

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y  
PETRÓLEOS**

**POTENCIAL DIVERSIFICACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA  
ECUATORIANA, ALTAMENTE DEPENDIENTE DEL PETRÓLEO**

**DIVERSIFICACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA ECUATORIANA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
PETRÓLEOS**

**RENDÓN TONGUINO JEFFERSON DANIEL**

**[jefferson.rendon@epn.edu.ec](mailto:jefferson.rendon@epn.edu.ec)**

**DIRECTOR: DR. JOHNNY ZAMBRANO**

**[johnny.zambrano@epn.edu.ec](mailto:johnny.zambrano@epn.edu.ec)**

**DMQ, octubre 2023**

## **CERTIFICACIONES**

Yo, RENDÓN TONGUINO JEFFERSON DANIEL, declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

---

**RENDÓN TONGUINO JEFFERSON DANIEL**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por RENDÓN TONGUINO JEFFERSON DANIEL, bajo mi supervisión.

---

**DR. JOHNNY ZAMBRANO**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el producto resultante del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

RENDÓN TONGUINO JEFFERSON DANIEL

JOHNNY ZAMBRANO

## DEDICATORIA

*A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

*A mis padres: Nilo Wilmer Rendón Peña, Sleivís Tonguíno Chapíd.*

*A mis hermanos: Nilo Erlinton Rendón Tonguíno y Rubí Anallerly Rendón Tonguíno.*

*A mi familia: José Tonguíno, María Rendón, Vicenta Peña, Emma Rendón, Liseth Rendón y Robín Adams.*

Y recuerda. Dios no elimina las tinieblas, sino que las ilumina. Él no te exonera de la lucha, nos da todo lo que necesitamos para luchar valientemente hasta la victoria. Independientemente de la opacidad de nuestras tinieblas, de las luchas de la vida. Confíemos en Él sin reservas y pronto se llegarás a la cúspide de tu vida (Salmo 18).

DANIEL

## AGRADECIMIENTO

Primero quiero dar gracias a Dios por la sabiduría que ha puesto en mí, para tener entendimiento y poder realizar mi trabajo de titulación.

A mis padres que me enseñaron a saber vivir la vida y tener respeto por los demás, también a no descansar y perseguir tus metas sin importar que tus fuerzas se terminen y tus esperanzas fallezcan porque gracias a su apoyo puedo tener mejores oportunidades en la vida y son mi mayor tesoro.

A mis hermanos, por ser el mayor y ser el más rápido me ha tocado ser su ejemplo de vida y con esta meta cumplida puedo decirles que si yo pude, ustedes también pueden porque son más inteligentes los amo.

A Emma Rendón mi bebe, espero que algún día puedas leer esto y quiero que sepas que eres mi motor por la cual no he dejado de parar y siempre estarás en mi mente y mi corazón, decirte que lo que tú quieras en la vida, todo se puede lograr si le pones corazón y pasión y gracias a ti bebe, puedo decir que cuando se quiere se puede.

A mi familia Rendón y Tonguino que siempre me ha estado apoyando porque sin ustedes y esa energía positiva como se sentían orgullos de mi cuando ingrese a la universidad me hacían sentir que tenía un compromiso con ustedes y la universidad.

Al ingeniero Luis Carrera Intendente del bloque 21, Una persona humilde y amigable que con suerte tuve la oportunidad de conocerlo, y le doy gracias por la paciencia y el conocimiento que compartió conmigo para tener un enfoque más claro de mi TIC.

Y por último y no menos importante a Robin Adams una mujer que llego a mi vida en los momentos difíciles, pero llego a enseñarme que la vida es para disfrutarla y aprender cada día y mucho más cuando todo eso me lo enseñó como mi novia, te doy gracias por ser esa mujer inteligente, chef, organizada, detallista, dulce y amorosa que en todo momento me apoyo, sabiendo que la distancia podía afectar una relación, pero ahora sabemos que no hay obstáculo que impida llegar al siguiente nivel “casarnos”. Por ello quiero darte las gracias que llegaste a mi vida.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN .....	I
ABSTRACT .....	II
1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos .....	2
1.3 Alcance .....	2
1.4 Marco teórico .....	2
Recursos Energéticos disponibles en el Ecuador .....	3
Hídrico .....	3
Solar.....	6
Eólico.....	8
Biomasa.....	11
Geotermia .....	13
Petróleo.....	14
Ecuador como país productor de petróleo .....	14
Ingresos económicos derivados de la producción de petróleo .....	16
Oferta y demanda de derivados en el país.....	17
Evolución Histórica de la Demanda Máxima de Energía, Periodo 2013-2022 .....	21
Problemas generados por las Matriz Energética .....	23
Transición energética .....	28
¿Cómo hacer un cambio en el sistema de transición energética?.....	31
2. METODOLOGÍA .....	35
3. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
3.1 Resultados .....	38
Estructura de la Matriz Energética del Ecuador.....	38
Proyección de la Matriz Energética al 2030.....	39
Propuestas de mejora a través de energías renovables .....	42

Propuestas de mejora a través de energías no renovables .....	48
Iniciativas hacia la transformación de la matriz productiva.....	50
Alternativas de mejora hacia el año 2030.....	54
Ventajas y Desventajas de los cambios en la estructura de la Matriz Energética del Ecuador	63
3.2 Conclusiones.....	65
3.3 Recomendaciones.....	67
4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	68
5. ANEXOS.....	73
ANEXO I PRODUCCION, OFERTA Y DEMANDA DEL PETROLEO ECUATORIANO 2012-2022 .....	73
ANEXO II PARTICIPACIÓN EN GENERACIÓN DE ENERGÍA, CONSUMO DE GAS, CONSUMO DE DIÉSEL Y CONSUMO DE CRUDO EN EL SEIP.....	75
ANEXO III POTENCIAL ENERGÉTICA DE HIDRÁULICA, TURBOVAPOR, TURBOGAS, SOLAR, EÓLICA Y MOTOR A COMBUSTIÓN INTERNA (MCI) EN ECUADOR DEL 2012-2022 .....	77
ANEXO IV. CENTRALES FOTOVOLTAICAS EN ECUADOR .....	83

## Índice de Figuras

Figura 1: Mapa del potencial hídrico de Ecuador .....	4
Figura 2. Mapa del recurso solar en Ecuador .....	7
Figura 3.:Mapa del potencial Eólico en Ecuador .....	9
Figura 4: Parque eólico de Villonaco ubicado en la provincia de Loja .....	10
Figura 5: Mapa del potencial de biomasa ecuatoriano .....	12
Figura 6: Mapa con ubicación de recursos energéticos para generación eléctrica mediante geotermia .....	13
Figura 7: Mapa de bloques petroleros del Ecuador .....	15
Figura 8 Demanda de Derivados (abril-junio 2022) .....	21
Figura 9 Demanda máxima no coincidente (MW) por distribuidora, diciembre 2022 .....	22
Figura 10: Fases de transición .....	32
Figura 11 Organigrama estructural de la Matriz Energética Ecuatoriana.....	37
Figura 12 Gráfico de Matriz Potencial Energética de Ecuador por tipo de fuente (MW), enero 2012-diciembre 2022. ....	39
Figura 13 Proyección de la Matriz Productiva al 2030.....	42
Figura 14 Fotovoltaico en Ecuador .....	44
Figura 15 Energía adicional cubierta con energía renovables hasta el 2030.....	58

## Índice de Tablas

Tabla 1: Centrales hidroeléctricas operativas en Ecuador .....	4
Tabla 2: Proyectos hidroeléctricos no terminados del Ecuador .....	5
Tabla 3 Proyectos principales de energía solar en Ecuador.....	7
Tabla 4 Principales parques Eólicos del país .....	9
Tabla 5 Principales plantas de energía de biomasa-biogás en Ecuador .....	12
Tabla 6 Principales proyectos geotérmicos en megavatios equivalentes en Ecuador .....	14
Tabla 7 Producción Nacional de Petróleo (Millones de barriles) .....	16
Tabla 8 Oferta de derivados de petróleo (2012-2022).....	17
Tabla 9: Demanda de Derivados de petróleo (2012-2022).....	19
Tabla 10 Demanda máxima de potencia (MW) .....	22
Tabla 11 Centrales de Generación Eléctrica.....	23
Tabla 12 Energía total generada por el Sistema SEIP años 2021-2022.....	25
Tabla 13 Consumo de energía del Sistema SEIP por tipo de combustible.....	25
Tabla 14 Pérdidas de producción de los Bloques Petroleros del Sistema SEIP .....	27
Tabla 15 Niveles de Transición.....	33
Tabla 16 Matriz Potencial Energética de Ecuador por tipo de fuente (MW), enero 2012- diciembre 2022 .....	38
Tabla 17 Proyección de Matriz Energética al año 2030 (MW).....	40
Tabla 18: Inversión y Potencia de Matriz Energética al año 2030 (MW) .....	41
Tabla 19 Posibles proyectos fotovoltaicos en Ecuador .....	45
Tabla 20: Transformación de biomasa a Energía.....	46
Tabla 21: Fuentes de biomasa en Ecuador.....	47
Tabla 22 Incremento de plantas de generación eléctrica con fuentes de energía renovable para alcanzar el BAU (Business as usual) energético 2030. ....	56



## RESUMEN

Se buscaron alternativas a la generación de energía en reemplazo a la generación por petróleo. A partir de diferentes análisis cualitativos se determinó qué procesos se pueden mejorar para optimizar la matriz dependiente de crudo en un tiempo de mediano a largo plazo, analizando los beneficios sociales, ambientales y económicos con los que cuenta el país.

En el primer capítulo, se identifica la estructura de la matriz energética ecuatoriana detallando conceptos necesarios para entender el funcionamiento de los recursos energéticos de fuentes renovables y no renovables disponibles en el país, sus principales sectores de oferta, demanda y problemas ocasionados por dicha matriz.

En el segundo capítulo, partiendo de la metodología propuesta, se analiza el potencial estructural que presenta la matriz energética durante los 10 últimos años a partir de los recursos disponibles que contribuirán a la disminución de los gases de efecto invernadero; se presenta un organigrama detallado y se hace uso de tablas y gráficas mostradas posteriormente en la investigación.

En el tercer capítulo se proponen opciones y/o alternativas de mejora para la diversificación de la matriz hacia el año 2030, considerando la implementación de proyectos en áreas estratégicas del país y aprovechando el potencial de recursos disponibles en Ecuador. También se hace referencia a los proyectos de éxito realizados en países de la región.

Por último, luego de todos los hallazgos, se analiza las ventajas y desventajas en los cambios de la estructura energética.

**PALABRAS CLAVE:** Matriz energética, recursos energéticos, diversificación, potencial estructural.

## **ABSTRACT**

Alternatives to power generation were sought to replace oil generation. Based on different qualitative analyses, the processes that can be improved to optimize the matrix dependent on crude oil in a medium to long term have been determined. This qualitative análisis included the social, environmental and economic benefits of the country.

In the first chapter, the structure of the Ecuadorian energy matrix is identified. This chapter details the necessary concepts needed to understand the functioning of the energy resources from renewable and non-renewable sources available in the country, as well as its main sectors of supply, demand, and problems caused by said matrix.

In the second chapter, based on the methodology, the structural potential of said energy matrix during the last 10 years is analyzed through its available resources that will contribute to the reduction of greenhouse gases. In addition, a detailed organization chart is presented with use of tables, and graphs shown later in the investigation.

In the third chapter, options and/or improvement alternatives are proposed for the diversification of the matrix towards the year 2030, taking into account the implementation of projects in the country's strategic locations while taking advantage of the amount of potential resources within the country. In addition, reference is made to successful projects carried out in countries of the region.

In conclusión, after all findings, the advantages and disadvantages of changes in the energy structure are analyzed.

**KEY WORDS:** energy matrix, energy resources, diversification, structural potential.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El siglo XXI está marcado por el crecimiento constante del uso de energías renovables, como la hidroelectricidad, biomasa, energía eólica, solar y geotérmica. Sin embargo, también se emplean fuentes no renovables como petróleo, gas natural y carbón, siendo estas últimas las que marcan el patrón de consumo de energía.

Actualmente, uno de los principales desafíos que afronta la humanidad es el cambio climático debido a fenómenos como el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, principalmente CO<sub>2</sub>, los cuales están directa o indirectamente relacionados con el cambio climático por actividades humanas como el uso de combustibles fósiles y la deforestación.

Es esencial considerar este aspecto al retroceder hasta los inicios de la Revolución Industrial, cuando la sociedad cambió su enfoque económico de la agricultura y la artesanía a depender en gran medida de la industria, destacando que, a partir de 1950, la contaminación atmosférica aumentó debido al crecimiento de los gases de efecto invernadero, en gran parte impulsado por el desarrollo de la industria energética (Arevalo, 2018).

Así mismo Wadanambi et al., (2020) mencionan que, a comparación inicial de la revolución industrial, aumentó las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera debido al uso y procesamiento de energía y al uso predominante de combustibles fósiles. Según información proveniente de la Organización Meteorológica Mundial (Organizacion Meteorologica Mundial, 2019), se han observado fluctuaciones de 0,3 a 0,6 °C en los últimos 100 años. Se reconoce sin discusión que la cantidad de dióxido de carbono ha aumentado en un 28%, el metano en 100%, óxido nitroso en 9% y los clorofluorocarbonos (CFC) hasta 1300%.

Ecuador se incluye en esta problemática, a pesar de que los combustibles fósiles han contribuido sustancialmente al desarrollo del sector energético y productivo del país desde que se perforó el primer pozo petrolero en el año 1911 por la empresa Inglesa Anglo en la península de Santa Elena. Está claro que la falta de variedad en las fuentes de energía renovable ha resultado en la subutilización de recursos medioambientales (Banco Central del Ecuador, 1990).

En la actualidad, la matriz energética de la nación es diversificada. Sin embargo, se enfrenta al desafío de mejorar la eficiencia y aumentar la participación de energías limpias. Los

subsidios son el principal impulsor del crecimiento de la demanda de energía en Ecuador, ya que aumentan el uso de productos derivados del petróleo para el transporte y los hogares.

Con estos antecedentes, el estudio se enfocó en presentar alternativas a la generación de energía a partir de la combustión del petróleo. Se estudiaron diferentes opciones actuales mediante un análisis cualitativo y se planteó qué tipo de proceso es factible mejorar para optimizar la matriz dependiente de petróleo en un horizonte de mediano y largo plazo de acuerdo a los beneficios económicos, ambientales y sociales.

## **1.1 Objetivo general**

Proponer opciones de diversificación de la matriz energética ecuatoriana, altamente dependiente del petróleo.

## **1.2 Objetivos específicos**

1. OE1: Identificar la estructura de la matriz energética ecuatoriana, principales sectores de demanda y problemas generados a causa de dicha matriz, en el Ecuador.
2. OE2: Analizar la estructura de la matriz energética y proponer alternativas de mejora en los procesos de explotación petrolera, aplicadas con éxito en uno de los países de nuestra región que ya ha logrado dicho objetivo a largo plazo.
3. OE3: Proponer cambios y/o modificaciones de la estructura de la matriz energética.
4. OE4: Analizar las ventajas y desventajas de los cambios en la estructura.

## **1.3 Alcance**

El proyecto de investigación plantea una metodología descriptiva, con un alcance a la matriz energética al cierre del año 2022. Se tomarán en cuenta investigaciones y antecedentes previos sobre la matriz y un comparativo con las matrices de países con estructuras similares: Perú y Colombia. El análisis será cualitativo y planteará propuestas de mejora en los procesos actuales de explotación petrolera y en el destino de los derivados de petróleo.

## **1.4 Marco teórico**

Se realizó un análisis exhaustivo del sistema energético vigente en Ecuador, abordando los conceptos esenciales para comprender su dinámica en la sociedad. Esto permitió obtener una

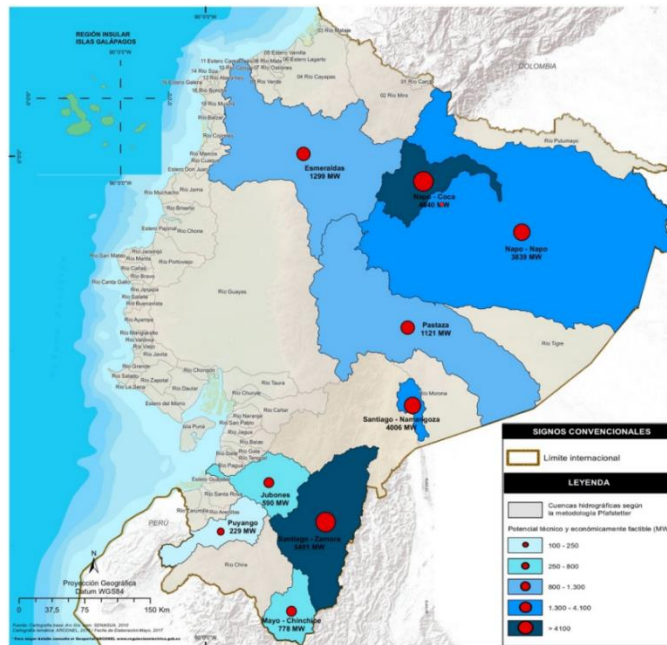
visión panorámica de las capacidades de oferta y demanda inherentes a los recursos energéticos del país. Se identificaron los potenciales existentes, tales como la riqueza hidroeléctrica, el posible aprovechamiento de la energía solar y energía eólica, así como la factibilidad de llevar a cabo una transición hacia fuentes de energía alternativas y respetuosas con el ecosistema.

### **Recursos Energéticos disponibles en el Ecuador**

La matriz energética está representada por la energía primaria en la naturaleza y la energía secundaria obtenida tras el proceso de transformación, proporcionada en el territorio y en un momento determinado; es decir, oferta, demanda y procesos de transformación de energía. A continuación, se detalla información relevante para entender la conformación estructural y el funcionamiento de fuentes energéticas disponibles en el país.

#### **Hídrico**

Ecuador ostenta un vasto potencial hidroeléctrico gracias a su abundancia de cuencas hidrográficas, que albergan una capacidad teórica de 74.000 MW repartidos en 11 sistemas fluviales (véase Figura 1). Entre las principales corrientes con capacidad técnica y económica instalada, se destaca el río Amazonas, con un potencial estimado de 21.500 MW. La consecuencia directa de esta realidad es la materialización de diversos proyectos hidroeléctricos en los años recientes, motivados por la posibilidad de exportar energía alternativa y amigable con el ambiente a países aledaños. Ecuador, en los últimos diez años, ha canalizado inversiones hacia la edificación de ocho centrales hidroeléctricas, siendo la más prominente Coca Codo Sinclair, cuya capacidad nominal es de 1500 MW. El propósito subyacente de estas inversiones es cubrir la demanda eléctrica que oscila entre el 85% y el 90% de la nación, una meta de gran envergadura. Según la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (2018), en 2016, la capacidad nominal de las centrales fue de 4.446,36 MW, representando el 57,97% de la producción eléctrica nacional (Bionatura, 2021).



**Figura 1:** Mapa del potencial hídrico de Ecuador

Fuente: (Bionatura, 2021)

Las principales centrales hidroeléctricas operativas se muestran en la siguiente tabla, junto con su respectiva capacidad en MW.

*Tabla 1: Centrales hidroeléctricas operativas en Ecuador*

Central	Potencia MW
Coca Codo Sinclai	1500
Paute	2600
San Francisco	270
Pucará	219
Agoyan	156
Delsitanisagua	180
Manduriaco	65
<b>Total</b>	<b>4990</b>

Fuente: (Bionatura, 2021)

En la tabla 2 se muestran varios proyectos pendientes con capacidad nominal y energía en gigavatios hora por año durante un año (GWh/año).

*Tabla 2: Proyectos hidroeléctricos no terminados del Ecuador*

<b>Proyecto</b>	<b>Potencia MW</b>	<b>GWh/año</b>
<b>Zamora Santiago</b>	3000	15000
<b>Paute Cardenillo</b>	595	
<b>Mazar Dudas</b>	20,82	125,3
<b>Quinjos</b>	50	355

Fuente: (Bionatura, 2021)

### **Problemas Generados por la Fuente Hidroeléctrica**

En julio del año 2010 empezó la construcción de Coca Codo Sinclair, una central hidroeléctrica que se ubica en las provincias de sucumbios y Napo. Su funcionamiento comenzó seis años después, en noviembre del 2016. El objetivo era producir 1.500 megavatios y planificaba exportar electricidad a naciones vecinas. Sin embargo, para diciembre del mismo año, su producción se limitó a 500 megavatios debido a inconvenientes identificados antes de su entrada en operación. Para el 24 de septiembre de 2021 la Comisión de Vigilancia a cargo de la Asamblea Nacional del Ecuador emprendió un proceso para atribuir responsabilidades a la empresa china Sinohydro por fallas estructurales y técnicas. La inversión en la construcción de la central superó los 3.000 millones de dólares estadounidenses (Onofa, 2022).

El gerente de CELEC, por sus siglas Corporación Eléctrica Ecuatoriana, informó que la central no iba a operar debido a que Sinohydro había incumplido con diversos términos el contrato establecido. Las grietas microscópicas que se encontraron en ocho bombas, encargadas de suministrar agua a presión para impulsar las turbinas, es la preocupación más señalada por las autoridades encargadas. Estos problemas se suman a las deficiencias observadas en rodetes, ejes y otras partes del equipo, según informó Byron Orozco, subgerente de la hidroeléctrica, quien también compareció ante la Comisión (Onofa, 2022).

Los testimonios de Marcelo Reinoso, gerente de la Unidad de Negocios de Coca Codo Sinclair indican que las problemáticas se descubrieron por primera vez 72 horas después de la apertura de la central. Además, afirmó que cuatro años antes se detectaron distribuidores defectuosos y había presentado documentos a la Comisión. La empresa Harbin, encargada de la construcción de la centra y subcontratista china de Sinohydro, admitió que la maquinaria había llegado al país con miles de grietas.

Si bien Sinohydro disponía hasta finales de 2021 para llevar a cabo las modificaciones necesarias en la hidroeléctrica, un tratamiento que empezó en mayo, la persistencia de las fallas cinco años después de la inauguración, y la falta de una solución definitiva, llevó a la Corporación Eléctrica del Ecuador a presentar una demanda de arbitraje internacional el 17 de mayo de 2021. El objetivo de esta demanda era resolver de manera definitiva alrededor de 7000 grietas encontradas en los distribuidores de turbinas y lograr que Sinohydro se responsabilizara tanto los costos de reparación como los perjuicios ocasionados a CELEC (Onofa, 2022).

### **Solar**

El país tiene una posición privilegiada como fuente de energía solar debido a la entrada casi perpendicular de la radiación, la cual es constante durante todo el año y con un ángulo persistente. Estas circunstancias en las cuales se encuentra el país abren significativamente las posibilidades del uso de la energía solar térmica y fotovoltaica. Se ha calculado que de 4 a 6 kWh/m<sup>2</sup> (kilovatios hora por metro cuadrado) por día es económicamente factible, siendo el promedio ecuatoriano de 4,57 kWh/m<sup>2</sup> por día. Entre las regiones más soleadas del país nos encontramos con El Oro y Loja al suroeste del país; y a Santo Domingo, Cotopaxi y Pichincha en los Andes Norte. Estas dos regiones superan por día los 5,5 kWh/m<sup>2</sup> (Consejo Nacional de Electricidad [CONELEC], (2008).



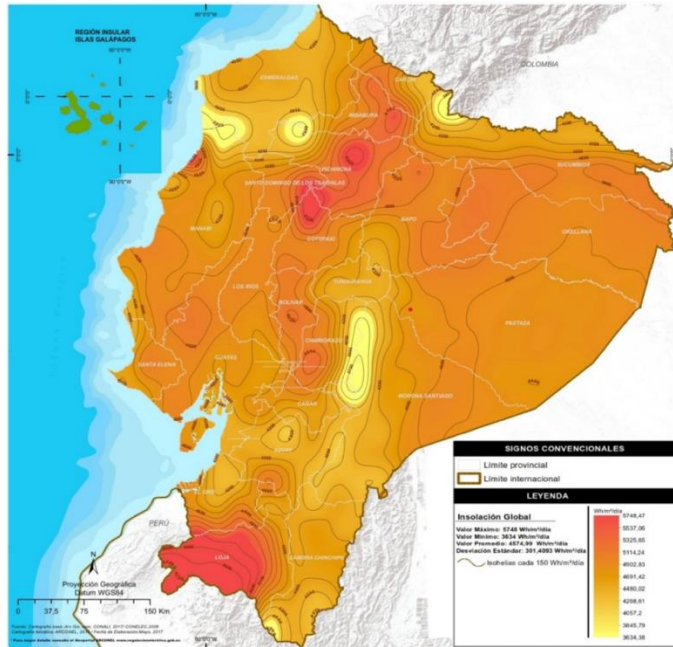


Figura 2. Mapa del recurso solar en Ecuador

Fuente: (Bionatura, 2021)

El mercado solar en el Ecuador ha tenido un crecimiento únicamente en las áreas rurales, debido a que proporciona electricidad a aquellas zonas que se encuentran alejadas de la red nacional. Por ejemplo, en Imbabura, con una capacidad de 998 kW a un costo de US\$3,5 millones en un área de 3 hectáreas, cuenta con 4.160 paneles solares generando 28 MW mensuales para la ciudad de Pimampiro. Para 2016, solo el 0,14% de la electricidad producida en el país era de energía solar (Muñoz et al., (2018)). Los principales proyectos empleando paneles fotovoltaicos se encuentran tabla 3.

