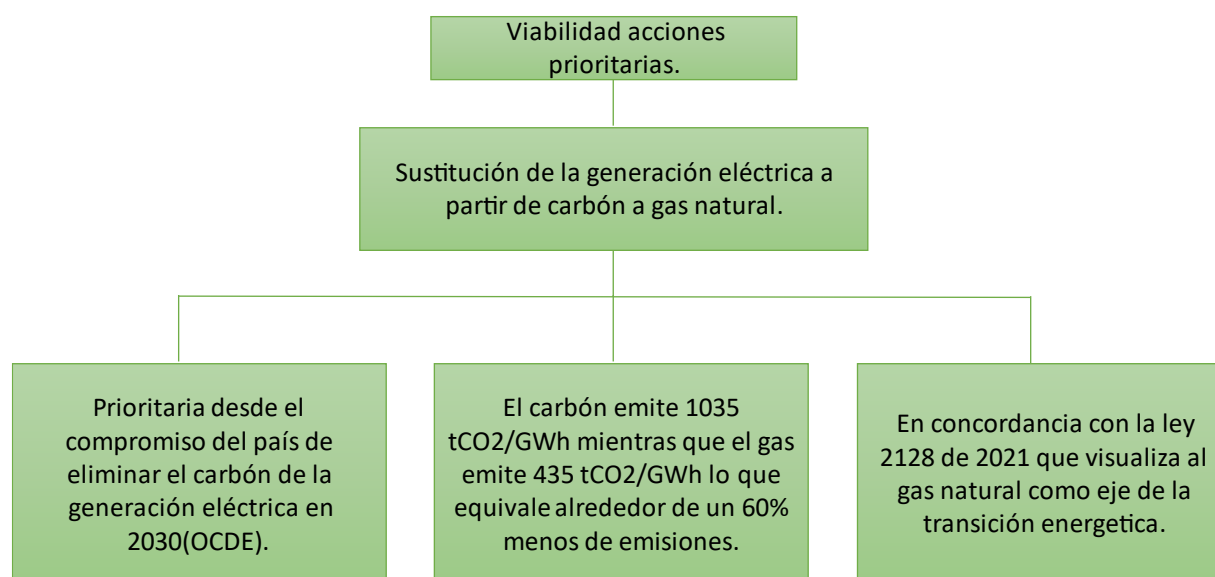


Ilustración 41. Viabilidad de acciones prioritarias, sustitución de la generación eléctrica a partir de carbón a gas natural, elaboración propia.

En la búsqueda de impulsar la transición energética nacional se identifica como otra acción prioritaria y además determinante la creación de un ente encargado específicamente de la investigación, desarrollo y promoción de las energías renovables

con la misión principal de coordinar y liderar las iniciativas y estrategias necesarias que lleven a la consolidación de las energías renovables dentro del país.

Lo anterior a través de la conducción de investigación de potenciales energéticamente limpios, que trabaje articuladamente con el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ciencias, este último con el fin de aprovechar los recursos académicos e investigativos que ya posee el país en materia de fuentes de energía renovables, entendiendo el potencial académico que representa por ejemplo el sistema de universidades públicas del país y los centros de investigación que ya trabajan temas energéticos, lo que solucionaría los recursos intelectuales necesarios para la consolidación de esta estrategia de largo plazo.

El marco legal vigente, expuesto anteriormente en el diagnóstico nacional³⁹ deja entrever que el país no coloca obstáculos que pudieran imposibilitar la creación de un ente de las características descritas anteriormente, por el contrario, en distintas figuras de la legislación actual se hace referencia a la importancia de la investigación, a la necesidad de planteamientos de largo plazo y a la implementación de fuentes no convencionales de energía limpias como son los casos de la ley 6791 de 2001 que establece que el estado debe fomentar espacios de conocimiento y educación sobre las energías alternativas, con la finalidad de promover nuevas posibilidades para el desarrollo sostenible.

Por otra parte, se encuentra la ley 1715 de 2014 la cual establece que es función del ministerio de minas y energía generar los instrumentos técnicos, jurídicos,

³⁹ Revisar el anexo 1.

económicos y financieros para el desarrollo del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROURE). A su vez dicha ley establece que diversificar la matriz energética colombiana es una necesidad apremiante, por lo cual es necesario plantear mecanismos para la implementación de energías renovables y mejorar la eficiencia energética en el sector industrial, de transporte y energético colombiano.

Por último, otra ley que se podría mencionar es la ley 2099 de 2021 la cual determinó que el ministerio de minas y energía directamente o a través de la entidad que designe, señalará los requisitos y requerimientos técnicos que han de cumplir los proyectos de exploración y explotación de recursos geotérmicos para la generación de energía eléctrica.

