



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCION**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**EVALUACION DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO
Y PERSPECTIVAS DE DESARROLLO A LARGO PLAZO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

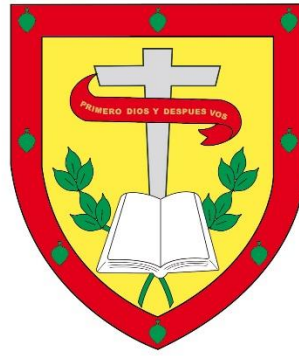
AUTOR: MAYRA ALEXANDRA RODRIGUEZ ZUÑIGA

DIRECTOR: ING. MSC. DANIEL ORLANDO ICAZA ALVAREZ

CUENCA- ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

EVALUACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO Y
PERSPECTIVAS DE DESARROLLO A LARGO PLAZO

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

AUTOR: MAYRA ALEXANDRA RODRIGUEZ ZUÑIGA

DIRECTOR: ING. MSC. DANIEL ORLANDO ICAZA ALVAREZ

CUENCA - ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORIA Y RESPONSABILIDAD

Mayra Alexandra Rodríguez Zúñiga portador(a) de la cédula de ciudadanía N.° **0105110027**. Declaro ser el autor de la Obra: "Evaluación del sector eléctrico ecuatoriano y perspectivas de desarrollo a largo plazo", sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 19 de octubre de 2021



F:

Mayra Alexandra Rodríguez Zúñiga

C.I. 0105110027

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Mayra Alexandra Rodríguez Zúñiga, bajo mi supervisión.





Ing. Daniel Icaza Álvarez
DIRECTOR DE CARRERA DE
ING. ELÉCTRICA
de SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ENERGÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE CUENCA

Ing. MSc. Daniel Orlando Icaza Álvarez

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios quien me ha dado la vida y me permitió llegar a culminar este proyecto.

A mi amado esposo, amigo, compañero de vida Pedro Alvarez quien nunca me dejo sola, quien siempre estuvo allí para apoyarme en cada paso y en cada caída, siempre fue, es y será mi pilar principal, mi soporte y amor de mi vida, eres lo más bello del mundo te amo.

A mis hermosas hijas Pamela y Allison Alvarez quienes, con sus abrazos, sus palabras de cariño y todo el amor que me dan dado, he podido cumplir con este objetivo, son el regalo más grande y hermoso que Dios me ha dado en la vida las amo.

También le dedico a mis queridos Papis Kleber y Marieta, a mis hermanos Rene, Andrés y Daniel, para mis lindos sobrinos Sofía y Nicolás los quiero muchísimo a todos.

A Papi José que lo quiero mucho, a mis ángeles que desde el cielo me están cuidando mis Abuelitos Aureliano y Abigail, Mami Guima, mi hermosa tía Blanquita quien me hace mucha falta, mi tío Pablito a quien lo extraño mucho, y para ti Papito Jorge.

Y también va dedicado a cada uno de mi familia que me brindo su cariño y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios y a la Virgen santísima quienes han sido mis guías y compañeros en este largo camino, gracias inmensas por la vida y salud que me dan día con día

Agradecerles con todo el amor del mundo a mi esposo y a mis hijas que han sido mi inspiración, apoyo y motor para continuar adelante, gracias por darme su tiempo y paciencia son mi vida los amo.

A mis padres gracias por darme la vida y su amor los quiero mucho, también un agradecimiento a mis hermanos y mis sobrinitos por su cariño.

A mi tutor Ing. Daniel Icaza por toda su ayuda y apoyo en la elaboración de este trabajo.

Y un agradecimiento especial a cada una de las personas que me ayudaron y apoyaron a culminar este proceso.

RESUMEN

En esta investigación se realizará un análisis sobre el comportamiento del mercado eléctrico en el país, la evolución que ha tenido durante el pasar de los años como ha sido el comportamiento de los sectores eléctricos primarios y secundarios, también se revisara como fue el comportamiento de la demanda durante el año 2020. En el Ecuador existen muchos recursos naturales en especial los hídricos, el mismo que permitirá un mejor desarrollo y estilo de vida. También el uso eficiente de los recursos energéticos permitirá una mejor preservación de los recursos no renovables y tratará de cuidar el medio ambiente y, por consiguiente, reducir las emisiones de CO₂ entre otros gases de efecto invernadero. Se pretende que la población goce de mejores accesos de energía eléctrica con calidad y buen servicio, pero también debemos tomar en cuenta que debemos mantener la sostenibilidad ambiental. La propuesta de esta investigación se realizará mediante el programa EnergyPlan.

Palabras Claves: energía eléctrica, mercado eléctrico, recursos naturales, EnergyPlan

ABSTRACT

This research will analyze the behavior of the electricity market in the country, the evolution it has had over the years as has been the behavior of the primary and secondary electricity industries also will be reviewed as was the behavior of demand during the year 2020. There are many natural resources in Ecuador, especially water resources, which will allow a better development and lifestyle. Furthermore, the efficient use of energy resources will allow better preservation of non-renewable resources and will try to take care of the environment and, consequently, reduce CO2 emissions among other greenhouse gases. It is intended that the population enjoys better access to electric energy with quality and good service, but we must also take into account that we must maintain the environmental sustainability. The proposal of this research will be carried out through the EnergyPlan program.

Keywords: Electric energy, electricity market, natural resources, energyplan

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	iii
CERTIFICACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	xi
INDICE DE CONTENIDO	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
LISTA DE TABLAS	xiii
LISTA DE ANEXOS.....	xiv
CAPÍTULO 1. EVALUACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Evolución de la demanda energética en los sectores primarios y secundarios del país.....	3
1.2.1. Sector primario.....	3
1.2.1.1. Recursos Hídricos.....	4
1.2.1.2. Recurso Solar.....	5
1.2.1.3. Recurso eólico.....	7
1.2.1.4. Recursos de Biomasa.....	9
1.2.1.5. Recurso geotérmico.....	10
1.2.2. Sector secundario.....	11
CAPÍTULO 2. PROYECCIONES DE ENERGÍA A LARGO PLAZO	12
2.1. Desarrollo sustentable en el sector eléctrico	12
2.1.1. La gestión de residuos en el sector eléctrico.....	12
2.1.2. Energías renovables y sostenibles.....	14
2.1.3. Tipos de energías renovables.....	15
2.1.3.1. Energía hidroeléctrica.....	15
2.1.3.2. Energía solar.....	19
2.1.3.3. Energía eólica.....	20
2.1.3.4. Energía biomasa.....	24
2.1.3.5. Energía geotérmica.....	28
2.1.4. Las energías renovables y su importancia.....	29
2.1.5. Ventajas y desventajas de la utilización de energías renovables.....	30
2.1.6. Energías no renovables.....	32
2.1.7. Energías renovables versus energías no renovables.....	37
2.1.8. Fuentes de energías renovables en Ecuador.....	41

2.1.9.	Producción energética en Ecuador	43
2.2.	Implementación de políticas de eficiencia energética	46
2.2.1.	Plan nacional de eficiencia energética 2016 -2035.....	48
2.2.2.	Estrategias para el desarrollo sustentable en el sector eléctrico ecuatoriano..	50
CAPÍTULO 3. MIGRACIÓN DEL USO DE ENERGÍAS FÓSILES A ENERGÍAS LIMPIAS...		53
3.1.	Descripción y uso de las energías fósiles	53
3.1.1.	Aplicaciones del petróleo como fuente de energía primaria.	54
3.1.2.	Aplicaciones del carbón como fuente de energía primaria.	55
3.1.3.	Aplicaciones del gas natural como fuente de energía primaria.....	55
3.1.4.	Uso de combustibles fósiles para la generación de electricidad en Ecuador.....	56
3.2.	Tipos de energías limpias.....	59
3.3.	Análisis de migración a energías limpias	60
CAPÍTULO 4. PERSPECTIVAS DEL MERCADO ELECTRICO ECUATORIANO A LARGO PLAZO.....		68
4.1.	Análisis objetivo del comportamiento de la demanda en el año 2020	68
4.2.	Análisis estadístico de las proyecciones energéticas en el país	71
4.2.1.	Métodos de estimación y proyección.	72
4.2.1.1.	Proyección de demanda sector residencial.....	72
4.2.1.2.	Proyección de demanda sector comercial.	73
4.2.1.3.	Proyección de demanda sector industrial.	74
4.2.1.4.	Proyección de demanda sector alumbrado público.....	74
4.2.1.5.	Resultado de proyección de demanda sectores.	75
4.2.2.	Escenarios de crecimiento energético	75
4.2.2.1.	Eje consumo propio del sector energético.	76
4.2.2.2.	Eje residencial, comercial y público.	77
4.2.2.3.	Eje industrial.....	78
4.2.2.4.	Eje transporte.	80
4.2.2.5.	Eje Galápagos.....	81
4.3.	Plan nacional de eficiencia energética (PLANEE)	82
4.3.1.	Sectores del PLANEE	82
4.3.2.	Esquema de implementación del PLANEE	84
4.3.2.1.	Eta ­ pa I: Acciones inmediatas.....	84
4.3.2.2.	Eta ­ pa II: Acciones de corto plazo.....	85
4.3.2.3.	Eta ­ pa III: Acciones de mediano plazo.....	86
CONCLUSIONES		87
BIBLIOGRAFÍA.....		89
ANEXOS.....		94

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Recurso hidroeléctrico de Ecuador.....	5
Figura 2. Recurso solar del Ecuador.....	6
Figura 3. Desarrollo de energía fotovoltaica por provincias en Ecuador.....	7
Figura 4. Recurso eólico de Ecuador.....	9
Figura 5. Recurso bioenergético de Ecuador.....	10
Figura 6. Recursos geotérmicos de Ecuador.....	10
Figura 7. Vertientes hidrográficas del Ecuador.....	17
Figura 8. Curvas isoyetas del territorio ecuatoriano.....	18
Figura 9. Potencial eólico en bruto por provincias.....	22
Figura 10. Potencial factible a corto plazo por provincias.....	23
Figura 11. Potencial bioenergético de los residuos agropecuarios del Ecuador.....	27
Figura 12. Proyectos geotérmicos y principales zonas geotermales de Ecuador....	28
Figura 13. Centrales de generación de fuentes No Renovables.....	35
Figura 14. Potencias de centrales de generación No Renovables.....	36
Figura 15. Infraestructura del SEE 2018.....	39
Figura 16. Capacidad de potencia nominal por provincias.....	40
Figura 17. Potencia nominal de generación renovable por provincias.....	40
Figura 18. Potencia nominal de generación no renovable por provincias.....	41
Figura 19. Energía bruta producida por provincia en GWh.....	43
Figura 20. Energía bruta producida en Tungurahua en GWh.....	44
Figura 21. Energía bruta producida en Azuay en GWh.....	44
Figura 22. Energía bruta producida en Napo en GWh.....	44
Figura 23. Producción de energía renovable por provincias.....	45
Figura 24. Producción de energía no renovable por provincias.....	46
Figura 25. Energía evitada por consumo propio del sector energético.....	49
Figura 26. Evolución de la intensidad energética en el eje consumo propio del sector energético.....	49
Figura 27. Estrategias para el Desarrollo sustentable en el sector eléctrico ecuatoriano.....	50
Figura 28. Aspectos energéticos del pan nacional para el buen vivir.....	51
Figura 29. Evolución de la oferta mundial de petróleo.....	54
Figura 30. Evolución de la demanda mundial de petróleo.....	55
Figura 31. Aplicaciones del gas natural.....	56

Figura 32. Consumo energético mundial (participación porcentual) 2020.....	56
Figura 33. Potencia instalada 2019.....	57
Figura 34. Balance energético de las centrales no renovables.....	58
Figura 35. Producción bruta energética por tipo de generación (GWh), 2020.....	61
Figura 36. Bloque ERNC I - 500 MW.....	62
Figura 37. Proyectos hidráulicos en desarrollo dentro del Bloque ERNC I - 500 MW.	63
Figura 38. Zonas con potencial solar y proyectos en desarrollo.....	64
Figura 39. Proyectos eólicos en desarrollo 2018-2027.....	65
Figura 40. Proyectos para el aprovechamiento de biomasa 2018-2027.....	66
Figura 41. Potencias máximas, mínimas y promedio anuales, 2010-2020.....	69
Figura 42. Demandas de potencia en bornes de generación (MW) y de energía (GWh), 2019 y 2020.....	70
Figura 43. Métodos de estimación aplicados en cada grupo de consumo.....	72
Figura 44. Evolución histórica y proyección del consumo del sector residencial.....	73
Figura 45. Evolución histórica y proyección del consumo del sector comercial.....	73
Figura 46. Evolución histórica y proyección del consumo del sector industrial.....	74
Figura 47. Proyección del consumo del sector alumbrado público.....	74
Figura 48. Proyección de usuarios por grupos de consumo.....	75
Figura 49. Energía evitada por eficiencia energética en el eje consumo propio del sector energético.....	76
Figura 50. Variación del consumo por fuente de energía eje del sector energético...	77
Figura 51. Energía evitada eje residencial, comercial y público.....	78
Figura 52. Variación del consumo por fuente de energía eje residencial, comercial y público.....	78
Figura 53. Energía evitada por eficiencia energética eje Industrial.....	79
Figura 54. Variación del consumo por fuente de energía eje Industrial.....	79
Figura 55. Energía evitada por eficiencia energética eje transporte.....	80
Figura 56. Variación del consumo por fuente de energía eje transporte.....	81
Figura 57. Variación del consumo por fuente de energía en Galápagos.....	82
Figura 58. Etapas PLANEE.....	84

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Recurso hidroeléctrico de Ecuador.....	5
Tabla 2. Zonas con potencial eólico en Ecuador.....	8
Tabla 3. Características físicas de la biomasa.....	26
Tabla 4. El top 5 Potencial bioenergético de Ecuador por provincia.....	26
Tabla 5. Centrales de generación No Renovables por provincias.....	36
Tabla 6. Potencia efectiva y nominal en el territorio ecuatoriano.....	38
Tabla 7. Comparativo entre potencia nominal y efectiva por fuente de generación...	39
Tabla 8. Leyes, Códigos y Reglamentos que enmarcan las políticas de eficiencia energética.....	48
Tabla 9. Combustibles para generación eléctrica (kBEP).....	57
Tabla 10. Generación de energía eléctrica (GWh).....	58
Tabla 11. Características de las energías limpias.....	60
Tabla 12. Demanda eléctrica anual de Ecuador 2010 – 2019.....	68
Tabla 13. Comparativa entre demanda eléctrica en bornes de generación (MW) y demanda de energía (GWh) de Ecuador entre los años 2019 y 2020.....	69
Tabla 14. Consumo de electricidad por sector productivo 2010-2020, %.....	70
Tabla 15. Generación de energía eléctrica 2010-2020, (GWh).....	71
Tabla 16. Desviación de la demanda de energía.....	75
Tabla 17. Líneas de acción por sector del PLANEE.....	83

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Cadena energética de electricidad 2020.....	95
Anexo 2. Cadena energética de hidrocarburos 2020.....	97

CAPÍTULO 1. EVALUACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO

1.1. Introducción

La demanda de energía depende de la utilización de servicios energéticos y la elección de procesos o dispositivos que utilizan energía. Durante el servicio de uso final la demanda se ve afectada por el costo de la energía, pero también por otros factores como las condiciones climáticas, etc. De manera similar, la demanda de electrodomésticos de uso final depende de los precios relativos de los electrodomésticos, costo relativo de operación, disponibilidad de electrodomésticos, etc.