Tabla 3 Proyectos principales de energía solar en Ecuador

Planta	MW
Galápagos-Pto Ayora	1,5
Galápagos Baltra	0,2
Pimampiro	1
Imbabura-Tren Salinas	2
Imbabura Salinas	1
<b>Total</b>	<b>5,7</b>

Fuente: (Bionatura, 2021)

## **Problemática de la Energía Solar**

La energía solar, a pesar de sus beneficios, enfrenta una serie de desafíos que limitan su adopción y eficiencia. Uno de los principales obstáculos es la problemática de la contaminación ambiental asociada a la producción de paneles solares. Ahora bien, aunque la electricidad generada a través de la luz y la temperatura solar se trata de una fuente amigable para el ambiente cuando se encuentra en etapa operativa, encontramos que el proceso de fabricación de los paneles solares conlleva la emisión de una cantidad considerable de GEI (gas de efecto invernadero) y la generación de desechos tóxicos. Estos impactos negativos contrarrestan en parte los beneficios ambientales de la energía solar, lo que plantea un dilema en términos de sostenibilidad. Además, el alto costo de instalación constituye un desafío considerable para la adopción masiva de la energía solar. Si bien los costos de fabricación de paneles solares han disminuido significativamente en los últimos años, el costo de la implementación de sistemas fotovoltaicos sigue siendo alta. Esto implica un obstáculo para muchos individuos y empresas, especialmente en regiones donde los recursos financieros son limitados.

Otro desafío importante radica en la intermitencia de la energía proveniente del sol. En contraste con diversas formas de energía convencionales que pueden funcionar de manera constante, la generación solar depende de la radiación solar. Esto significa que la producción de electricidad proveniente de esta fuente no es constante a lo largo del día ni durante todo el año, depende del clima al igual que de la ubicación geográfica. Esta variabilidad puede ser un obstáculo para satisfacer la demanda energética en momentos de baja radiación solar, lo que requiere sistemas de almacenamiento de energía o fuentes de respaldo.

### **Eólico**

En Ecuador, la energía eólica ya existe y es la fuente de energía en diferentes regiones del país. En la Isla San Cristóbal, encontramos la cabida de producción de 2,4 MW. Por otro lado, en Loja, específicamente en Villonaco, se ha instalado una potencia de 16,5 MW. También se ha implementado un sistema en la Isla Baltra, cuyo registro de producción es de 2,25 MW. El Proyecto Eólico Minas de Huascachaca (PEMH) desarrollado por la empresa cuencana Electro Generadora del Austro ELECAUSTRO S.A. se destaca con una considerable capacidad de generar 50 Megavatios. Una de las contribuciones más grandes de este parque es la preservación del ambiente al prevenir la emanación de 94.000 toneladas de dióxido de carbono por año, además de, también suprime la necesidad de más de 7,5 mil millones de galones anuales de combustibles fósiles. La electricidad generada alimentará a 90.000 hogares, con

una producción neta anual de 126,5 Gigavatios hora, a través de 14 aerogeneradores (Clavijo, 2022).

En la figura 3 evidencia el potencial eólico del país.

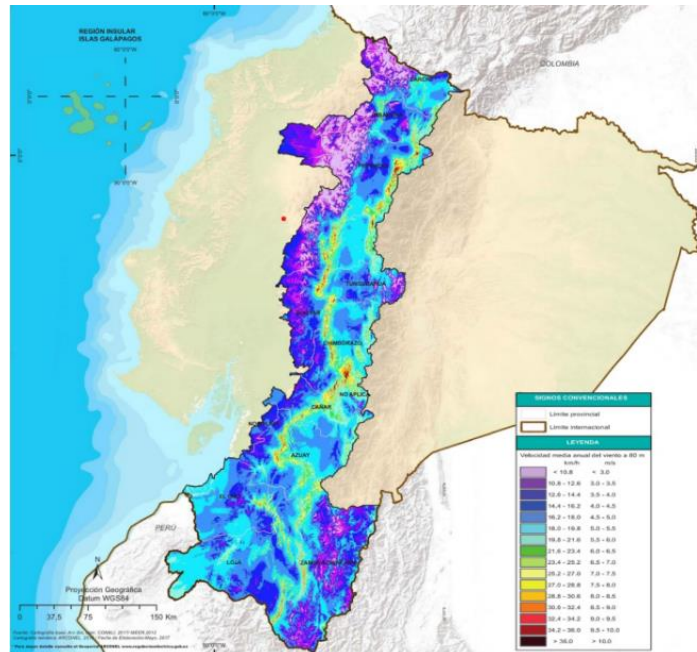


Figura 3.: Mapa del potencial Eólico en Ecuador

Fuente: (Bionatura, 2021)

La tabla 4 muestra los principales parques eólicos que se encuentran tanto en construcción como en operación, ubicados en Galápagos y en Loja, con una capacidad instalada de 21,15 MW.

Tabla 4 Principales parques Eólicos del país

Parques eólicos	Potencia (MW)	Estado
Isla san cristóbal	2,40	Operativo
Isla Santa Cruz-Baltra	2,25	Operativo
Villonaco-Loja	16,50	Operativo
Minas Huascachaca-Loja	51,70	En construcción

Fuente: (Bionatura, 2021)

En la Figura 4 se encuentra el parque eólico con mayor capacidad instalada en el Ecuador, Villonaco.



*Figura 4: Parque eólico de Villonaco ubicado en la provincia de Loja*

Fuente: (Bionatura, 2021)

### **Problemática de la Energía Eólica**

La tecnología usada para la energía obtenida a través del viento es bien conocida al ser tan tratada y mejor estudiada. La energía eólica es una fuente muy usada en país desarrollados que tienen mejor solvencia en el mercado y han alcanzado la madurez en diversas tecnologías. En el caso de Ecuador, encontramos un mercado con poco crecimiento y muchas barreras. A continuación, se realiza una observación sobre aquellas barreras que resultan más desafiantes (Tech4CDM, 2010, p.18):

**Integración en la red.** - El reto a abordar consiste en cómo incorporar de manera eficaz al sistema una significativa cantidad de generación prioritaria, cuya disponibilidad es impredecible debido a su ubicación variada y dispersa. En situaciones de inestabilidad, esta generación suele desconectarse del sistema, lo que implica que las otras fuentes de energía deban aumentar su contribución a los servicios complementarios esenciales para el funcionamiento adecuado del sistema. En adición, los parques eólicos se encuentran establecidos en zonas con poca población, esto provoca que las redes eléctricas sean débiles y requieran un fortalecimiento. Esta situación se refleja en la infraestructura de transporte y

distribución eléctrica en Ecuador, la cual presenta debilidades significativas y sufre importantes pérdidas. El manejo de la potencia reactiva y la aparición de problemas en la estabilidad del voltaje son también desafíos asociados con la incorporación de la red de los parques eólicos (Tech4CDM, 2010, p.19).

**Falta de proyectistas, instaladores y mantenedores capacitados.** - El mercado de la fuente eólica en el país no está desarrollado, lo que significa que la demanda actual de diversos servicios relacionados con esta tecnología, como diseño, instalación y mantenimiento, es baja; en otras palabras, es un mercado inmaduro. Además de la falta de servicios, también faltan diseñadores, instaladores y personal de servicio calificados (Tech4CDM, 2010, p.19).

**Desconocimiento del potencial que las tecnologías de energía eólica pueden ofrecer en Ecuador.** - No existe una evaluación del potencial de la tecnología de energía eólica en el Ecuador. Para desarrollar el mercado, es necesario conocer cuál es el potencial de este mercado, para que los participantes individuales conozcan las ventajas técnicas y económicas, tanto en términos de energía como de economía, que se derivan de la introducción de la tecnología (Tech4CDM, 2010, p.19).

**Otras Barreras.** – Regulatorias y económicas, es fundamental un marco regulatorio adecuado a la tecnología y que impulse su uso (Tech4CDM, 2010, p.20).

## **Biomasa**

El país netamente agrícola, dispone de una gran biomasa de recursos agrícolas, forestales y ganaderos. Los principales productos de generación de energía ubicados en el sector agrícola son: arroz, banano, caña de azúcar, maíz, café, palma africana, banano y piña. Por otro lado, la industria ganadera incluye aves, cerdos y ganado vacuno. En los últimos años, Ecuador ha introducido sistemas de cogeneración de biomasa, donde el exceso de electricidad se alimenta a la red nacional. Con mucho, el principal cultivo utilizado para la generación de electricidad ha sido la caña de azúcar en los ingenios azucareros del país. Entre ellos destacan Ecoelectric (36,5 MW), San Carlos (35 MW) y Escudos (29,8 MW). Esto representa el 1,74% de la energía eléctrica producida en Ecuador en 2016. En Ecuador la biomasa disponible también puede ser utilizada para producir biocombustibles, desde 2010, el combustible Ecopais bio se ha ido integrando paulatinamente *“en las gasolineras domésticas, con una composición de 5% bio-alcohol y 95% gasolina de alto octanaje”* (ESIN Consultora S.A., 2014).

En la figura 5 las principales áreas del potencial de biomasa en el Ecuador, y, en la tabla 5 las principales plantas generadoras de energía a partir de la biomasa.

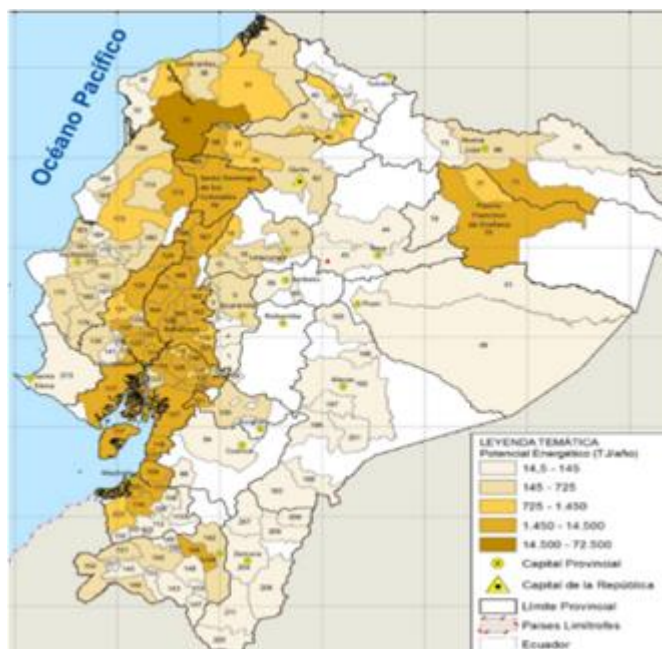


Figura 5: Mapa del potencial de biomasa ecuatoriano

Fuente: (ESIN Consultora S.A., 2014)

Tabla 5 Principales plantas de energía de biomasa-biogás en Ecuador

Planta	Potencia MW	GWh	Fuente
Ecoelectric Valdez	36,5	76,64	Bagazo de caña
San Carlos	35	133,86	Bagazo de caña
IANCEM-Ibarra	3		Bagazo de caña

Fuente: (Bionatura, 2021)

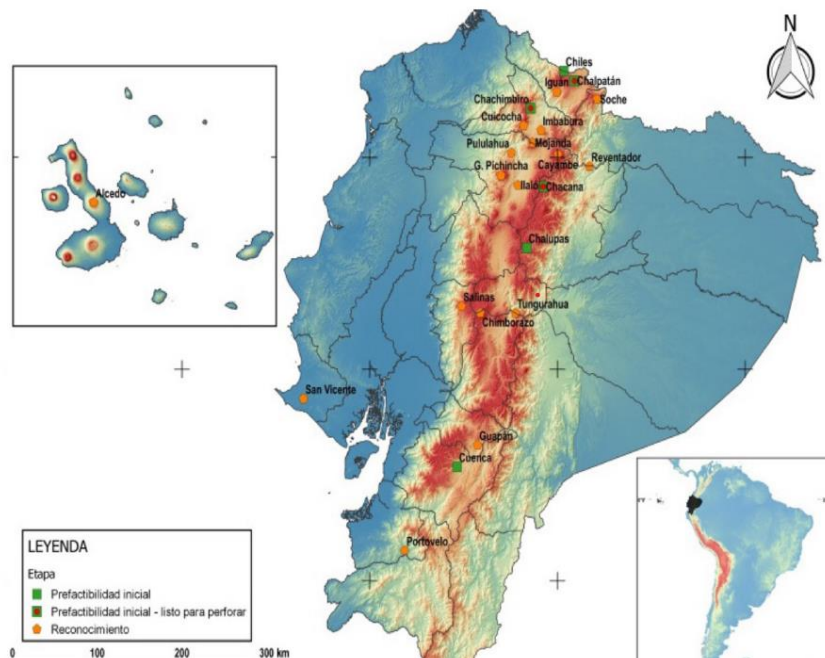
### Problemática de la Fuente de Biomasa

A pesar de ser una fuente de energía renovable, el principal problema de la fuente de biomasa se encuentra en lo perjudicial que puede ser para la salud. El humo resultante de la combustión “que contiene dióxido de nitrógeno, partículas en suspensión, dióxido de azufre e hidrocarburos; es decir, una mezcla de contaminantes” (Colinet & Liberal, 2007).



## Geotermia

En Ecuador, se estima un potencial de 1.700 y 8.000 MW en unas 16 zonas de interés de energía geotérmica, todas en la región andina del país. Se han identificado tres proyectos de alta entalpía ubicados en Imabura: Chachimbiro, Chakana y Chalpatan. En 2018, la empresa estatal CELEC (Corporación Eléctrica del Ecuador) llevó a cabo trabajos de perforación de exploración geotérmica en el proyecto Chachimbiro, en conjunto con Termo Pichincha. En caso de descubrir una fuente de energía viable, se analiza la construcción de una nueva planta de energía de pequeña escala con una capacidad de 5 MW. Este desarrollo se llevaría a cabo en cinco fases sucesivas de exploración, posteriormente, se planifica la construcción de una planta de mayor capacidad de generación (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), 2020).



*Figura 6: Mapa con ubicación de recursos energéticos para generación eléctrica mediante geotermia*

Fuente: INER, (2020)

Los principales proyectos geotérmicos en Ecuador se muestran en la Tabla 6. Los costos promedio de exploración, perforación y puesta en marcha oscilan entre \$15 y \$25 millones. Además, se necesitarán tres años para que los pozos de prueba brinden datos suficientes para un mayor desarrollo del proyecto.

Tabla 6 Principales proyectos geotérmicos en megavatios equivalentes en Ecuador

Proyecto	Mwe
Tufiño-Chiles	138
Cachimbiro	113
Chalupas	283
Chacana	418
<b>Total</b>	<b>952</b>

Fuente: (Bionatura, 2021)

### **Problemática de la Fuente Geotérmica**

Como estos recursos son subterráneos, se requiere de métodos de minería para localizarlos y evaluarlos. Hasta que no se realice el punzonado y se evalúe el depósito, no es posible verificar si existen depósitos geotérmicos en cantidad y calidad utilizable; es decir, después de hacer grandes inversiones. Por lo tanto, para el progreso de este tipo de tecnología es necesaria la participación activa de organismos multilaterales y también del gobierno (Carcelén y Izquierdo, 2022).

### **Petróleo**

Es un recurso natural no renovable, reutilizable dependiendo del subproducto, de alta energía y estratégico que aporta con una gran cantidad de la energía utilizada en todo el mundo y considerada por la humanidad como la mayor energía de la historia.

### **Ecuador como país productor de petróleo**

Ecuador, situado estratégicamente en una zona geográfica rica en biodiversidad, ostenta una valiosa variedad de recursos naturales, siendo el petróleo uno de los más destacados. El petróleo desempeña múltiples funciones cruciales en sectores como el transporte, la industria y la minería, donde actúa como fuente energética primordial. Sin embargo, es fundamental reconocer que el petróleo es un recurso no renovable, es decir, que a medida que el tiempo avanza va a agotarse. En Ecuador, un país con una fuerte orientación exportadora y una significativa dependencia en la exportación de petróleo, la extracción de este recurso alcanza



un promedio de más de 480,96 barriles diarios, resaltando su papel central en la economía (Ministerio de Energías y Minas, 2022).

La actividad hidrocarburífera en Ecuador tiene sus orígenes en 1911, marcando un hito con la perforación del pozo Ancón 1. No obstante, fue en 1967, tras la ejecución del pozo Lago Agrio 1, que se sentaron bases más sólidas. El 23 de junio de 1972 marcó un momento crucial al establecerse la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE), y tan solo dos meses después, el 17 de agosto de ese mismo año, se realizó la primera exportación de crudo. Este primer envío, con más de 300,000 barriles, partió desde el Puerto Balao en Esmeraldas, alcanzando un precio por barril de \$2,34. La promulgación de la Ley de Hidrocarburos en 1978 representó otro hito significativo, ya que con esta medida se incrementaron las regalías destinadas al Estado (Vicente, 2021).

En la región litoral del país existen reservas de petróleo y gas, pero las mayores reservas se encuentran en los campos situados al oriente ecuatoriano; ver figura 7.

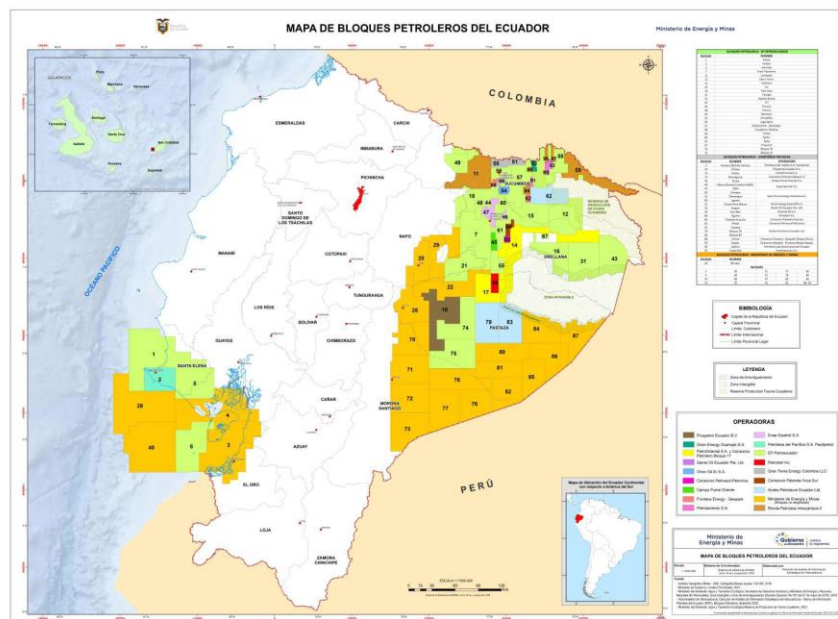


Figura 7: Mapa de bloques petroleros del Ecuador

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2021)

Mapa vigente que muestra bloques petroleros ecuatorianos, sirve para conocer el potencial de recursos que cuenta el país. El color amarillo indica aquellos bloques que la Secretaría de Hidrocarburos no ha asignado; la empresa EP Petroecuador procesa los bloques en color

verde claro; y, las empresas privadas manejan los demás bloques de petróleo en un color diferente a los descrito previamente (Vicente, 2021).

### Ingresos económicos derivados de la producción de petróleo

El aporte de la producción petrolera a la economía pública nacional se remonta a 1972, cuando se inició la producción y exportación de petróleo a gran escala, representando una proporción importante de las exportaciones totales del país. La riqueza petrolera ha sido alimentada por las políticas de precios y producción de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) (Vicente, 2021, p.23-24).

La extracción de petróleo ha transformado el desarrollo económico del Ecuador y también exige responsabilidades ambientales debido a la presencia de fuentes contaminantes que no son eliminadas a nivel nacional y limitada en la diversificación. No hay cambios profundos en su estructura debido a las perturbaciones del mercado, como los subsidios gubernamentales a los productos derivados del petróleo. El país enfrenta cada año un incremento en la demanda de energía, el uso de energía no necesariamente es más productivo y eficiente para desarrollar actividades de valor agregado, sino más bien relacionado con el consumo de energía de alta calidad en los ámbitos del transporte, industrial y residencial (Petroecuador, 2018).

En la tabla 7, se encuentra la producción nacional de petróleo en los últimos años (Millones de barriles) y en ANEXO I.A. se presenta su gráfica.

*Tabla 7 Producción Nacional de Petróleo (Millones de barriles)*

Periodo	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Variación	Variación
												2022-2020	2022-2021
Primer													
Trimestre	45.690	45.550	49.732	49.911	49.307	48.061	46.105	47.609	48.895	45.397	42.866	-12,33	-5,58
Segundo													
Trimestre	45.495	47.360	50.647	49.507	50.381	48.569	46.996	48.283	32.123	45.242	42.516	32,36	-6,02
Tercer													
Trimestre	46.812	49.128	51.213	49.492	50.720	49.258	48.218	50.246	47.491	44.860	44.997	-5,25	0,31
Cuarto													
Trimestre	46.318	50.100	51.551	49.319	50.300	48.041	47.470	47.680	46.941	37.100	45.170	-3,77	21,75

Fuente: (Banco central del Ecuador, 2012-2022)

## Oferta y demanda de derivados en el país

La oferta de derivados es la producción nacional total de derivados más las importaciones. De octubre a diciembre de 2022 (cuarto trimestre), la oferta total de derivados alcanzó los 30,93 millones de barriles, un 2,8% y un 1,2% más respectivamente que el trimestre anterior y el cuarto trimestre de 2021, pero comparado con años anteriores donde su oferta fue de 25,91 millones de barriles, un 19,4% en segundo trimestre de 2021 por lo que podemos apreciar un incremento desde el tercer trimestre del 2020, superando en un 15,2% al trimestre I de 2020(antes de la pandemia COVID 19). Estos niveles satisfacen en general la demanda de combustible en el mercado interno de Ecuador por lo que podemos notar en ANEXO I.B. el incremento de oferta (Banco central del Ecuador, 2012-2022, p.25). Ver tabla 8.

*Tabla 8 Oferta de derivados de petróleo (2012-2022)*

Millones de barriles

TRIMESTRE-AÑO	PRODUCCION		OFERTA DE DERIVADOS
	NACIONAL DE DERIVADOS	IMPORTACION DE DERIVADOS	
I Trimestre 2012	17,24	9,30	26,54
II Trimestre 2012	18,44	11,30	29,74
III Trimestre 2012	17,96	10,80	28,76
IV Trimestre 2012	17,93	11,60	29,53
I Trimestre 2013	15,84	11,70	27,54
II Trimestre 2013	17,05	11,90	28,95
III Trimestre 2013	18,97	12,50	31,47
IV Trimestre 2013	17,80	12,50	30,30
I Trimestre 2014	17,26	13,60	30,86
II Trimestre 2014	18,17	12,80	30,97
III Trimestre 2014	16,33	13,70	30,03
IV Trimestre 2014	14,24	17,20	31,44
I Trimestre 2015	15,81	13,60	29,41
II Trimestre 2015	16,23	14,50	30,73
III Trimestre 2015	16,58	13,90	30,48
IV Trimestre 2015	17,57	14,10	31,67

I Trimestre 2016	19,44	6,79	26,23
II Trimestre 2016	18,48	5,53	24,01
III Trimestre 2016	18,24	7,37	25,61
IV Trimestre 2016	18,41	6,79	25,20
I Trimestre 2017	18,11	5,53	23,64
II Trimestre 2017	18,18	7,37	25,55
III Trimestre 2017	20,57	7,20	27,77
IV Trimestre 2017	20,85	7,08	27,93
I Trimestre 2018	20,08	6,24	26,32
II Trimestre 2018	19,92	8,71	28,63
III Trimestre 2018	20,66	7,39	28,05
IV Trimestre 2018	19,82	9,08	28,90
I Trimestre 2019	19,18	7,33	26,51
II Trimestre 2019	18,50	9,03	27,53
III Trimestre 2019	20,15	8,82	28,97
IV Trimestre 2019	17,80	8,39	26,19
I Trimestre 2020	18,40	8,45	26,85
II Trimestre 2020	8,68	6,30	14,98
III Trimestre 2020	16,36	8,23	24,59
IV Trimestre 2020	16,92	8,81	25,73
I Trimestre 2021	17,22	8,68	25,90
II Trimestre 2021	18,73	7,18	25,91
III Trimestre 2021	20,01	9,82	29,83
IV Trimestre 2021	19,59	10,98	30,57
I Trimestre 2022	19,26	9,40	28,66
II Trimestre 2022	20,11	10,67	30,78
III Trimestre 2022	19,74	10,34	30,08
IV Trimestre 2022	19,26	11,67	30,93

Fuente: (Banco central del Ecuador, 2012-2022)

Con respecto a la demanda del país en el cuarto trimestre de 2022, ascendió a 26,92 millones de barriles, esto representa un incremento del 2,5% en contraste al trimestre anterior y del 11,8% al cuarto trimestre en 2021. Los derivados continúan siendo los más demandados por el diésel (9,75 millones de barriles), seguido de la gasolina (7,79 millones de barriles) y GLP (3,99 millones de barriles). El combustible diésel se utiliza, por lo general, como gasolina para camiones y transporte público comparando con trimestres anteriores el cuarto trimestre de 2022 es el más alto en demanda interna (Banco central del Ecuador, 2012-2022). Ver tabla 9 y Figura 8 y la gráfica de la demanda en ANEXO I.C.