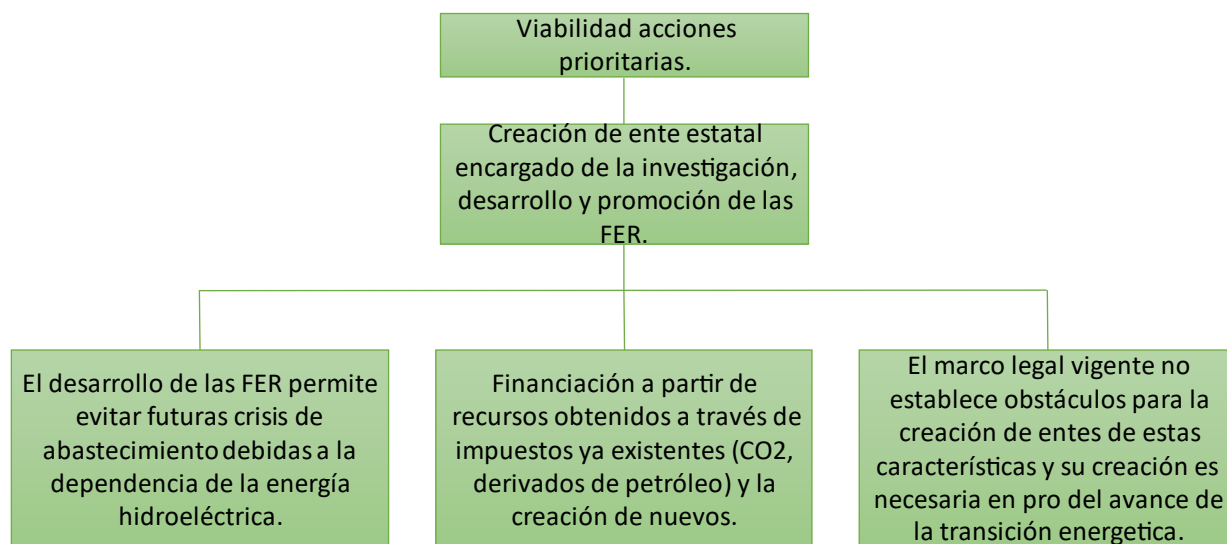


Ilustración 42. Viabilidad de acciones prioritarias, creación de ente estatal encargado de la investigación, desarrollo y promoción de las FER en Colombia, elaboración propia.

Entendiendo la necesidad de financiación para hacer viable económicamente las acciones prioritarias propuestas, y basado en el análisis de los referentes estudiados, este tipo de estrategias encuentran la obtención de financiamiento por medio de la creación de impuestos o la redistribución de recursos ya captados por impuestos

existentes, en este caso Colombia ya cuenta con un impuesto nacional al carbono en el Art. 221 de la Ley 1819 de 2016, además de una sobretasa al impuesto de renta de los hidrocarburos, estos podrían destinar porcentajes de sus recaudos para la implementación de las estrategias planteadas.

5 Conclusiones.

Los avances alcanzados en materia de transición energética en Colombia son apenas las bases del proceso de manera parcial, esto debido a la naturaleza de su planeación de corto y mediano plazo, es clave el fortalecimiento en articulación programática entre los sectores que confluyen para avanzar, además se hace necesario la consolidación de instrumentos que puedan mantener el rumbo a largo plazo.

Es necesario acelerar el desarrollo de los potenciales en energías limpias que ya se han detectado y proyectado como es el caso de la energía geotérmica y la energía eólica, alternativas que han demostrado ser efectivas en otros procesos de transición, asimismo, es indispensable que se de relevancia a la búsqueda de tecnologías propias en áreas estratégicas con poco desarrollo en el mundo como son la captura de carbono y el aprovechamiento del hidrógeno.

La transformación de la generación eléctrica es un paso indispensable y prioritario en la transición energética, en camino de esto Colombia debe buscar la diversificación de su matriz de generación con fuentes de energía renovables y disminuir la participación de los combustibles fósiles en esta, sería conveniente insistir en el aprovechamiento de los biocombustibles que ya tienen un cuerpo legal e industrial en el país para aumentar su participación en esta área.

Es necesario para poder continuar con la planeación energética de manera acertada y confiable la centralización de los datos que corresponden al aprovechamiento energético del país, actualmente esto y la desconexión de las redes

eléctricas son obstáculos adimensionales en camino del mejoramiento de la eficiencia y seguridad energética.

Si bien cada acción señalada es igual de necesaria debido al poco margen de maniobra que presentan los compromisos actuales planteados por el país, hay dos de ellas que tienen una mayor urgencia ya que su puesta en acción aceleraría la transición energética colombiana en gran medida, estos son: la sustitución del carbón por gas natural en la matriz de generación eléctrica que no solo contribuye en la reducción de emisiones sino que también en el compromiso de los países que hacen parte de la OCDE de eliminar para 2030 el carbón de su matriz de generación eléctrica, y la creación de un ente que se encargue de la investigación, desarrollo y promoción de las fuentes de energías renovables que logre materializar las intenciones del estado de consolidarlas como el mayor aliado en la lucha contra el cambio climático.

Para hacer todo lo anterior posible es indispensable el fortalecimiento del liderazgo estatal, tanto para la generación de legislación e instrumentos pertinentes para la investigación, regulación y el aprovechamiento de los recursos energéticos, como para generar las estrategias adecuadas de implementación, además, es imprescindible para regular las relaciones e intereses entre los actores públicos y privados que confluyen en la transición, en pro de la soberanía y bienestar del territorio colombiano y quienes lo habitan.