La dinámica de la demanda de energía está influenciada por la inercia de las existencias de electrodomésticos, que conduce a una flexibilidad limitada. En un momento dado, cualquier consumidor poseería un stock de algunos dispositivos particulares con características operativas específicas (como eficiencia y costos). Asimismo, las nuevas adquisiciones incorporarían las características preferido por los consumidores dados los cambios en las condiciones del mercado. Por lo tanto, a corto plazo, la respuesta es parcial, mientras que la respuesta total se acumularía con el tiempo (Gebremeskel *et al.*, 2021).

El análisis de la demanda de energía ha intentado capturar estos aspectos de diferentes maneras: El enfoque de los economistas tradicionales se basa en optimizar el comportamiento dentro de la neoclásica tradición de la economía. Otro enfoque sigue la tradición de la ingeniería y critica las limitaciones del comportamiento optimizador y racional asumido en el análisis tradicional (Katircioglu *et al.*, 2021).

Los factores que impulsan la demanda de energía difieren entre los agentes económicos y los sectores. Los hogares consumen energía para satisfacer determinadas necesidades y lo hacen asignando sus ingresos entre varios requerimientos en competencia para obtener el mayor grado de satisfacción del gasto total. Las industrias y los usuarios comerciales demandan energía como insumo de producción y su objetivo es minimizar el costo total de producción (Qiu *et al.*, 2021). Por lo tanto, la motivación no es la misma para los hogares y los usuarios productivos de energía y cualquier análisis de la demanda de energía debería tratar estas categorías por separado.

La base microeconómica de la demanda de energía de los consumidores se basa en la utilidad de los consumidores principios de maximización. Dicho análisis asume que los consumidores conocen sus preferencias conjuntos y ordenamiento de preferencias. También

asume que el orden de preferencia puede ser representada por alguna función de utilidad y que el consumidor es racional en el sentido de que siempre elegirá el paquete más preferido del conjunto de alternativas factibles (Katircioglu *et al.*, 2021).

En el caso de los sectores industrial y comercial, la energía se utiliza como insumo para producir una salida. La teoría de los productores se utiliza para determinar la demanda de energía en ambos sectores. Al igual que los hogares, los productores enfrentan ciertas limitaciones:

- a. El proceso de producción tiene sus propias limitaciones técnicas que especifican el nivel máximo de salida para una combinación determinada de entradas.
- b. La capacidad de la planta en un momento dado es fija y no puede excederse.
- c. Puede haber limitaciones en la disponibilidad de ciertos insumos.

Los procesos industriales tienen variaciones significativas en el uso de energía por unidad de producción dependiendo de la tecnología de proceso empleada, la calidad de los nuevos materiales de entrada y actualización de máquinas y equipos. Las plantas a menudo requieren una importante inversión de capital.

En la mayoría de procesos industriales hay un efecto de curva de aprendizaje con plantas más nuevas siendo más eficientes energéticamente que las empresas con proceso productivos desactualizados. Hace unas décadas, los países en desarrollo a menudo solo tenían acceso a plantas de segunda mano con tecnologías obsoletas y, por lo tanto, a menudo eran más ineficientes que las plantas de proceso en naciones desarrolladas.

Por ello, la vida se ve afectada directamente por la energía y su consumo, como consecuencia de la notable tendencia creciente de la población mundial, la demanda de servicios de transporte y construcción y el aumento de los niveles de comodidad con la tecnología, creciendo rápidamente día a día el consumo mundial energético, trayendo consigo graves impactos ambientales como el agotamiento de la capa de ozono, el calentamiento global y cambio climático. Un consenso sobre el agotamiento de las fuentes de energía en un futuro próximo y la creciente importancia de las cuestiones ambientales obligan tanto a los países desarrollados como en desarrollo a revisar sus políticas energéticas con respecto a la producción y el consumo de energía.

El consumo actual de energía en el mundo está muy predominante con fuentes basadas en combustibles fósiles, con sus reservas limitadas y efectos ambientales peligrosos son inequívocos. Se realizan intensos esfuerzos en todo el mundo para reducir la brecha entre las

fuentes de energía convencionales y las renovables; sin embargo, las fuentes de energía renovable actualmente solo pueden satisfacer el 14% de la demanda mundial de energía (Qiu *et al.*, 2021). Por lo tanto, una investigación e interpretación precisas de las políticas energéticas existentes de las naciones con economías desarrolladas y emergentes son, por lo tanto, sensibles y significativas. Dentro del alcance de este documento, se presenta una descripción general de las tendencias y algunos factores clave que han influido en el consumo de energía en el Ecuador. El porcentaje del consumo total de energía primaria y el consumo de energía secundaria.

Por lo tanto, es necesario desarrollar una nueva política energética que se centre esencialmente en tres desafíos clave: la amenaza del cambio climático, el cambio urgente de ser un importador neto de energía a ser un exportador neto de energía, la necesidad de reemplazar o actualizar la infraestructura energética del país en las siguientes dos décadas.

1.2. Evolución de la demanda energética en los sectores primarios y secundarios del país

La demanda de energía se refiere a cualquier tipo de energía requeridas para satisfacer las necesidades energéticas individuales o sectoriales. La demanda energética individual se relaciona con los requerimientos energéticos individuales para el cumplimiento de diferentes propósitos: cocinar, calentar, enfriar, etc. (Qiu *et al.*, 2021). La demanda energética sectorial se relaciona con los requerimientos energéticos de diferentes sectores como industrial, residencial y transporte (Anexo 1). La demanda de energía corresponde a: (1) demanda de energía primaria: esta es la cantidad de energía requerida por un país, o (2) demanda de energía secundaria, que es la cantidad de energía suministrada a los consumidores.

1.2.1. Sector primario.

La energía primaria es la energía inherente o el potencial energético de los fenómenos naturales y las materias primas antes de una mayor manipulación por parte de los humanos. Las fuentes de energía primaria más importantes son los combustibles fósiles como el petróleo crudo, el gas natural y el carbón, así como las fuentes renovables como la energía eólica y solar (Anexo 2). Como los dos últimos son intangibles, el consumo de energía primaria influye en la cantidad de electricidad (una forma de energía secundaria) generada a través de estas fuentes.

Se espera que la demanda de energía primaria en todo el mundo continúe creciendo,

aunque a un ritmo cada vez menor. Con el crecimiento económico y poblacional constante en todo el mundo y las mejoras continuas en la eficiencia energética, se espera que el PIB mundial alcance los 220 billones de dólares y que la población mundial aumente a alrededor de 9.550 millones para 2050 (Espinoza *et al.*, 2018). Sobre la base de un escenario de aceleración del desarrollo de energía limpia, se espera que la demanda mundial de energía primaria aumente a 30 mil millones de toneladas de carbón estándar para 2050, que está en línea con el escenario propuesto en los escenarios energéticos mundiales del Consejo Mundial de la Energía: composición de futuros de energía hasta 2050.

En países en desarrollo como Ecuador que poseen diversos recursos no renovables y renovables (en los cuales se destacan los eólicos, solares hídricos y de biomasa), donde es utilizado en la generación eléctrica un alto porcentaje de energías renovables con una capacidad de 27.373,86 GWh, aunque no ha sido utilizado a su máximo potencial. Por tal motivo, el estado ecuatoriano se ha proyectado en realizar plantas hidroeléctricas con una capacidad de potencia superior a los 50 MW, capacidades medias entre los 10 MW y 50 MW y baja capacidad de potencia de 1 a 9,99 MW, creando un impacto enorme en la región Sudamericana debido a que, la meta es de conectar el SEN (Sistema eléctrico ecuatoriano con otras naciones del territorio latinoamericano (CONELEC, 2012). De igual manera, se continúa los estudios de factibilidad en proyectos con fuentes de energía no convencionales para la generación eléctrica (Cevallos & Ramos, 2018).

1.2.1.1. Recursos hídricos.

Los recursos hídricos poseídos por el Ecuador poseen un potencial elevado por sus grandes cantidades de cuencas de drenaje con un potencial en teoría de 74.000 MW que se distribuyen en nueve (9) sistemas hidrográficos. Siendo sus vertientes principales la del Pacífico y la Amazónica con capacidad de instalación económica y técnica entre las dos de 21.500 MW. Por ello, el país ha decidido invertir en los últimos años en la construcción de plantas hidroeléctricas debido a que, tiene el potencial de exportar energía limpia (MERNNR, 2020).

Dentro de la inversión realizada por el estado ecuatoriano destaca la construcción de 8 centrales hidroeléctricas, donde Coca Codo Sinclair es la de mayor capacidad energética con una potencia nominal de 1500 MW, el propósito es poder satisfacer la demanda entre un 85 y 90% del estado (CONELEC, 2012).

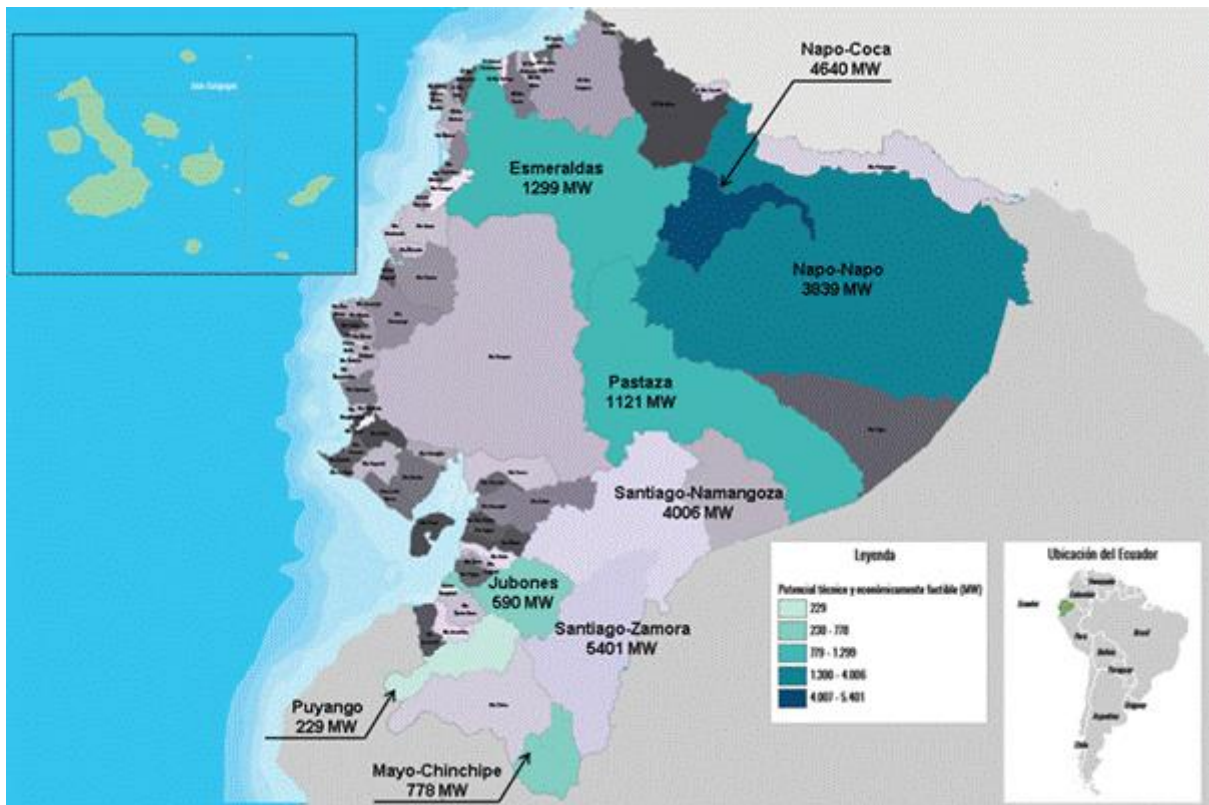


Figura 1. Recurso hidroeléctrico de Ecuador
Fuente: (MERNNR, 2020)

Tabla 1. Recurso hidroeléctrico de Ecuador

Línea divisoria	Potencia técnicamente disponible (MW)	Potencia económicamente disponible (MW)
Mira	488,50	-
Esmeraldas	1878,50	1299,00
Guayas	310,70	-
Cañar	112,20	-
Jubones	687,70	590,00
Puyango	298,70	229,00
Catamayo	459,60	-
Sub Total 1	4235,90	2118,00
Napo-Coca	6355,00	4640,00
Napo-Napo	5929,50	3839,00
Pastaza	1434,00	1121,00
Santiago-Namangoza	5810,60	4006,00
Santiago-Zamora	5857,60	5401,00
Mayo	859,00	778,00
Sub Total 2	26245,70	19785,00

Fuente: (MERNNR, 2020)

1.2.1.2. Recurso solar.

Por la ubicación geográfica aventajada del Ecuador en relación al recurso brindado por el sol, este recibe durante el año una radiación casi perpendicular y con un ángulo de incidencia constante otorgando a la generación termo solar y fotovoltaica un gran potencial de

aprovechamiento (Cevallos & Ramos, 2018). En el país se puede generar aproximadamente 4.57 KWh/m² por día, siendo económicamente factible entre 4 y 6 KWh/m². Donde las provincias con mayor insolación son Loja y El Oro ubicadas en el Sur Occidente y las encontradas en el norte tales como: Pichincha, Cotopaxi y Santo Domingo de los Tsáchilas sobrepasando en ambas regiones los 5.5 KWh/m² por día (MEER, 2017).

El uso del recurso solar en territorio ecuatoriano se ha realizado en zonas rurales, brindando servicio eléctrico en áreas donde no llega la red eléctrica nacional (MEER, 2017). Dentro de los proyectos desarrollados resalta:

1. *Planta fotovoltaica y acumulación energética Baltra (65 kWp, 4MWh plomo ácido y 268 kWh ion litio)*, esta produce aproximadamente anualmente 136 MWh, reduciéndose el uso a 12 mil galones de diésel, traducidos en la *NO EMISIÓN* de 81.6 Ton CO₂/año.
2. *Planta fotovoltaica Puerto Ayora (1.5 MW)*, produce anualmente un aproximado de 2430 MWh, reduciéndose el uso de 194 mil galones de diésel, que se traducen en la *NO EMISIÓN* de 1475 Ton CO₂/año.
3. *Proyecto híbrido Isabela (en ejecución; 922 kWp, 1.62 MW dual térmico y 305 kWh en almacenamiento)*, produce aproximadamente 3600 MWh al año, reduciéndose el uso de 300 mil galones de diésel, traducidos en la *NO EMISIÓN* de 1870 Ton CO₂/año.