*Tabla 9: Demanda de Derivados de petróleo (2012-2022)*

TRIMESTRE-AÑO	Millones de barriles				
	GASOLINA	DIESEL	GLP	OTROS*	TOTAL
I Trimestre 2012	5,60	6,70	2,90	4,70	19,90
II Trimestre 2012	5,90	6,90	3,00	4,90	20,70
III Trimestre 2012	6,00	7,50	3,00	5,20	21,70
IV Trimestre 2012	6,20	8,10	3,00	5,90	23,20
I Trimestre 2013	5,80	7,10	2,90	5,20	21,00
II Trimestre 2013	6,10	7,90	3,00	5,40	22,40
III Trimestre 2013	6,40	7,90	3,20	5,10	22,60
IV Trimestre 2013	6,60	9,00	3,10	5,60	24,30
I Trimestre 2014	6,30	8,30	2,90	5,80	23,30
II Trimestre 2014	6,50	7,90	3,10	5,60	23,10
III Trimestre 2014	6,70	8,30	3,20	5,00	23,20
IV Trimestre 2014	7,00	9,00	3,20	5,80	25,00
I Trimestre 2015	6,57	7,89	3,03	5,18	22,67
II Trimestre 2015	6,74	7,82	3,21	4,85	22,62
III Trimestre 2015	6,95	8,29	3,25	4,94	23,43
IV Trimestre 2015	7,06	9,09	3,22	4,67	24,04
I Trimestre 2016	6,54	7,69	2,93	5,04	22,20
II Trimestre 2016	6,78	7,35	3,09	3,62	20,84
III Trimestre 2016	7,05	7,76	3,21	3,62	21,64
IV Trimestre 2016	7,19	8,40	3,21	4,14	22,94

I Trimestre 2017	6,85	7,40	3,03	3,05	20,33
II Trimestre 2017	7,07	7,60	3,23	3,03	20,93
III Trimestre 2017	7,35	8,14	3,33	3,29	22,11
IV Trimestre 2017	7,55	8,20	3,39	4,07	23,21
I Trimestre 2018	7,26	7,66	3,18	3,95	22,05
II Trimestre 2018	7,47	8,19	3,37	3,93	22,96
III Trimestre 2018	7,64	8,44	3,49	4,01	23,58
IV Trimestre 2018	7,92	8,71	3,45	4,51	24,59
I Trimestre 2019	7,32	7,86	3,22	3,90	22,30
II Trimestre 2019	7,56	8,20	3,49	3,50	22,75
III Trimestre 2019	7,72	8,65	3,66	3,71	23,74
IV Trimestre 2019	7,56	8,26	3,59	2,80	22,21
I Trimestre 2020	6,52	7,50	3,37	2,50	19,89
II Trimestre 2020	3,63	5,02	3,18	1,26	13,09
III Trimestre 2020	6,22	7,25	3,65	2,09	19,21
IV Trimestre 2020	7,16	8,19	3,72	3,05	22,12
I Trimestre 2021	6,77	7,64	3,49	2,88	20,78
II Trimestre 2021	6,66	7,90	3,70	3,60	21,86
III Trimestre 2021	7,45	8,68	3,82	4,06	24,01
IV Trimestre 2021	7,57	8,84	3,85	3,82	24,08
I Trimestre 2022	6,88	8,28	3,61	3,91	22,68
II Trimestre 2022	7,16	8,37	3,71	3,93	23,17
III Trimestre 2022	7,72	9,50	4,09	4,95	26,26
IV Trimestre 2022	7,79	9,75	3,99	5,39	26,92

\* Absorber, Fuel Oil#4, Asfalto, Solventes, Jet Fuel, Avgas, Nafta Base 90, Spray Oil Pesca Artesanal y Residuo.

Fuente: (Banco central del Ecuador, 2012-2022)

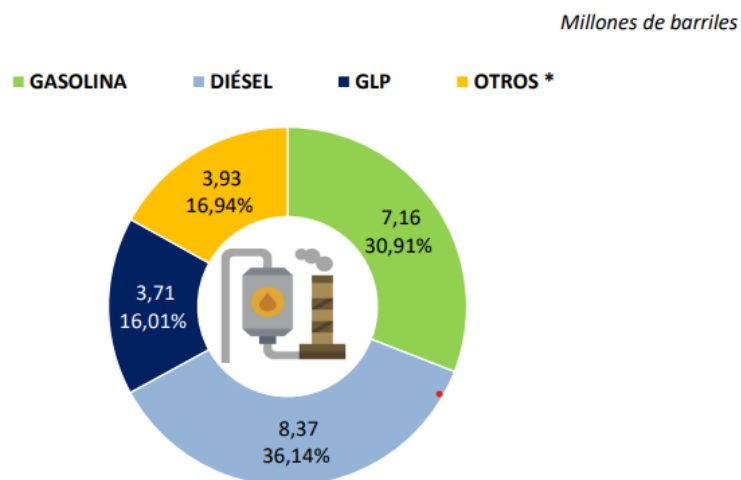


Figura 8 Demanda de Derivados (abril-junio 2022)

Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2022)

### **Evolución Histórica de la Demanda Máxima de Energía, Periodo 2013-2022**

En la tabla 10, en resumen, las demandas máximas de potencia durante la última década (enero 2013 – diciembre 2022). La demanda de potencia máxima pasó de 3.332,49 MW en el 2013 a 4.388,06 MW en el 2022, registrando un incremento del 31,68%.

Tabla 10 Demanda máxima de potencia (MW)

MES/AÑO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	3.190,31	3.324,28	3.504,00	3.593,10	3.689,18	3.815,28	3.903,44	4.083,08	4.018,40	4.161,71
Febrero	3.151,74	3.324,14	3.523,27	3.638,11	3.645,86	3.748,54	3.906,90	4.089,12	4.061,84	4.152,33
Marzo	3.214,05	3.369,52	3.540,40	3.654,22	3.692,24	3.905,45	3.886,47	4.032,18	4.101,68	4.252,73
Abril	3.234,29	3.402,35	3.606,74	3.583,04	3.683,19	3.902,63	3.941,81	3.458,73	4.076,13	4.388,06
Mayo	3.185,68	3.396,90	3.601,99	3.586,75	3.687,69	3.816,81	3.949,94	3.626,89	4.051,04	4.238,00
Junio	3.107,99	3.399,01	3.599,68	3.624,79	3.561,15	3.673,05	3.778,59	3.633,50	3.892,24	4.077,14
Julio	3.039,13	3.352,43	3.525,24	3.450,27	3.435,24	3.617,14	3.701,49	3.650,21	3.949,03	4.114,26
Agosto	3.080,53	3.292,97	3.471,17	3.490,36	3.577,25	3.585,30	3.668,14	3.712,96	3.960,89	4.075,82
Setiembre	3.218,77	3.307,95	3.544,75	3.490,36	3.577,25	3.799,52	3.697,72	3.820,96	4.062,62	4.146,78
Octubre	3.187,60	3.373,11	3.591,02	3.457,48	3.674,02	3.657,19	3.790,12	3.935,11	4.065,48	4.113,94
Noviembre	3.277,04	3.423,45	3.653,34	3.572,86	3.586,63	3.773,64	3.953,33	3.921,50	4.079,58	4.216,00
Diciembre	3.332,49	3.502,64	3.669,58	3.624,67	3.745,77	3.856,97	3.951,68	3.942,30	4.207,83	4.261,62
<b>Potencia Máxima</b>	<b>3.332,49</b>	<b>3.502,64</b>	<b>3.669,58</b>	<b>3.654,22</b>	<b>3.745,77</b>	<b>3.905,45</b>	<b>3.953,33</b>	<b>4.089,12</b>	<b>4.207,83</b>	<b>4.388,06</b>

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Energía, 2022)

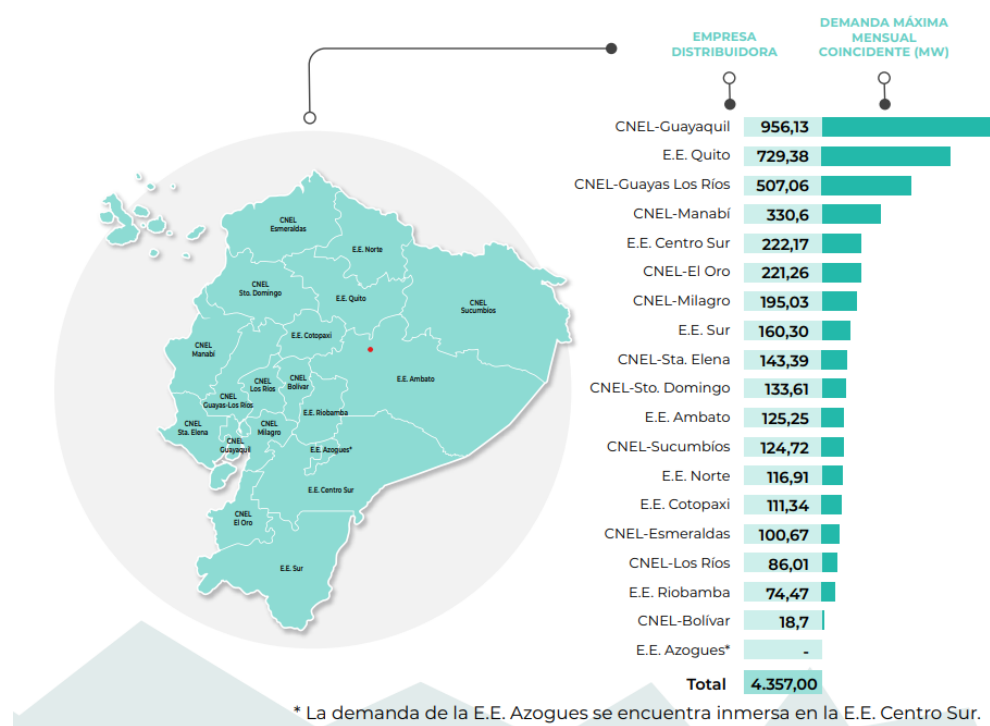


Figura 9 Demanda máxima no coincidente (MW) por distribuidora, diciembre 2022

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Energía, 2022)



En la Figura 9, se exhiben las demandas máximas no coincidentes correspondientes a agosto de 2022, organizadas según las diversas compañías distribuidoras, lo cual se refiere al punto en el que la demanda de electricidad alcanza pico más alto en un período específico. El punto más alto de esta demanda a lo largo del mes se registró el día 25 de agosto, alcanzando un valor total de 4,047.95 MW. En términos de las distribuidoras con mayor consumo durante este pico de demanda del mes, se destacan las siguientes CNEL EP Guayaquil con un consumo de 833.43 MW, Empresa Eléctrica Quito con un consumo de 708.61 MW y CNEL EP Guayas-Los Ríos con un consumo de 441.64 MW.

### **Problemas generados por las Matriz Energética**

#### **Matriz Eléctrica del Ecuador**

En la tabla 11 se precisa las centrales de generación eléctrica incorporadas en el país en la última década.

*Tabla 11 Centrales de Generación Eléctrica*

<b>CENTRAL</b>	<b>TIPO</b>	<b>POTENCIAL NOMINAL (MW)</b>	<b>POTENCIA EFECTIVA (MW)</b>
Coca Codo Sinclair	Hidroeléctrico	1.5	1.5
Minas – San Francisco	Hidroeléctrico	275	274,5
Delsitanidagua	Hidroeléctrico	180	180
6 centrales Térmicas	Térmica	46,66	26,02
Due	Hidroeléctrico	49,71	49,71
Normandía	Hidroeléctrico	49,58	49,58
Pusuno	Hidroeléctrico	38,25	38,25
Topo	Hidroeléctrico	29,2	27
Sigchos	Hidroeléctrico	18,6	18,39
Palmira Nanegal	Hidroeléctrico	10,44	10,36
Mazar Dudas Alazán	Hidroeléctrico	6,23	6,23
Isabela	Térmica (dual)	1,63	1,63

Pichacay	Biogás	1,06	1
Isabela Solar	Fotovoltaica	0,95	0,95
Paneles Pastaza	Fotovoltaica	0,2	0,2
Estación Mira	MCI	0,18	0,17

Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

La hidroenergía es la fuente predominante sobre la generación de electricidad, y el avance de la matriz energética se ha estancado debido a aspectos ambientales y políticos. Ha existido poca inversión y falta de planificación a la matriz eléctrica del país.

Las estadísticas del año 2022 indican que, Ecuador alcanzó una producción neta total de energía de 28.684,62 GWh, distribuida en: 24.499,54 GWh de generación hidroeléctrica; 3.393,35 en generación termoeléctrica; 325,90 GWh de generación no convencional; 465,30 GWh importación desde Colombia; y 0,53 GWh importación desde Perú. Para el año 2021 la producción neta fue 27.881,55 GWh distribuida en: 25.382,18 GWh generación hidroeléctrica; 1.790,89 GWh generación termoeléctrica; 344,68 GWh generación no convencional y 363,80 GWh importación desde Colombia. (CENACE, 2022, p.3)

### **Sistema Eléctrico Interconectado Petrolero (SEIP)**

El Sistema Eléctrico Interconectado Petrolero (SEIP), contribuye a la producción y transferencia de electricidad entre los Centros de Generación y Centros de Consumo de los Bloques 15 – Indillana (CPF), 18 – Palo Azul (ZPF), 56 – Lago Agrio, 57L – Libertador, 57S – Shushufindi, 60 – Sacha, 61 – Auca, y el Complejo Industrial Shushufindi (CIS). Además, en el sistema SEIP, se incluyen Centrales de Generación que emplean combustible como crudo, gas, diésel o fueloil (Petroecuador, 2022).

El aporte de energía generado en el SEIP depende del origen y de la clase de combustible empleado. En los últimos años, las hidroeléctricas han representado el mayor aporte de generación de energía, mientras que el fueloil fue el que menor aporte generó. En la tabla 12 se detalla la energía total generada (MWh) en el SEIP por tipo de fuente de energía comparando los años 2021 y 2022 (Petroecuador, 2022).

Tabla 12 Energía total generada por el Sistema SEIP años 2021-2022

<b>FUENTE DE ENERGÍA</b>	<b>MWh (2021)</b>	<b>MWh (2022)</b>	<b>VARIACIÓN</b>	<b>APORTE 2022</b>
Hidroeléctrica	396,715.04	410,829.58	3,56%	29%
Crudo	394,694.06	352,729.10	-10,63%	25%
Diésel	262,114.08	348,149.42	32,82%	24%
Gas	257,047.60	207,598.19	-19,24%	14%
HFO	105,821.61	114,344.20	8,05%	8%

Fuente: (Petroecuador, 2022)

La disminución del aporte de energía generada por crudo en el año 2022, en comparación con el año 2021, se debe a los mantenimientos en las centrales de Auca, Lago Agrio, Palo Azul e Indillana. Sin embargo, se evidencia un aumento considerable de generación de energía por diésel debido al ingreso de generación propia en los campos Auca, Sacha, Yuca y Aguatico. Por último, las hidroeléctricas han mantenido su aporte mayoritario por la interconexión del SEIP con el Sistema Nacional Interconectado (Petroecuador, 2022).

En el ANEXO I.D. se encuentra información pertinente a las centrales de generación de energía y su colaboración durante el año 2022

Otro factor importante es el consumo de combustible de las centrales de generación que se encuentran en los bloques petroleros que conforman el SEIP. Esto se detalla en la tabla 13, comparando los años 2021 y 2022 (Petroecuador, 2022).

Tabla 13 Consumo de energía del Sistema SEIP por tipo de combustible

<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>VARIACIÓN</b>
Crudo (Gal)	26,334,291.20	22,199,809.39	-15,70%
Diésel (Gal)	20,464,807.09	27,784,020.08	35,76%
Gas (MSCF)	4,040,054.60	2,830,719.54	-29,93%
HFO (Gal)	7,010,887.11	7,441,035.53	6,14%

Fuente: (Petroecuador, 2022)

En general, el aumento de consumo de diésel responde la poca disponibilidad de gas en el primer trimestre del año 2022; las turbinas de los campos Sacha y Shushufindi operaran con este combustible. Además, se incrementaron nuevas unidades de generación de energía en el resto de los bloques del SEIP que operan con diésel (Petroecuador, 2022).

Los datos muestran, que el Bloque 61 correspondiente a Auca es el que mayor consumo de diésel demanda representando el 45% del total de los bloques. En menor porcentaje se encuentran los Bloques 57S (Shushufindi) y Bloque 60 (Sacha), con el 31% y 18% del total, respectivamente (Petroecuador, 2022).

El mayor consumo de crudo para generación de electricidad se realiza en el Bloque 18 – Palo Azul con el 38% del total. Los bloques 57L (Libertador) y Bloque 15 (CPF) consumen el 27% y 23%, respectivamente (Petroecuador, 2022).

La mayor generación de electricidad por gas se realiza en el Bloque 60 – Sacha; representa el 36% del total del consumo. En este caso, los tres bloques que no marcan tanta diferencia en el consumo de gas son: Bloque 15 - CPF con el 20%, Bloque 57 – Libertador con el 19% y el Bloque 57 – Shushufindi con el 18%; ver el ANEXO II (Petroecuador, 2022).

En general el aumento o disminución del consumo de combustibles es generado por el mantenimiento de centrales de generación o por falta de combustible. En muchos casos, la falta de gas en centrales ha ocasionado que el consumo de diésel aumente, de igual manera, muchas centrales que consumen crudo entraron en mantenimiento en el año 2021 derivando que para el año 2022 el consumo de estas centrales se incremente (Petroecuador, 2022).

Otro factor importante a considerar es el costo de generación. Con la tendencia marcada en el aumento del consumo de diésel y la disminución del consumo de gas y crudo para generación de energía en comparación con los últimos dos años, ha ocasionado un incremento considerable en el costo de generación. Para el año 2021 el costo promedio se ubicaba en 7 ctvs/KWh mientras que para el año 2022 el costo aumentó a 11.20 ctvs/KWh, lo que representa un aumento del 60%. Esto también se explica en el costo del galón de diésel, ya que para el año 2022 se produjo un incremento, llegando a un máximo de 4.40 dólares por cada galón (Petroecuador, 2022).

Aunque el SEIP aporta en gran medida a la gestión de energía para el desarrollo de estos bloques petroleros, en los últimos años han existido pérdidas de producción por interrupciones

en el suministro de energía, ya sea por eventos internos en los bloques o por eventos externos. El bloque que mayores pérdidas tuvo en el año 2022 fue Shushufindi con un valor total del 39%, le siguen el Bloque 61 – Auca y Bloque 60 – Sacha con el 27% y 19%, respectivamente. En la tabla 14 se detallan las pérdidas de producción de los bloques del SEIP en los últimos 3 años (Petroecuador, 2022).

Tabla 14 Pérdidas de producción de los Bloques Petroleros del Sistema SEIP

<b>PÉRDIDAS DE PRODUCCIÓN (BLS)</b>				
<b>BLOQUE</b>	<b>AÑOS</b>			<b>VARIACIÓN 2022 - 2021</b>
	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	
B18 – ZPF	2,862.10	977.78	1,781.51	82,20%
B15 – CPF	12,476.80	9,695.56	14,325.53	47,75%
B61 – Auca	46,558.69	32,436.89	49,942.34	54,02%
B60 – Sacha	84,187.18	93,288.55	35,547.39	-61,90%
B57 - Shushufindi	84,135.31	42,698.61	72,585.87	70,00%
B57 – Libertador	10,615.10	5,592.24	6,505.59	16,33%
B56 - Lago Agrio	3,508.26	1,820.79	4,570.86	151,04%

Fuente: (Petroecuador, 2022)

En conclusión, el SEIP debe mejorar varios aspectos operativos que le permitan cubrir la demanda energética de los bloques petroleros interconectados. Uno de estos aspectos se deriva de las tareas de mantenimiento, ya que para mejorar la operatividad del SEIP, el sistema debe contar por lo menos con 10MW de reserva fría; es decir, de capacidad de generación de energía en unidades que se encuentran disponibles pero que no están en operación, así cubriría el déficit energético de las centrales que entran en mantenimiento (Petroecuador, 2022).

Otros factores a considerar es la rehabilitación de sistemas que utilizan gas para disminuir el consumo de diésel y, además, se pueden disminuir costos con nuevas centrales de generación propia que utilicen combustibles más económicos (Petroecuador, 2022).

## **Transición energética**

La Organización Latinoamericana de Energía (2017) define la transición energética como “un cambio de un estado de un sistema energético a otro en términos de cantidad, composición del servicio y fuente de energía, así como de calidad, teniendo en cuenta el espacio y diferencias horarias”.

Han pasado muchas transiciones energéticas en la historia, principalmente en países desarrollados. Así, el proceso de convertir la energía animal de trabajo y envasado en biomasa clásica (por ejemplo, la leña, los subproductos de cultivos o los fertilizantes); de biomasa tradicional a carbón (año base 1860); del carbón al petróleo (1880) y del petróleo al gas natural (1900). Esto también incluyó el uso de gas natural para generar electricidad y calor (1900 a 1910), la introducción comercial de la energía nuclear (1965), la energía renovable y la hidroelectricidad (1995) (Huera, 2019).

Actualmente, cambiar a fuentes ERNC (energías renovables no convencionales) es la respuesta óptima a la crisis climática, la falta de recursos naturales y la creciente demanda de energía. En un contexto energético global donde el crecimiento de la demanda es impulsado por los países en desarrollo y los suministros de energía se basan en gran medida en combustibles fósiles, los problemas ambientales y sociales relacionados con la operación y el uso de energía solo aumentan y sus consecuencias se vuelven incontrolables y desastrosas. Este panorama a nivel global tiene la particularidad de la volatilidad de los valores y la oferta. “La transición energética debe ser una respuesta a los desafíos climáticos, ambientales, económicos y sociales” (Huera, 2019, p.9).

Uno de los países que ha cedido el camino a la transición energética es Holanda, en donde, “El gobierno nacional está comprometido con acelerar la transformación en los sectores de energía, agricultura, construcción y transporte. Además, se ha establecido un programa de investigación de 20 millones de euros para mejorar la comprensión del período de transición”. El programa está diseñado para obtener una comprensión básica de los estados de transición, los mecanismos causales y cómo reflexionar sobre la transformación y los procesos relacionados. En adición, se basa en la adquisición de conocimientos prácticos que pueden ser utilizados para experimentos de transformación continua promovidos por el Ministerio de Economía y Medio Ambiente. Alemania es otro de los países que ha decidido darle una oportunidad a la transición energética, apostando por un futuro más saludable, el respeto por el medio ambiente y un mayor éxito económico. La acción primordial es modificar radicalmente

el suministro de energía, limitar el uso de la energía nuclear a límites aceptables y seleccionar fuentes de energía renovables. En cambio, establece políticas para usar la energía de manera más eficiente. Estas actividades están dirigidas a aminorar los impactos del cambio climático. De manera similar, el exministro de Economía y Energía de Alemania, Sigmar Gabriel, argumenta que “para que la transición energética sea económica y ecológicamente exitosa a largo plazo, un país debe tener una economía competitiva. La competencia y el suministro de energía deben seguir siendo razonables y confiables” (Huera, 2019, p.11).

La Unión Europea (UE) es ahora una comunidad que da avances importantes en la transición. En junio de 2018, la UE fijó como objetivo para la región alcanzar un 32 % de energía renovable para 2030 como parte de sus recomendaciones sobre el cumplimiento del Acuerdo de París sobre el cambio climático. El apoyo a las energías renovables muestra una matriz energética diversa en Europa, como lo demuestra un aumento del 20 % en la proporción de energías renovables en 2020, del cual se espera que el 17 % provenga de energía solar, eólica, de biomasa e hidráulica en comparación con 2017. Producción de energía renovable reducirá la contaminación ambiental. aumentar en un 40% para 2030 en comparación con 1990 y detener el aumento de la temperatura a nivel mundial a menos de dos grados centígrados (Huera, 2019) .

### **Bases para la diversificación de la Matriz Energética**

La diversificación energética se asienta sobre dos pilares básicos. Eficiencia energética y desarrollo e implantación de fuentes alternas de energía. Estos factores son un paso importante, no obstante, no es suficiente para garantizar los años venideros. Ayudan a retrasar el punto de inflexión, pero con el agotamiento de los recursos fósiles que alimentan a la sociedad, se deben desarrollar, optimizar y desplegar fuentes de energía alternativas. El dilema es que las alternativas deben construirse de manera que respeten la vida, sin embargo, la matriz energética global aún depende en gran medida de las energías no renovables. Las centrales térmicas (carbón, gas, petróleo y nuclear) proporcionan alrededor del 80% de la electricidad mundial, y las fuentes de energía renovables (incluida la hidroelectricidad) representan solo el 13% de las fuentes de energía primaria, aunque de fuentes naturalmente renovables se vuelven inagotables. y amigable con la naturaleza (Huera, 2019).

## **Retos de la implementación de las energías renovables y medidas de eficiencia energética**

Las fuentes energéticas renovables proporcionan una amplia gama de formas de energía (combustibles eléctricos, térmicos, mecánicos, líquidos, gaseosos y sólidos) y brindan una gama cada vez mayor de servicios energéticos. La inclusión de las energías renovables en la matriz energética es un reto por las varias características que las distinguen la energía nuclear y de los combustibles fósiles. Estas particularidades hacen que la inclusión de fuentes de energía renovables depende en mayor o menor medida cambios en el sistema energético. Esta transformación necesita de la tecnología específica, su nivel de implantación, las características de la instalación eléctrica, entre otros factores (Energías, 2017).

### **Transición de sistemas energéticos**

Hay una enorme disposición en incentivar o apurar la transición hacia sistemas sostenibles, particularmente en las zonas de energía, transporte y agricultura. Aunque la corriente principal de la economía está un tanto en desacuerdo con su enfoque en los estudios de transición, la economía proporciona información para los estudios de transición (Huera, 2019), la investigación sobre "etapas de desarrollo, ondas largas, dependencia tecnológica, resolución de conflictos, inversión pública y la transición de un sistema democrático-comunista a un sistema basado en el mercado parece particularmente relevante", en consonancia con la investigación sobre transiciones (Könnölä, Carrillo, & van der Have, 2008, p. 81).

En el sector energético, los cambios deseados son complicados de empezar e implementar, porque el sistema dominante (dominante) es un impedimento para la formación de un sistema nuevo. Recientes investigaciones en el campo de los estudios de cambio muestran que el cambio requiere, además de soluciones tecnológicas, una combinación de modificaciones económicas, políticas, institucionales y socioculturales (Huera, 2019). Una idea clave para comprender por qué puede suceder o no puede suceder una transición es que las prácticas importantes ligados a la oferta (inversión, prestamos, venta de energía o servicios), solo pueden ocurrir por un lapso extenso si son económicamente remunerables, es decir, que se obtenga beneficios económicos.