6 Recomendaciones.

A lo largo de la realización del actual proyecto de investigación se pudieron identificar diferentes líneas para continuar la investigación en caso de que alguien así lo quisiera:

- Identificar y proponer mecanismos que ayuden al fortalecimiento de la articulación entre los diferentes sectores involucrados en la transición energética que puedan lograr un ambiente de sinergia y colaboración.
- Abordar los desafíos actuales en torno al tratamiento de los datos, para evaluar y proponer soluciones que ayuden a una futura centralización de estos.
- Ahondar en las iniciativas de captura de carbono y de aprovechamiento de hidrogeno existentes a lo largo del mundo y su viabilidad en nuestra región.
- Estudiar la viabilidad económica de estrategias planteadas en el proyecto de investigación actual y plantear posibles hojas de ruta para su implementación.
- Analizar el papel del sector privado en la transición energética de los países de referencia en la búsqueda de formas para fomentar la colaboración público-privada.
- Estudiar los impactos socioeconómicos negativos de la transición energética en los países de referencia y plantear posibles alternativas que puedan mitigar dichos impactos.
- Investigación de tecnologías emergentes en países de referencia y evaluar las posibilidades de su aplicabilidad al contexto colombiano.

7 Bibliografía

- Adriaan van der Loos, Håkon E. Normann, J. H. (2021). *The co-evolution of innovation systems and context: Offshore wind in Norway and the Netherlands*. Obtenido de ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120307991?via%3Dihub>
- Algarin, C. R., & Álvarez, O. R. (2018). Un panorama de las energías renovables en el Mundo, Latinoamérica y Colombia. *Revista Espacios*.
- Bajay, S. V. (2004). National Energy Policy: Brazil. *Enciclopedia de la energía*, 111-25.
- Barbero, C. E., & Carvalho, M. (1 de Noviembre de 2023). *El proceso de transición energética para alcanzar la descarbonización de la economía brasileña en 2050: retos y oportunidades*. Obtenido de Energia para el futuro:
<https://blogs.iadb.org/energia/es/el-proceso-de-transicion-energetica-para-alcanzar-la-descarbonizacion-de-la-economia-brasilena-en-2050-retos-y-oportunidades/>
- Bjørnebye, H., Arnesen, F., & og, I. A. (9 de Julio de 2007). *EØS-rettslige rammer for revisjon av energiloven*. Obtenido de Regjeringen:
https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/oed/vedlegg/energiloven/euopar_ett_eos.pdf?id=2244513
- Bp. (2022). *Bp statistical review of world energy*.

BRAZIL: A COUNTRY PROFILE ON SUSTAINABLE ENERGY DEVELOPMENT.

(2006). Obtenido de INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY:

https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1247_web.pdf

Campos, A., Teres, J., & Akizu, O. (2018). *Transicion energetica democratica: Dinamarca.*

CLIMATE WATCH. (9 de Febrero de 2023). *Historical GHG Emissions*. Obtenido de climatewatchdata: https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?end_year=2021®ions=WORLD&source=GCP&start_year=1960

Costa, A. H., Vasconcelos, L. G., Neto, J. T., & Salazar, A. O. (2017). Overview of alternative energy in Brazil. *Renewable Energy and Power Quality Journal*, 123-127.

Dahl, I. R., Tveiten, B. W., & Cowan, E. (2022). Los argumentos a favor de una política de desarrollo de la energía eólica marina: lecciones de Noruega.

DANE. (2022). *Informes de Estadística Sociodemográfica Aplicada, Numero 21, Comportamiento de los componentes demográficos en Colombia en 2021 a partir de la Gran Encuesta Integrada de Hogares - GEIH y la Encuesta Nacional de Calidad de Vida – ENCV.*

Danish Energy Agency & State of Green. (2021). *De negro a verde: Una historia danesa de crecimiento energético sostenible. Estudio monográfico sobre cómo una empresa energética puede pasar de combustibles fósiles a energías renovables, y el marco regulatorio propicio que lo hizo posible.*

Danish Energy Agency. (2021). *Energia en Dinamarca-Una transición verde.*

Davíðsdóttir, B. (2022). Hacia un sistema energético sostenible en Islandia: confiar en la energía renovable nacional. En C. d. (eds), *Políticas públicas exitosas en los países nórdicos: casos, lecciones, desafíos* . Oxford Academic.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN . (29 de Mayo de 2022). *POLÍTICA DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA* . Obtenido de CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL:

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4075.pdf>

España Exportaciones e inversiones. (17 de Febrero de 2023). *Energías renovables en Brasil*. Obtenido de Oficina Económica y Comercial de España en Brasilia:

https://www.icex.es/content/dam/es/icex/oficinas/022/documentos/2023/02/anexos/FS_Energ%C3%ADas%20renovables%20en%20Brasil%202023_REV.pdf

Expansion,Datos macro. (2021). *Expansion/Datos macro*. Obtenido de

Datosmacro.com: <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/colombia>

Fornillo, B. (10 de Noviembre de 2014). *Transición energética en la Argentina y el Brasil matriz básica y fuentes renovables*. Obtenido de

https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/37375/CONICET_Digital_Nro.ffc3a1b5-95bf-4e13-92c1-58eb5aefc606_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Green by Iceland. (s.f.). RENEWABLE ENERGY.