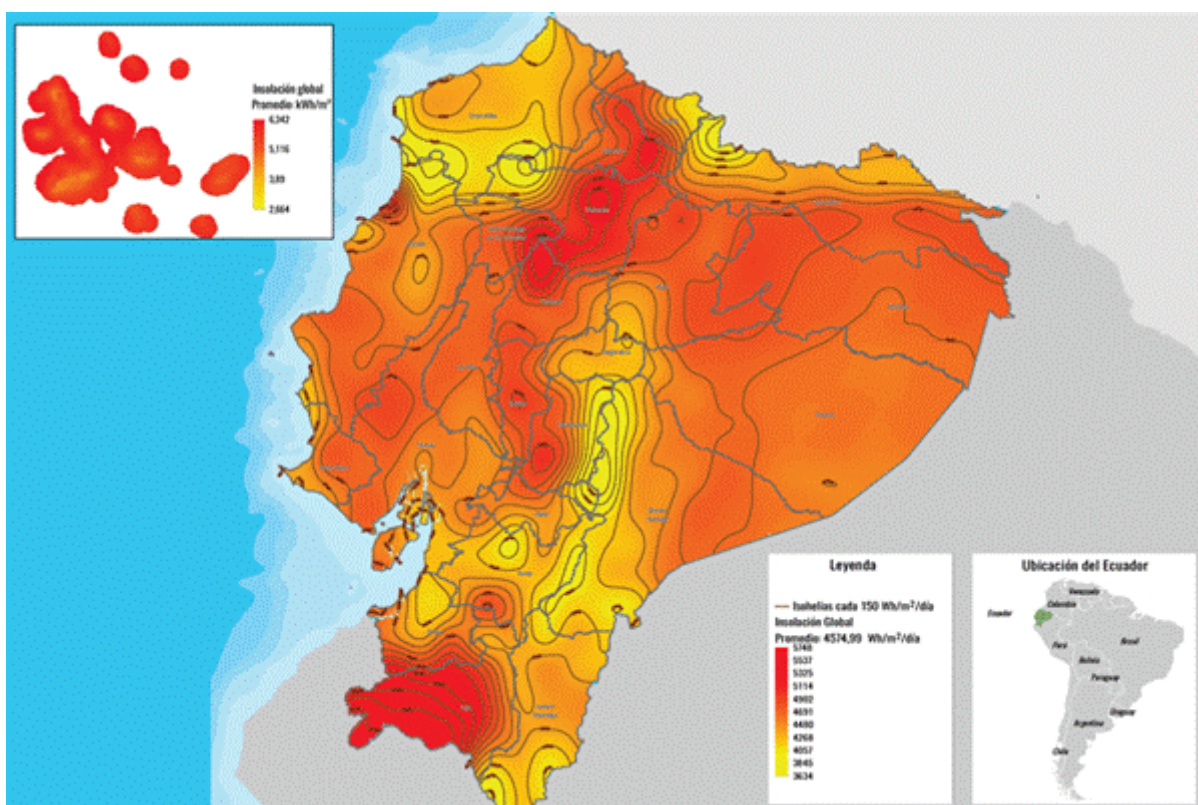


Figura 2. Recurso solar del Ecuador
Fuente: (MERNNR, 2020)

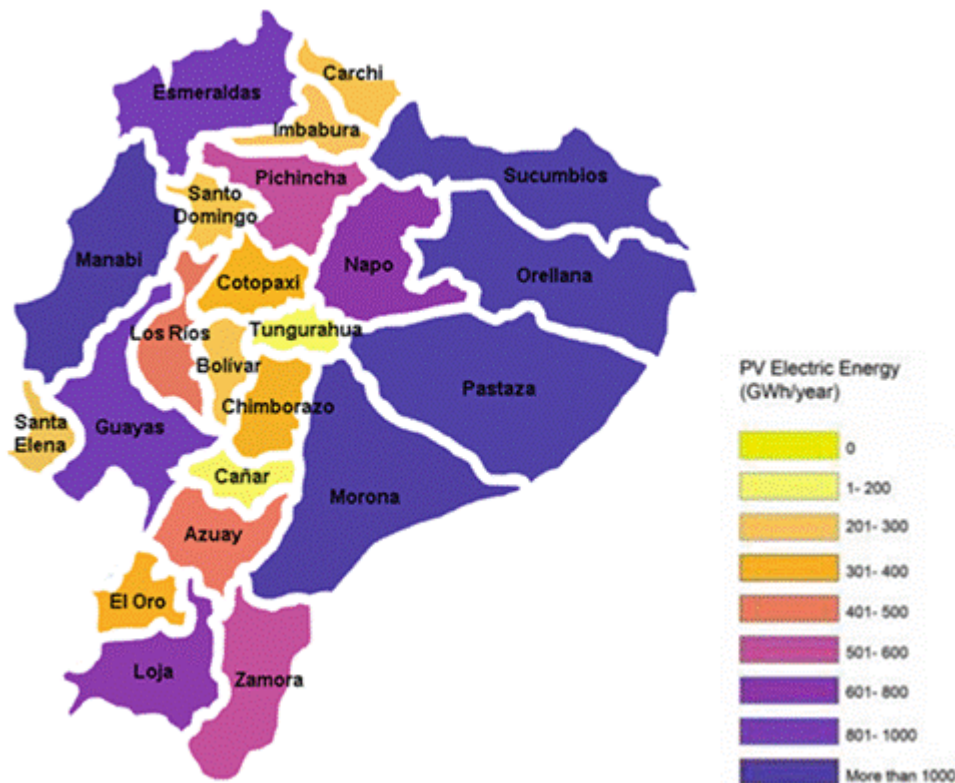


Figura 3. Desarrollo de energía fotovoltaica por provincias en Ecuador
Fuente: (CONELEC, 2008)

El programa “Euro-Solar” surge mediante un convenio regional en el 2006 entre 8 países de América Latina y la Unión Europea, entre ellos Ecuador. El objetivo de este programa es Mejorar la calidad de vida de 91 comunidades rurales (localizadas en las provincias de Guayas, Pastaza, Orellana, Morona Santiago, Napo, Esmeralda y Sucumbíos) del territorio ecuatoriano en materia de salud, telecomunicaciones y educación a través de la utilización de fuentes de energía eléctrica renovable (Cevallos & Ramos, 2018).

1.2.1.3. *Recurso eólico.*

Actualmente la región andina ecuatoriana por su posición geográfica, las alturas de esta cordillera y sus abundantes flujos de aire poseen la mayor cantidad de recursos eólicos (Cevallos & Ramos, 2018). Se estima que existe un potencial bruto de 1670 MW a 350 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) con corrientes de aire superiores a los 7 metros por segundo (m/s). De igual manera, se estima que en el perfil costero obtener 900 MW, con factores de planta entre un 20 y 25% (MEER, 2017).

Ecuador posee tres parques de generación eólica (MEER, 2017):

1. *Central eólica Villonaco (16,5 MW de capacidad)*, se encuentra ubicada en la Provincia de Loja, la cual inicio operaciones en el 2013. Actualmente posee dos fases adicionales para ampliar la capacidad de generación, sin embargo se encuentran en la búsqueda de recursos económicos para la implementación.
2. *Parque eólico Baltra - Santa Cruz*, con una capacidad de generación de 2,25 MW esta produce aproximadamente anualmente 5800 MWh, reduciéndose el uso de 480 mil galones de diésel, que se traducen en la *NO EMISIÓN* de 3600 Ton CO₂/año.
3. *Parque eólico San Cristóbal*, con una capacidad de generación de 2,4 MW esta produce aproximadamente anualmente 4000 MWh, reduciéndose el uso de 300 mil galones de diésel, que se traducen en la *NO EMISIÓN* de 2070 Ton CO₂/año.

Estas fuentes de energías no convencionales aportaron el 0,31% de la energía eléctrica del estado para el año 2016.

Enmarcados en el Plan de acción de Energías Sostenibles (PAES), se muestra el mapa eólico de Potencial en Bruto y el Potencial factible a Corto Plazo (Figura 4). Para el potencial en bruto se toma en consideración zonas que se encuentren ubicadas a 3500 m.s.n.m. y una velocidad superior a los 7 m/s, estimándose una capacidad de generación de 1671 MW aproximadamente, con una media de 2869 GWh/año (MEER, 2017).

Mientras el potencial factible a corto plazo toma en consideración de igual manera, zonas que se encuentren ubicadas a 3500 m.s.n.m. y una velocidad superior a los 7 m/s, pero que se encuentren a una distancia menor o igual a 10 Km de la red eléctrica y carreteras, estimándose una capacidad de generación de 988 MW aproximadamente, con una media de generación de 1697 GWh/año (MEER, 2017).

Tabla 2. Zonas con potencial eólico en Ecuador

Proyecto	Provincia
El Ángel	Carchi
Salinas	Imbabura
Machachi, Malchinguí, Páramo Grande	Pichincha
Minitrac, Tigua	Cotopaxi
Chimborazo, Tixán, Altar	Chimborazo
Salinas, Simiatug	Bolívar
Huascachaca	Azuay - Loja
Saraguro, El Tablón, Manú	Loja
Villonaco Fase 2, Membrillo, Las Chinchas	Loja
San Cristóbal, Santa Cruz, Baltra	Galápagos
Ducal Wind Farm	Loja
García Moreno	Carchi

Fuente: (MEER, 2017)

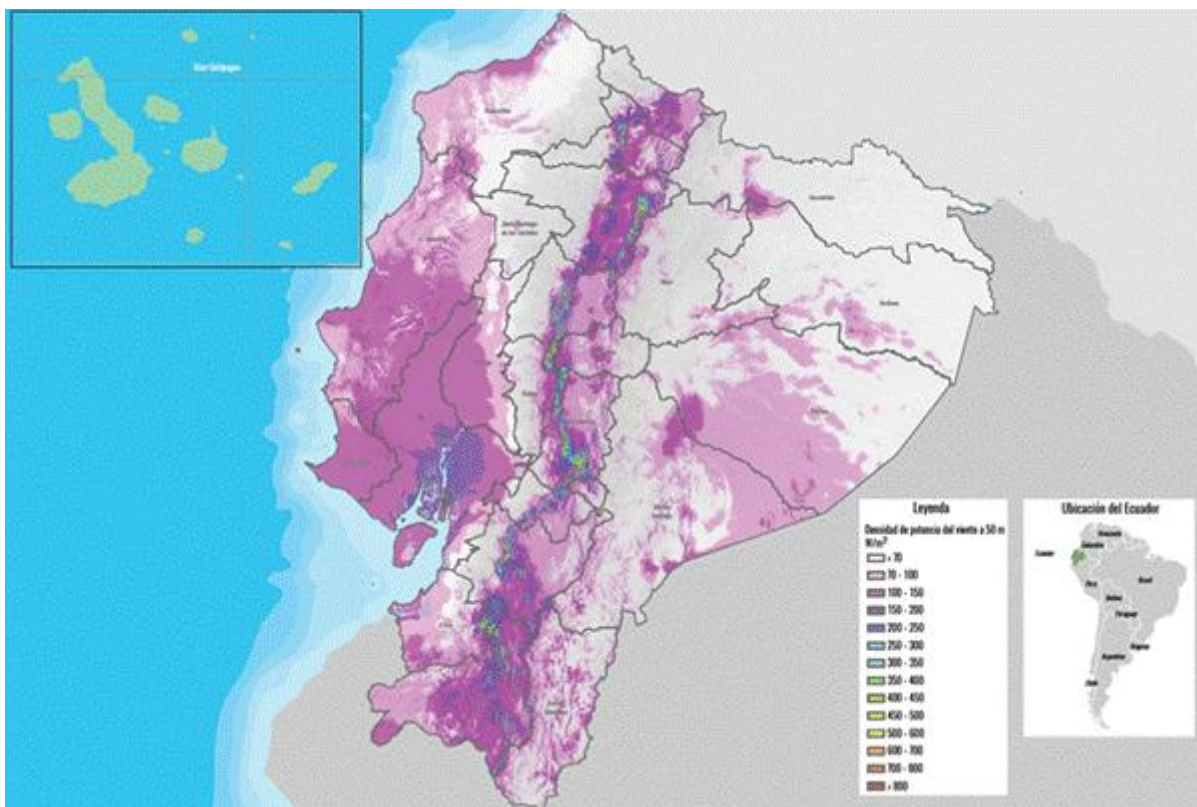


Figura 4. Recurso eólico de Ecuador
Fuente: (MERNNR, 2020)

1.2.1.4. Recursos de biomasa.

El porcentaje del suministro total de energía primaria de la participación de la biomasa en América Latina es de alrededor de 17%. Por lo tanto, la biomasa tiene el potencial de convertirse en una de las principales fuentes de energía primaria del mundo. Durante el siglo actual, en el que se sugiere que los sistemas de bioenergía modernizados son importantes contribuyentes al futuro desarrollo sostenible en los países industrializados, así como en los países en desarrollo países (Adhikari & Adhikari, 2021).

Ecuador es uno de estos países en desarrollo con una gran variedad de especies de biomasa como bosques, pastos, cultivos, residuos sólidos urbanos (RSU) y agro-residuos; en este particular el país ha implementado sistemas de Cogeneración a través de biomasa, en donde los excesos de energía generados por estos son dados a la red eléctrica nacional. Al momento los cultivos de caña de azúcar son uno de los principales utilizados para la generación energética por Biomasa. Destacando entre estos: Escudos con capacidad de 29.8 MW, Ecoelectric con capacidad de 36.5 MW y San Carlos con Capacidad de 35 MW (MEER, 2017). Representando para el año 2016, el 1.74 % de la energía eléctrica producida por el estado ecuatoriano (Terneus & Viteri, 2021).