## ¿Cómo hacer un cambio en el sistema de transición energética?

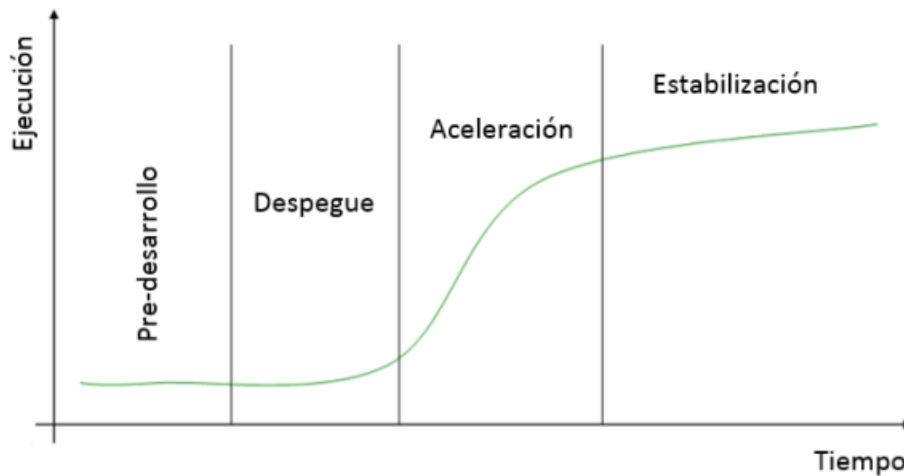
Para entender la dinámica actual del sistema energético y las situaciones en las que pueden desarrollarse, es necesario “un análisis integral del sistema energético y su historia de desarrollo, con una perspectiva multinivel para indicar el período actual del sistema de energía” (Huera, 2019, pág. 20). Los sistemas de transición combinan las diversas etapas, niveles y aspectos de la transición y los combinan con funciones de gestión para proporcionar un marco integral para comprender la transición del sistema (Könnölä, Carrillo, y van der Have, 2008). Existen tres elementos para el proceso:

1. Cuatro fases del proceso de transición: pre-desarrollo, despegue, aceleración y estabilización.
2. Tres niveles de análisis que incluyen el nicho, el régimen y el paisaje.
3. Cuatro dimensiones de la transición, que incluyen cambio tecnológico, industrial, político y social.

### Fases de la Transición

“El proceso de transición consta de cuatro fases, a saber: pre-desarrollo, despegue, aceleración o adelanto, y estabilización” (Huera, 2019, pág. 19). La transición es paulatina y la naturaleza y la rapidez de los cambios tienen diferencias entre cada una de las fases (ver figura 10).

- a) En la fase previa al desarrollo, el régimen se mantiene estable, aunque el panorama social cambia lentamente y hay una creciente innovación ascendente (Huera, 2019, p. 21).
- b) En la fase de despegue, el proceso de cambio se pone en marcha y el estado del sistema y su régimen comienzan a cambiar. (Huera, 2019, p. 21).
- c) En la fase de aceleración los cambios estructurales tienen lugar de manera visible a través de la acumulación de cambios socioculturales, económicos, ecológicos e institucionales. Durante esta fase hay procesos de aprendizaje colectivo, procesos de difusión e institucionalización. (Huera, 2019, p. 21).
- d) En la fase de estabilización, la velocidad del cambio social disminuye y se alcanza un nuevo equilibrio dinámico. (Huera, 2019, p. 21).



*Figura 10: Fases de transición*

Fuente: (Könnölä, Carrillo, & van der Have, 2008)

La curva S indica cómo mejora la productividad de una tecnología acorde con el empeño por desarrollarla.

De hecho, “gran parte de este crecimiento es el resultado del ahorro en capacitación, que a su vez depende de la adopción y experiencia del usuario” (Könnölä, Carrillo, & van der Have, 2008).

### **Niveles de análisis de la transición**

De acuerdo con Könnölä, Carrillo y van der Have (2008) este enfoque enfatiza su naturaleza socio-institucional, distinguiendo tres niveles analíticos que ordenan la dinámica compleja de cambio socio-técnico:

Nivel micro de los nichos, donde la aplicabilidad de los nuevos ajustes que son prometedores (novedades) son probadas en un espacio protegido; el nivel meso de régimen, guiando los cambios a lo largo del camino tecnológico; y el nivel macro del Paisaje reflejando cambios estructurales.

Tabla 15 Niveles de Transición

Nivel de análisis	Descripción	Ejemplos
<i>Paisaje</i>	El paisaje forma un entorno de nivel macro exógeno que influye en los desarrollos en nichos y regímenes.	Los recursos naturales (por ejemplo, las reservas mundiales de petróleo y gas), el cambio climático.
<i>Régimen</i>	El régimen se refiere a la política general institucional establecida, al sistema industrial y al usuario que cumple una función específica en la sociedad. El régimen es dinámicamente estable y no está prescrito por restricciones externas, sino que se configura y mantiene principalmente a través de la adaptación mutua y la evolución conjunta de sus actores y elementos. El régimen es dinámicamente estable y no está prescrito por restricciones externas, sino que se configura y mantiene principalmente a través de la adaptación mutua y la evolución conjunta de sus actores y elementos.	La producción de electricidad a base de carbono, la distribución y el sistema del usuario.
<i>Nicho</i>	Nicho forma el nivel en el que surgen novedades radicales que se ajusten al régimen existente	Sistemas de energía solar, sistemas de energía de hidrógeno.

Fuente: (Könnölä, Carrillo y van der Have, 2008)

### Dimensiones de Transición

Además de las fases y los niveles de análisis de transición, este último se beneficia de la identificación de las dimensiones relevantes del cambio social. De acuerdo con el enfoque de las transiciones socio-técnicas, se toma en cuenta cuatro dimensiones importantes para entender la aparición de la innovación sistémica: cambio tecnológico, industrial, político y social que se detallan a continuación (Könnölä, Carrillo y van der Have, 2008):

**a) Cambio tecnológico.** - la identificación de los vínculos entre las tecnologías físicas, así como sus diferentes fases de madurez permite una mejor comprensión no solo del estado actual del proceso de transición, sino que también ayuda a identificar los principales cuellos de botella tecnológicos y oportunidades para vías alternativas de futuro tecnológico. Aquí, “la interoperabilidad de las tecnologías se vuelve fundamental para aumentar los rendimientos de

las economías de escala que apoyan la difusión de la tecnología” (Könnölä, Carrillo y van der Have, 2008).

**b) Cambio industrial.** - la identificación de redes de desarrolladores de tecnología, proveedores y aplicadores (usuarios) y servicios financieros relacionados (inversionistas) mejora la comprensión de los factores clave y las barreras para el cambio en el sistema. “Las soluciones que se adaptan a las condiciones organizativas existentes son más fáciles de implementar, lo que lleva a economías de aprendizaje; las habilidades y el conocimiento se acumulan a través de aprender haciendo y aprender usando” (Könnölä, Carrillo y van der Have, 2008).

**c) Cambio de política.** - Los marcos políticos, entendidos como marcos institucionales y legales generales, pueden actuar como obstáculos e impulsores del cambio. Por ejemplo, en Europa, se han desarrollado marcos legales y políticos para modificar y optimizar el desempeño social en relación con criterios específicos en cada área política. Dichos esfuerzos de política orientados a la optimización pueden debilitar el estado de bloqueo de los sistemas existentes (Könnölä, Carrillo y van der Have, 2008).

**d) Cambio social.** - El éxito de cualquier sistema técnico también depende de la experiencia y reacción de los usuarios finales y de aquellos que se ven muy afectados por el sistema. “Los cambios sociales pueden crear demanda de nuevas tecnologías, pero pueden obstaculizar la tecnología prometedora” (Könnölä, Carrillo y van der Have, 2008).

Estas cuatro dimensiones forman un marco entrelazado para analizar complejos procesos de transición tecnológica e institucional. La gobernanza es el eje final para lograr la migración del sistema. A nivel de paisaje, los esfuerzos para mitigar el cambio climático pueden verse como un excelente ejemplo de la gobernanza global actual. Por otro lado, las negociaciones internacionales como el Acuerdo de París proponen un enfoque proactivo que combina diversas formas de organización social.

## **2. METODOLOGÍA**

Para desarrollar la investigación se planteó una metodología tipo descriptiva, ya que se identifica, analiza y compara la estructura de la matriz energética del Ecuador y diversificación de energías renovables respecto a países de la región como Perú y Colombia con estructuras económicas, políticas y sociales similares.

El enfoque es cualitativo no experimental, debido a que las variables planteadas no han sido sometidas a ninguna manipulación. En el presente trabajo se va observar y analizar los fenómenos seleccionados. Se determinó que procesos se pueden mejorar para optimizar la matriz dependiente de crudo en un tiempo de mediano a largo plazo, analizando los beneficios sociales, ambientales y económicos con los que cuenta el país.

- **Técnica de recolección de información**

**Análisis Documental:**

Para la realización del estudio se investigó sobre la estructura de matriz energética ecuatoriana, identificando los principales sectores de demanda y problemas generados a causa de la misma. Asimismo, se analizó y se optó proponer alternativas de mejora en los procesos de explotación petrolera, aplicada con éxito en países de la región.

**Instrumentos:**

**Técnica Documental**

Por su recopilación de información en tesis, artículos de investigación, entre otras fuentes confiables, como instrumento guía de análisis documental.

- **Técnica de análisis de la información**

El procedimiento se realizó mediante la consulta de fuentes bibliográficas que permitieran obtener la información deseada. La literatura refleja el uso de bases informativas que se obtuvo a través de páginas y fuentes confiables, así como de tesis y artículos de investigación para su posterior análisis.

**Análisis de información**

Toda la información extraída se analizó a partir de tablas y gráficos que se obtuvieron de tesis, artículos de investigación y fuentes confiables. La metodología consistió en

describir antecedentes históricos que marcan el camino actual de la matriz energética del país, se precisa entender el funcionamiento de dicha matriz sentando las bases de fuentes de energía y de cómo se puede realizar una transición energética. Así mismo, se realizó la identificación de la matriz energética ecuatoriana para analizar su estructura en los últimos 10 años y proponer alternativas a los procesos de explotación petrolera. Se identificaron proyectos de éxito en otros países de América Latina para tomarlos como referencia dentro de la planificación nacional.

### **Estructura del trabajo**

Para lograr los objetivos del Trabajo de Integración Curricular (TIC) se realizaron tres (3) actividades principales:

- Se identificó y analizó la estructura de la matriz energética durante el periodo de los 10 últimos años considerando los sectores de demanda y la problemática generada. Para esto se corroboró información mediante el uso de tablas y gráficos que forma parte del trabajo.
- Luego, se propuso opciones y/o alternativas de mejora para la diversificación de la matriz hacia el año 2030, considerando la implementación de proyectos en zonas geográficas estratégicas del país y aprovechando el potencial de recursos que dispone Ecuador; ver Tabla 22. También se toma como referencia proyectos de éxito realizados en países de la región.
- Por último, luego de todos los hallazgos, se compara las ventajas y desventajas de la propuesta realizada para la matriz energética ecuatoriana.

Sobre la base de esta metodología, la matriz energética que se propone en este trabajo, tiene una estructura a partir del análisis:

- ❖ Industria hidrocarburífera
- ❖ Industria hidráulica
- ❖ Industria Fotovoltaica
- ❖ Eólica

Además, se analizó el potencial que tiene el país en base a los diferentes recursos energéticos de energía renovables y no renovables, que contribuirán a la disminución

de los gases de efecto invernadero. En la figura 11 se visualiza el organigrama estructural de la matriz energética ecuatoriana.

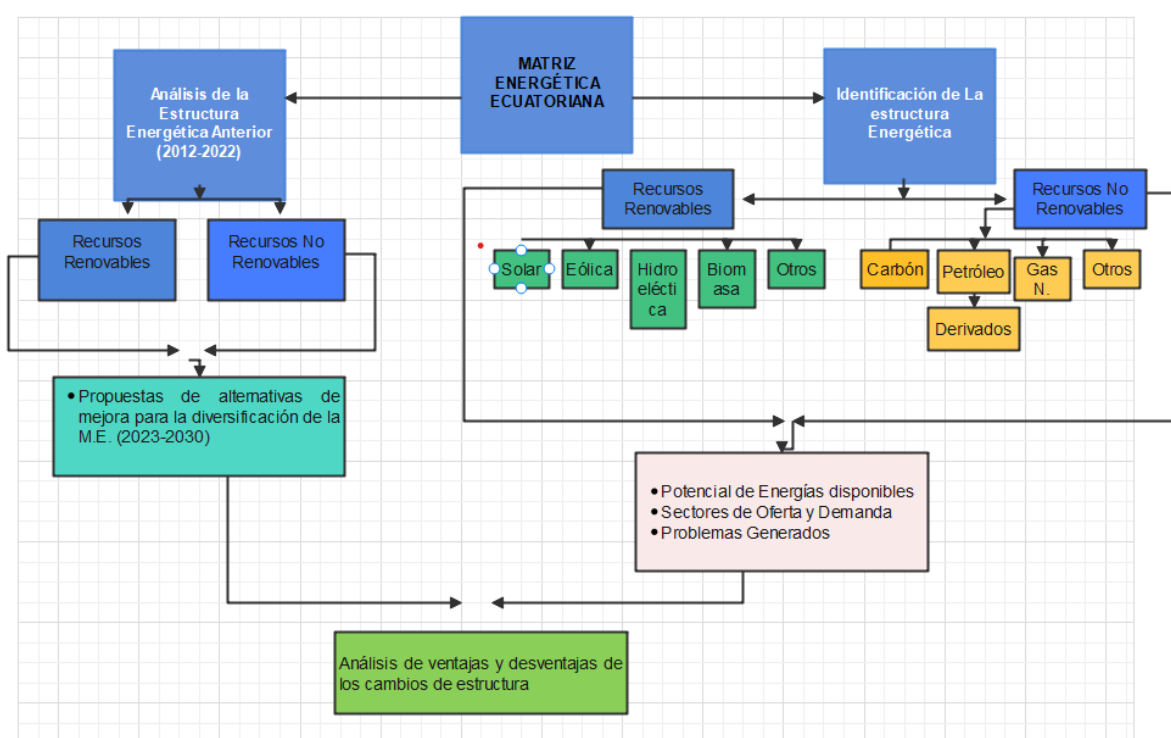


Figura 11 Organigrama estructural de la Matriz Energética Ecuatoriana

### 3. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.1 Resultados

Los resultados obtenidos se presentan una vez aplicada la metodología propuesta; que es la identificación y análisis de la matriz energética para luego proponer alternativas de mejora haciendo énfasis en el uso de tecnologías limpias. Esto servirá para determinar si la investigación es apta para su ejecución en futuros proyectos con la finalidad de obtener como resultado una equidad en el impacto, económico, social y ambiental.

#### Estructura de la Matriz Energética del Ecuador

En la tabla 16 se muestra un resumen de la Matriz Energética Ecuatoriana (enero 2012-diciembre 2022), estructurada por el tipo de fuente (MW); donde se observan las cantidades promedio de potencia según el tipo de fuente generadora. Para las energías renovables se tienen como fuente a la hidráulica, eólica y solar con un promedio de 3,971.41, 22.15 y 22.25 (MW), respectivamente; la fuente hidráulica la de mayor potencia. Como fuentes no renovables se tienen: Turbovapor, MCI (Motor Combustión Interna) y turbogás, con un promedio de 596.94, 1,895.94 y 1,002.12 (MW), respectivamente. En la figura 12 la matriz energética por tipo de fuentes.

Tabla 16 Matriz Potencial Energética de Ecuador por tipo de fuente (MW), enero 2012-diciembre 2022

TIPO DE CENTRAL (POTENCIA EFECTIVA MW)						
AÑO	HIDRÁULICA	TURBOVAPOR	MCI	TURBOGAS	EÓLICA	SOLAR
2012	2,263.89	560	1,549.51	1,078.99	2.40	0.08
2013	2,263.89	560	1,571.01	1,078.99	18.90	3.90
2014	2,248.09	603	1,748.15	1,085.19	21.15	26.41
2015	2,407.61	603	1,861.95	1,086.19	21.15	25.54
2016	4,446.36	606	2,007.43	1,118.85	21.15	26.48
2017	4,515.96	606	1,959.04	921.85	21.15	26.48
2018	5,066.40	606	2,018.70	921.85	21.15	27.63
2019	5,076.40	606	2,032.06	921.85	21.15	27.63
2020	5,098.75	606	2,037.00	921.85	21.15	27.63
2021	5,106.85	606	2,028.99	943.85	21.15	27.63



<b>2022</b>	5,191.30	606	2,041.50	943.85	53.15	28.65
<b>PROMEDIO</b>	<b>3,971.41</b>	<b>596.94</b>	<b>1,895.94</b>	<b>1,002.12</b>	<b>22.15</b>	<b>22.55</b>

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Energía, 2022)

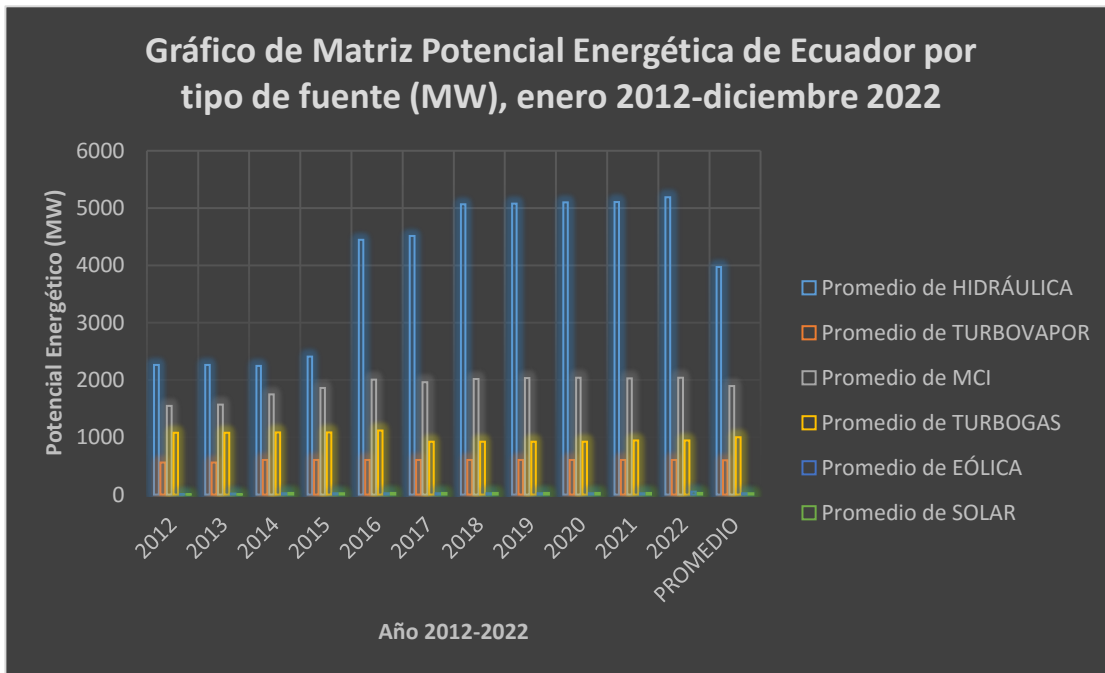


Figura 12 Gráfico de Matriz Potencial Energética de Ecuador por tipo de fuente (MW), enero 2012-diciembre 2022.

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Energía, 2022)

La figura 12 se aprecia que se tiene una preferencia en la inversión de proyectos hidráulicos manteniendo constantes la producción de energía eléctrica a través de otras centrales diferentes y nos permite visualizar donde falta diversificación para potencializar los recursos naturales que se tiene en el país.

En el apartado de ANEXO III se presenta, mediante tablas y figuras, información de las fuentes de la matriz energética en el periodo 2012-2022.

### Proyección de la Matriz Energética al 2030

En la tabla 17 muestra la proyección de la Matriz energética al 2030 aplicando un plan de expansión de generación de energía considerando el tipo de central ver tabla 18:

Tabla 17 Proyección de Matriz Energética al año 2030 (MW)

<b>AÑO</b>	<b>PROYECTO /CENTRAL</b>	<b>EMPRESA/INSTITUCIÓN</b>	<b>ESTADO</b>
<b>2023</b>	Soldados Yanubcay	Elecaastro S.A.	Autorización de Operación
<b>2023</b>	Quijos	CELEC EP - Coca Codo S.	Paralizado
<b>2023</b>	Bloque de Ciclo Combinado I	Empresas concesionarias	Estructurando Proceso Público de selección
<b>2023</b>	Bloque de ERBC II	A definir por parte del MERNNR y CELEC EP	En estudios
<b>2023</b>	Bloque de Ciclo Combinado II	A definir por parte del MERNNR y CELEC EP	En estudios
<b>2024</b>	Santa Cruz	Hidrocruz S.A	Autogeneración Minera. En trámite
<b>2025</b>	Bloque de Proyectos H. I	A definir por parte del MERNNR y CELEC EP	En estudios
<b>2026</b>	Bloque de Proyectos H. II	A definir por parte del MERNNR y CELEC EP	En estudios
<b>2026</b>	Bloque de Proyectos G. I	A definir por parte del MERNNR y CELEC EP	En estudios
<b>2026</b>	Paute - Cardenillo	Empresa concesionaria	En proceso público de selección
<b>2026</b>	Santiago (G8), Fase I	Empresa concesionaria	En proceso público de selección
<b>2027</b>	Santiago (G8), Fase II	Empresa concesionaria	En proceso público de selección
<b>2028</b>	Santiago (G8), Fase III	Empresa concesionaria	En proceso público de selección
<b>2029</b>	Santiago (G8), Fase IV	Empresa concesionaria	En proceso público de selección
<b>2030</b>	Santiago (G8), Fase V	Empresa concesionaria	En proceso público de selección

Fuente: (Expansión de Generación, 2020)

Tabla 18: Inversión y Potencia de Matriz Energética al año 2030 (MW)

<b>INERSIÓN PÚBLICA O PRIVADA</b>	<b>TIPO</b>	<b>POTENCIA (MW)</b>	<b>PROVINCIA</b>	<b>CANTÓN</b>
Pública	Hidroeléctrico	14,60	Azuay	Cuenca
Pública	Hidroeléctrico	50,00	Napo	Quijos
Privada	Termoeléctrico	400,00	Por definir	Por definir
Privada y/o Pública	ERNC	400,00	Por definir	Por definir
Privada y/o Pública	Termoeléctrico	600,00	Por definir	Por definir
Privada	Hidroeléctrico	100,00	Morona Santiago	Mirador
Privada y/o Pública	Hidroeléctrico	150,00	Por definir	Por definir
Privada y/o Pública	Hidroeléctrico	150,00	Por definir	Por definir
Privada y/o Pública	Geotermico	50,00	Por definir	Por definir
Privada	Hidroeléctrico	595,60	Morona Santiago	Santiago de Méndez
Privada	Hidroeléctrico	1.200,00	Morona Santiago	Tiwintza/Limón Indanza
Privada	Hidroeléctrico	1.200,00	Morona Santiago	Tiwintza/Limón Indanza
Privada	Hidroeléctrico	1.200,00	Morona Santiago	Tiwintza/Limón Indanza
Privada	Hidroeléctrico	1.200,00	Morona Santiago	Tiwintza/Limón Indanza
Privada	Hidroeléctrico	1.200,00	Morona Santiago	Tiwintza/Limón Indanza

Fuente: (Expansión de Generación, 2020)

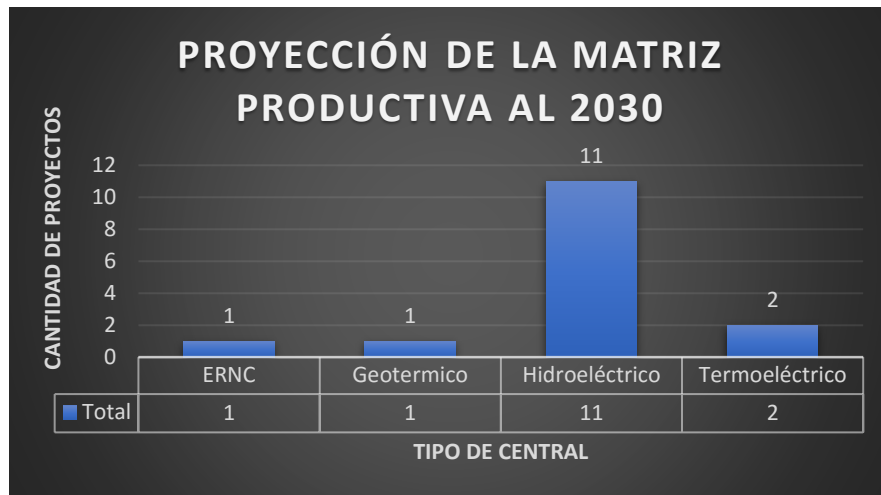


Figura 13 Proyección de la Matriz Productiva al 2030

Fuente: (Expansión de Generación, 2020)

En la figura 13 se visualiza la cantidad de inversión en proyectos de mediano y largo plazo que tendrá adicional la matriz energética ecuatoriana, aplicando un plan de expansión de generación de energía respecto al tipo de central, estableciendo que la fuente hidroeléctrica será de mayor impacto.

### Propuestas de mejora a través de energías renovables

El objetivo del TIC es la potencial diversificación de la matriz energética del Ecuador incluyendo fuentes de energías renovables potencialmente explotables en el territorio ecuatoriano; sin embargo, es importante considerar que la matriz energética del país sienta sus bases en los recursos fósiles y una transición prolongada es lo ideal en países en desarrollo como el Ecuador.

Los tipos de tecnologías de fuentes de energía renovable que se puede considerar en la diversificación de la matriz energética son:

#### Energía Eólica

En Ecuador se han implementado tres parques eólicos, el primero es el proyecto Villonaco, ubicado en los límites de Loja y Catamayo. Esta planta proporciona una potencia de 16,5 MW. Las otras dos plantas son El Tropezón y Baltra, ubicadas en Galápagos y que generan una potencia de 2,40 MW y 2,25 MW, respectivamente.

Otros proyectos de este tipo están previstos en los parques de las Islas Galápagos, además se esperan estudios en toda la parte costera del territorio ecuatoriano. Entre los parques eólicos que se esperan incorporar a la matriz energética se encuentran los de Minas de Huascachaba con un potencial de 50 MW, Villanaco II con 50 MW, El Aromo con una potencia de 65 MW y Salinas II con una potencia de 15 – 40 MW.

Aunque la tendencia en tecnologías de este tipo sigue aumentando, es evidente que adoptarlas a la matriz energética del país conllevará un tiempo determinado en el mediano y largo plazo.

### **Energía Solar**

Muchos son los hogares que manejan el sistema de energía solar para calefacción o generación de electricidad. Hace dos décadas los precios eran elevados en este tipo de energía, pero la competitividad y la fuerte reducción de la demanda de utilización de energía solar en países de Europa como Alemania y España, han permitido que este tipo de tecnología sea más asequible.