Guðmundsdóttir, H. (2014). *Scarce abundance : a critical analysis of Iceland's renewable energy sector in times of growth's cultural hegemony*. Obtenido de

Lund University: <https://www.lunduniversity.lu.se/lup/publication/4463451>

Guerra, L. E., & Guillén, J. (Diciembre de 2021). *Leyes de eficiencia energetica en America latina y el Caribe*. Obtenido de Olade:

<https://www.olade.org/publicaciones/leyes-de-eficiencia-energetica-en-america-latina-y-el-caribe/>

Guevara, A. F. (2019). *Marco de referencia para la implementación de energías renovables no convencionales dentro del sistema eléctrico colombiano*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia:

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77146/1098663531.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Holtmark, B., & Skonhoft, A. (2014). *The Norwegian support and subsidy policy of electric cars. Should it be adopted by other countries?* Obtenido de

ScienceDirect:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462901114001208>

Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet. (s.f.). *Lov om elforsyning*. Obtenido de Retsinformation: <https://www.retsinformation.dk/eli/lt/1999/375>

Laura Flechas Mejia, J. A. (2022). *Eliminación gradual del carbón en la generación eléctrica en Colombia*. Colombia: Transforma.

Logadóttir, H. H. (2015). *Naciones Unidas*. Obtenido de

<https://www.un.org/es/chronicle/article/la-historia-de-la-energia-sostenible-en-islandia-un-modelo-para-el-mundo>

Logadóttir, H. H. (s.f.). *La historia de la energía sostenible en Islandia: ¿un modelo para el mundo?* Obtenido de Naciones Unidas, Crónica ONU:

<https://www.un.org/es/chronicle/article/la-historia-de-la-energia-sostenible-en->

islandia-un-modelo-para-el-

mundo#:~:text=Hoy%20en%20d%C3%ADa%2C%20casi%20el,calientan%20directamente%20mediante%20energ%C3%ADa%20geot%C3%A9rmica.

Mariano, J. B. (Octubre de 2012). *Curso de ARIAE*. Obtenido de Superintendencia de Planificación y Investigación: <https://www.ariae.org/file/476/download>

Mark C. Thurber, D. H. (14 de Junio de 2011). Exporting the 'Norwegian Model': The effect of administrative design on oil sector performance. *Stanford Program on energy and Sustainable Development*.

Mbaka, M. (s.f.). *NATIONAL OIL COMPANIES AND THE NORWEGIAN MODEL*.

Obtenido de Academia.edu:

https://www.academia.edu/31227237/NATIONAL_OIL_COMPANIES_AND_THE_NORWEGIAN_MODEL

Melsted, O. (2021). Eliminación de los combustibles fósiles: la transición de Islandia del carbón y el petróleo a la calefacción urbana geotérmica, 1930-1980. *Historia y tecnología*, 527-247.

Melsted, O. (3 de Marzo de 2022). Eliminating fossil fuels: Iceland's transition from coal and oil to geothermal district heating, 1930–1980. *Taylor y Francis online*, págs. 527-547.

Metron. (2020). Panorama del mercado energético en Brasil. *Metron*.

Ministerio de Clima y Medio Ambiente. (2022). La historia del Ministerio de Clima y Medio Ambiente.

Ministerio de Minas y Energía . (s.f.). *Plan Energético Nacional 2020-2050*. Obtenido de Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME):

<https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/PEN.aspx>

Ministerio de Minas y Energía. (29 de Abril de 2022). *Plan de Acción Indicativo del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía (PAI-PROURE)*. Obtenido de Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME):

<https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/PROURE.aspx>

Ministry for the Environment. (s.f.). *Iceland's Fifth National Communication on Climate Change*. Obtenido de unfccc:

https://unfccc.int/resource/docs/natc/isl_nc5_resubmit.pdf

Ministry for the Environment in Iceland. (29 de Enero de 2007). *Iceland's Fourth National Under the United Nations Framework Convention on Climate Change and Iceland's Report on Demonstrable Progress Under the Kyoto Protocol*.

Obtenido de unfccc: <https://unfccc.int/resource/docs/natc/islnc4.pdf>

Ministry of petroleum and energy. (1990). *Energy Act*. Obtenido de Climate Change Laws of the world: https://climate-laws.org/documents/energy-act_1360?id=the-energy-act-no-50-of-1990_f8a0

Ministry of Petroleum and Energy. (1990). Ley núm. 50 de 29 de junio de 1990.