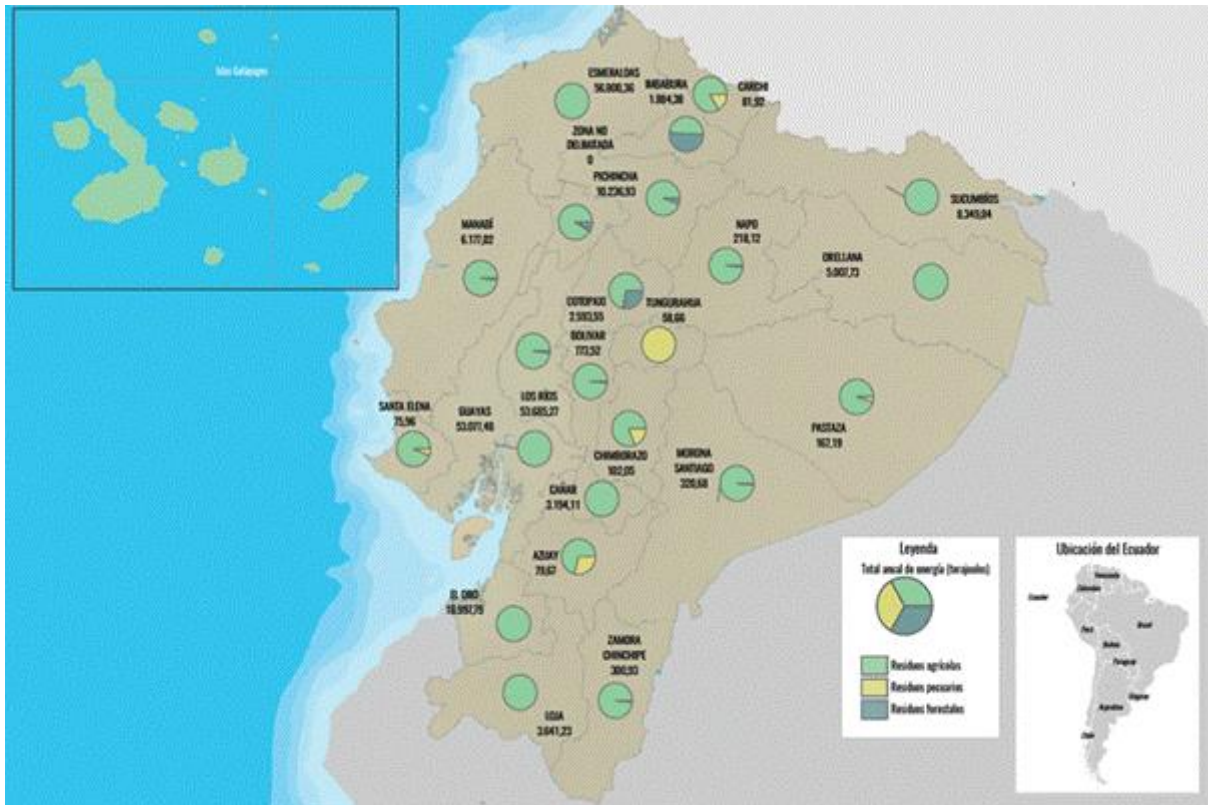


Figura 5. Recurso bioenergético de Ecuador
 Fuente: (MERNNR, 2020)

1.2.1.5. Recurso geotérmico.

Ecuador posee un aproximado de 16 lugares de interés geotérmico a lo largo de la región Andina, con un potencial de 1700 y 8000 MWe. Destacándose 3 proyectos ubicados en la provincia de Imbabura: Chalpatán, Chachimbiro y Chacana (MEER, 2017).

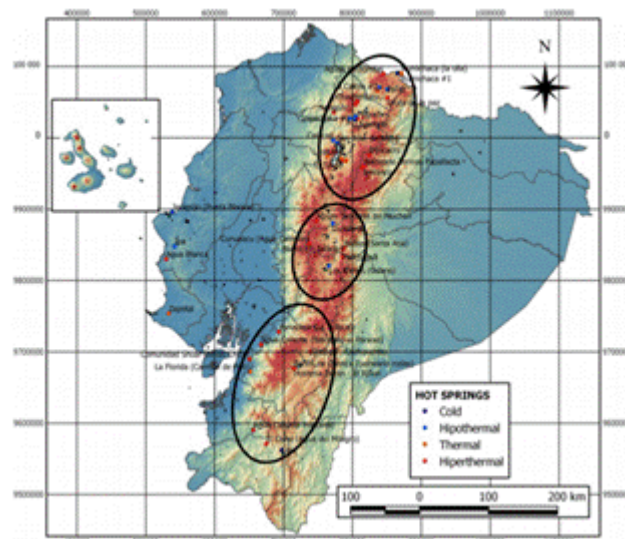


Figura 6. Recursos geotérmicos en Ecuador
 Fuente: (CONELEC, 2012)

1.2.2. Sector secundario.

El sector secundario más comúnmente llamado sector manufacturero, es parte de la economía que produce bienes a través de algún proceso de manufactura (a diferencia de las materias primas extraídas de la naturaleza). Este sector transforma mucha energía del sector primario en formas más útiles. Este sector incluye la fabricación de divisas energéticas como la electricidad, así como la refinación del petróleo crudo extraído en productos derivados del petróleo como la gasolina, el queroseno y el diésel (USAID, 2020).

El sector secundario cubre la fabricación de bienes en la economía, incluido el procesamiento de materiales producidos por el sector primario. También incluye la construcción y las industrias de servicios públicos de electricidad, gas y agua. A veces, las industrias de servicios públicos también se mencionan en el sector terciario (servicios), porque no solo producen algo (electricidad, gas, agua purificada) sino que también lo suministran a los clientes (como un servicio) (USAID, 2020).

Los desarrollos de eficiencia energética en el sector industrial ecuatoriano se centran en mejorar la productividad y uso eficiente de los recursos naturales. El primer objetivo específico del Sector Industrial es reemplazar equipos ineficientes, aplicar sistemas de cogeneración y adoptar ISO 50001 en industrias intensivas en energía.

El programa de Cogeneración en la industria tiene como objetivo motivar a las industrias a instalar cogeneración. Para lograr esto, Plan maestro de electrificación 2012-2021 detalla una lista de elementos de acción requeridos, incluida la evaluación de potencial nacional para sistemas de cogeneración, proyectos piloto y casos de estudio, promoviendo la implementación de sistemas de cogeneración, seguimiento y comunicación de mejores prácticas.

El Programa de sustitución de motores, bombas, calderas y calentadores de agua en industrias el objetivo del programa es reemplazar equipos ineficientes. El gobierno logrará esto proporcionando incentivos que serán implementados por el sector privado. El sector privado se beneficiará de la energía ahorros generados después de la sustitución de equipos.

CAPÍTULO 2. PROYECCIONES DE ENERGÍA A LARGO PLAZO

2.1. Desarrollo sustentable en el sector eléctrico

La sostenibilidad se ha vuelto cada vez más importante en términos de gobernanza, desarrollo de políticas y toma de decisiones, especialmente en el área empresarial. En este punto, una adecuada gestión ambiental ligada a estándares circulares y sostenibles convirtiéndose en un mecanismo diferencial para construir una imagen positiva de las organizaciones en el mercado. Para las empresas que operan en el sector eléctrico, es relevante la determinación de las estrategias corporativas que se darán a conocer al público en los informes de sostenibilidad. Además, la transparencia de las entidades con respecto a las cantidades de residuos generados en sus actividades y respectivos destinos va más allá del cumplimiento de las obligaciones legales en muchos casos a nivel mundial (Kurian, 2012).

Las empresas del sector eléctrico podrán utilizar los reportes de sostenibilidad como un medio para declarar sus datos y acciones estratégicas de políticas ambientales, incluida la generación y disposición adecuada de sus residuos, a las partes interesadas e inversores, refiriéndose estos a la práctica de medir, divulgar y rendir cuentas a los interesados internos y externos del desempeño organizacional hacia la meta del desarrollo sostenible (Kurian, 2012).

2.1.1. La gestión de residuos en el sector eléctrico.

El sector eléctrico se compone de actividades de generación, transmisión y distribución de energía. La comprensión de tales prácticas se convierte en un asunto importante para la comprensión de los residuos producidos en cada etapa (Maia *et al.*, 2021).

En la fase de generación, las plantas de generación eléctrica convierten la energía mecánica, química y / o de fisión en energía eléctrica, y existen diferentes tipos de procesos empleados para producir electricidad, tales como centrales de carbón, turbinas eólicas, células solares fotovoltaicas, entre otros. En las plantas de combustibles fósiles y nucleares, todas las etapas del ciclo del combustible (minería, fabricación de combustibles, producción de energía y desmantelamiento) generan residuos, además de la operación de las plantas de energía, lo que requiere varios materiales no peligrosos que se descartan después de la fase de uso (por ejemplo, papel, contenedores, material de oficina, etc.) (Dai & Taghavi, 2021). Por otra parte, el carbón sigue siendo una fuente importante para la generación de energía a nivel mundial y su uso en centrales genera cenizas volantes y cenizas de fondo en altas cantidades,

las cuales son eliminadas en vertederos de cenizas, provocando impactos ambientales adversos debido a su alto volumen de generación y gran Área de tierra para disposición.

El paso de generación eléctrica también utiliza materiales peligrosos, como aceites, fluidos hidráulicos, electrolitos de baterías, materiales con mercurio, entre otros, que, en su fase de final de vida, se convierten en residuos potencialmente peligrosos y demandan, por tanto, un tratamiento especial. Las centrales eléctricas basadas en combustibles fósiles utilizan más sustancias peligrosas y generan mayores volúmenes de residuos peligrosos, mientras que otras tecnologías de generación (hidroeléctrica, nuclear, solar, eólica, geotérmica y mareomotriz, por ejemplo) utilizan y generan una menor cantidad de sustancias o residuos peligrosos (Maia *et al.*, 2021).

Las fases de transmisión y distribución de electricidad tienen como objetivo transferir la energía eléctrica generada en las plantas de energía a los consumidores urbanos a través de la red, que consta de numerosas subestaciones para reducir las pérdidas de línea durante la transmisión de larga distancia. El voltaje de las líneas de transmisión se reduce en las subestaciones de distribución para abastecer a las ciudades, además, se pueden generar muchos desechos peligrosos dentro de las fases de transmisión y distribución, como es el caso de los dispositivos de potencia de alto voltaje y otros dispositivos electrónicos de potencia que contienen plomo, retardadores de fuego bromados y cadmio en sus placas de circuito impreso, la limpieza periódica de subestaciones que puedan generar residuos peligrosos y, finalmente, materiales aislantes que contengan amianto y bifenilos policlorados (Cusenza *et al.*, 2021).

Para abordar estos problemas ambientales derivados de los desechos en la industria, muchos países han implementado leyes para definir la responsabilidad de los agentes de realizar una gestión adecuada de los desechos.

La jerarquía de residuos fue una de las herramientas más emblemáticas propuestas por muchas normativas ambientales a nivel internacional para orientar a los gestores sobre las opciones prioritarias para la eliminación de residuos (Cusenza *et al.*, 2021). Según la jerarquía de residuos, se destaca el siguiente orden de prioridad: (i) Prevención y reducción; (ii) Preparación para su reutilización; (iii) Reciclaje o compostaje; (iv) otros tipos de recuperación (por ejemplo, recuperación de energía, incineración); (v) Eliminación en vertederos. Este orden de alternativas tiene como objetivo prevenir la generación de desechos y gestionar adecuadamente estos residuos.

2.1.2. Energías renovables y sostenibles.

Una fuente de energía puede considerarse sostenible si cumple 3 demandas de energía: si la energía se puede reponer de forma natural, con la mejora de la eficiencia energética mediante desarrollos tecnológicos y su disponibilidad a largo plazo.

La energía sostenible es aquella capaz de satisfacer la creciente demanda de las personas de hoy sin comprometer la demanda se requerirá en el futuro. Todas las fuentes de energía renovable como la solar, eólica, geotérmica, hidroeléctrica, undimotriz y mareomotriz son formas de energía sostenible. Estas fuentes de energía han estado aquí durante siglos y están aquí para quedarse hasta que haya vida disponible en la tierra. Poseen un bajo impacto ambiental, están ampliamente disponibles y se reponen de forma natural (Yoro *et al.*, 2021).

La energía del mundo necesita crecer con la madurez tecnológica. Los avances tecnológicos han dado lugar a muchas otras fuentes alternativas de energía que pueden aprovecharse mediante diversas técnicas modernas (Osorio *et al.*, 2021).

Relacionándose con la población que utiliza ampliamente dispositivos modernos que se suman a la creciente demanda de energía. Para hacer frente a esta necesidad energética, las empresas de este sector deben ejercer mucho entusiasmo en lo que respecta a sus esfuerzos para hacer que la energía sea accesible y disponible para muchas personas en todo momento.

Casi todas las actividades diarias de la población dependen de la energía, para calentar, alimentar dispositivos, sistemas de enfriamiento, cocinar y mucho más. Como tal, existe una gran cantidad de fuentes de energía, la mayoría de las cuales se consideran insostenibles o no renovables. Estos dos términos, energía renovable y energía sostenible, se han utilizado durante mucho tiempo y han pintado una imagen que sugiere que son lo mismo, sin embargo, no lo son (Osorio *et al.*, 2021).

La energía renovable se refiere a la proveniente de fuentes y procesos naturales que se reponen de forma constante y natural en una escala de tiempo humano. Estas fuentes incluyen luz solar, olas, mareas, lluvia, fuentes geotérmicas y eólicas. No obstante, también podría referirse a la biomasa, aunque su estado de carbono neutral todavía está en debate.

Las fuentes de energía renovable representan el 26% de la electricidad mundial en la actualidad, pero la Agencia Internacional de Energía (AIE) espera que esa cifra aumente al 30% para 2024. El mundo eventualmente puede funcionar solo con energía renovable, ya que

algunas naciones han probado tales experimentos(Maia *et al.*, 2021).

La energía sostenible se refiere a la energía producida y utilizada de manera que satisfaga las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer la capacidad futura para satisfacer sus propias necesidades. Por lo tanto, se refiere a las energías que se pueden utilizar hoy en día y que todavía estarán disponibles en las décadas y los siglos venideros (Yoro *et al.*, 2021).

Como tal, no todas las energías renovables pueden ser sostenibles. Por ejemplo, la energía nuclear se considera renovable, pero el material utilizado en las centrales nucleares no es renovable en sí mismo. Esto significa que, aunque la energía en sí puede almacenarse para las generaciones futuras, los materiales utilizados no pueden.

Pero se puede estar seguros de que algunas de las fuentes de energía renovables, como la: solar, eólica y geotérmica, estarán disponibles para el mismo propósito en las próximas décadas. Esto significa que no solo son fuentes de energía renovables, sino también sostenibles. Por otro lado, no se tiene certeza de la disponibilidad de algunas energías como la hidroeléctrica, dado que depende del agua.

La incertidumbre radica en la parte del agua, ya que el calentamiento global y el cambio climático representan amenazas para tales cuerpos de agua, como ríos y represas. Como tal, aunque algunas fuentes de energía renovables son sostenibles, otras pueden no serlo. Además, si se utilizan bien, algunas fuentes de energía no renovables podrían calificarse de sostenibles, como la energía nuclear.