Una gran ventaja que proporcionaría los sistemas fotovoltaicos a la matriz energética del Ecuador es su alta complementariedad con la energía hidroeléctrica, sobre todo en las épocas de estiaje. Además, por la ubicación geográfica del país, la irradiación solar se encuentra disponible en varios lugares y los tiempos de construcción serían menores si los comparamos con otro tipo de generación de energía.

Uno de los proyectos grandes de generación eléctrica empleando paneles fotovoltaicos se implementará en El Aromo, la central en Manabí. Se estima que generaría una potencia de 200 MW y contribuiría a la disminución de unas 130 mil toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al año (CELEP, 2019).

En el año 2021, la Corporación Eléctrica del Ecuador, determinó que el terreno apto para potencial fotovoltaico en el Ecuador era de 23.819,76 Km<sup>2</sup>, es decir, el 9,3% del territorio nacional (CELEP, 2019); ver figura 14.

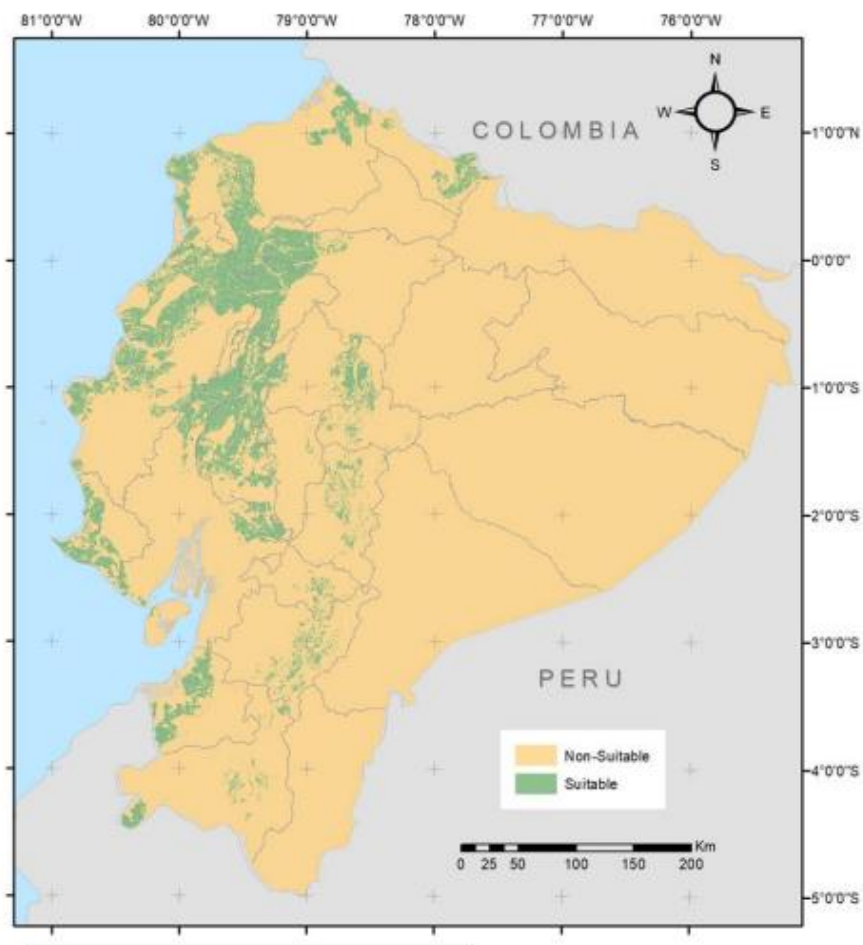


Figura 14 Fotovoltaico en Ecuador

*Fuente: (Corporación Eléctrica del Ecuador, 2021)*

Estudios han mostrado un alto potencial de implementar sistemas de paneles fotovoltaicos que permitan generar electricidad y sean un aporte a la matriz energética del país. En la tabla 19 varios proyectos que se pueden desarrollar en el mediano a largo plazo.

Tabla 19 Posibles proyectos fotovoltaicos en Ecuador

PROYECTO	PROVINCIA	POTENCIA (MW)	ETAPA
Fotovoltaico	Carchi	90	Inventario
Fotovoltaico	Imbabura	90	Inventario
Fotovoltaico	Pichincha	90	Inventario
Fotovoltaico	Cotopaxi	90	Inventario
Fotovoltaico	Chimborazo	90	Inventario
Fotovoltaico	El Oro	90	Inventario
Fotovoltaico	Loja	30	Inventario
Fotovoltaico	Loja	200	Inventario
Fotovoltaico	Loja	200	Inventario
Fotovoltaico	Santa Elena	60	Prefactibilidad
Fotovoltaico	Azuay	200	Prefactibilidad

Fuente: (Corporación Eléctrica del Ecuador, 2021)

Ecuador dispone de 34 centrales fotovoltaicas generadoras de electricidad; ver ANEXO IV.

### **Bioenergía.**

En Ecuador es factible la producción de biomasa, debido a que tiene acceso diferentes recursos como lo son los agrícolas, los pecuarios y los forestales necesarios para obtener la suficiente materia orgánica y generar energía limpia y renovable (Atlas Biométrico del Ecuador, 2014).

Una característica fundamental de la biomasa son sus propiedades físicas y químicas, ya que, dependiendo del tipo de residuo, el proceso de conversión a energía es diferente.

Por ejemplo, cuando los residuos vegetales contienen menor nivel de humedad, se los pueden hacer uso de procedimientos de combustión directa o procesos termoquímicos, mientras que residuos de actividades avícolas, porcinas o vacunas que contienen un grado alto de humedad, se los puede utilizar en biodigestión con producción de gas (Atlas Biométrico del Ecuador, 2014).

En las tablas 20 y 21 se visualizan los tratamientos de transformación de biomasa a energía y sus propiedades físicas, respectivamente.

Tabla 20: Transformación de biomasa a Energía

<b>A PARTIR DE BIOMASA SECA</b>		<b>A PARTIR DE BIOMASA HÚMEDA O SECA</b>	
<b>PROCESOS TERMOQUÍMICOS</b>		<b>PROCESOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS</b>	
<b>COMBUSTIÓN</b>	CALOR	<b>FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA</b>	BIOETANOL
	ELECTRICIDAD		
<b>GASIFICACIÓN</b>	GAS POBRE	<b>TRANSESTERIFICACIÓN Y ESTERIFICACIÓN</b>	BIODIESEL
	GAS DE SÍNTESIS		
	METANOL		
<b>PIRÓLISIS</b>	CARBÓN VEGETAL	<b>DIGESTIÓN ANAEROBIA</b>	METANO
	ACEITE DE PIRÓLISIS		
	BREA VEGETAL		
	GASES NO CONDENSADOS		

Fuente: (Corporación Eléctrica del Ecuador, 2021)



Tabla 21: Fuentes de biomasa en Ecuador

FUENTE	TIPO DE RESIDUO	ESTADO FÍSICO	HUMEDAD
<b>RESIDUOS FORESTALES</b>	Restos de serrío: Corteza, aserrín, astillas	Polvo sólido	30 - 45%
	Restos de ebanistería: aserrín, trozos, astillas	Sólido	Baja Humedad
	Restos de plantaciones: Ramas, corteza, raíces	Sólido	Menos del 25%
<b>RESIDUOS AGROPECUARIOS</b>	Cáscara y pulpa de frutas y vegetales	Sólido	Muy Húmedo
	Cáscara y polvo de granos secos	Polvo	Menos del 25%
	Estiércol	Sólido	Muy Húmedo
	Tallos, hojas, cáscaras, maleza, pastura	Sólido	Mayor al 55%
<b>RESIDUOS FORESTALES</b>	Pulpa y cáscara de frutas y vegetales	Sólido	Moderadamente húmedo
	Residuos de procesamiento de carne	Sólido	Muy Húmedo
	Aguas de lavado de carnes y vegetales	Líquido	N/A
	Grasas y aceites vegetales	Líquido, gaseoso	N/A

Fuente: (Corporación Eléctrica del Ecuador, 2021)

Los estudios prevén que los recursos de biomasa en Ecuador estarían alrededor de los 18,4 millones de toneladas por año, incluyendo los sectores agrícolas con productos como arroz, café, cacao, banano, palma africana, maíz, palmito, piña, caña de azúcar y plátano, el sector pecuario con productos derivados de las actividades porcina, vacuna y avícola y por último el sector forestal. Con este recurso el potencial energético está estimado en 230.959 TJ por año, es decir, una potencia de 12.700 GWh por año (Atlas Biométrico del Ecuador, 2014).

La tendencia marca que el uso de la bioenergía dependerá de los costos de la materia prima y la tecnología a ser utilizada para su conversión; aun así, Ecuador dispone con un gran potencial de recurso bioenergético a ser explotado.

En Ecuador se ha implementado tres centrales con biomasa, específicamente con la generación de energía a partir del bagazo de caña de azúcar. La central San Carlos la cual genera una potencia de 73,60 MW, la Central Ecoelectric una potencia de 35,20 MW y la central Ecudos A-G una potencia de 27,60 MW (MINEM, 2020).

### **Propuestas de mejora a través de energías no renovables**

La demanda de energía primaria en la tierra está marcada por los bienes fósiles, los datos registrados para el año 2020 marcaban que el 84,3% del uso total de energía se atribuía a estos recursos, del cual, el 33,1% representaba el sector petrolero, el 24,2% al gas natural y 27% al uso del carbón; y, las hidroeléctricas, plantas nucleares y fuentes renovables representaban el 15,7% (Marco Nacional de Cualificaciones, CPIP, & ACIPET, 2021).

En los últimos sesenta años, son varios los aspectos que ha caracterizado la demanda energética del Ecuador. Como ya menciono, hasta 1970 la energía provenía de biomasa como el carbón o la leña y los ingresos económicos el país dependerá en su mayoría de las exportaciones de cacao y banano; pero Ecuador no encontraba rumbo con una economía de pobre crecimiento y poco incremento del ingreso per cápita y desarrollo social.

Con el boom petrolero después de 1970, se refleja un crecimiento sostenido; la explotación petrolera derivó en el crecimiento de una débil industria nacional, fomentó el desarrollo de las ciudades y aumentó la demanda del sector de transporte. Su importancia es tan marcada que la matriz energética del Ecuador sentó sus bases en la producción de petróleo a gran escala.

A medida que pasaban los años, la inversión en pozos exploratorios aumentaba, poco a poco se introducían más campos petroleros del oriente ecuatoriano a la producción nacional de crudo y la inversión extranjera se hacía presente en varios proyectos petroleros. Sin duda alguna, la industria tuvo un crecimiento constante y en el presente, la producción de petróleo representa más del 50% de la economía nacional.

Con la extracción de crudo del Bloque ITT en sus primeros picos de producción (50 Mbbls diarios) y con estimaciones a producir alrededor de 80 Mbbls de petróleo diario, y con zonas

como Pungarayacu con grandes reservas de petróleo pesado por explotar, nuestro país dispone de reservas para 30 años.

Otros datos se enfocan en las reservas de gas para unos 60 años y la del carbón para 120 años. Estos datos son un incentivo para explotar los yacimientos y aprovechar las reservas de hidrocarburo que dispone el país.

Sin embargo, la dependencia total de recursos fósiles conlleva una serie de problemas que se deben mitigar. Un caso en particular son los subsidios que representan una fuente de inversión para el Estado ecuatoriano.

Hoy en día la producción de petróleo no abastece a la demanda nacional debido a varios contratos por cumplir donde se destina parte de la producción para exportaciones, y con las refinerías operando a una capacidad del 70%, el Estado está obligado a importar petróleo y derivados y así cubrir la demanda energética nacional.

Para enero y febrero del año 2023, las importaciones de derivados de crudo ascendían a un valor de \$ 1.135 millones, mientras que las exportaciones de crudo llegaron a \$ 1.137 millones. Por otro lado, la creciente demanda de derivados de petróleo se debe en gran medida al sector eléctrico, ya que, por la temporada de estiaje, el consumo de combustible se ha incrementado en un 150% (Diario El Universo, 2023).

Los últimos gobiernos ecuatorianos han incrementado las políticas orientadas a minimizar las fuentes de energías que consumen derivados de petróleo y reemplazarlas con energías renovables, en su gran mayoría con proyectos hidroeléctricos, la dependencia de petróleo y agua no garantiza la seguridad energética. Diversificar las fuentes de energía y potenciar la matriz actual, permitiría contrarrestar en gran parte los riesgos a nivel económico, social y ambiental generados por el desabastecimiento de fuentes generados de energía y proveer de una seguridad energética en el mediano a largo plazo.

Con estos antecedentes, las alternativas de mejora a la matriz productiva del país, considerando que el potencial a ser explotado de petróleo aún es grande, además, que los recursos en energías renovables en el país no representan un gran potencial y que los proyectos actuales de este tipo generan varias problemáticas es pertinente potenciar los procesos de explotación petrolera como una salida a los actuales problemas económicos.

Este estudio se desarrolló sobre la base de los proyectos que en la actualidad se esperan incorporar en países de la región que presentan problemáticas similares a los de Ecuador, además, se analizó como otros países potenciar aún su matriz energética de base petrolera.

### **Iniciativas hacia la transformación de la matriz productiva**

El aumento de la presión social y ambiental hacia la industria petrolera en el mundo, ha marcado la transición energética como un factor importante hacia el futuro de la matriz productiva de cada país. Además, la industria de petróleo y gas han marcado tendencias de transiciones en sus procesos de extracción de crudo que contribuyan a la disminución de gases de efecto invernadero, y que generen beneficios como reducción de costos, mayor eficiencia, productividad y seguridad en las operaciones. Esto marca que la industria sin duda alguna está transformado su panorama a nivel mundial con la inmersión de nuevas tecnologías.

Para contextualizar este panorama, se toma como referencia a países de la región como Perú y Colombia.

### **Panorama de la Matriz Energética de Perú**

El panorama actual del sector hidrocarburífero del Perú está sujeto a varios escenarios. Mientras la producción de hidrocarburo y la venta de derivados ha sufrido un aumento en los últimos años, la producción de gas natural ha experimentado una caída debido a paralizaciones de plantas por mantenimiento y menor volumen de inversión.

La generación eléctrica en 2022 incluyó 50,8% hidroeléctrica, 44,3% termoeléctrica, 3,44% eólica y 1,46% solar. En el período 2019-2023, el COES (Consejo Económico y Rector de los Sistemas de Interconexión Nacional) aprobó 61 proyectos de generación de energía no convencional, de los cuales la mitad (30) son proyectos de aerogeneradores y la otra mitad (31) son proyectos de energía solar.

En lo referente a las reservas de hidrocarburos. La Selva Peruana, en especial la selva norte, contiene el mayor nivel de reservas de hidrocarburos. Para el año 2019, las reservas de petróleo y líquidos de gas natural se ubicaban en 348.7 MMSTB (millones de barriles fiscalizados a condiciones estándar) y 493.2 MMSTB, respectivamente, derivado de estudios geológicos y actividades de perforación. Para el año 2022, la producción nacional alcanzó un pico de 38,603 barriles de petróleo (Pacific Credit Rating, 2021)

En otro contexto, existen factores internos que han generado barreras para potenciar la industria petrolera, muchas de ellas relacionadas con impuestos elevados, inestabilidad política, y deficiente manejo en la seguridad del personal. La industria petrolera en general solo se maneja con diez compañías encargadas a la producción de petróleo y, en 2021 se cerraron 32 contratos para exploración y explotación; sin embargo, por aspectos sociales, solo 6 de los contratos se encuentran en fase exploratoria y 4 se encuentran en fase de explotación (Pacific Credit Rating, 2021).

Otros proyectos que el Estado busca potenciar para brindar la seguridad del suministro eléctrico, es el sistema de transporte de gas por medio de la construcción de un gasoducto; se espera empiece en el año 2024 (Pacific Credit Rating, 2021).

La inestabilidad de la industria petrolera en Perú, en el entorno local por la disconformidad del usuario común que no ha parado, generando paros de gremios de transportistas por los elevados precios de los combustibles, obligar al Estado a exonerar impuestos a ciertos combustibles. Aun así, las ventas de combustibles, sobre todo de diésel y gasolina, en 2021 se incrementaron en un 21.4%, impulsando la actividad económica en el mercado vehicular (Pacific Credit Rating, 2021).

Es claro que la industria pasa por un momento difícil, donde la inestabilidad política no ha permitido un desarrollo sostenido, la falta de inversión extranjera es otro factor preponderante ante la disminución de la producción de gas, plantas que paran por falta de mantenimiento generan problemas sociales y económicos que el Estado debería mitigar. Por último, los conflictos sociales con comunidades locales son aspectos que necesitan un plan de acción inmediato ya que, de lo contrario, la industria seguirá siendo afectada sobre medida y el desarrollo nacional se estancará.

En Perú, El Ministerio de Energía y Minas dio paso al plan de reubicación del COES para 2023-2032. Esto conforma un total de 20 proyectos de compromiso por un montón total de \$ 905 millones, que se espera inicien en el año 2028.

### **Panorama de la Matriz Energética de Colombia**

Colombia se ha consolidado como uno de los líderes mundiales en la transición energética, ubicándose en el cuarto lugar a nivel Latinoamérica según el ranking NEF de Bloomberg. Esto

se debe a los avances regulatorios destinados a promover el desarrollo de inversiones en ámbito petrolero y las energías renovables en el país.

La industria petrolera colombiana, ha sido cambiante. Con varias crisis mundiales que generaron en altas tasas de desempleo y poca inversión en proyectos. Para el año 2003 el número de pozos perforados eran menos de 30, sin embargo, con un aumento en la inversión, este número paso a ser más de un centenar por año entre 2010 y 2014. Con la crisis que se generó en el año 2015 con la caída del precio del petróleo, la demanda de pozos perforados decreció nuevamente a un promedio de 39 por año (Marco Nacional de Cualificaciones, CPIP y ACIPET, 2021).

El cambio de esta tendencia se marca en 2019, con los precios de petróleo más estables entre los 65 y 70 dólares, la reactivación del sector petrolero avanzó considerablemente generando nuevas políticas internas con 31 proyectos que abordaban la exploración y producción de petróleo, inversión en exploración y producción de yacimientos offshore, la explotación de yacimiento no convencionales todo esto con un crecimiento sostenido y que defendían la autosuficiencia energética y la estabilidad económica del país (Marco Nacional de Cualificaciones, CPIP y ACIPET, 2021).

Las estimaciones del potencial petrolífero de Colombia se sitúan en más de 37 mil millones de barriles, los cuales se encuentran distribuidos en 18 cuencas y una gran ventaja es que cuenta con el 89% de área total de esas cuencas para realizar los procedimientos de exploración y producción de petróleo y de gas natural. Siendo este último de suma importancia para la economía nacional con 1000 millones de pies cúbicos diarios lo que dio paso a reactivar la economía del país (Marco Nacional de Cualificaciones, CPIP, & ACIPET, 2021).

Otros datos de importancia sitúan a las reservas probadas de petróleo y reservas probadas gas en 2.036 millones de barriles (MBB) y 3.149 gigas pies cúbicos (GPC), respectivamente, con una vida útil de extracción de 6,3 años en promedio de petróleo y 8,1 años de gas. Es aquí donde radica el acelerado proceso en implementar las tecnologías necesarias para aprovechar el recurso hidrocarburífero en mayor cuantía.

La estrategia está enfocada hacia un aumento de reservas y producción bajo la primicia de la exploración, factor de recobro, los yacimientos no convencionales, la internacionalización y en el documento CONPES 4075 se estableció una política de transición energética con el objetivo acelerar la integración de las energías renovables a la matriz energética. Asimismo, en 2021

se promulgó la Ley 2099 para otorgar incentivos fiscales a proyectos de investigación, producción y desarrollo. Así como promover la exploración e investigación de recursos geotérmicos y otros proyectos de energía no convencional. además, establecer la producción de hidrocarburos de ciclo corto. Para ello, se deben implementar tecnologías de innovación para garantizar la sostenibilidad de la industria, considerando las condiciones fluctuantes del mercado petrolero (Marco Nacional de Cualificaciones, CPIP y ACIPET, 2021).

En lo referente a la sección de exploración y producción, la estrategia se divide en dos partes. La primera enfocada al ámbito nacional con el desarrollo de activos de gran potencial con proyectos pilotos de investigación integral de Yacimientos no Convencionales; esto representa el 78% de las inversiones estratégicas. El 22% restante corresponde al posicionamiento a nivel internacional con inversión y proyectos exploratorios en cuencas de un alto grado de interés en Estados Unidos, México y Brasil (Marco Nacional de Cualificaciones, CPIP y ACIPET, 2021).

En el ámbito internacional, Ecopetrol ha llegado a una alianza estratégica con OXY (Occidental Petroleum Corporation), para en conjunto desarrollar Yacimientos no Convencionales en la cuenca Permian en Texas, Estados Unidos y es considerada la de mayor producción de crudo en el mundo. El objetivo de esta alianza es incrementar los conocimientos tecnológicos en desarrollo y explotación de yacimientos no convencionales. Con México, la estrategia es la exploración de aguas profundas del Golfo de ese país, para esto, la operadora Ecopetrol firmó un acuerdo con la Empresa Chevron con el fin de ingresar al bloque 727 del Cañón de Mississippi. Para el año 2019, ya habían participado en la perforación del pozo Esox-1 donde encontraron crudo liviano. Y, por último, Brasil está fundamentada en la participación de rondas exploratorias y la incorporación de activos. Con este fin, Ecopetrol adquirió el 30% de los derechos, obligaciones e intereses del descubrimiento de hidrocarburos en el Gato do Mato, en Presal, Brasil, considerado como una de las zonas de mayores recursos de hidrocarburos en el mundo. Con este acuerdo, Ecopetrol incorporará a sus recursos contingentes alrededor de 90 millones de barriles de petróleo liviano con lo que podrá balancear su matriz de producción actual (Marco Nacional de Cualificaciones, CPIP y ACIPET, 2021).

Por consiguiente, la energía hidroeléctrica es una de las energías no renovables más utilizadas en este país. A esto se suman la energía solar con un total de 192 proyectos (que equivalen a un total de 7.748 MW) y la eólica con 21 proyectos (que equivalen a un total de 6.671 MW).

Con relación a esto último, Colombia se unió recientemente a la Alianza Global para la Energía Eólica Marina.

La capacidad neta efectiva de la matriz energética de Colombia en 2022 fue de 18.777 MW con el inicio de 25 proyectos de generación eléctrica, un incremento de 5,7% respecto a 2021 de los cuales el 31,59% es de origen térmico (gas natural, crudo, carbón, diésel (ACPM), fuel oil, Jet-A1, bagazo, biogás), el resto de la matriz energética está integrada por hidroeléctrica (66,83%), solar (1,49%) y eólica (0,09%) (Leturia J. , 2023).

De esta manera, las entidades gubernamentales esperan garantizar la seguridad energética de los colombianos, con la ayuda de nuevas tendencias tecnológicas, contemplan aprovechar los recursos actuales y diversificar su matriz energética actual. Todos los objetivos están enfocados a consolidar los recursos convencionales, pero de una manera responsable con el cambio climático, que asegure el suministro energético en corto, mediano y largo plazo y que constituya a la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.

### **Alternativas de mejora hacia el año 2030**

Una vez contextualizadas las realidades en los países vecinos, analizando los proyectos desarrollados en Colombia y Perú en comparación con la matriz productiva actual en el Ecuador, se desarrollaron alternativas para mejorar la matriz energética ecuatoriana.

Un análisis de los recursos renovables existentes en el país iniciará y facilitará la cimentación de diversas plantas que utilicen diferentes energías, tales como: la hídrica, la solar, de biomasa, geotérmica y eólica.

En la actualidad, se encuentran en desarrollo cinco centrales hidroeléctricas, además de diferentes proyectos en etapa piloto y de integración a la red nacional. Por el momento, el proyecto más grande en Ecuador a la fecha es la central eléctrica Coca Codo Sinclair de 1.500 MW.

Se espera que la construcción de nuevas centrales hidroeléctricas genere 45.661 GWh de electricidad para 2030, sentando las bases para la generación de energía renovable en el país, que representa el 56,9% del sector.

En este proyecto se plantea que la energía solar pueda ser el segundo pilar de generación eléctrica en el país, debido al gran potencial de este recurso, además la tecnología se encuentra en apogeo y se están abasteciendo por costes de producción e instalación. Se



pretende instalar 7.755 MW con una generación de 19.729 GWh hasta el año 2030 y con una inversión 16.197 millones de dólares norteamericanos. Los proyectos contemplan granjas fotovoltaicas y centrales termo-solares al sur de país; pero sobre todo la participación del sector domiciliario y comercial en la implementación de esta tecnología, con el fin de autoabastecerse de energía, quitar un peso económico al estado ecuatoriano e incentivar una conciencia energética en el cual la ciudadanía juega un papel importante en consumo y generación de energía que permitan el desarrollo de una nación además del respeto al medio ambiente (Aguirre, 2017, p.48).

La tercera fuente de generación de energía eléctrica puede desarrollarse mediante biomasa, ya que Ecuador es un país agrícola, siendo su segundo mayor rubro la exportación de estos productos. Para esto, se propone desarrollar centros de acopio de desechos agrícolas y pecuarios para la generación eléctrica mediante la incineración de estos o la producción de biogás para potenciar generación de energía. Esto permitirá la creación de nuevas fuentes económicas para la agricultura ecuatoriana, así como promover el uso de energías renovables en las zonas rurales de Ecuador. (Aguirre, 2017, p.48).

Los rellenos sanitarios municipales también serán utilizados para generar energía eléctrica a partir de la producción de biogás, lo que permitirá diversificar las fuentes de energía en las ciudades del país. Juntos, contribuirán a una mejor gestión de los residuos sólidos municipales que actualmente no se tratan para reducir su impacto ambiental. (Aguirre, 2017, p.48).

La implementación de estos proyectos permitirá abastecer paulatinamente al país con 12.979 GWh hasta el 2030, año en que se alcanzará el pico de construcción de todas estas centrales. La inversión estimada en plantas que utilizan todo tipo de biomasa es de US\$ 682 millones. (Aguirre, 2017, p.48).