Naciones Unidas. (s.f.). *Llegar a las emisiones netas cero*. Obtenido de Acciones por el clima: <https://www.un.org/es/climatechange/net-zero-coalition>

Norwegian Ministry of Climate and Environment. (29 de Octubre de 2019). *Norway's National Plan*. Obtenido de regjeringen:

https://www.regjeringen.no/contentassets/4e0b25a4c30140cfb14a40f54e7622c8/national-plan-2030_version19_desember.pdf

Norwegian ministry of environment. (2007). *Norwegian climate policy, Report No. 34.*

Obtenido de regjeringen:

https://www.regjeringen.no/contentassets/c215be6cd2314c7b9b64755d629ae5ff/en-gb/pdfs/stm200620070034000en_pdfs.pdf

Norwegian ministry of environment. (2012). *Norwegian Climate Policy, Report No. 21.*

Obtenido de regjeringen:

https://www.regjeringen.no/contentassets/aa70cfe177d2433192570893d72b117a/en-gb/pdfs/stm201120120021000en_pdfs.pdf

Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Oslo. (12 de Julio de

2021). *El mercado de la energía eólica en Noruega.* Obtenido de España

Exportaciones e inversiones : [https://www.ivace.es/Internacional_Informes-](https://www.ivace.es/Internacional_Informes-Publicaciones/Pa%C3%ADses/Noruega/Noruegaeolicaicex2021pdf.pdf)

[Publicaciones/Pa%C3%ADses/Noruega/Noruegaeolicaicex2021pdf.pdf](https://www.ivace.es/Internacional_Informes-Publicaciones/Pa%C3%ADses/Noruega/Noruegaeolicaicex2021pdf.pdf)

Olje- og energidepartementet. (21 de Abril de 2004). *EUs energirammeprogram*

"Intelligent Energy Europe". Obtenido de regjeringen:

<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/EUs-energirammeprogram-Intelligent-Energy-Europe/id106128/>

Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), Cooperación Austríaca para el

Desarrollo (ADA). (Febrero de 2021). *Guía de Mecanismos de Financiamiento*

de Eficiencia Energética. Obtenido de [https://www.olade.org/publicaciones/guia-](https://www.olade.org/publicaciones/guia-de-mecanismos-de-financiamiento-de-eficiencia-energetica/)

[de-mecanismos-de-financiamiento-de-eficiencia-energetica/](https://www.olade.org/publicaciones/guia-de-mecanismos-de-financiamiento-de-eficiencia-energetica/)

Orkustofnun. (25 de Abril de 2016). *GEOTHERMAL DEVELOPMENT AND RESEARCH*

IN ICELAND. Obtenido de

http://large.stanford.edu/courses/2016/ph240/sivesind1/docs/GD_loka.pdf

Page, M. L. (14 de Enero de 2023). Cómo Islandia se convirtió en líder mundial en energía verde. *Ideas y acciones para una vida sustentable*, págs.

<https://qiarg.org/2023/01/14/como-islandia-se-convirtio-en-lider-mundial-en-energia-verde/>.

PAGE, M. L. (14 de Enero de 2023). Cómo Islandia se convirtió en líder mundial en energía verde. *QI Ideas y acciones para una vida sustentable*.

PNUMA. (27 de Octubre de 2022). *Informe sobre la Brecha de Emisiones 2022*.

Obtenido de ONU Programa para el medio ambiente:

<https://www.unep.org/es/resources/informe-sobre-la-brecha-de-emisiones-2022>

Ramos, E. G. (Abril de 2019). *La transición hacia las energías renovables en los países del Consejo de Cooperación del Golfo (CCG)*. Obtenido de Universidad Pontificia:

<https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/28193/TFG-Gonzalez%20Ramos%2c%20Elisa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Reddy, R. (21 de Julio de 2021). Examining Norway's Crucial Place in European Energy Security. *GLOBAL X*.

Regjeringen. (2006). *Avtale om klimameldingen, Acuerdo sobre el informe climático*.

REN21. (2023). *Renewables Global Status Report*.

Reyes, Y. R. (16 de Febrero de 2023). Transición Energética: Lecciones noruegas para Colombia . *Crowe*.

Rico, J. A., & Sauer, I. L. (28 de Mayo de 2015). *Política energética en Brasil:*

Implementación del componente renovable. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia:

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/energetica/article/download/47366/pdf>

Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P. (2022). *Norway: Energy Country Profile.* Obtenido

de Our World in Data: <https://ourworldindata.org/energy/country/norway#citation>

Rosvol, K. A., Olerud, K., & Lahn, B. (10 de Enero de 2023). *Klimaforliket.* Obtenido de

Store norske leksikon: <https://snl.no/Klimaforliket>

(s.f.). Rosvold, Knut A.; Olerud, Kåre; Lahn, Bård: *Acuerdo climático en Store norske*

lexikon en snl.no. Recuperado el 10 de enero de 2024 de

<https://snl.no/Klimaforliket>.

Steingrímsson, B., Björnsson, S., & Adalsteinsson, H. (2008). *Plan maestro para el*

desarrollo geotérmico e hidroeléctrico en Islandia.

Stortinget. (14 de Junio de 2021). «*De ti oljebud*» *vedtatt for 50 år siden.* Obtenido de

<https://www.stortinget.no/no/Hva-skjer-pa-Stortinget/Nyhetsarkiv/Hva-skjer-nyheter/2020-2021/de-ti-oljebud-vedtatt-for-50-ar-siden/>

The School for Renewable Energy Science. (18 de Noviembre de 2009). *Iceland's*

Leadership in Renewable Energy. Obtenido de vefsafn.is:

https://vefsafn.is/is/20091118135932/http://www.res.is/is/page/why_in_iceland_/

United Nations Climate Change. (2022). *2022 NDC Synthesis Report.*

United Nations Climate change. (s.f.). *NDC Synthesis Report.*

Upme. (2022). *Balance energético colombiano.*

VILA, N. (10 de Enero de 2021). Noruega lanza el mayor proyecto de captura y almacenamiento de CO2. *La Vanguardia*.