2.1.3. Tipos de energías renovables.

En la actualidad, la mayoría de los países depende en gran medida del carbón, el petróleo y el gas natural para su energía. Los combustibles fósiles no son renovables, es decir, se basan en recursos finitos que eventualmente disminuirán, volviéndose demasiado caros o demasiado dañinos para recuperar el medio ambiente.

2.1.3.1. Energía hidroeléctrica.

Una instalación hidroeléctrica es un tipo especial de planta de generación que utiliza la energía del agua que cae o fluye para generar electricidad. Se realiza dirigiendo el agua sobre una serie de turbinas que convierten la energía potencial y cinética del agua en el movimiento

de rotación de la turbina. Luego, la turbina se conecta a un generador y el movimiento se utiliza para generar electricidad (Schallenberg *et al.*, 2008).

La energía hidroeléctrica proporciona al mundo alrededor del 16% de la generación total de energía eléctrica. Algunos de los mayores productores son China, Canadá y Brasil. Convirtiéndose en la segunda mayor fuente de producción de electricidad después de la energía nuclear. Además, es flexible y almacenable, contribuye activamente al equilibrio del sistema eléctrico y a la seguridad de la red. La energía hidroeléctrica se puede encender en unos minutos y en cualquier momento. Responde a fluctuaciones bruscas de la demanda eléctrica a bajo coste gracias al agua almacenada en las presas. Hay tres tipos de instalaciones hidroeléctricas: embalse, desviación y almacenamiento por bombeo. Algunas centrales hidroeléctricas utilizan represas y otras no.

Se construyeron muchas presas para otros fines y posteriormente se añadió energía hidroeléctrica. En los Estados Unidos, hay alrededor de 80.000 represas de las cuales solo 2.400 producen energía. Las otras presas son para recreación, estanques de ganado, granjas, control de inundaciones, suministro de agua e irrigación.

Las plantas hidroeléctricas varían en tamaño, desde pequeños sistemas para una casa o aldea hasta grandes proyectos que producen electricidad para servicios públicos (Schallenberg *et al.*, 2008).

Las centrales de Incautación, son los tipos más común de central hidroeléctrica es una instalación de embalse, típicamente un gran sistema de energía hidroeléctrica, utiliza una presa para almacenar agua del río en un embalse. El agua que se libera del depósito fluye a través de una turbina, haciéndola girar, lo que a su vez activa un generador para producir electricidad. El agua puede liberarse para satisfacer las necesidades cambiantes de electricidad o para mantener un nivel de depósito constante.

Las centrales de Desviación a veces llamada de pasada, canaliza una parte de un río a través de un canal o una tubería forzada, puede que no requiera el uso de una presa.

Otro tipo de energía hidroeléctrica llamado almacenamiento por bombeo funciona como una batería, almacenando la electricidad generada por otras fuentes de energía como la solar, eólica y nuclear para su uso posterior. Almacena energía bombeando agua cuesta arriba a un depósito a mayor altura desde un segundo depósito a menor elevación. Cuando la demanda de electricidad es baja, una instalación de almacenamiento por bombeo almacena energía

El potencial de generación hidroeléctrica estimado, en relación a las cuencas y subcuencas hídricas es de 16.500 m³/s que se distribuye en la superficie continental del territorio ecuatoriano, se divide en dos vertientes hidrográficas: la del Atlántico con una capacidad de caudal de 71% y la del Pacífico con el 29%; mientras la zona de vertiente del oriente es del 53%. A continuación, se muestran las curvas isoyetas las cuales permiten obtener los perfiles energéticos de acuerdo a la distribución de precipitaciones de lluvias en todo el territorio (CONELEC, 2012).

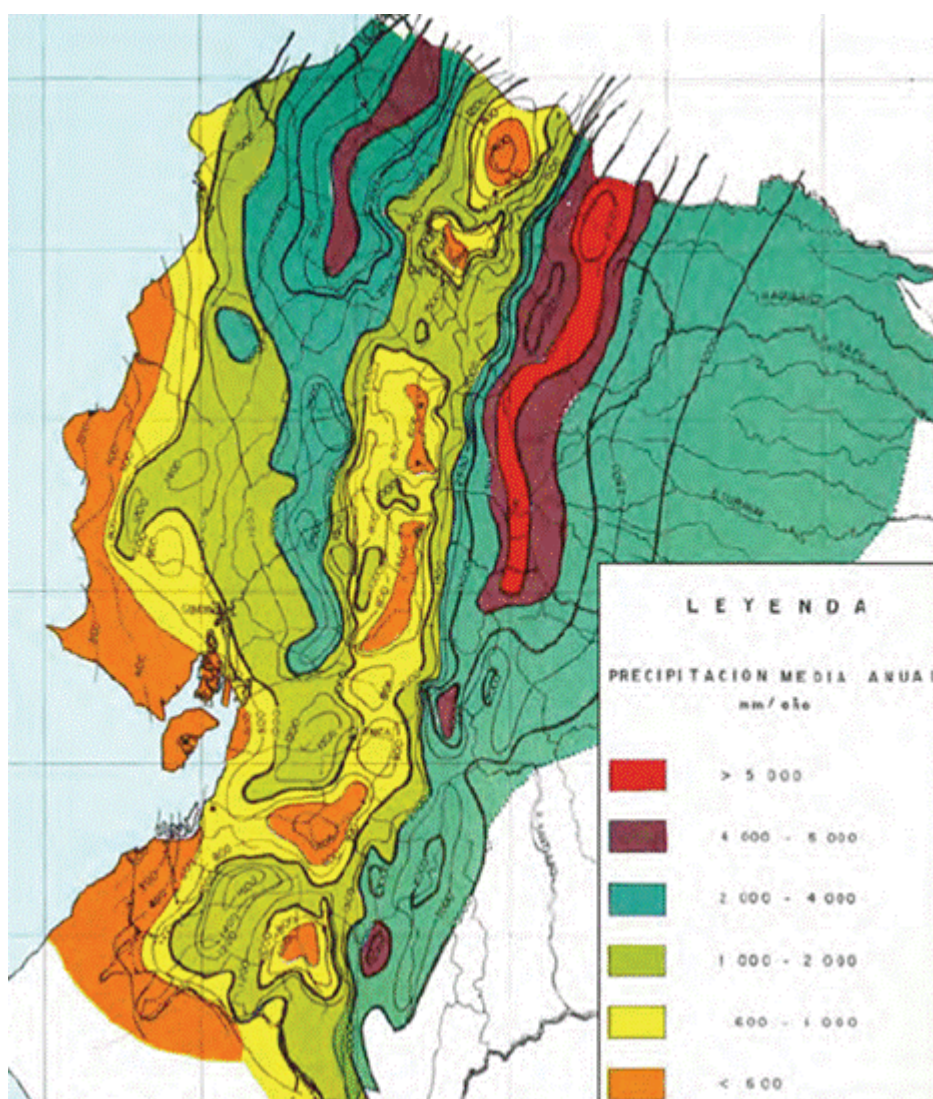


Figura 8. Curvas isoyetas del territorio ecuatoriano
Fuente: (MERNNR, 2020)

De acuerdo a la figura anterior las zonas de mayores precipitaciones es la estribación nororiental de la cordillera central, alcanzando 5000 mm/año. Esta región pertenece a la cuenca de los ríos Napo en primera instancia, Curaray y Pastaza.

2.1.3.2. Energía solar.

La energía solar es la fuente de energía renovable más limpia y abundante disponible. Las tecnologías solares pueden aprovechar esta energía para una variedad de usos, incluida la generación de electricidad, proporcionar luz o un ambiente interior confortable y calentar agua para uso doméstico, comercial o industrial. Hay tres formas principales para aprovechar la energía solar: fotovoltaica, solar térmica y la concentrada (Schallenberg *et al.*, 2008).

La energía fotovoltaica genera electricidad directamente de la luz solar a través de un proceso electrónico y se puede utilizar para alimentar cualquier cosa, desde pequeños dispositivos electrónicos como calculadoras y señales de tráfico hasta hogares y grandes empresas comerciales. La energía solar de concentración (CSP) utilizan el calor generado por el sol para hacer funcionar turbinas tradicionales de generación de electricidad (Schallenberg *et al.*, 2008).

Los beneficios para los hogares que usan energía solar son (Schallenberg *et al.*, 2008):

- La luz del sol es gratis. Por lo tanto, tan pronto como haya pagado la instalación inicial, sus costos de electricidad son prácticamente gratuitos.
- Algunos países como Reino Unido utilizan un esquema de tarifas reguladas, el esquema paga a las personas por la electricidad que generan, incluso si la usan. Muchos países de todo el mundo tienen esquemas similares.
- En algunos países se vende electricidad a la red eléctrica, pagada a los hogares que la exportan a través del esquema de tarifas de alimentación.
- Menor huella de carbono, la energía solar es una energía renovable verde, debido a que *NO LIBERA DIÓXIDO DE CARBONO* ni gases de efecto invernadero.
- Un sistema fotovoltaico típico para un hogar promedio, por ejemplo, podría ahorrar aproximadamente entre 1,2 y 1,7 toneladas de carbono al año.
- El cambio climático se refiere al cambio a largo plazo en las temperaturas promedio de la Tierra y los patrones climáticos. Cuando las temperaturas a largo plazo aumentan, lo llamamos calentamiento global.

Energías limpias como la energía solar, son una pieza clave para hacer crecer un mundo más verde. La energía solar es la fuente de energía de más rápido crecimiento en el mundo. Al ser nombrada la fuente de energía más eficiente/rentable y a medida que aumenta el calentamiento global, la energía solar está buscando la mejor alternativa a la quema de combustibles fósiles. También se espera que crezca mucho más rápido que otras fuentes renovables, como la energía hidroeléctrica y la energía eólica, porque la energía solar es la

fuentes de energía renovable más abundante.

En la figura 2, de la página 6, se observa el comportamiento de la energía solar global promedio en el Ecuador, en esta se considera los valores de insolación total por día. De igual manera, se evidencia que las regiones de mayor insolación en el territorio nacional y por tanto tienen un mayor potencial para generar con fuentes fotovoltaicas son las provincias del Carchi, Loja e Imbabura (CONELEC, 2012). El país posee una radiación solar global promedio aproximada de 4.575 Wh/m²/día, mientras el potencial solar estimado para la generación fotovoltaica para la nación es de 312 GW que equivale a 456 TWH anuales o 283 millones de barriles equivalentes de petróleo (Mbep) igualmente anual. Correspondiendo a 15 veces el potencial técnico hidroeléctrico aproximadamente (CONELEC, 2012).

No obstante, ARCONEL declara en septiembre del 2017 que el Ecuador posee una capacidad efectiva de 25,6 MW representando el 0,34% de la capacidad total del territorio nacional, con una producción de 35,3 GWh/ año traduciéndose en un 0,15% de la producción total (CONELEC, 2012).

2.1.3.3. Energía eólica.

La energía eólica ofrece muchas ventajas, lo que explica por qué es una de las fuentes de energía de más rápido crecimiento en el mundo. Los esfuerzos de investigación están destinados a abordar los desafíos para un mayor uso de la energía eólica.

Este tipo de energía es rentable, a escala de servicios públicos es una de las fuentes de energía de menor precio disponibles en la actualidad, con un costo de 1 a 2 centavos por KWh después del crédito fiscal de producción. Debido a que la electricidad de los parques eólicos se vende a un precio fijo durante un largo período de tiempo (por ejemplo, más de 20 años) y su combustible es gratuito, esta mitiga la incertidumbre de precio que los costos del combustible agregan a las fuentes energéticas tradicionales (Schallenberg *et al.*, 2008).

El sector eólico de EE.UU. emplea a más de 100.000 trabajadores y el técnico de turbinas eólicas es uno de los empleos estadounidenses de más rápido crecimiento. La energía eólica tiene el potencial de soportar más de 600.000 puestos de trabajo en la fabricación, instalación, mantenimiento y servicios de apoyo para 2050 (Schallenberg *et al.*, 2008).

La energía eólica no contamina el aire como las centrales eléctricas que dependen de la combustión de combustibles fósiles, como carbón o gas natural, que emiten partículas, óxidos

de nitrógeno y dióxido de azufre, lo que causa problemas de salud y daños económicos. Las turbinas eólicas no producen emisiones atmosféricas causantes de lluvia ácida, smog o GEI.

El suministro de viento de la nación es abundante e inagotable. Durante los últimos 10 años, la capacidad de energía eólica de EE. UU. Ha crecido un 15% anual, y el viento es ahora la fuente más grande de energía renovable en los Estados Unidos (Schallenberg *et al.*, 2008). El viento es en realidad una forma de energía solar, los vientos son causados por el calentamiento de la atmósfera por el sol, la rotación de la Tierra y las irregularidades de la superficie terrestre. Mientras el sol brille y el viento sople, la energía producida se puede aprovechar para enviar energía a través de la red.

Las turbinas eólicas se pueden construir en granjas o ranchos existentes, esto beneficia enormemente a la economía de las zonas rurales, donde se encuentran la mayoría de los mejores sitios eólicos. Los agricultores y ganaderos pueden seguir trabajando la tierra porque las turbinas eólicas utilizan solo una fracción de la tierra. Los propietarios de plantas de energía eólica pagan el alquiler al agricultor o ganadero por el uso de la tierra, lo que proporciona ingresos adicionales a los propietarios (Schallenberg *et al.*, 2008).

Aunque este ha disminuido drásticamente en las últimas décadas, los proyectos eólicos deben poder competir económicamente con la fuente de electricidad de menor costo, y algunas ubicaciones pueden no ser lo suficientemente ventosas para ser competitivas en costos.

Los buenos sitios eólicos terrestres a menudo se encuentran en lugares remotos, lejos de las ciudades donde se necesita la electricidad. Se deben construir líneas de transmisión para llevar la electricidad del parque eólico a la ciudad. Sin embargo, la construcción de unas pocas líneas de transmisión ya propuestas podría reducir significativamente los costos de expansión de la energía eólica.

El desarrollo de los recursos eólicos podría no ser el uso más rentable de la tierra, los terrenos aptos para la instalación de aerogeneradores deben competir con usos alternativos del terreno, que pueden ser más valorados que la generación de electricidad.

Las turbinas pueden causar ruido y contaminación estética, aunque las plantas de energía eólica tienen un impacto relativamente pequeño en el medio ambiente en comparación con las plantas de energía convencionales, existe preocupación por el ruido producido por las palas de la turbina y los impactos visuales en el paisaje.