La participación de centrales eléctricas a base de biogás en el Centro de Gestión de Residuos Municipales será beneficiosa para el Estado ecuatoriano ya que permitirá la inversión de municipios relevantes, inversión extranjera o consorcios. Un claro ejemplo es la ciudad de Cuenca, donde la empresa público-privada EMAC-BGP ENERGY invirtió más de \$2 millones para integrar su primera central eléctrica de 2 MW. Como resultado, estas centrales eléctricas son atractivas por su rentabilidad y bajos costos de inversión. (Aguirre, 2017, p.49).

Por otra parte, este cambio de matriz energética también pretende incluir nuevos tipos de generación eléctrica, para lo cual se prevé la construcción de la primera central geotérmica del

país con una capacidad de 130 MW incrementando a 1,29% de generación eléctrica por medio de la central geotérmica (Aguirre, 2017, p.49). Ver figura 15.

Las centrales geotérmicas son costosas, pero Ecuador, uno de los países con más volcanes del mundo, es un candidato ideal para explotar este recurso. Por estas razones, la Central Geotérmica Chachimbiro podría ser un hito para el país (Aguirre, 2017, p.49).

El último sistema de energía renovable que se invertirá es la energía eólica, que construirá 4 parques eólicos con una capacidad total de 124 MW, lo que representa el 1,1% de la producción eléctrica del país (Aguirre, 2017, p.49). Ver figura 15.

Tabla 22 Incremento de plantas de generación eléctrica con fuentes de energía renovable para alcanzar el BAU (Business as usual) energético 2030.

%	Tipo	Proyectos	Potencia (Mw)	Producción Anual (GWH)	Inversión (M\$)	Posible Funcionamiento
56,9 %	<b>H i d r o e l é c t r i c a s</b>	Coca Codo Sinclair	1500	8.735	2.245,0	2016
		Delsitanisagua	180	1.411	266	2018
		Mazar Dudas	21	125	60	2018
		Manduriacu	65	473	227,0	2018
		Minas San Fransisco	275	1.291	556,0	2018
		Sopladora	4870	11.25	755,0	2016
		Toachi Pilaton	254	1.12	508	2018
		Santiago (G8)	3600	15	5.450,0	2025
		Paute-Cardenillo	596	3.409	876	2023
		Santa Cruz	138	964	208,9	2018
		Quijos	50	355	138	2020
		Due	50	421	138	2025
		Normandía	50	351	130	2025
		Pusuno	40	217	125	2025
		Sabanilla	30	194	118	2025
		Sigchos	19	126	58	2025
Rio Verde Chico	10	83	28	2025		

		Palmira Nanegal	10	77	28	2025		
		San José de Minas	6	37	12	2025		
		Chorrillos	4	23	11	2025		
<b>24,6%</b>	<b>Solar</b>	Fotovoltaico	5500	14520	6050	2018-2030		
		Termosolar	2255	5209,05	10147,5	2018-2030		
<b>16,2%</b>	<b>Biomasa (RSU en capitales Provinciales)</b>	Machala	2	12	2,80	2021		
		Guayaquil	50	310	38	2025-2030		
		Santa Elena	1	6	1,35	2022		
		Portoviejo	2	12	2,80	2020		
		Babahoyo	1	6	1,35	2020		
		Esmeraldas	1	6	1,35	2021		
		Santo Domingo de los Tsáchillas	2	12	2,80	2023		
		Quito	5	39	8	2024		
		Cuenca	2	12	3,50	2020		
		Guaranda	1	6	1,50	2019		
		Azogues	1	6	1,50	2020		
		Tulcán	1	6	1,50	2020		
		Laatacunga	1.5	6	1,50	2018		
		Riobamba	1	6	1,50	2020		
		Ibarra	1	6	1,50	2015		
		Loja	2	12	1,50	2025		
				Resto de ciudades	100	6831	108	2025
				Agrícola	100	5680	500	2027
				Pecuario	48	56		
<b>1,29</b>	<b>Geotérmico</b>	Chcachimbiro	130	1040	250	2027		
<b>1,1%</b>	<b>Eólico</b>	Guairapamba	50	380	60	2020		
		Salinas Ibarra	12	95	12	2019		
		Villonaco II	12	95	14,4	2023		
		Membrillo- Ducal	50	339	60	2028		
<b>100%</b>	<b>TOTAL</b>		<b>20.098</b>	<b>80.374</b>	<b>29.213</b>			

Fuente: (CENACE, 2022)

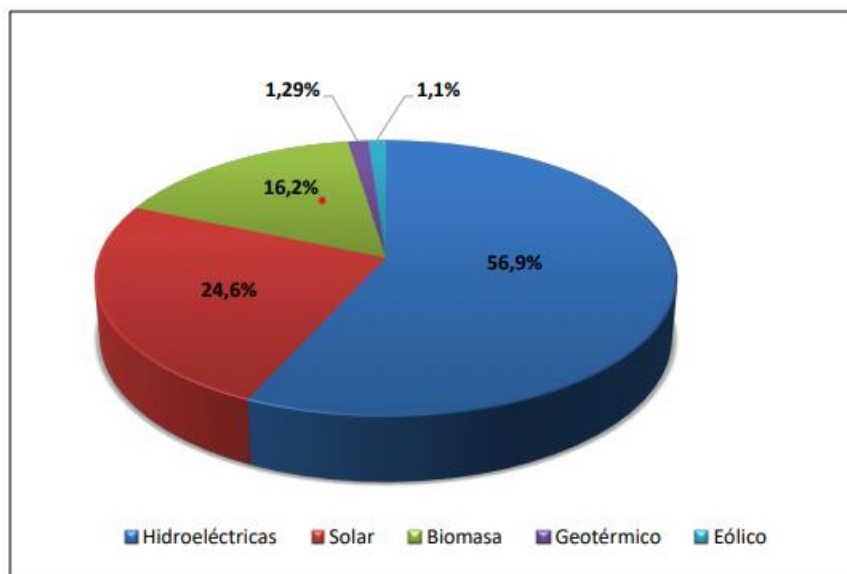


Figura 15 Energía adicional cubierta con energía renovables hasta el 2030

Fuente: (CENACE, 2022)

Es importante tener en cuenta que los recursos energéticos derivados de la explotación petrolera son base fundamental en el desarrollo de un país, así mismo, incorporar a la industria nuevas tecnologías potenciará los procesos de extracción y contribuirá a la disminución de problemas ambientales y sociales como la emisión de gases de efecto invernadero.

De igual manera, incorporar los recursos naturales renovables en forma de energía a la industria, permitirá el crecimiento en conjunto de la matriz productiva del Ecuador.

Desde la perforación del primer pozo petrolero hasta la actualidad, la industria ha venido creciendo de manera sostenida, es indudable que, al pasar de los años, los avances tecnológicos han permitido realizar procesos de extracción de crudo de manera más eficiente y hoy en día, la industria petrolera no está exenta de la revolución tecnológica que experimenta el mundo.

Aunque en las últimas décadas la participación del petróleo como uso de energía primaria ha disminuido, sigue siendo junto al gas, la fuente principal de energía, sumando entre los dos el 57,3% de los sistemas energéticos alrededor del mundo. Sin embargo, son evidentes las transiciones de las matrices productivas, sobre todo con el esfuerzo de los gobiernos en tratar

de reducir los problemas socio ambientales (Marco Nacional de Cualificaciones, CPIP, & ACIPET, 2021).

De esta manera, se detallan a continuación varios lineamientos que son factibles seguir en busca de alternativas a la potencial diversificación de la matriz energética del Ecuador.

### **Potencial del Gas Natural en Ecuador**

Otra de las alternativas para potenciar la matriz energética del Ecuador, es la producción de gas natural. Su importancia está basada en el impacto ambiental, ya que, al generar una combustión más completa y limpia, las emisiones de óxidos de carbono son muchos menores en comparación con otras fuentes hidrocarburíferas.

Mientras que, al hablar de las emisiones de óxidos de nitrógeno generados por los derivados de petróleo, el gas natural reduce en un 35% estos valores de contaminación. Por último, las emisiones de dióxido de carbono se reducen en un 20%.

A pesar que los yacimientos más importantes del país se encuentran localizados en la región amazónica, los reservorios no poseen casquetes de gas libre, generalmente, este gas viene disuelto en el crudo. Sin embargo, en la región del Golfo de Guayaquil, exactamente en el Campo Amistad, Ecuador cuenta con un potencial importante de reservas de gas natural.

La última estimación de reservas del Campo Amistad se situaba en 167.000 MMPC, sin embargo, el gran problema radica en la falta de inversión. Las últimas campañas de perforación se realizaron en el año 2015, de ahí en adelante, la producción del campo ha ido disminuyendo considerablemente. Las investigaciones marcan un panorama nada favorable para este sector, ya que, si no se toman acciones a tiempo, la caída de producción persistirá y el campo dejaría de ser rentable para el año 2028, lo que ocasionaría el cierre de operaciones por parte de Petroecuador EP en esa zona.

Otros efectos que generaría esta disminución en la producción de gas natural, es el incremento en gastos derivados por la importación de diésel para cubrir la demanda local. Dados estos antecedentes, se hace imprescindible la inversión en el Campo Amistad en corto a mediano plazo.

## **Transforma la industria petrolera hacia la era digital**

Los últimos años han estado marcados por las fluctuaciones constantes en el precio del petróleo, iniciativas contra los efectos del calentamiento global y los avances que permitan realizar una transición energética de manera sustentable. Esto ha llevado a la industria hidrocarburífera a enfocar sus estrategias a potenciar la eficiencia de todos los procesos que conllevan la extracción y producción de hidrocarburo, marcando la tendencia las tecnologías digitales en base al análisis de datos de forma avanzada (Marco Nacional de Cualificaciones, CPIP y ACIPET, 2021).

La manera en que ahora se toman las decisiones deben ser de manera rápida y acertadas, para ello, el internet 5G de alta velocidad, el procesamiento de enormes cantidades de datos o Big Data, herramientas de visualización avanzada y computación en la nube, marcan las tecnologías orientadas a la planificación integrada en proyectos que contribuyan al incremento de reservas, disminución de costos operacionales y aumento de ingreso neto de dinero. De igual manera, estas tecnologías están enfocadas en la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero (Marco Nacional de Cualificaciones, CPIP y ACIPET, 2021).

Para la etapa de exploración y producción de petróleo y gas, las tecnologías implementadas se enfocan en la optimización de la evaluación del subsuelo para obtener un mayor éxito en la etapa inicial y así estimar las reservas de petróleo y gas con un mayor grado de probabilidad. La forma de hacerlo es por medio de las tecnologías antes mencionadas, estas permiten analizar una mayor cantidad de datos y procesarlos de mejor manera.

Para la etapa de producción, se han desarrollado aplicaciones capaces de seleccionar el proyecto a seguir que sea más rentable y así reducir tiempo en la transición de la fase de exploración a la fase de producción, estos son conocidos como Machine Learning. Lo que se busca es que cada vez los procesos sean más eficientes, que tanto el diseño como la aplicación de estos sean ejecutados óptimamente.

En la fase de operaciones de producción, donde el mantenimiento de equipos y herramientas juega un papel preponderante, el Machine Learning permite optimizar este proceso a través de la digitalización de datos y permite en el tiempo adecuado, ejecutar los planes de mantenimiento preventivo, lo que genera una optimización en las operaciones de producción (Marco Nacional de Cualificaciones, CPIP y ACIPET, 2021).

Por último, los avances digitales han permitido disminuir los riesgos laborales a través de la implementación de diseños robóticos y gemelos digitales capaces de realizar operaciones con un alto grado de precisión, de esta forma se disminuye en gran medida la exposición del ser humano a operaciones riesgosas y se mejora la calidad laboral (Marco Nacional de Cualificaciones, CPIP y ACIPET, 2021).

### **Implementar proyectos de recobro mejorado**

Una forma rentable para extraer una mayor cantidad de petróleo contenido en el yacimiento, es por medio de los proyectos de recobro mejorado o EOR. La forma de hacerlo es muy variada ya que se pueden utilizar métodos de recuperación por medio de inyección química, es decir, polímeros, surfactantes entre otros, también existe el desplazamiento de hidrocarburo por medio de la inyección de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y, por último, la inyección de vapor. Es importante mencionar, que el tipo de método a utilizar depende mucho de las características físico químicas del yacimiento, es decir, de su temperatura, presión, características de los fluidos, etc.

En Ecuador existen varios campos que fueron destinados como idóneos para realizar proyectos de recuperación mejorada de petróleo, estos campos fueron: Oso – Yuralpa, Palo Azul, Coca – Payamino, Gacela, Lobo y Edén Yuturi. Se estimó que, por medio de estas tecnologías, el factor de recobro aumentaría de un 20% a un 36% (Gutiérrez, 2019).

Tomando datos del Campo Coca – Payamino en el año 2018, por medio de la implementación de proyectos EOR, lograron incrementar el factor de recobro de un 16% a un 34%, así mismo, la presión de reservorio aumentó de 1250 psi a 1500 psi. Lo que representa la gran utilidad de desarrollar proyectos de este tipo en campos con gran potencial (Gutiérrez, 2019).

### **Desarrollo de Yacimientos no Convencionales**

Como se mencionó con anterioridad, Ecuador tiene un gran potencial en yacimientos no convencionales, Pungarayacu es un claro ejemplo de esto. Siendo la cuenca de mayor reserva de petróleo en el Ecuador con un aproximado de petróleo original en sitio de 6.400 MMbbls de petróleo, podría contribuir en gran medida a la potenciación de la industria petrolera si sus reservas son extraídas de manera eficiente.

El camino hacia la transición energética se podría afianzar si la explotación de estos recursos se convierte en un tema estratégico, con la extracción de estos recursos fósiles se contribuiría

en gran medida a la base energética actual. Sin embargo, es importante planificar de manera segura y adecuada la extracción de estos recursos, ya que involucra temas sociales y ambientales con las comunidades asentadas en esas áreas (Marco Nacional de Cualificaciones, CPIP y ACIPET, 2021).

Otro beneficio importante para el país, sería el incremento de plazas de trabajo ya que para implementar las tecnologías necesarias en este tipo de operaciones se requerirá de un gran número de profesionales de la industria que brinden sus conocimientos para realizar con éxito estos megaproyectos.

En general, es un reto importante para el ingeniero en petróleo adaptarse a todas estas transiciones tecnológicas que están siendo aplicadas en yacimientos no convencionales. Los conocimientos se deberán incrementar tanto en caracterización de yacimientos, geomecánica, fracturamiento hidráulico, modelamientos y simulación de pozos horizontales y técnicas de perforación acordes a la situación que enfrenten.

A su vez, esto debe ser llevado de la mano con las innovaciones tecnológicas aplicadas a programación y el análisis de grandes cantidades de datos, y, por último, la tendencia que hoy en día está marcando el camino a seguir, la cual es inteligencia artificial.

### **Modificación de la estructura de la matriz energética por medio de modelos tecnológicos actuales.**

La realidad marca que el sector de petróleo y gas seguirán siendo importantes en la demanda energética mundial, por esta razón la transición energética a seguir es aquella en la que se realicen los procesos de extracción con la menor cantidad de emisión de carbono. Es indudable el desarrollo de las energías renovables, especialmente en Estados Unidos y Europa marcan la tendencia mundial. Gracias a ello, se espera que Latinoamérica siga el mismo camino.

La industria del sector de petróleo y gas deben cambiar su imagen negativa y pasar a ser una solución real a las preocupaciones y problemas del medio ambiente que azotan al mundo en la actualidad. Bajo esta consigna, las compañías del sector hidrocarburífero se han ido inmiscuyendo en los desarrollos tecnológicos que permitan disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, sobre todo, aquellos que buscan la potenciación de la eficiencia energética en todos sus procesos. Esto se ve reflejado con la inclusión de energías renovables en los procesos de exploración y explotación y en los procesos de captura de carbono para un



posterior uso y almacenamiento. Otra tendencia está encaminada a la disminución de quema de gas y venteo de dióxido de carbono (Marco Nacional de Cualificaciones, CPIP y ACIPET, 2021).

Dentro de las tendencias que han encaminado a la industria a un mejoramiento de la eficiencia energética se encuentran los procesos de la etapa inicial de exploración y explotación, tales como:

- Eficiencia del consumo de energía en las instalaciones.
- Sistema de turbinas, compresores, motores y bombas de mayor eficiencia.
- Disminución de fugas de gas metano en las facilidades de superficie.
- Implementación de fuentes de energías renovables como eólico, solar o biomasa, para suministrar energía eléctrica a las facilidades del pozo y sistemas de perforación.
- Utilización de fuentes de energías renovables a los sistemas de levantamiento artificial.
- Para los proyectos de recuperación secundaria con inyección de agua, existen varias alternativas relacionadas con el suministro de energía por medio de generadores eólicos o fotovoltaicos.
- Por último, la energía solar también puede ser utilizada por medio de generadores de vapor en procesos de recobro mejorado.

Estas alternativas se hacen necesarias bajo la inminente premisa de reducción de costos de operaciones y el aumento de implementar energías renovables amigables con el medio ambiente en las operaciones de exploración, explotación, producción y transporte de hidrocarburos. De esta manera se crean alternativas de diversificación a la matriz energética del país.

### **Ventajas y Desventajas de los cambios en la estructura de la Matriz Energética del Ecuador**

La premisa de la transformación de matriz productiva debe estar enfocada en la diversificación y potenciación de los sectores estratégicos. Los objetivos deben estar encaminados a incentivar a la sociedad a generar mayor conocimiento sobre el uso de tecnologías que sean

respetuosas con el medioambiente, y al mismo tiempo, estas permitan el incremento de productividad existente.

El presente estudio busca marcar una tendencia a seguir de que sectores podrían contribuir en el mediano a largo plazo en la diversificación y potenciación de la matriz energética actual. Tomando en cuenta que unos de los principales motores de la industria nacional, el sector petrolero, ha buscado impulsar el cambio de la matriz productiva con el fin de mejorar sus procesos de extracción y generar mayores réditos económicos para el país.

Con los antecedentes expuestos en esta investigación, se detallan a continuación las ventajas y desventajas del cambio de estructura en la matriz energética del Ecuador.

### **Ventajas**

- ❖ Aprovechamiento del potencial de recursos energéticos que tiene Ecuador.
- ❖ Diversificación de las fuentes de energías renovables con potencial a ser explotadas en el Ecuador.
- ❖ Potenciación de la industria petrolera con la inmersión de nuevas tecnologías.
- ❖ Reducción del balance de carbono y disminución en la emisión de gases de efecto invernadero.
- ❖ Beneficio a la mano de obra ecuatoriana.
- ❖ Desarrollo del país en todos los sectores.
- ❖ Innovaciones tecnológicas que sirvan de modelo para otros países de la región.
- ❖ Competitividad en el mercado internacional con productos propios.
- ❖ Al potenciar la industria petrolera, se generaría una reducción de importaciones de derivados de petróleo.
- ❖ Al desarrollar la industria nacional se incrementarían los rubros de las exportaciones.
- ❖ Mayor ingreso económico a las arcas del estado.
- ❖ Desarrollo sustentable del país en el mediano a largo plazo.

## **Desventajas**

- ❖ Generar mayor inversión para desarrollar la industria nacional.
- ❖ Inestabilidad por la falta de seguridad política y jurídica del país.
- ❖ Inversiones en capacitación a mano de obra ecuatoriana para implementar tecnologías que contribuyan al desarrollo de la industria.
- ❖ Adaptarse a una transición de la matriz energética llevará un tiempo prolongado.
- ❖ Si los recursos económicos no son utilizados correctamente, podría afectar a otros sectores básicos del país.

## **3.2 Conclusiones**

- El TIC se realizó con la finalidad de proponer opciones y/o alternativas de mejora para potenciar la diversificación de la matriz energética de Ecuador a través de energías limpias, notando que la matriz sienta sus bases en los recursos fósiles. Una opción es, implementación de la tecnología solar puede ser el segundo pilar de la producción eléctrica en el país, todo esto gracias a su potencial de captación.
- Históricamente el sector hidrocarburífero ha sido la base de la economía nacional y, ha dinamizado la generación de empleos en varias regiones del país, significando la industria de mayor crecimiento en las últimas décadas.
- Los resultados del TIC muestran que la estructura de la matriz energética ecuatoriana fue analizada por el tipo de fuente, tanto renovables como no renovables en el periodo del 2012 a 2022, llegando a la conclusión que la central hidráulica genera la mayor potencia promedio con 3,971.41 (MW), como fuente renovable, y la central de Motor a Combustión Interna genera 1,895.94 (MW), como fuente no renovable.
- A pesar de las crisis mundiales generadas por las variaciones del precio del petróleo y problemas socio políticos, la industria sigue siendo el motor de la economía nacional en muchos países. En Ecuador, en las últimas décadas, los rubros generados por las exportaciones de petróleo han representado entre el 45% al 55% de la base económica nacional.

- En Ecuador sienta sus bases en la producción de energías primarias, los datos muestran que, en el año 2021, el petróleo representaba el 85,8% del total de este tipo de energías, en menor porcentaje el gas y las fuentes de energías renovables.
- Durante años el principal problema en el Ecuador es el poco crecimiento en la producción de derivados de petróleo; generando que el país deba importar estos recursos para suplir la demanda local, pero a su vez, se genera un mayor gasto a la economía del país.
- En los últimos años, el sector de mayor crecimiento y demanda energética, es el sector del transporte. Provocando un crecimiento del 25,1% y 16,9% del consumo de gasolina y diésel, respectivamente.
- Del análisis estructural en el periodo de los 10 últimos años, se proyecta la Matriz energética al 2030, aplicando un plan de expansión de generación de energía respecto al tipo de central, estableciendo que la fuente hidroeléctrica será de mayor impacto.
- La demanda máxima de potencia en el periodo enero 2013-diciembre 2022, pasó de 3,332.49 a 4,388.06 (MW), registrando un incremento del 31,68%, y, CNEL-Guayaquil la empresa con mayor distribución en diciembre del 2022.
- Uno de los principales problemas del estancamiento de la matriz energética son los factores ambientales, políticos, la falta de inversión y planificación.
- Respecto al Sistema Eléctrico Interconectado Petrolero, la disminución del aporte de energía generada por crudo es ante falta de mantenimientos en las centrales de Auca, Lago Agrio, Palo Azul e Indillana. Sin embargo, se identifica un aumento considerable de generación de energía por diésel debido al ingreso de generación propio en los campos Auca, Sacha, Yuca y Aguarico.
- Un factor importante que se considere es el costo de generación. La tendencia marcada en el aumento del consumo de diésel y la disminución del consumo de gas y crudo para generación de energía en comparación con los últimos dos años (2022-2021), genera un incremento considerable en el costo de generación.
- El análisis de los recursos en el país, permite concluir que una mejora a la matriz es implementar e incentivar la construcción de plantas de energía solar, hidráulica, biomasa, geotérmica y eólica. Se espera que las nuevas centrales hidroeléctricas

entreguen 45.661 GWh cuando se construya entre 2016 y 2030, sentando las bases para la generación de energía renovable nacional que representa el 56,9% del sector.

- Los objetivos hacia una transición energética deben ser llevados con planificación y de manera prolongada; las consideraciones en aspectos sociales, culturales y económicos deben ser la prioridad de la base productiva del país. Así mismo, las personas deben concienciarse en temas ambientales y entender que es el único responsable de mitigar los daños ambientales ocasionados por sus actividades de sustentación.
- Respecto a las ventajas y desventajas, permite establecer que hay gran oportunidad de aprovechar el potencial de recursos energéticos que tiene el país, diversificar las fuentes de energías renovables, generar un desarrollo sustentable en mediano y largo plazo. Por otro lado, todo ello requiere de una gran inversión, como también el país es vulnerable por la inestabilidad que existe debido a la seguridad política y jurídica.

### **3.3 Recomendaciones**

- La diversificación de la matriz energética ecuatoriana es responsabilidad del Estado, y su compromiso es de generar alternativas de producción que permitan que el desarrollo de la industria nacional sea sustentable y rentable en el mediano a largo plazo.
- Se ha identificado las tendencias tecnológicas que podrían contribuir al desarrollo de la industria petrolera, la cual es el motor de la economía nacional. Estas tecnologías contribuirían a potenciar el sistema energético actual, promovería el crecimiento de la mano de obra ecuatoriana y disminuiría costos operativos en los procesos de producción.
- Desarrollar de manera adecuada proyectos de exploración y producción de yacimientos no convencionales aportarían mayores recursos energéticos a la matriz actual, lo que, en un futuro, generaría mayores réditos económicos al país.
- Invertir en el desarrollo del sector de producción de gas natural es una medida de acción inmediata para cualquier gobierno que tome el mando del país. De no revertir la situación actual, el potencial gasífero nacional se perderá y esto ocasionará muchos conflictos económicos y sociales en el corto plazo.

- Incentivar la inversión a proyectos eólicos, fotovoltaicos y centrales de generación de energía por medio de biomasa, es una medida que en el mediano a largo plazo brindaría una seguridad energética al país.
- La transición de la matriz energética no debe ser vista como una medida de cero producciones de petróleo, si no, como la potenciación de la matriz actual mediante tecnologías que mitiguen los daños ambientales y que a su vez incorporen tecnologías en energías renovables.
- El estado debe brindar la seguridad en el empleo de la bioenergía en centrales eléctricas, ya que, sin duda alguna, estas dependerán de los costos de materia prima y la tecnología a ser utilizada para su conversión.

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agencia de Regulacion y Control de Electricidad. (2018). *Estadística del sector eléctrico*. Obtenido de <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Revista2017.pdf>
- Agencia de Regulación y Control de Energía. (noviembre de 2022). *Panorama Eléctrico*. Obtenido de <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/11/PanoramaElectricoXIII-Noviembre-Baja.pdf>
- Aguirre, Julio. (2018). ANÁLISIS DE LA MATRIZ ENERGÉTICA ECUATORIANA Y PLAN DE DESARROLLO ENERGÉTICO SOSTENIBLE PARA LA CIUDAD DE MACHALA. Machala. Obtenido de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/106306/Aguirre%20Parra%20-%20AN%20ANÁLISIS%20DE%20LA%20MATRIZ%20ENERG%20ECUATORIANA%20Y%20PLAN%20DE%20DESARROLLO%20ENERG%20SOSTENIBLE%20PARA%20LA%20CIUDAD%20DE%20MACHALA.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Arevalo, R. (2018). La Industria y sus efectos en el cambio climático Global. *RECIAMUC*. Obtenido de <https://www.reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/156>
- Banco Central del Ecuador. (20 de 12 de 1990). La actividad petrolera en el Ecuador en la década de los 80. Quito.