Visit Iceland. (s.f.). ISLANDIA ES LÍDER EN ENERGÍAS RENOVABLES. *Visit Iceland*.

Wirth, E. (2014). *Breve historia y organización de la industria petrolera noruega*.

Wirth, E. (Diciembre de 2015). *Las contradicciones de la política energética noruega*.

Obtenido de Research Gate:

https://www.researchgate.net/publication/287808872_Las_contradicciones_de_la_politica_energetica_noruega

ENERGÍA ELÉCTRICA	
DOCUMENTO	FINES / ALCANCES
Ley 1715 de 2014.	Regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional: 1. Establece incentivos a la inversión en proyectos de fuentes no convencionales de energía. 2. Crea el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE). 3. Determina las competencias administrativas de las entidades públicas para el desarrollo de las fuentes no convencionales de energía renovable.
CONPES 3934 – Política de crecimiento verde (2018).	Para 2030 impulsar el aumento de la productividad y competitividad económica del país asegurando el uso sostenible del capital natural y la inclusión social, y de manera compatible con el clima. Dinamizar y fortalecer: 1. La implementación de la eficiencia energética. 2. El etiquetado de vehículos y equipos. 3. El desarrollo de herramientas para el monitoreo del agua en zonas mineras. 4. Dinamización de la agenda regulatoria para la inclusión de las fuentes no convencionales de energía renovable. 5. La evaluación de la creación de un observatorio de energía. 6. El establecimiento de lineamientos técnicos para la incorporación de sistemas de almacenamiento de energía. 7. El desarrollo de una hoja de ruta para garantizar la implementación de infraestructura de medición avanzada.

ENERGÍA ELÉCTRICA	
DOCUMENTO	FINES / ALCANCES
Ley 1955 de 2019 – Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 Pacto por Colombia, pacto por la equidad.	Art. 174 y 175: 1. Establecen incentivos para la generación de energía eléctrica a partir de fuentes no convencionales de energía renovable. 2. Determina la exclusión del IVA (impuesto al valor agregado) para la obtención de paneles solares, inversores de energía y controladores de carga para sistemas solares. 3. Amplía el plazo del beneficio tributario de deducción de renta, pasando de cinco a quince años. Art 292: 1. En línea de la eficiencia energética obliga a las administraciones públicas a realizar auditorías energéticas para definir objetivos de disminución del consumo energético. Art 296: 1. Establece que obligatoriamente entre el 8 y 10% de las compras de energía de los agentes comercializadores del mercado de energía mayorista deben provenir de fuentes no convencionales de energía renovable por medio de contratos de largo plazo.
Plan de Acción Indicativo – Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PAI PROURE) 2021-2030, UPME (2021).	Presenta las metas indicativas de eficiencia energética del país y los avances alcanzados en la misma línea hasta el momento: 1. Aumentar el porcentaje de energía útil sobre el consumo de energía final, se plantea pasar de 31% en 2019 a 41,1% en 2030. 2. Reducir la intensidad energética del país pasando de 2,23 TJ por mil millones de pesos colombianos en 2019 a 1,6 TJ por mil millones de pesos colombianos en 2030.

ENERGÍA ELÉCTRICA	
DOCUMENTO	FINES / ALCANCES
Ley 2099 de 2021.	Actualiza la legislación vigente modificando y ampliando el objetivo de la Ley 1715 de 2014 y dicta disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético a través de la utilización, desarrollo y promoción de fuentes no convencionales de energía, y el fortalecimiento de los servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible: 1. Categoriza el hidrógeno verde y la geotermia como fuentes no convencionales de energía renovable. 2. Define al hidrógeno azul como una fuente no convencional de energía. 3. Establece que dichas tecnologías pueden aplicar a los beneficios consignados en la ley 1715 de 2014. 4. Fortalece el FENOGÉ ampliando su fuente de recursos y proyectos de financiación. 5. Plantea medidas para la promoción de exploraciones e investigaciones en materia de geotermia. 6. Crea el Fondo Único de Soluciones Energéticas FONENERGIA. 7. Instaure incentivos a la movilidad eléctrica y lineamientos para la adopción de estrategias que promuevan la masificación del uso de vehículos de cero y bajas emisiones.
Hoja de ruta para el despliegue de la energía eólica costa afuera en Colombia, Ministerio de Minas y Energía (2021).	Proyecta el potencial del país y emite lineamientos de formulación para proyectos financiables, en esta hoja de ruta se tienen en cuenta distintos factores, entre ellos, ambientales y sociales.