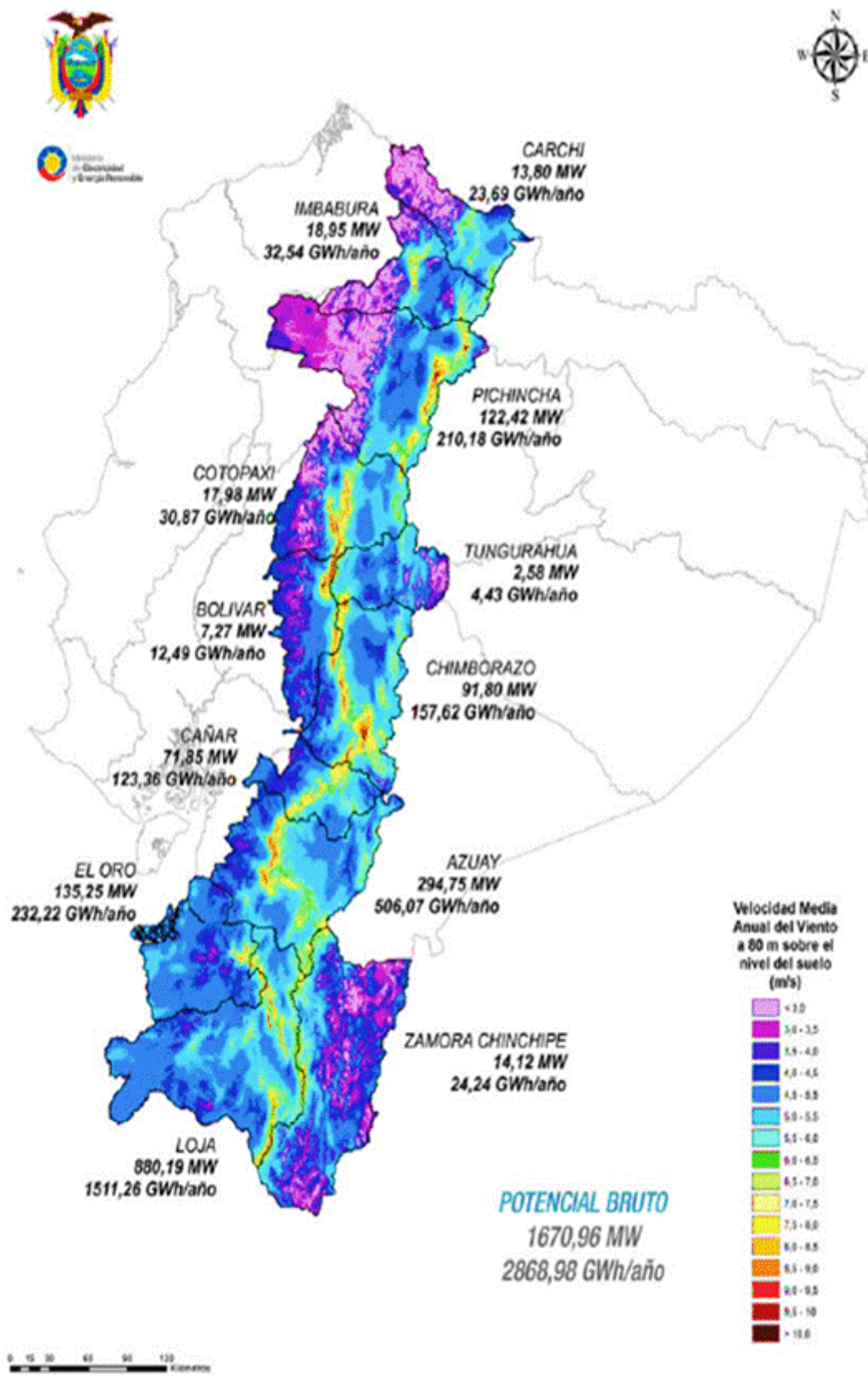


Figura 9. Potencial eólico en bruto por provincias
Fuente: (CONELEC, 2012)

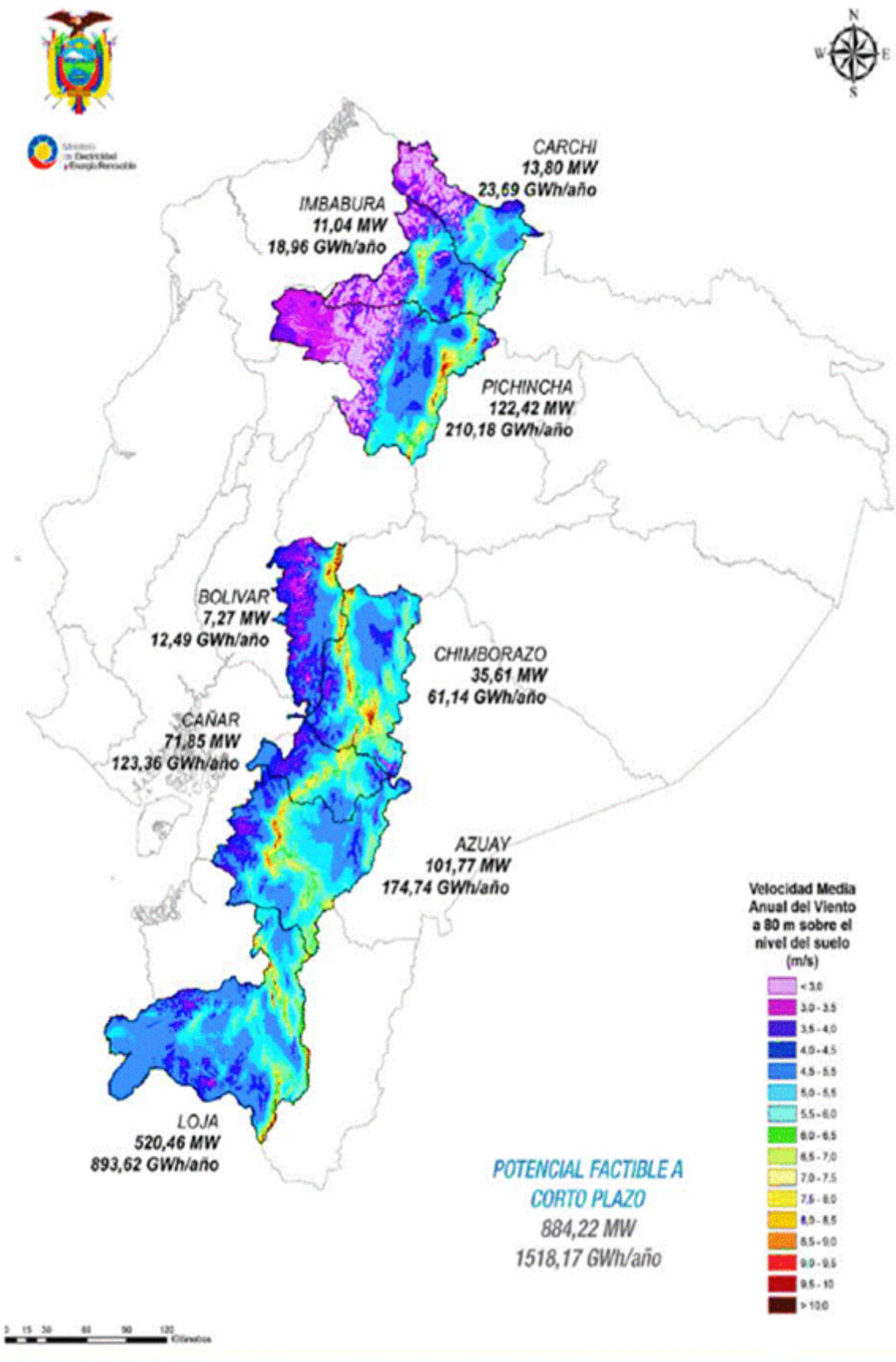


Figura 10. Potencial factible a corto plazo por provincias
Fuente: (CONELEC, 2012)

Las plantas eólicas pueden afectar la vida silvestre local, los pájaros han muerto volando hacia las palas de las turbinas giratorias. La mayoría de estos problemas se han resuelto o reducido en gran medida mediante el desarrollo de tecnología o mediante la ubicación adecuada de las plantas eólicas. Los murciélagos también han muerto a causa de las palas de las turbinas, y se está investigando para desarrollar y mejorar soluciones para reducir el impacto de las turbinas eólicas en estas especies. Como todas las fuentes de energía, los proyectos eólicos pueden alterar el hábitat en el que se construyen, lo que puede alterar la idoneidad de ese hábitat para determinadas especies.

Ecuador por su ubicación geográfica en la línea ecuatorial no posee grandes cantidades de vientos. No obstante, el país posee regiones con potencial eólico por la cercanía al Océano Pacífico y la presencia de Los Andes.

Para realizar el dimensionamiento de sistemas eólicos es necesario tener en cuenta parámetros relativos al viento tales como: velocidad, variaciones mensuales, estacionales y diarias de esta para los sitios considerados de potencial.

Las zonas con un alto potencial son: las crestas de las montañas andinas y cerca de la costa fuera de las playas del país en este último caso se debe al efecto de la acción de la brisa del mar. Por otra parte, en el Amazonía no se han registrados velocidades de viento que permitan la factibilidad de generar con fuentes eólicas. Sin embargo, la provincia de Loja cerca del cerro Villonaco en donde existe varios lugares con el suficiente potencial para este tipo de generación.

2.1.3.4. Energía biomasa.

La biomasa se ha utilizado desde que las personas empezaron a quemar leña para cocinar alimentos y mantenerse calientes. La madera sigue siendo la mayor fuente de energía de biomasa en la actualidad. Otras fuentes incluyen cultivos alimentarios, plantas herbáceas y leñosas, residuos de la agricultura o la silvicultura, algas ricas en aceite y el componente orgánico de los desechos municipales e industriales. Incluso los humos de los vertederos (que contienen metano, el principal componente del gas natural) pueden utilizarse como fuente de energía de biomasa (Schallenberg *et al.*, 2008).

La biomasa se puede utilizar para combustibles, producción de energía y productos que de otro modo se fabricarían a partir de combustibles fósiles. Los biocombustibles son

combustibles de transporte, como el etanol y el biodiésel, creados mediante la conversión de biomasa en combustibles líquidos para satisfacer las necesidades de transporte.

Las tecnologías de bioenergía convierten los combustibles de biomasa renovable en calor y electricidad mediante uno de tres procesos: quema, descomposición bacteriana y conversión a gas/combustible líquido.

Además de la electricidad y los combustibles, la biomasa también se puede convertir en productos químicos para fabricar plásticos y otros productos que normalmente se fabrican a partir del petróleo.

El uso de energía de biomasa tiene el potencial de reducir en gran medida las emisiones de gases de efecto invernadero. La quema de biomasa libera aproximadamente la misma cantidad de dióxido de carbono que la quema de combustibles fósiles. Sin embargo, los combustibles fósiles liberan dióxido de carbono capturado por la fotosíntesis hace millones de años, un gas de efecto invernadero esencialmente "nuevo". La biomasa, por otro lado, libera dióxido de carbono que se equilibra en gran medida con el dióxido de carbono capturado en su propio crecimiento (dependiendo de cuánta energía se utilizó para cultivar, cosechar y procesar el combustible). No obstante, los estudios han encontrado que la tala de bosques para cultivar biomasa da como resultado una penalización de carbono que tarda décadas en recuperarse, por lo que es mejor si la biomasa se cultiva en tierras previamente taladas.

El uso de biomasa puede reducir la dependencia del petróleo extranjero porque los biocombustibles son los únicos combustibles de transporte líquidos renovables disponibles.

En Ecuador se identificó cultivos cuyos subproductos de biomasa podrían utilizarse con fines energéticos, según el atlas de bioenergía del país. Los mapas, elaborados por el Instituto Nacional de Preinversión (INP) y el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, especifican la ubicación, cantidad y potencial energético de la biomasa residual en el país. En agricultura, se identificó potencial bioenergético en biomasa de arroz, cacao, caña de azúcar, maíz, palma africana, piña, café y diferentes tipos de banano (Instituto Nacional de Preinversión, 2014).

En agricultura y silvicultura, las autoridades señalaron desechos de granjas ganaderas, porcinas y avícolas, así como plantaciones de eucaliptos y pinos. Por otra parte, está el sector Pecuario con las actividades vacuna, avícola y porcina. Y, por último, el sector forestal (Instituto Nacional de Preinversión, 2014).

Tabla 3. Características físicas de la biomasa

Fuente/Residuos	Tipo de residuo	Características físicas
Forestales	Restos de aserrío: corteza, aserrín, astillas.	Polvo sólido, H 30-45%
	Restos de ebanistería: corteza, aserrín, astillas.	Sólido de baja humedad
	Restos de plantaciones: corteza, aserrín, astillas.	Sólido, H > 55%
Agropecuarios	Cáscara y pulpa de frutas y vegetales.	Sólido muy húmedo
	Cáscara y polvo de granos secos.	Polvo sólido, H < 25%
	Estiércol.	Sólido muy húmedo
	Tallos, Hojas, Cáscaras, Maleza, Pastura.	Sólido, H > 55%
Industriales	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
	Grasas y aceites vegetales	Líquido, Gaseoso

Fuente:(Instituto Nacional de Preinversión, 2014)

Tabla 4. El top 5 potencial bioenergético de Ecuador por provincia

Provincia	Superficie (Km ²)	Producto	Producción absoluta (t/año) ó (cabezas/año)	Residuos (t/año)	Energía Bruta (TJ/año)
AZUAY	8325,67	CACAO	530,00	6562,09	44,38
		VACUNO LECHE	128169,00	97305,90	19,38
		BANANO	853,67	563,42	7,11
		MAÍZ DURO	487,30	219,28	2,73
		PLÁTANO	156,58	103,34	1,30
		TOTAL	130196,55	104754,03	74,90
BOLÍVAR	3944,86	CACAO	3558,57	44059,34	298,01
		PLÁTANO	24237,03	15996,44	201,96
		BANANO	19560,49	12909,92	162,99
		PALMA AFRICANA	1833,97	4699,18	60,06
		CAFÉ	347,46	1882,88	18,18
		TOTAL	49537,52	79547,76	741,20
CAÑAR	3146,95	BANANO	213271,60	140759,26	1777,14
		CAÑA DE AZÚCAR	346247,83	55399,65	1099,65
		CACAO	2985,12	36959,31	249,99
		ARROZ	2392,04	3214,31	43,27
		VACUNO LECHE	62715,00	47613,23	9,48
		TOTAL	627611,59	283945,76	3179,53
CARCHI	3779,94	CAÑA DE AZÚCAR	19779,21	3164,67	62,82
		VACUNO LECHE	46823,00	35548,02	7,08
		MAÍZ DURO	675,33	303,90	3,79
		PORCINO	8040,00	5039,09	2,27
		CAFÉ	21,92	118,79	1,15
		TOTAL	75339,46	44174,47	77,11
CHIMBORAZO	6500,62	PALMITO	1920,01	4669,97	61,83
		VACUNO LECHE	78219,00	59383,86	11,83
		BANANO	1119,49	738,86	9,33
		PLÁTANO	649,09	428,40	5,41
		CACAO	43,27	535,72	3,62
		TOTAL	81950,86	65756,81	92,02