- Banco central del Ecuador. (2012-2022). *Reporte del sector petrolero*. Obtenido de [https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/indice\\_reporte.html](https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/indice_reporte.html)
- Banco Central del Ecuador. (08 de 2022). *Boletín Analítico del Sector Petrolero*. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ASP202202.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (11 de Mayo de 2023). *Noticias*. Obtenido de <https://www.iadb.org/es/noticias/ecuador-impulsa-la-transicion-energetica-para-las-islas-galapagos-con-el-apoyo-del-bid>
- Bionatura. (3 de Junio de 2021). *Experiencias en el uso de energía renovable en la República del Ecuador*. Obtenido de <https://www.revistabionatura.com/2021.06.03.29.html>
- Carcelén, J., & Izquierdo, C. (13 de junio de 2022). Energía geotérmica en Ecuador, condiciones actuales y necesidad de una legislación específica. *Luris Dictio*. Obtenido de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/iurisdictio/article/view/2527/3056>
- Carvajal, L. (2006). *Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado* (28 ed.). Santiago de Cali: U.S.C.
- CELEP. (2019). Matriz energética del Ecuador. *Matriz energética del Ecuador*. Corporación Eléctrica Nacional, Quito.
- CENACE. (2022). *Informe anual* . Obtenido de <https://www.cenace.gob.ec/informe-anual-2022/>
- Clavijo, G. (11 de septiembre de 2022). Energía eólica en el Ecuador. *El Mercurio*. Obtenido de <http://elmercurio.com.ec/2022/09/11/energia-eolica-en-el-ecuador/>
- Colinet, M. J., & Liberal, J. R. (Noviembre de 2007). *Andalucía Renovable*. Andalucía. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/483271.pdf>
- CONELEC. (2008). *Atlas solar del Ecuador*. Quito. Obtenido de <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00041.pdf>
- Corporación Eléctrica del Ecuador. (2021).
- Diario El Universo. (14 de abril de 2023). *Noticias*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/la-importacion-de-combustibles-ya-casi-igual-a-la-exportacion-de-crudo-nota/>
- Ecuador, A. B. (2014). Atlas Biométrico del Ecuador. *Atlas Biométrico del Ecuador*. MINEM, Quito.
- Elaboración Propia. (2023).

- Energías, O. L. (2017). *Manual de Planificación Energética*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10469/15640>
- ESIN Consultora S.A. (2 de enero de 2014). "ATLAS Bioenergético del Ecuador". Obtenido de <https://www.ariae.org/servicio-documental/atlas-bionergetico-de-la-republica-del-ecuador>
- Expansión de Generación. (2020). *Plan Maestro de Electricidad*. Obtenido de <https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/4.-EXPANSION-DE-LA-GENERACION.pdf>
- Gutiérrez, C. (2019). Estrategia corporativa para incremento de reservas recuperables de petróleo mediante la recuperación secundaria, aplicada a yacimientos de la cuenca oriente del Ecuador. *Ingeniería en Petróleos*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Huera, J. (2019). *Diversificación de la matriz energética en el Ecuador: indicadores energéticos, socio-económicos y ambientales*. Quito: Flacso Andes. Obtenido de <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/15640>
- Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER). (2020). *Proyecto 17: Plan de líneas de investigación para el desarrollo de la geotermia*. Obtenido de [https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/02/plan\\_estructurado\\_para\\_la\\_aplicacion\\_de\\_las\\_lineas\\_de\\_investigacion\\_para\\_el\\_desarrollo\\_geotermico\\_del\\_ecuador.pdf](https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/02/plan_estructurado_para_la_aplicacion_de_las_lineas_de_investigacion_para_el_desarrollo_geotermico_del_ecuador.pdf)
- Könnölä, T., Carrillo, J., & van der Have, R. (Mayo de 2008). *VTT*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/23799637\\_System\\_Transition\\_Concepts\\_and\\_Framework\\_for\\_Analysing\\_Energy\\_System\\_Research\\_and\\_Governance](https://www.researchgate.net/publication/23799637_System_Transition_Concepts_and_Framework_for_Analysing_Energy_System_Research_and_Governance)
- Leturia, J. (06 de Marzo de 2023). *Execulion*. Obtenido de [https://www.ey.com/es\\_pe/revista-execution/informes/transicion-energetica-latinoamerica](https://www.ey.com/es_pe/revista-execution/informes/transicion-energetica-latinoamerica)
- Leturia, J., Siebert, D., & Guevara, R. (6 de marzo de 2023). *Transicion energetica en latinoamerica*. Obtenido de [https://www.ey.com/es\\_pe/revista-execution/informes/transicion-energetica-latinoamerica](https://www.ey.com/es_pe/revista-execution/informes/transicion-energetica-latinoamerica)
- Manzano, M. J. (2022). *Situación actual del sector eléctrico ecuatoriano y sus desafíos*. Quito. Obtenido de <http://repositorio.uasb.edu.ec>
- Marco Nacional de Cualificaciones, CPIP, & ACIPET. (2021). *Caracterización del Sector Petrolero*. CEPIP, Colombia. Retrieved from [https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files\\_public/2022-04/caracterizacion-sector-petroleo.pdf](https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-04/caracterizacion-sector-petroleo.pdf)



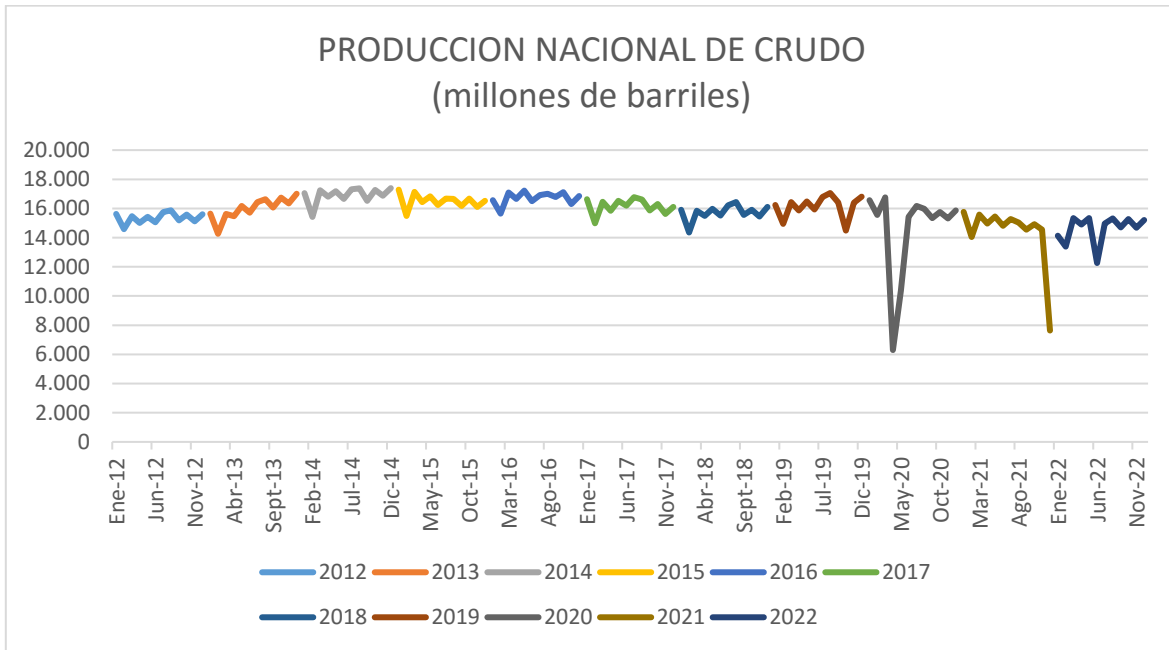
- Méndez & Mieles. (Abril de 2015). *Foro Economía Ecuador*. Obtenido de <http://foroeconomiaecuador.com/fee/los-booms-petroleros-cambios-40/>
- MINEM. (2020). Plan Maestro de Electricidad. *Plan Maestro de Electricidad*. MINEM, Quito.
- Ministerio de Energía y Minas. (2021). *Mapa de Bloques e Infraestructura Petrolera del Ecuador*. Obtenido de [https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2023/01/Bloques\\_29122022\\_compressed-1.pdf](https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2023/01/Bloques_29122022_compressed-1.pdf)
- Ministerio de Energías y Minas. (2022). Obtenido de <https://www.recursosyenergia.gob.ec/?s=Ecuador+como+pa%C3%ADs+productor+de+petr%C3%B3leo>
- Mundo, M., & Martínez, P. (4 de 12 de 2015). *Medio Ambiente*. Obtenido de <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/706>
- Muñoz, J., Rojas, M., & Raúl, C. (2018). Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, 19, 60-68. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5055/505554803006/html/>
- OLADE. (2017). Manual de Planificación Energética. *Manual de Planificación Energética*. Organización Latinoamericana de Energías, Quito.
- Onofa, M. (11 de enero de 2022). *Ecuador sin resolver problemas en hidroeléctrica Coca Codo Sinclair construida por empresa china*. Obtenido de <https://dialogo-americas.com/es/articulos/ecuador-sin-resolver-problemas-en-hidroelectrica-coca-codo-sinclair-construida-por-empresa-de-china/>
- Organización Meteorológica Mundial. (25 de noviembre de 2019). *La concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera alcanza un nuevo récord*. Obtenido de <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/la-concentraci%C3%B3n-de-gases-de-efecto-invernadero-en-la-atm%C3%B3sfera-alcanza>
- Pacific Credit Rating. (2021, diciembre 31). Sector Hidrocarburos de Perú. *Informe Sectorial*. Perú. Retrieved from <https://ww1.ratingspcr.com/multi/7616/5271/2218/PE-202112-FIN-HIDROCARBUROS...pdf>
- Petroecuador. (2018). *Informe Estadístico 1972-2017*. Obtenido de <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/INFORME-ESTAD%C3%8DSTICO-1972-2017-45-A%C3%91OS.pdf>
- Petroecuador. (2022). *Sistema Eléctrico Interconectado Petrolero (SEIP)*. EP Petroecuador, Centro de Control de Operaciones y Optimización, Quito.

- Reinoso, M. (20 de Noviembre de 2018). *Dialogo Americas*. Obtenido de <https://dialogo-americas.com/es/articulos/ecuador-sin-resolver-problemas-en-hidroelectrica-coca-codo-sinclair-construida-por-empresa-de-china/>
- Tech4CDM. (2010). *La Energía Eólica en Ecuador*. Obtenido de <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00289.pdf>
- Vicente, J. (2021). *Evaluación general de la matriz energética ecuatoriana y el aporte de las energías renovables no convencionales a la descarbonización de la generación eléctrica en énfasis en el potencial geotérmico*. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar. Obtenido de <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8555/1/T3739-MCCNA-Vicente-Evaluacion.pdf>
- Wadanambi, R., Wandana, L., Chathumini, K., Dassanayake, N., & Preethika, D. (2020). The effects of industrialization on climate change. *Journal of reseach technology and engineering*, 4(1).

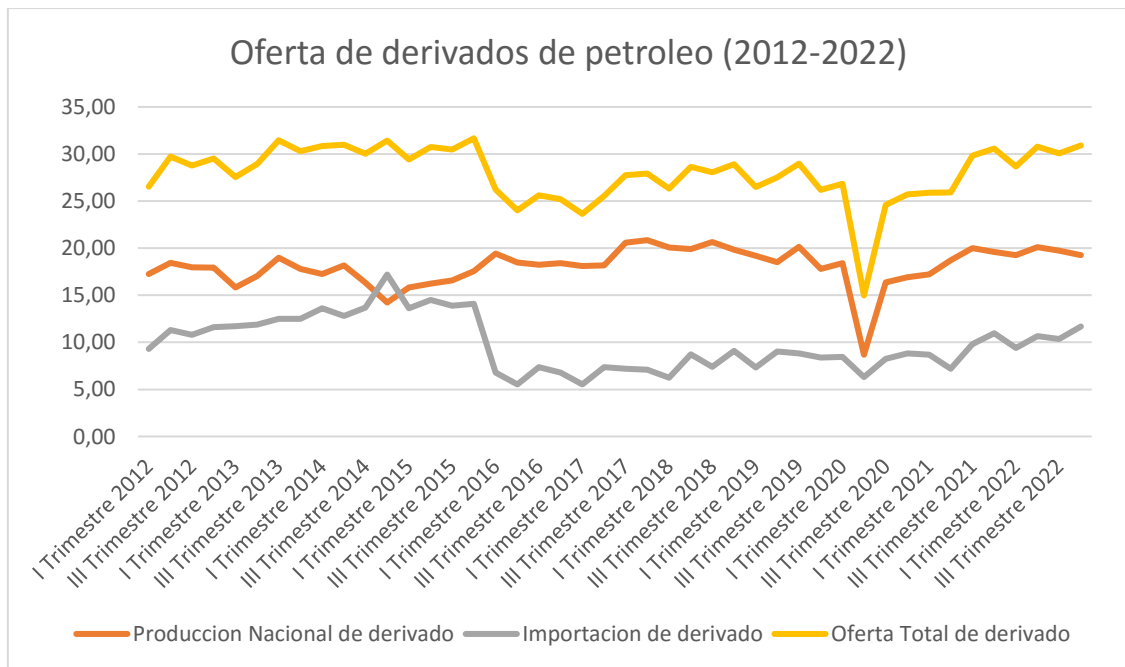
## 5. ANEXOS

### ANEXO I PRODUCCION, OFERTA Y DEMANDA DEL PETROLEO ECUATORIANO 2012-2022

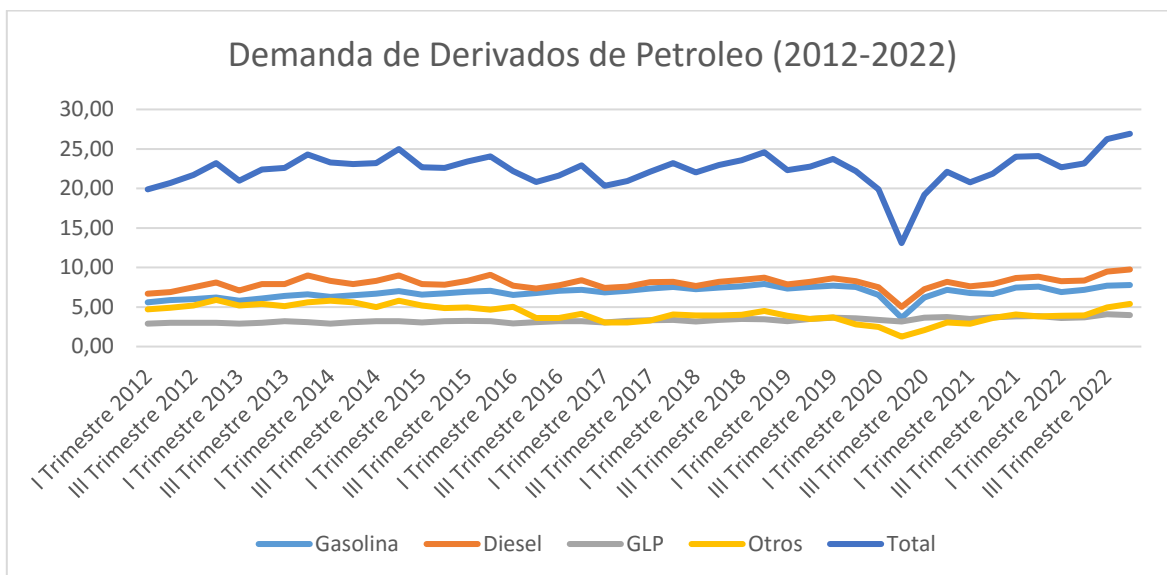
#### ANEXO I.A Producción Nacional de petróleo (2012-2022)



#### ANEXO I.B. Oferta de derivados de petróleo (2012-2022)



## ANEXO I.C. Demanda de Derivado de petróleo (2012-2022)



## ANEXO II PARTICIPACIÓN EN GENERACIÓN DE ENERGÍA, CONSUMO DE GAS, CONSUMO DE DIÉSEL Y CONSUMO DE CRUDO EN EL SEIP

### ANEXO II.A. Generación de energía por bloque petrolero del sistema SEIP

Generación Interna por Bloque [MWh]					
Bloque	2020	2021	2022	Variación 2022 - 2021	Variación 2021 - 2020
B56 - Lago Agrio	32,371.98	34,741.88	11,899.72	-65.75%	7.32%
B57 - Libertador	126,980.94	125,293.63	131,780.73	5.18%	-1.33%
B57 - Shushufindi	100,031.25	97,180.83	115,943.06	19.31%	-2.85%
B60 - Sacha	107,063.78	137,562.05	156,253.28	13.59%	28.49%
B61 - Auca	122,289.85	155,525.52	202,996.56	30.52%	27.18%
B15 - CPF	163,702.33	145,433.08	134,744.96	-7.35%	-11.16%
B18 - ZPF	147,229.51	182,617.73	135,999.68	-25.53%	24.04%

### ANEXO II.B. Consumo de gas para generación del Sistema SEIP

Consumo GAS para generación por Bloque [MSCF]					
Combustible	2020	2021	2022	Variación 2022 - 2021	Variación 2021 - 2020
B56 - Lago Agrio	-	-	-	-	-
B57 - Libertador	562,940.00	571,300.00	531,100.72	-7.04%	1.49%
B57 - Shushufindi	1,082,844.30	837,587.27	508,819.14	-39.25%	-22.65%
B60 - Sacha	992,165.75	997,378.43	1,015,763.26	1.84%	0.53%
B61 - Auca	-	-	-	-	-
B15 - CPF	823,254.46	686,821.73	566,110.42	-17.58%	-16.57%
B18 - ZPF	91,087.00	502,756.50	-	-100.00%	451.95%
CELEC EP SUBTR.	-	444,210.67	208,926.00	-52.97%	-
<b>Total</b>	<b>3,552,291.50</b>	<b>4,040,054.60</b>	<b>2,830,719.54</b>	<b>-29.93%</b>	<b>13.73%</b>

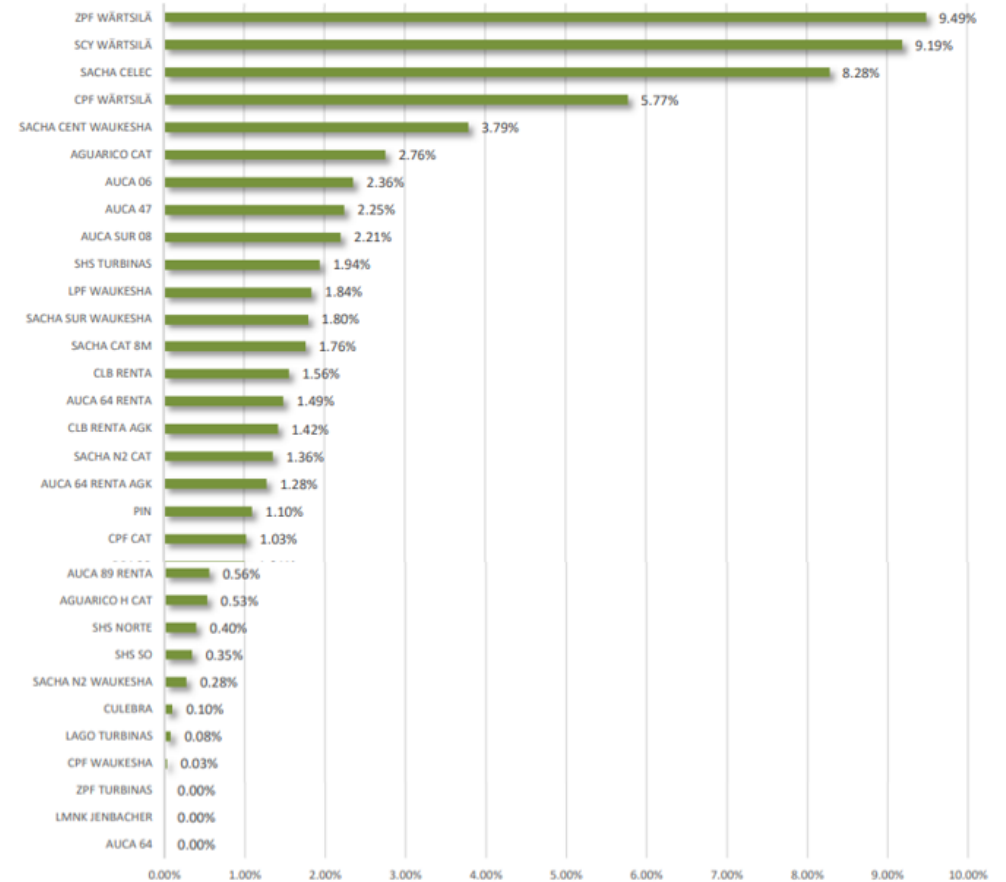
### ANEXO II.C. Consumo de diesel para generación del Sistema SEIP

Consumo DIÉSEL para generación por Bloque [Galones]					
Bloque	2020	2021	2022	Variación 2022 - 2021	Variación 2021 - 2020
B56 - Lago Agrio	1,298,005.20	652,486.10	291,440.90	-55.33%	-49.73%
B57 - Libertador	4,924.00	3,870.83	2,423.38	-37.39%	-21.39%
B57 - Shushufindi	4,094,932.56	5,195,881.69	8,640,716.04	66.30%	26.89%
B60 - Sacha	2,615,960.34	3,875,292.18	5,116,598.73	32.03%	48.14%
B61 - Auca	7,185,590.30	9,762,040.65	12,343,901.09	26.45%	35.86%
B15 - CPF	1,159,133.10	961,545.45	1,085,037.38	12.84%	-17.05%
B18 - ZPF	4,738.53	13,690.18	13,567.39	-0.90%	188.91%
CELEC EP SUBTR.	129,442.90	-	290,335.18	-	-
<b>Total</b>	<b>16,492,726.94</b>	<b>20,464,807.09</b>	<b>27,784,020.08</b>	<b>35.76%</b>	<b>24.08%</b>

## ANEXO II.D. Consumo de crudo para generación del Sistema SEIP

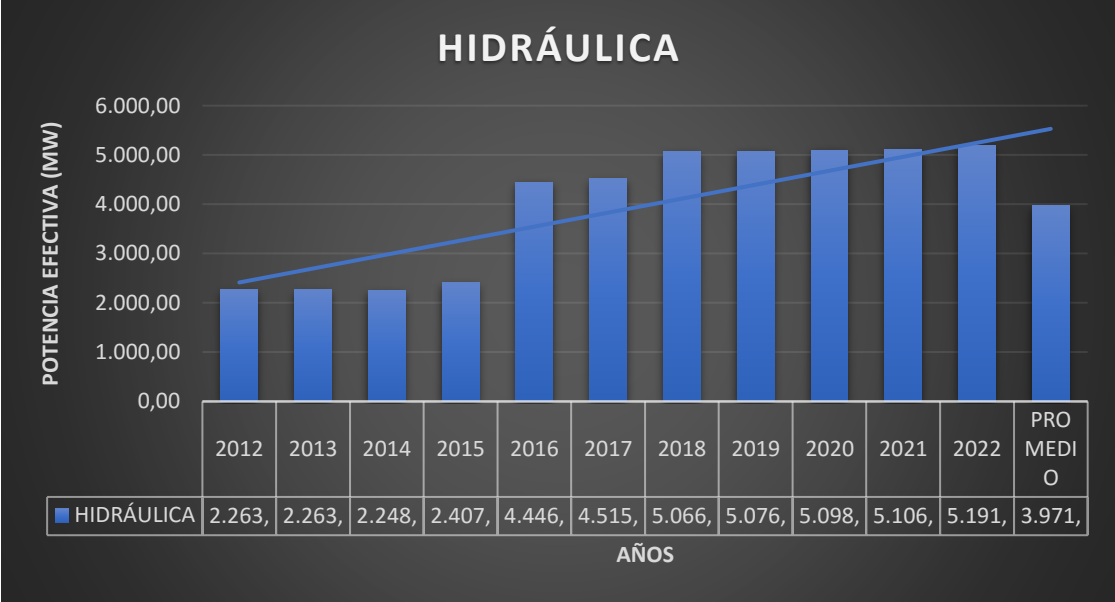
Consumo CRUDO para generación por Bloque [Galones]					
Combustible	2020	2021	2022	Variación 2022 - 2021	Variación 2021 - 2020
B56 - Lago Agrio	1,687,174.67	2,098,153.96	704,032.67	-66.45%	24.36%
B57 - Libertador	5,799,758.31	5,673,545.40	5,864,999.10	3.37%	-2.18%
B57 - Shushufindi	-	-	-	-	-
B60 - Sacha	-	-	-	-	-
B61 - Auca	1,447,288.01	1,365,927.36	2,032,865.68	48.83%	-5.62%
B15 - CPF	5,278,267.25	5,490,559.31	5,161,557.22	-5.99%	4.02%
B18 - ZPF	9,262,600.18	11,706,105.17	8,436,354.71	-27.93%	26.38%
CELEC EP SUBTR.	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>23,475,088.41</b>	<b>26,334,291.20</b>	<b>22,199,809.39</b>	<b>-15.70%</b>	<b>12.18%</b>