TRANSPORTE SOSTENIBLE	
DOCUMENTO	FINES / ALCANCES
CONPES 3943 – Política para el mejoramiento de la calidad del aire (2018).	Busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero generados por fuentes móviles, para esto establece acciones encaminadas a: 1. Modernizar y renovar el parque automotor. 2. Mejorar la calidad de los combustibles y biocombustibles. 3. Implementar métodos de medición de emisiones. 4. Verificar el cumplimiento de los estándares actuales de emisiones de gases de efecto invernadero.
CONPES 3963 – Política para la modernización del sector transporte automotor de carga (2019).	Disminuyo desde 2022 la edad promedio de la flota vehicular con peso bruto superior a 10,5 toneladas de 18 a 15 años.
Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME, 2019).	Establece las acciones para acelerar el avance hacia la movilidad eléctrica: 1. Establecer el marco legal que asegure la promoción de la movilidad eléctrica. 2. Establecer los lineamientos técnicos a seguir para el desarrollo de tecnologías eléctricas en los segmentos carreteros.
Ley 1955 de 2019.	Promueve el uso de tecnologías de cero y bajas emisiones en los sistemas masivos de transporte estableciendo el apoyo técnico y financiero para su implementación.

TRANSPORTE SOSTENIBLE	
DOCUMENTO	FINES / ALCANCES
Ley 1955 de 2019, Pacto IV: Pacto por la sostenibilidad: producir conservando y conservar produciendo.	Establece metas de promoción y registro de vehículos eléctricos: 1. Contar con más de 6000 vehículos eléctricos en el RUNT. 2. Ingreso de vehículos de tecnologías de cero y bajas emisiones. 3. Programas para la renovación de la flota en sectores oficiales y en el parque automotor de buses y camiones. 4. Reglamentación y estandarización de factores de calidad del aire y actualización de la reglamentación de emisiones.
Ley 1955 de 2019, Pacto VI: Pacto por el transporte y la logística para la competitividad y la integración regional.	Propone medidas para contar con sistemas competitivos y de calidad para el transporte de pasajeros: 1. Promoción de la renovación del parque automotor en los sistemas cofinanciados por la nación. 2. Incrementar en un 35% el transporte de carga, haciendo énfasis en el transporte carga del modo fluvial. 3. Incrementar en un 61% la vía férrea con operación comercial. 4. Fomentar la eficiencia energética mediante la actualización de reglamentos y esquemas de etiquetado vehicular, la definición de estándares de eficiencia para vehículos y el planteamiento de metas obligatorias.
Ley 1964 de 2019.	Promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia: 1. Beneficios económicos en importación y compra. 2. Descuentos en revisión técnico-mecánica y SOAT. 3. Excepciones al pico y placa y restricciones aplicadas en materia ambiental.

TRANSPORTE SOSTENIBLE	
DOCUMENTO	FINES / ALCANCES
Ley 1972 de 2019	Establece medidas para la reducción de emisiones de fuentes móviles: 1. Los vehículos diésel y motocicletas en circulación deberán cumplir con los límites fijados a partir de 2030 y 2035 respectivamente. 2. Verificación del cumplimiento de los límites de emisión de contaminantes al aire mediante prueba dinámica.
Ley 2169 de 2021	Plantea acciones para acelerar la transición hacia el transporte sostenible: 1. Propone establecer marcos regulatorios y técnicos mediante políticas públicas para la comercialización e implementación de tecnologías de cero y bajas emisiones. 2. Metas de renovación de vehículos de carga. 3. Creación del Fondo para la promoción de ascenso sostenible.
HIDROCARBUROS	
DOCUMENTO	FINES / ALCANCES
CONPES 3510 – Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia (2008).	Establece objetivos para la diversificación de la canasta energética del país apuntando principalmente a la exportación y producción sostenible de biocombustibles.
Decreto Único reglamentario 1073 de 2015.	Compilación de los antecedentes normativos en el sector minero energético.
Decreto 2251 de 2015.	Agrega al Decreto 1073 de 2015 medidas para garantizar el abastecimiento de gas licuado del petróleo en el territorio nacional.

HIDROCARBUROS	
DOCUMENTO	FINES / ALCANCES
Decreto 2345 de 2015.	Complementa el Decreto 1073 de 2015 con lineamientos apuntados a aumentar la seguridad y confiabilidad del abastecimiento de gas natural en el país.
Decreto 2253 de 2017.	Adiciona al Decreto 1073 de 2015 parámetros y lineamientos para conferir incentivos al incremento de las inversiones en exploración y explotación de hidrocarburos.
Ley 1955 de 2019, Pacto VII: Pacto por la calidad y eficiencia de servicios públicos.	Refiere a estrategias y metas orientadas a aumentar la cobertura del servicio de gas combustible e incrementar la sustitución de leña y de diésel por GLP (gas licuado del petróleo).
Ley 1955 de 2019, Pacto IX: Por los recursos minero-energéticos para el crecimiento sostenible y la expansión de oportunidades.	Expone estrategias para analizar la viabilidad de alternativas energéticas, incremento de reservas y producción de hidrocarburos, además plantea metas específicas de corto plazo con el despliegue de dichas estrategias.
CONPES 3990 – Colombia potencia bioceánica sostenible 2030 (2020).	Incluye a los océanos como activo estratégico de la nación y establece acciones relacionadas con la evaluación del potencial de hidrocarburos costa afuera.
CONPES 4023 – Política para la reactivación, la repotenciación y el crecimiento sostenible e incluyente (2021).	Propuso acciones para estimular la activación económica y el empleo en el sector de los hidrocarburos: 1. Medidas para mejorar el uso de los recursos dispuestos para la ejecución de proyectos de ampliación de cobertura de gas. 2. Diseño de la estrategia para el avance del conocimiento geo-científico. 3. Diversificación de la exploración y explotación de recursos minero-energéticos. 4. Implementación de estrategias para mejorar la eficiencia de los procesos de consulta previa. 5. Estrategias de relacionamiento social y articulación con los distintos actores que confluyen en los territorios.