Fuente: (Instituto Nacional de Preinversión, 2014)

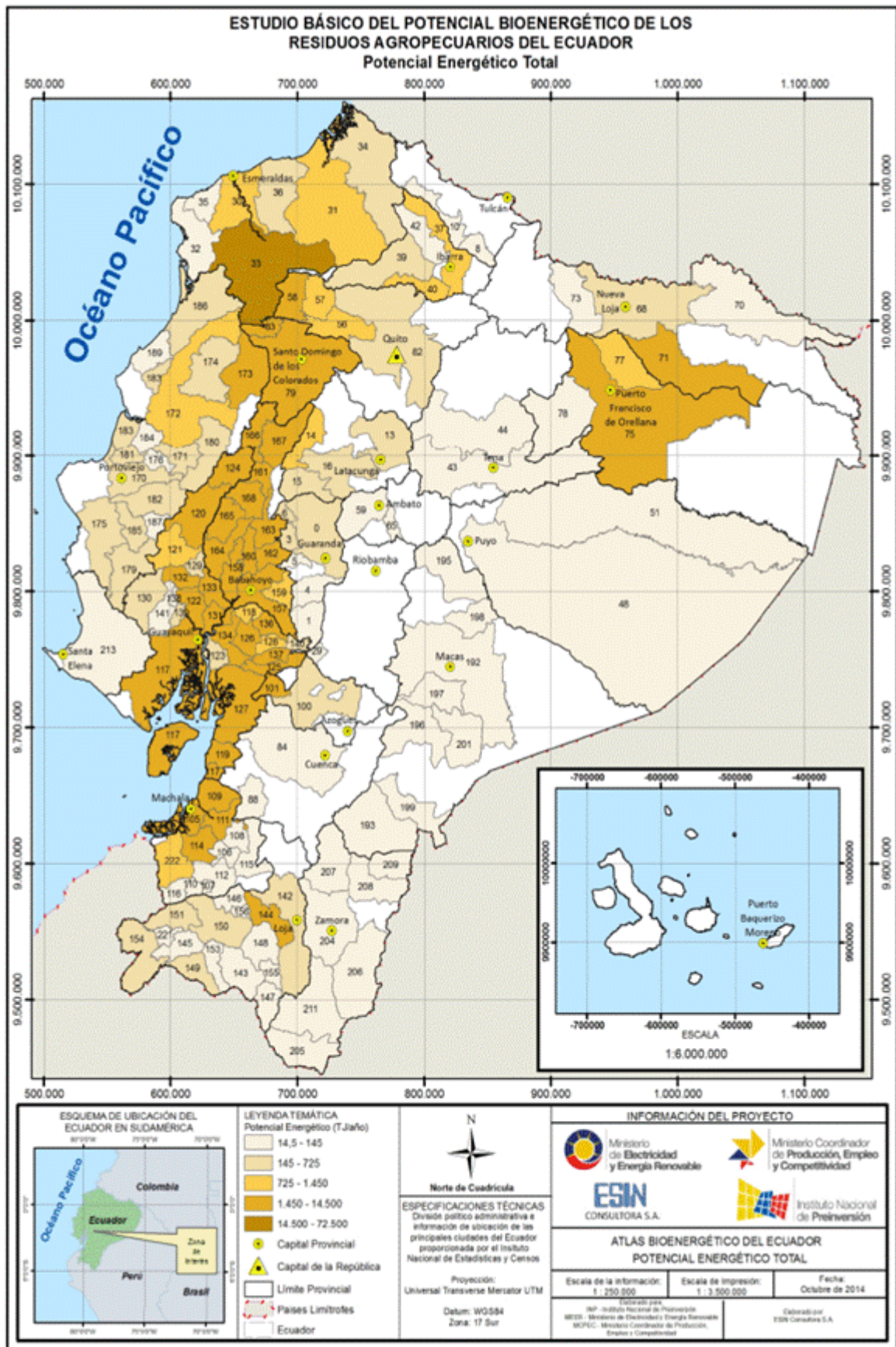


Figura 21. Potencial bioenergético de los residuos agropecuarios del Ecuador
 Fuente: (Instituto Nacional de Preinversión, 2014)

2.1.4. Las energías renovables y su importancia.

Las energías renovables son fuentes de energía limpia, inagotable y cada vez más competitiva. Se diferencian de los combustibles fósiles principalmente en su diversidad, abundancia y potencial de uso en cualquier parte del planeta, pero sobre todo en que no producen gases de efecto invernadero (que provocan el cambio climático) ni emisiones contaminantes. Los costos también están disminuyendo y a un ritmo sostenible, mientras que la tendencia general de los costos para combustibles fósiles va en la dirección opuesta a pesar de su volatilidad actual (Umbarila *et al.*, 2015).

El crecimiento de las energías limpias es imparable, como reflejan las estadísticas que elabora anualmente la Agencia Internacional de la Energía (AIE): representaron casi la mitad de toda la nueva capacidad de generación eléctrica instalada en 2014, cuando constituyeron la segunda mayor fuente de electricidad a nivel mundial, detrás del carbón (Umbarila *et al.*, 2015).

Según la AIE, la demanda mundial de electricidad habrá aumentado en un 70% para 2040, su participación en el uso de energía final aumentará del 18 al 24% durante el mismo período, impulsada principalmente por las economías emergentes de India, China, África y Oriente Medio y Asia Sudoriental (Umbarila *et al.*, 2015).

El desarrollo de energías limpias es vital para combatir el cambio climático y limitar sus efectos más devastadores. Considerando que el 2019 fue el segundo año más cálido registrado. La temperatura de la Tierra ha aumentado en un promedio de 0,85 °C desde finales del siglo XIX.

Mientras tanto, unos 1.100 millones de habitantes (el 17% de la población mundial) no tienen acceso a la electricidad. Asimismo, 2.700 millones de personas (el 38% de la población) utilizan biomasa convencional para cocinar, calentar e iluminar sus hogares, lo que supone un grave riesgo para su salud.

Las energías renovables recibieron un importante respaldo de la comunidad internacional a través del Acuerdo de París firmado en la Cumbre Mundial sobre el Clima celebrada en la capital francesa en diciembre de 2015.

El acuerdo, que entró en vigor en 2016, establece, por primera vez en la historia, un objetivo global vinculante. Casi 200 países signatarios se comprometieron a reducir sus emisiones

para que la temperatura media del planeta a finales del presente siglo se mantenga “muy por debajo” de los 2 °C, límite por encima del cual el cambio climático tendrá efectos más catastróficos el objetivo es intentar mantenerlo a 1,5 °C.

La transición a un sistema energético basado en tecnologías renovables tendrá consecuencias económicas muy positivas en la economía mundial y en el desarrollo. Según la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), será necesario duplicar la participación de las energías renovables en la generación de electricidad al 57% en todo el mundo para 2030 para cumplir los objetivos del Acuerdo de París. Esto requiere aumentar las inversiones anuales en energía renovable de los USD 330 mil millones a USD 750 mil millones, impulsando así la creación de empleo y el crecimiento vinculado a la economía verde (Umbarila *et al.*, 2015).

2.1.5. Ventajas y desventajas de la utilización de energías renovables.

El uso de energía renovable en lugar de combustibles fósiles tiene una serie de ventajas, siendo estos son algunos de los principales beneficios de ser ecológico (Vivanco, 2020):

1. La energía renovable no se agotará: Las tecnologías de energía renovable utilizan recursos directamente del medio ambiente para generar energía. Estas fuentes incluyen el sol, el viento, las mareas y la biomasa, por nombrar algunas de las opciones más populares. Los recursos renovables no se agotarán, lo que no se puede decir de muchos tipos de combustibles fósiles; a medida que usamos recursos de combustibles fósiles, serán cada vez más difíciles de obtener, lo que probablemente aumentará tanto el costo como el impacto ambiental de la extracción.

2. Los requisitos de mantenimiento son menores: En la mayoría de los casos, las tecnologías de energía renovable requieren menos mantenimiento general que los generadores que utilizan fuentes de combustible tradicionales. Esto se debe a que la tecnología de generación, como los paneles solares y las turbinas eólicas, tiene pocas o ninguna parte móvil y no depende de fuentes de combustible inflamables y combustibles para funcionar. Menos requisitos de mantenimiento se traducen en más ahorro de tiempo y dinero.

3. Las energías renovables ahorran dinero: El uso de energía renovable puede ayudarlo a ahorrar dinero a largo plazo. No solo ahorrará en costos de mantenimiento, sino también en costos operativos. Cuando utiliza una tecnología que genera energía a partir del sol, el viento, el vapor o procesos naturales, no tiene que pagar para repostar. La cantidad de dinero que

ahorrará utilizando energía renovable puede variar según una serie de factores, incluida la tecnología en sí. En la mayoría de los casos, la transición a la energía renovable significa ahorros de cientos a miles de dólares.

4. La energía renovable tiene numerosos beneficios para la salud y el medio ambiente: Las fuentes de generación de energía renovable emiten poco o nada de gases de efecto invernadero o contaminantes al aire. Esto significa una menor huella de carbono y un impacto general positivo en el medio ambiente natural. Durante el proceso de combustión, los combustibles fósiles emiten grandes cantidades de gases de efecto invernadero, que se ha demostrado que exacerban el aumento de las temperaturas globales y la frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos. El uso de combustibles fósiles no solo emite gases de efecto invernadero, sino también otros contaminantes nocivos que provocan problemas de salud respiratoria y cardíaca. Con la energía renovable, está ayudando a disminuir la prevalencia de estos contaminantes y contribuyendo a una atmósfera más saludable en general.

5. Las energías renovables dependen menos de fuentes de energía extranjeras: Con las tecnologías de energía renovable, puede producir energía localmente. Cuanta más energía renovable esté utilizando para sus necesidades de energía, menos dependerá de la energía importada y más contribuirá a la independencia energética.

La energía renovable tiene muchos beneficios, pero no siempre hace sol cuando se trata de energía renovable. Estas son algunas de las desventajas del uso de energías renovables en comparación con las fuentes de combustible tradicionales (Vivanco, 2020):

1. Mayor costo inicial: Si bien puede ahorrar dinero utilizando energía renovable, las tecnologías suelen ser más caras por adelantado que los generadores de energía tradicionales. Para combatir esto, a menudo existen incentivos financieros, como créditos fiscales y reembolsos, disponibles para ayudar a aliviar los costos iniciales de la tecnología renovable.

2. Intermitencia: Aunque los recursos de energía renovable están disponibles en todo el mundo, muchos de estos recursos no están disponibles las 24 horas del día, los 7 días de la semana, durante todo el año. Algunos días pueden ser más ventosos que otros, el sol no brilla por la noche y pueden ocurrir sequías por períodos de tiempo. Puede haber fenómenos meteorológicos impredecibles que alteren estas tecnologías. Los combustibles fósiles no son intermitentes y se pueden encender o apagar en cualquier momento.

3. Capacidades de almacenamiento: Debido a la intermitencia de algunas fuentes de energía renovable, existe una gran necesidad de almacenamiento de energía. Si bien existen tecnologías de almacenamiento disponibles en la actualidad, pueden ser costosas, especialmente para plantas de energía renovable a gran escala. Vale la pena señalar que la capacidad de almacenamiento de energía aumenta a medida que avanza la tecnología y las baterías se vuelven más asequibles a medida que pasa el tiempo.

Cuando se trata de energía renovable, los aspectos positivos superan a los negativos. La transición a las energías renovables a nivel personal, corporativo o gubernamental no solo lo ayudará a ahorrar dinero, sino que también promoverá un medio ambiente más limpio y saludable para el futuro.

2.1.6. Energías no renovables.

La energía no renovable es la energía derivada de recursos finitos que no se reemplazan con la suficiente rapidez para mantenerse al día con la velocidad de consumo. En perspectiva, las fuentes de energía no renovables no se repondrán durante muchas vidas humanas. La mayoría de las fuentes de energía no renovables son combustibles fósiles como el petróleo y crudo, el carbón y el gas natural, pero el combustible nuclear, que se utiliza principalmente para producir electricidad, también se clasifica generalmente como no renovable (Vivanco, 2020).

Los combustibles fósiles toman su nombre de sus orígenes, ya que se formaron a partir de los restos enterrados ricos en carbono de plantas y animales milenarios. De hecho, la gran mayoría de los depósitos de combustibles fósiles se formaron hace entre 540 y 65 millones de años. Con el tiempo, la compresión subterránea de estos organismos antes mencionados dio lugar gradualmente a un mineral llamado kerógeno, que luego se combinó con el calor geotérmico para formar combustibles fósiles (Foster & Elzinga, s/f).

Los combustibles fósiles son dañinos en parte porque cuando se calientan, liberan dióxido de carbono a la atmósfera, lo que finalmente altera el equilibrio de carbono en la tierra, el océano y el aire. Dado el proceso de formación de los combustibles fósiles, el carbono que se encuentra en ellos ha sido secuestrado bajo tierra durante millones de años; cuando este carbono se libera a la atmósfera, las temperaturas aumentan demasiado rápido para que los organismos sigan el ritmo y se adapten (Foster & Elzinga, s/f). De ahí el término " calentamiento global ", que entró por primera vez en el léxico público en un artículo de revista de 1975 del investigador, científico y pionero del cambio climático Wallace Smith Broecker.

Durante muchas décadas antes de que Broecker hiciera sonar la primera alarma del calentamiento global, así como muchas décadas después, la práctica insostenible de quemar combustibles fósiles, que libera dióxido de carbono, generó la mayor parte de la energía necesaria para "alimentar" las economías y estilos de vida altamente industrializados de la sociedad moderna. Los combustibles fósiles han sido esenciales en áreas que van desde el transporte público y privado hasta la electricidad doméstica y la producción de plásticos. El planeta ha pagado generosamente por nuestra economía globalizada y un enfoque cada vez mayor en la eficiencia y la producción, como se evidencia en innumerables áreas: contaminación del agua y el aire, cambio climático y los efectos en la salud y el medio ambiente asociados con prácticas como el fracking, un método controvertido de extracción de petróleo y gas natural (Fuinhas *et al.*, 2021).

Si bien la transición de los combustibles fósiles y otras energías no renovables hacia la energía limpia está en marcha, la mayor parte de la energía de la sociedad humana aún proviene de recursos no renovables. Los combustibles fósiles todavía dominan a nivel mundial, proporcionando alrededor del 80 por ciento de la energía total utilizada cada año, algunos investigadores estiman que está más cerca del 85 por ciento. En los Estados Unidos de alto consumo, a modo de ilustración, las fuentes de energía primaria son 89 por ciento no renovables (cuando la energía nuclear se incluye en el total, junto con los combustibles fósiles). Hay tres tipos principales de combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural.