## ANEXO II.E. Participación de las centrales de generación de energía en el año 2022

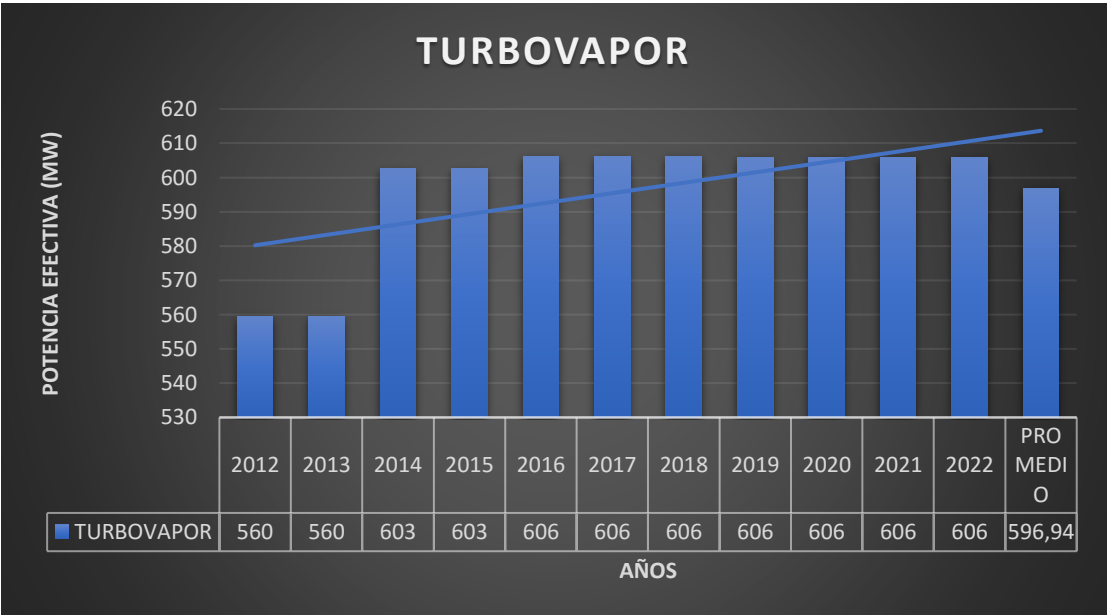


**ANEXO III POTENCIAL ENERGÉTICA DE HIDRÁULICA, TURBOVAPOR, TURBOGAS, SOLAR, EÓLICA Y MOTOR A COMBUSTIÓN INTERNA (MCI) EN ECUADOR DEL 2012-2022**

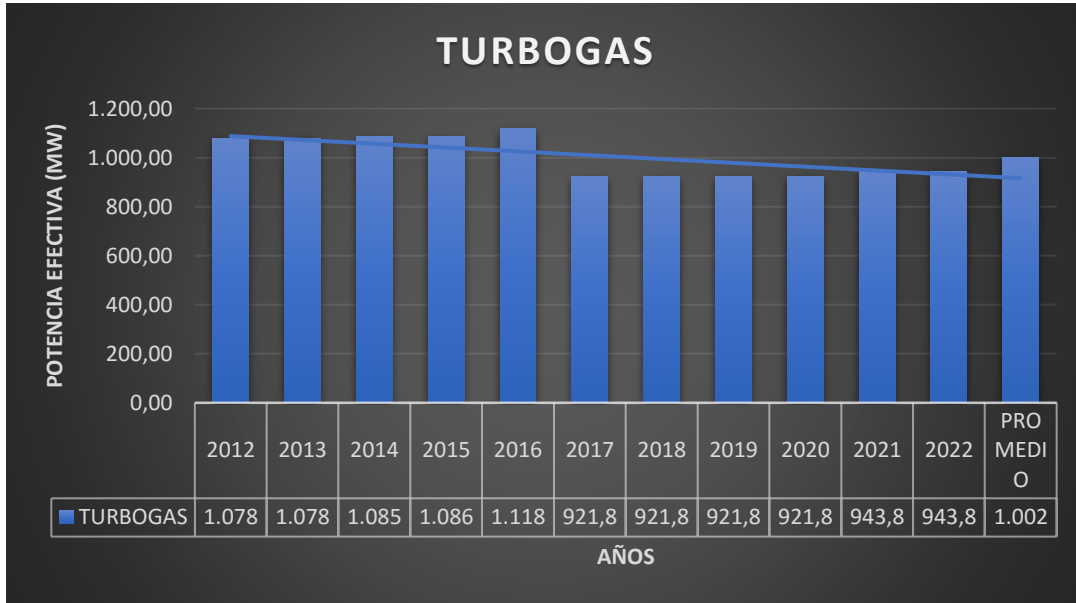
ANEXO III.A. Matriz Potencial Energética de Ecuador por hidráulica (MW), enero 2012-diciembre 2022.



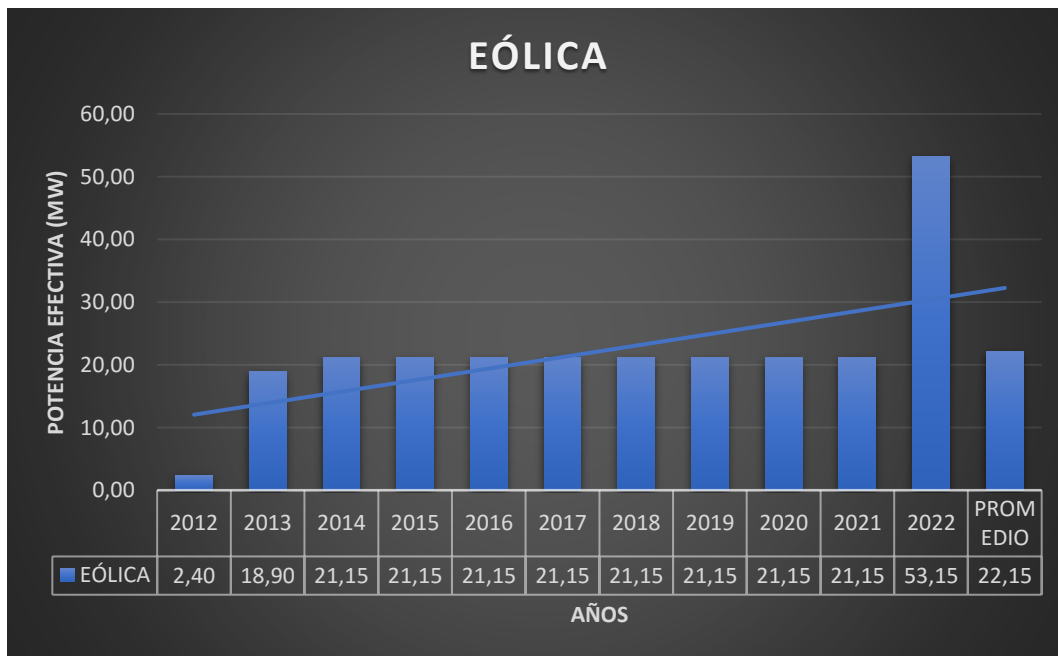
ANEXO III.B Matriz Potencial Energética de Ecuador por turbovapor (MW), enero 2012-diciembre 2022.



ANEXO III.C. Matriz Potencial Energética de Ecuador por turbogas (MW), enero 2012- diciembre 2022

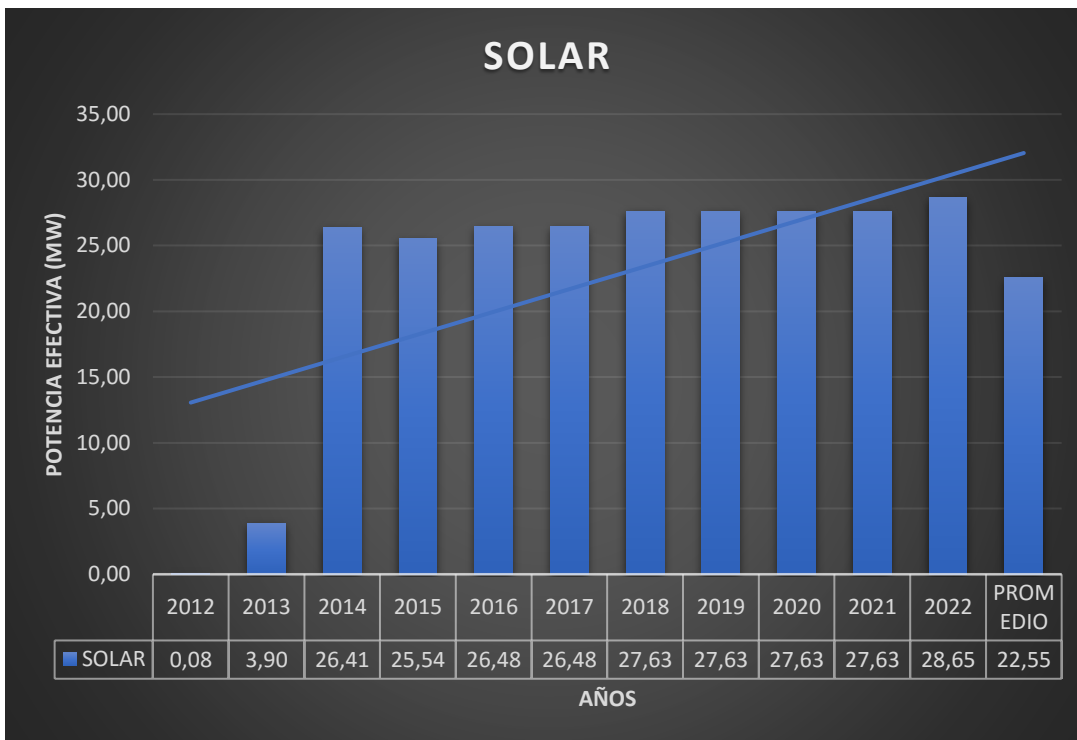


ANEXO III.D. Matriz Potencial Energética de Ecuador por eólica (MW), enero 2012- diciembre 2022.

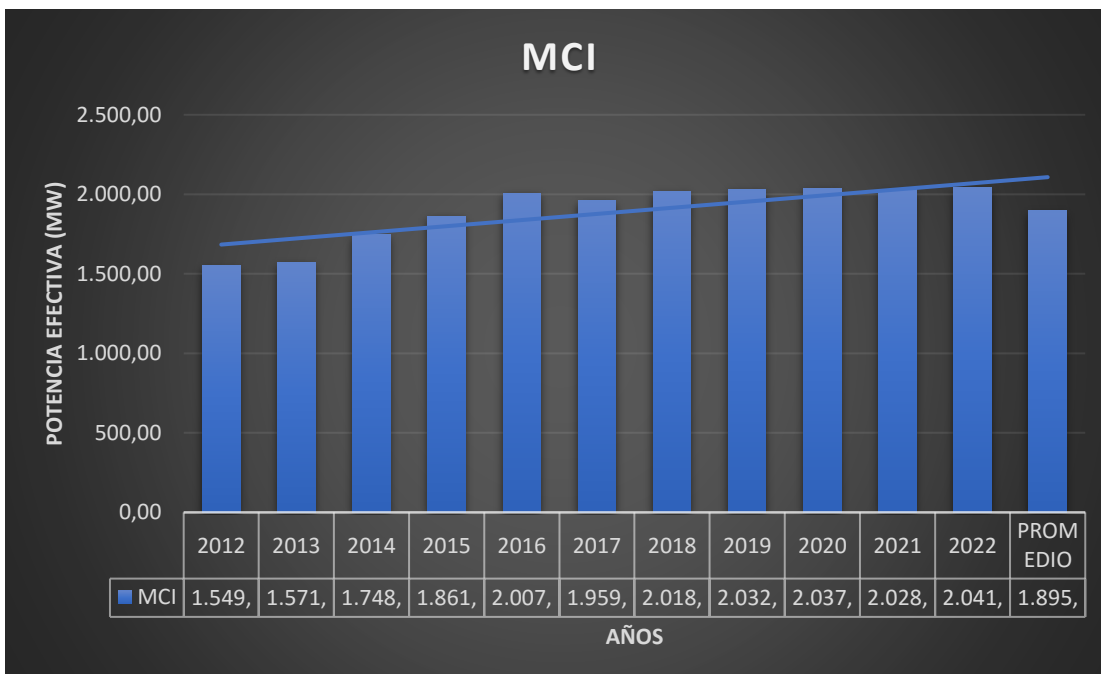




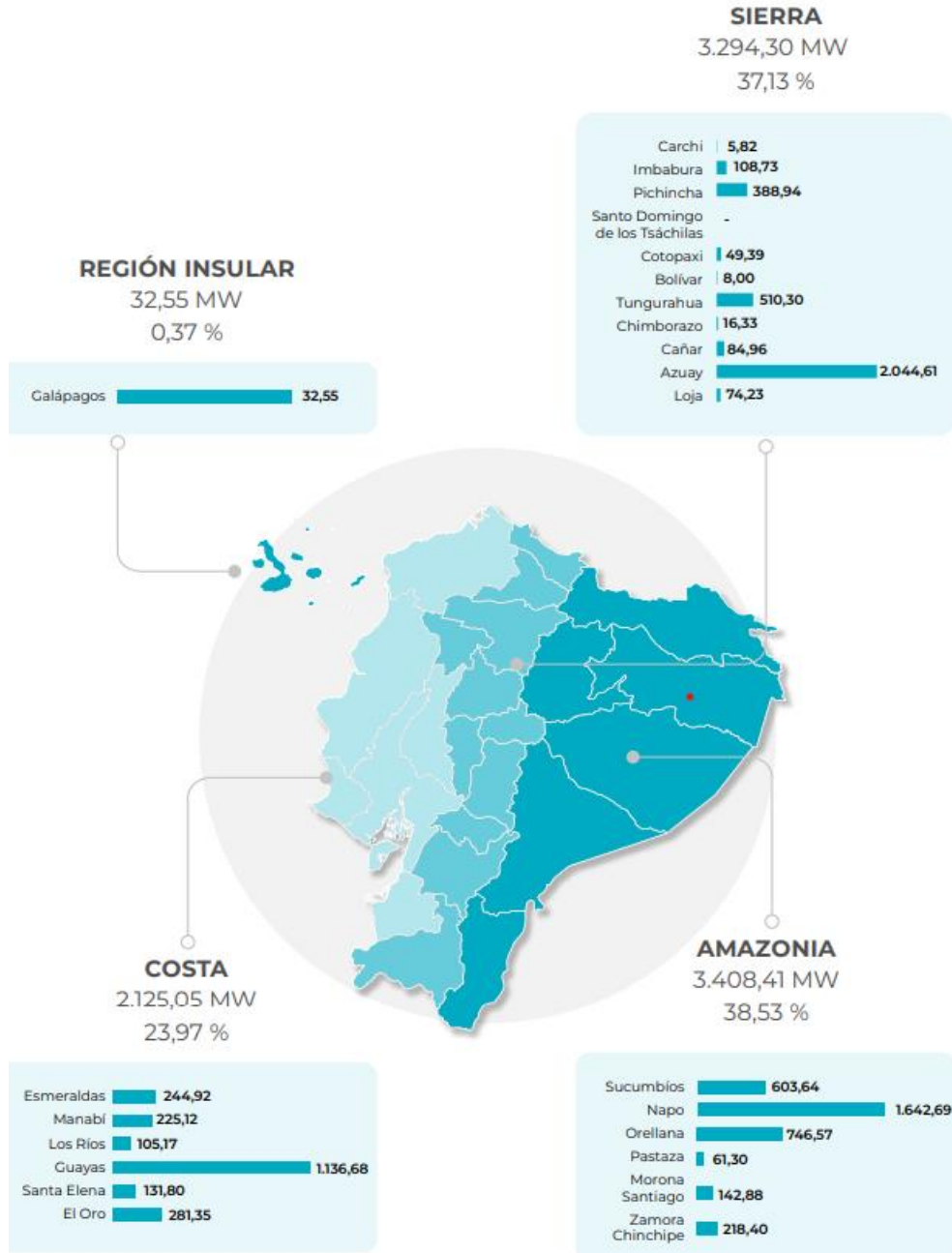
ANEXO III.E. Matriz Potencial Energética de Ecuador por solar (MW), enero 2012-diciembre 2022.



ANEXO III.F. Matriz Potencial Energética de Ecuador por MCI (MW), enero 2012-diciembre 2022



ANEXO III.G. Desglose del potencial nominal por regiones de Ecuador, a mes diciembre 2022.



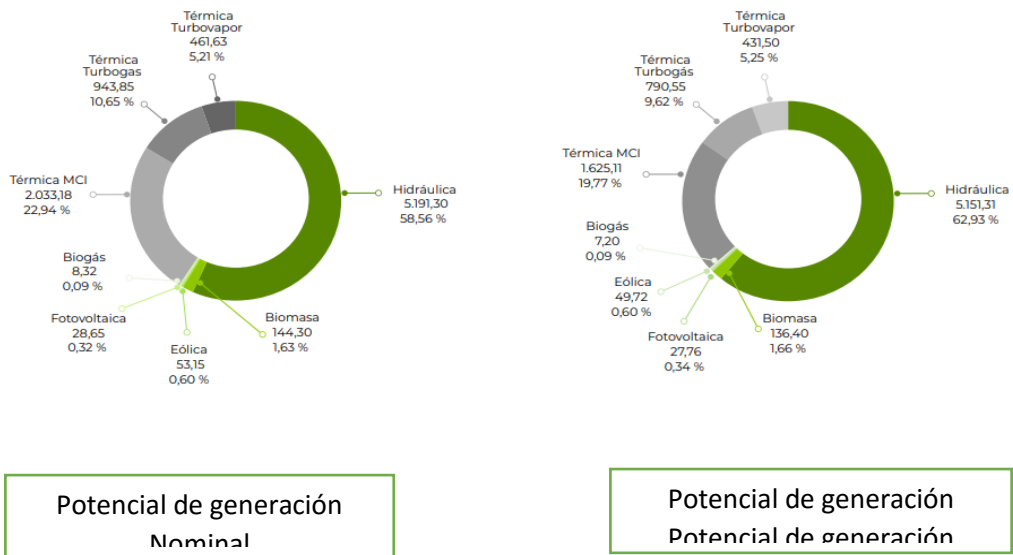
ANEXO III.H. Potencia en generación de energía eléctrica según sus centrales y variación del 2021-2022

Potencia en Generación de Energía Eléctrica	Dic 2022 (MW)	Dic 2021 (MW)	Variación 2022-2021
<b>Nominal</b>	<b>8.864,37</b>	<b>8.734,41</b>	<b>1,49</b>
<b>Renovable</b>	<b>5.425,72</b>	<b>5.308,27</b>	<b>2,21</b>
<b>Hidráulica</b>	5.191,30	5.106,85	1,65
<b>Eólica</b>	53,15	21,15	151,30
<b>Fotovoltaica</b>	28,65	27,65	3,62
<b>Biomasa</b>	144,30	144,30	-
<b>Biogás</b>	8,32	8,32	-
<b>No Renovable</b>	<b>3.438,65</b>	<b>3.426,14</b>	<b>0,37</b>
<b>MCI</b>	2.033,18	2.020,67	0,62
<b>Turbogás</b>	943,85	943,85	-
<b>Turbovapor</b>	461,63	461,63	-
<b>Interconexión</b>	<b>650,00</b>	<b>650,00</b>	<b>-</b>
<b>Colombia</b>	540,00	540,00	-
<b>Perú</b>	110,00	110,00	-

Potencia en Generación de Energía Eléctrica	Dic 2022 (MW)	Dic 2021 (MW)	Variación 2022-2021
<b>Efectiva</b>	<b>8.219,55</b>	<b>8.100,68</b>	<b>1,47</b>
<b>Renovable</b>	<b>5.372,40</b>	<b>5.263,78</b>	<b>2,06</b>
<b>Hidráulica</b>	5.151,31	5.072,26	1,56
<b>Eólica</b>	49,72	21,15	135,07
<b>Fotovoltaica</b>	27,76	26,76	3,74
<b>Biomasa</b>	136,40	136,40	-
<b>Biogás</b>	7,20	7,20	-
<b>No Renovable</b>	<b>2.847,16</b>	<b>2.836,90</b>	<b>0,36</b>
<b>MCI</b>	1.625,11	1.614,85	0,64
<b>Turbogás</b>	790,55	790,55	-
<b>Turbovapor</b>	431,50	431,50	-
<b>Interconexión</b>	<b>635,00</b>	<b>635,00</b>	<b>-</b>
<b>Colombia</b>	525,00	525,00	-
<b>Perú</b>	110,00	110,00	-

ANEXO III.I. Matriz general de generación eléctrica nominal y efectiva 2022.

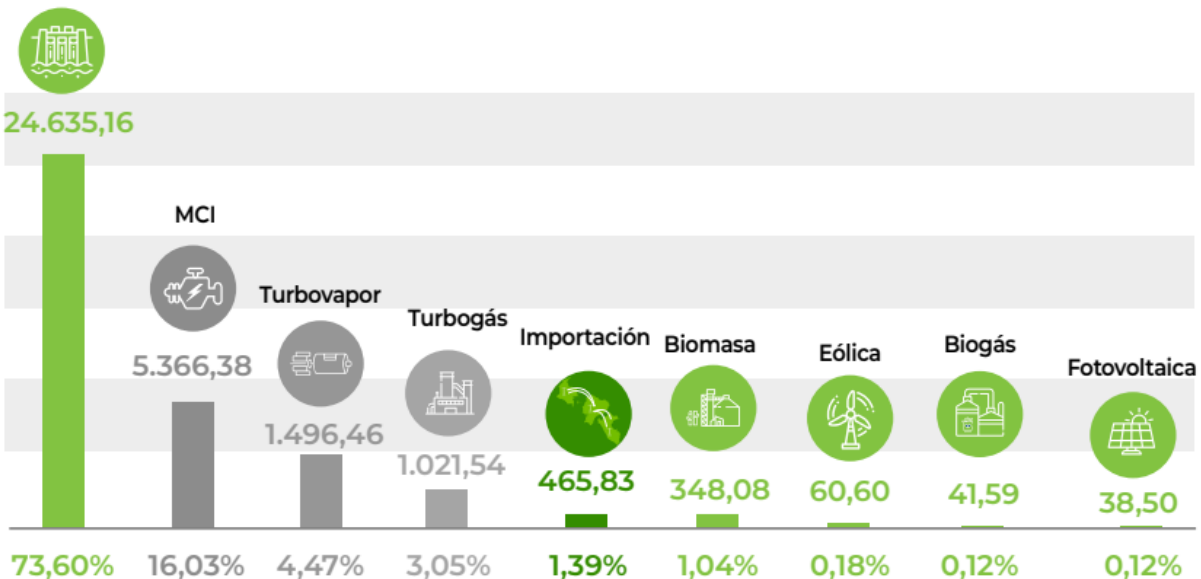


ANEXO III.J. Producción de energía e importación 2021-2022

Producción de Energía e Importaciones		2022 GWh	2021 GWh	Variación 2022-2021 %
<b>Total</b>		33.474,13	32.578,04	2,75
<b>Nacional</b>		33.008,30	32.214,24	2,46
<b>Renovable</b>		25.123,93	26.088,42	(3,70)
Hidráulica		24.635,16	25.574,61	(3,67)
Eólica		60,60	62,01	(2,28)
Fotovoltaica		38,50	36,87	4,43
Biomasa		348,08	372,80	(6,63)
Biogás		41,59	42,13	(1,29)
<b>No Renovable</b>		7.884,37	6.125,82	28,71
MCI		5.366,38	4.342,93	23,57
Turbogás		1.021,54	911,82	12,03
Turbovapor		1.496,46	871,07	71,80
<b>Importación</b>		465,83	363,80	28,04
Colombia		465,30	363,80	27,90
Perú		0,53	-	-

ANEXO III.K. Porcentaje que contribuye según el tipo de central generadora de electricidad.

Hidráulica



## ANEXO IV. CENTRALES FOTOVOLTAICAS EN ECUADOR

CENTRAL	LOCALIDAD	TIPO	POTENCIA NOMINAL	POTENCIA EFECTIVA
Salinas	Imbabura	Fotovoltaica	2,00	2,00
Santa Cruz Solar Puerto Ayora	Galápagos, Santa Cruz	Fotovoltaica	1,52	1,52
Tren Salinas	Imbabura	Fotovoltaica	1,00	1,00
Brineforcorp	Manabí	Fotovoltaica	1,00	1,00
Sanersol	El Oro	Fotovoltaica	1,00	1,00
Saracayso	El Oro	Fotovoltaica	1,00	1,00
Solsantros	El Oro	Fotovoltaica	1,00	1,00
Gonzanergy	Loja	Fotovoltaica	1,00	1,00
San Pedro	Loja	Fotovoltaica	1,00	1,00
Surenergy	Loja	Fotovoltaica	1,00	1,00
Solchacras	El Oro	Fotovoltaica	1,00	1,00
Solhuaqui	El Oro	Fotovoltaica	1,00	1,00
Solsantonio	El Oro	Fotovoltaica	1,00	1,00
Electriso	Pichincha	Fotovoltaica	1,00	1,00
Mulaló	Cotopaxi	Fotovoltaica	1,00	1,00
Pastocalle	Cotopaxi	Fotovoltaica	1,00	1,00
Paragachi	Imbabura	Fotovoltaica	1,00	1,00
Sansau	Guayas	Fotovoltaica	1,00	1,00
Wildtecsa	Guayas	Fotovoltaica	1,00	1,00
Altgenote	Guayas	Fotovoltaica	0,99	0,99
Genrenotec	Guayas	Fotovoltaica	0,99	0,99
Isabela Solar	Galápagos, Isabela	Fotovoltaica	0,95	0,95
Sabiango Solar	Loja	Fotovoltaica	1,00	0,73
Lojaenergy	Loja	Fotovoltaica	1,00	0,70
Renova Loja	Loja	Fotovoltaica	1,00	0,70
Enersol	Manabí	Fotovoltaica	0,50	0,49
Panel Fotovoltaico	Morona Santiago	Fotovoltaica	0,37	0,37
Panel Fotovoltaico	Pastaza	Fotovoltaica	0,20	0,20
Baltra Solar	Galápagos, Santa Cruz	Fotovoltaica	0,07	0,07
Floreana Perla Solar	Galápagos, San Cristobal	Fotovoltaica	0,02	0,02
San Cristóbal Solar Eolicsa	Galápagos, San Cristobal	Fotovoltaica	0,01	0,01
Santa Cruz Solar Aislados	Galápagos, Santa Cruz	Fotovoltaica	0,01	0,01
Isabela Solar Aislados	Galápagos, Isabela	Fotovoltaica	0,01	0,01
Floreana Solar Aislados	Galápagos, San Cristobal	Fotovoltaica	0,01	0,01