HIDROCARBUROS	
DOCUMENTO	FINES / ALCANCES
Ley 2128 de 2021.	Visualiza el gas como eje de la transición energética de la nación y en línea de esto promueve medidas para el abastecimiento, continuidad, confiabilidad, y cobertura de gas combustible en el país: 1. Ampliación del programa de subsidio al consumo de cilindros. 2. Incorpora el programa de sustitución de leña, carbón y residuos por gas combustible. 3. Generación de energía eléctrica a partir de gas combustible. 4. La masificación del uso del gas como combustible en los distintos medios de transporte.
Resolución 40317 de 2023 emitida por el Ministerio de Minas y Energía.	Por la cual se modifica la resolución 40066 de 2022, mediante la cual se establecen requerimientos técnicos para la detección y reparación de fugas, el aprovechamiento, quema y venteo de gas natural durante las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos.

MINERÍA	
DOCUMENTO	FINES / ALCANCES
Ley 685 de 2001.	Refiere que el desarrollo de las actividades mineras debe ser realizadas bajo los principios y normas de explotación racional de los recursos naturales no renovables y del ambiente, así mismo plantea lineamientos para el buen desarrollo de las operaciones.
CONPES 3762 – Lineamientos de política para el desarrollo de Proyectos de Interés Nacional Estratégicos – Pines (2013).	Impulso y priorizo el desarrollo de proyectos clave apuntados a la minería a gran escala, la producción industrial y la diversificación de la matriz energética, estos proyectos fueron: 1. Explotación de mineral de carbón en el centro del Cesar. 2. Operación minera a cielo abierto para explotación de carbón en Cerrejón, Guajira. 3. Explotación de Níquel en Cerro Matoso, Córdoba. 4. Explotación de oro en Buriticá, Antioquia.
CONPES 3934 – Política de crecimiento verde (2018).	Plantea las bases para la utilización del capital natural de manera sostenible y compatible con el ambiente: Propone el desarrollo de herramientas para el monitoreo del agua en zonas mineras para así contribuir a la toma de decisiones respecto a la reglamentación, control y seguimiento de la actividad minera.

MINERÍA	
DOCUMENTO	FINES / ALCANCES
Ley 1955 de 2019.	Define los lineamientos para tramitar licencias ambientales y desarrollar una planeación de los títulos mineros: 1. Los art. 22 al 28 establecen la obligatoriedad de tramitar y obtener una licencia ambiental temporal para la formalización de actividades mineras. 2. Implementa el sistema de cuadrícula en la titulación minera con ayuda del Sistema de Gestión de Planeación Minera. 3. El art. 30 emite lineamientos para el fortalecimiento de la fiscalización, seguimiento y control de actividades mineras. 4. El art. 326 crea normativa diferenciada para los titulares de contratos de concesión minera, esto con el fin de promover la legalidad de las operaciones mineras ofreciendo herramientas jurídicas y técnicas para la normalización de los pequeños productores.
CONPES 4021 – Política nacional para el control de la deforestación y la gestión sostenible de bosques (2020).	Incorporó la estrategia de legalidad minera como mecanismo para prevenir acciones de deforestación: 1. Asistencia técnica y jurídica a los títulos mineros para fomentar procesos de sostenibilidad ambiental de 2024 a 2030.

TRANSVERSAL	
DOCUMENTO	FINES / ALCANCES
Ley 1844 de 2017.	Mediante la cual se prueba el Acuerdo de París, adoptado en Francia el 12 de diciembre de 2015. El objetivo de este acuerdo es reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático.
Resolución 40350 de 2021 del Ministerio de Minas y Energía.	Actualizó el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector minero energético, denominado PIGCCME 2050, el objetivo de este es reducir la vulnerabilidad del país frente al cambio climático y promover un desarrollo económico bajo en carbono a nivel sectorial con el fin de alcanzar la carbono neutralidad a largo plazo. En términos cuantitativos, su meta es la reducción de 11,2 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalentes para el 2030, y alcanzar la carbono neutralidad para 2050. Sumado a esto, habilita medios para articular la política energética con la política climática nacional bajo la idea de aportar a la competitividad y sostenibilidad del sector minero energético.
Ley 2169 de 2021.	Impulsa el desarrollo bajo en carbono del país estableciendo metas y medidas mínimas para alcanzar la carbono neutralidad y la resiliencia climática.
CONPES 4075 – Política de transición energética (2022).	Diagnostica y define las líneas de acción en las que hay que trabajar para avanzar hacia la transición energética en el país.

Anexo 1. Tabla marco legal vigente.