El carbón es una roca combustible de color negro o marrón, que se utiliza principalmente como combustible; también puede ver referencias a "turba" o "antracita", que son dos subtipos. También fue el principal impulsor de la revolución industrial del siglo XVIII y XIX, cuando se pusieron los cimientos para muchos procesos de fabricación modernos. Si bien es abundante, confiable y económico, el carbón es altamente contaminante cuando se quema. La minería de carbón también es una ocupación peligrosa, ya que los mineros enfrentan una exposición constante al polvo tóxico y la amenaza inminente de explosiones en el lugar.

También conocido como petróleo crudo, este mantiene girando gran parte de las ruedas del mundo: aproximadamente la mitad del suministro mundial de este combustible fósil líquido se convierte en gasolina. El petróleo es una fuente de energía (no renovable) fácilmente transportable que permite a las personas mantenerse en movimiento. Pero las desventajas del petróleo en la actualidad no se pueden ignorar: quemar gasolina libera toxinas en el aire que respiran los humanos. Se extrae a través de una variedad de métodos de perforación que conllevan muchos riesgos inherentes, incluidos posibles derrames de petróleo, que pueden ser devastadores para el medio ambiente.

El gas natural, compuesto principalmente de metano, se encuentra bajo tierra en depósitos. Los usos principales del gas natural son la calefacción, la cocina y la generación de electricidad. En comparación con el petróleo y el carbón, el gas natural es un combustible fósil "más limpio", ya que libera menos contaminantes al aire cuando se quema (dióxido de carbono y vapor de agua exclusivamente). Pero los procesos de extracción de gas natural pueden conllevar una serie de problemas ambientales y desastres, como el aumento de la posibilidad de pequeños terremotos y la contaminación del agua (Fuinhas *et al.*, 2021).

La energía nuclear se obtiene de elementos radiactivos, si bien no es un combustible fósil, la energía nuclear generalmente se clasifica como una forma de energía no renovable, en gran parte porque la mayoría de los reactores nucleares dependen del uranio como fuente de combustible (del cual hay un suministro limitado de uranio en el mundo).

Utilizada para producir electricidad, la energía nuclear tiene algunas ventajas clave sobre los combustibles fósiles, es decir, contribuye significativamente menos a la contaminación del aire y las emisiones de carbono. Un estudio de la American Chemical Society incluso indicó que entre 1971 y 2009, la energía nuclear ayudó a prevenir 1,84 millones de muertes prematuras relacionadas con la contaminación del aire y 64 mil millones de toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero (Fuinhas *et al.*, 2021). Sin embargo, la energía nuclear sigue siendo muy controvertida debido a las amenazas de radiactividad que representan las plantas de energía nuclear para las personas y el medio ambiente, como se vio en accidentes nucleares devastadores como el desastre de Chernobyl de 1986, que tuvo lugar en las afueras de la ciudad de Pripyat en la República Socialista Soviética de Ucrania.

A pesar de su suministro limitado y la devastación que pueden infligir, el mundo sigue dependiendo de las energías no renovables, en particular de los combustibles fósiles. A pesar de todos sus defectos y peligros, estos son densos en energía (instantánea) y son relativamente económicos de procesar. Además, los métodos de almacenamiento son sencillos y pueden enviarse a cualquier parte del mundo.

Si bien muchos gobiernos, algunas corporaciones y otros actores clave ahora reconocen la urgencia de cambiar a fuentes de energía alternativas y reducir las emisiones de CO₂, lograrlo de manera efectiva requerirá una revisión sostenida, costosa y a largo plazo de los sistemas existentes. La solidaridad y la colaboración internacionales en esta transición son cruciales para combatir el cambio climático y garantizar un futuro con energías limpias.

En Ecuador el uso de fuentes de energía No Renovables derivadas del gas natural y

petróleo en el año 2020 se registró una producción energética de 3.413,21 MW de potencia nominal en todo el territorio.

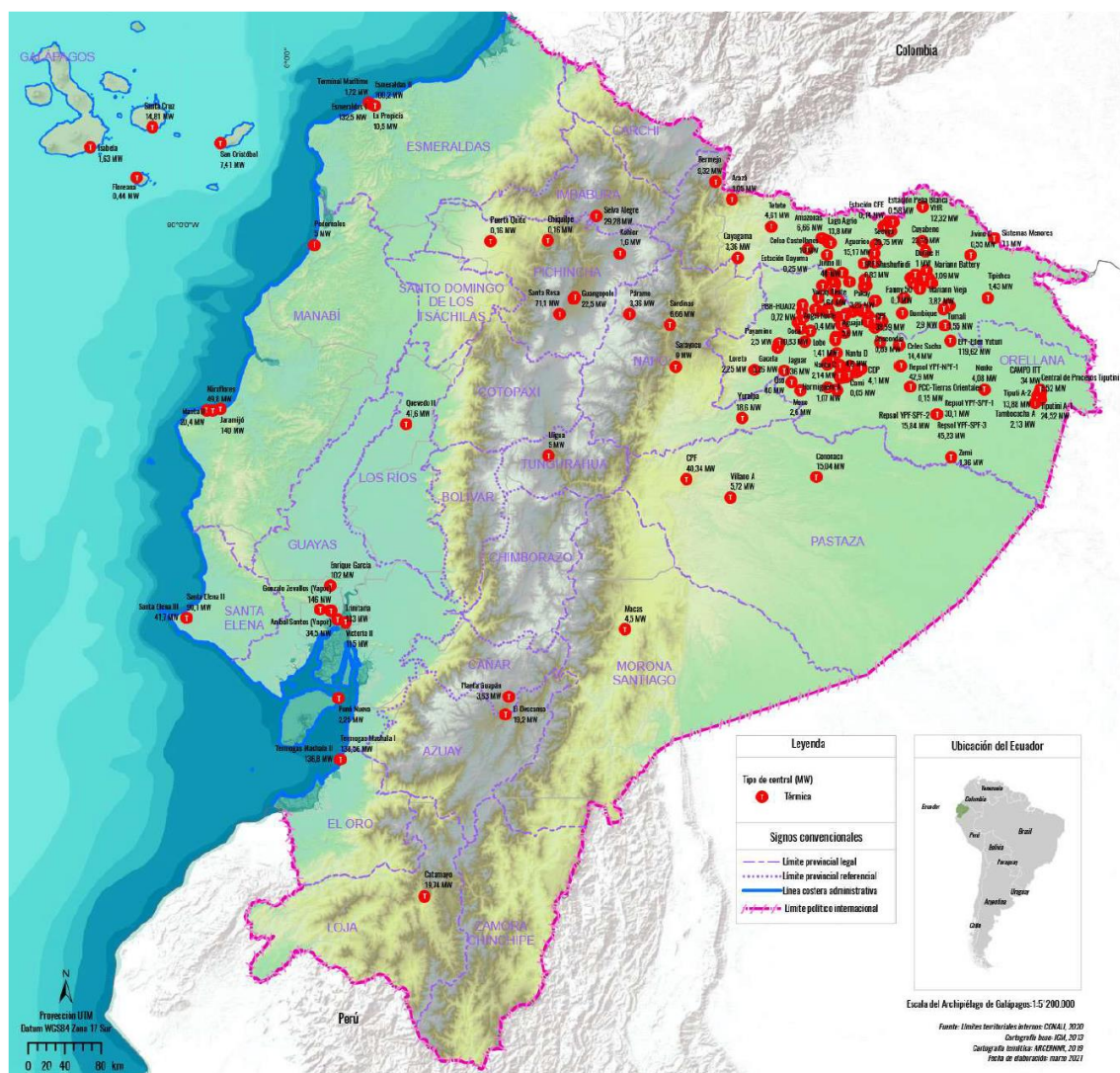


Figura 13. Centrales de generación de fuentes No Renovables
Fuente: (Agencia de Regulación y control de Energías y Recursos Naturales No Renovables, 2020)

Actualmente en el país las centrales de generación de energías No Renovables se distribuyen en cuatro regiones: 5 provincias en la Amazónica e Insular, 6 provincias en la Sierra y 6 provincias en la Costa. Para el 2020 las zonas amazónicas y costeras son las de mayor capacidad con 1.720,09 MW y 1.409,96 MW respectivamente (Agencia de Regulación y control de Energías y Recursos Naturales No Renovables, 2020).

Sin embargo, en la provincia del Guayas posee diversas centrales térmicas sumando una potencia de 805,21 MW. De igual manera, en Orellana se tiene una central térmica de potencia nominal de 783,18 MW que corresponden a compañías autogeneradoras del sector petrolero (Agencia de Regulación y control de Energías y Recursos Naturales No Renovables, 2020).

Por último, para el año 2020 las centrales térmicas de MCI (motores de combustión interna) poseían una potencia nominal de 2.029,74 MW, mientras las centrales de turbogás y turbovapor con potencias nominales de 921,85 MW y 461,63 MW respectivamente (Agencia de Regulación y control de Enrgías y Recursos Naturales No Renovables, 2020).

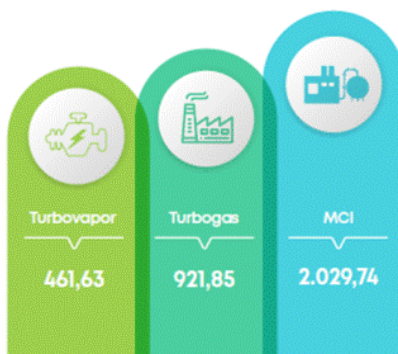


Figura 14. Potencias de centrales de generación No Renovables
Fuente: (Agencia de Regulación y control de Enrgías y Recursos Naturales No Renovables, 2020)

Tabla 5. Centrales de generación No Renovables por provincias

Tipo unidad	Provincia	Potencia nominal (MW)	Potencia efectiva (MW)
MCI	Cañar	19,20	17,20
	Esmeralda	112,42	94,22
	Galápagos	24,29	21,14
	Guayas	40,37	36,43
	Imbabura	29,28	24,30
	Loja	19,74	17,17
	Los Ríos	47,60	40,50
	Manabí	192,40	170,52
	Morona		
	Santiago	4,50	4,00
	Napo	77,63	54,44
	Orellana	694,18	535,99
	Pastaza	61,10	50,97
	Pichincha	110,94	102,72
	Santa Elena	131,80	105,03
	Sucumbios	459,30	355,04
	Tungurahua	5,00	3,60
Total MCI		2029,75	1633,27
TURBOGÁS	El Oro	275,36	249,60
	Guayas	451,34	379,00
	Manabí	22,80	19,00
	Orellana	77,00	57,20
	Pichincha	71,10	51,00
	Sucumbios	24,25	19,75
Total TURBOGÁS		921,85	775,55
TURBOVAPOR	Cañar	3,63	2,50
	Esmeraldas	132,50	125,00
	Guayas	313,50	293,00
	Orellana	12,00	11,00
Total TURVAPOR		461,63	431,50
Total General		3413,23	2840,32

Fuente: (Agencia de Regulación y control de Enrgías y Recursos Naturales No Renovables, 2020)

2.1.7. Energías renovables versus energías no renovables.

Los recursos energéticos no renovables están disponibles en suministros limitados, generalmente porque requieren mucho tiempo para reponerse. La ventaja de estos recursos no renovables es que las centrales eléctricas que los utilizan pueden producir más energía bajo demanda. Los recursos energéticos no renovables son: Carbón, Nuclear, Petróleo y Gas natural (Sharif *et al.*, 2019).

Los recursos renovables, por otro lado, se reponen. Los cinco principales recursos de energía renovable son: Solar, Viento, Agua, Biomasa y Geotermia. Si bien los recursos de energía renovable tienen la ventaja de un suministro ilimitado a largo plazo, su disponibilidad es limitada en un momento dado.

Por ejemplo, el sol sale todos los días, pero su capacidad para generar energía es limitada cuando está nublado. Otra desventaja es que los operadores de plantas de energía no pueden aumentar la producción de energía renovable cuando las personas consumen más energía, como en un día caluroso cuando muchas personas usan acondicionadores de aire al mismo tiempo (Sharif *et al.*, 2019).

Energía no renovable y cambio climático, cuando se queman carbón, gas natural y petróleo para producir energía, emiten gases que atrapan el calor, como el dióxido de carbono. Este proceso de atrapar el calor es lo que impulsa el cambio climático, y el hecho de no abordar este problema es lo que cataliza la actual crisis climática.

Los combustibles fósiles son materiales que contienen hidrocarburos, como el carbón o el gas, que se encuentran en la corteza terrestre y se forman en el pasado geológico a partir de los restos de organismos vivos. Estas fuentes de energía representan la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero del mundo.

Si las emisiones continúan sin restricciones, la atmósfera podría calentarse hasta 2.7 grados Fahrenheit por encima de los niveles preindustriales para el año 2040, según el último informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, un grupo de científicos internacionales facultados por las Naciones Unidas para asesorar a líderes del mundo (Sharif *et al.*, 2019).

Los científicos dicen que este aumento de la temperatura amenazaría la vida en el planeta de muchas formas, incluida una grave escasez de agua; más contaminación del aire; aumento

del nivel del mar, pérdida de hábitat; Olas de calor; el derretimiento de las capas de hielo en la Antártida occidental y Groenlandia; y destrucción de los arrecifes de coral del mundo.

Durante los últimos 150 años, los seres humanos son responsables de la gran mayoría del aumento de estos gases en la atmósfera, y la quema de combustibles fósiles a través de actividades como conducir un automóvil es la mayor fuente de estas emisiones. Los formuladores de políticas que invierten en energía renovable a menudo lo hacen con el objetivo de generar energía sin emitir estos gases que calientan el planeta (Sharif *et al.*, 2019).

En Ecuador para el año 2020 la capacidad de generación registrada en el territorio nacional fue de 8.712,29 MW de PN (potencia nominal) y 8.095,25 MW de PE (Potencia efectiva) (Agencia de Regulación y control de Energías y Recursos Naturales No Renovables, 2020).

Tabla 6. Potencia efectiva y nominal en el territorio ecuatoriano

Fuente	Central	Tipo de unidad	Potencia nominal (MW)	Potencia efectiva (MW)
No Renovable	Térmica	MCI	2029,74	1633,25
		Turbogás	921,85	775,55
		Turbovapor	461,63	431,50
TOTAL No Renovable			3413,22	2840,30
Renovable	Biomasa	Turbovapor	144,30	136,40
	Eólica	Eólica	21,15	21,15
	Hidráulica	Embalse	1733,20	1749,60
		Pasada	3365,55	3314,56
	Fotovoltaica	Fotovoltaica	27,63	26,74
	Biogás	MCI	7,26	6,50
TOTAL Renovable			5299,09	5254,95

Fuente: (Agencia de Regulación y control de Energías y Recursos Naturales No Renovables, 2020)

En la tabla 3 se observa que la utilización de energías renovables para la generación fue mayor que la No Renovable. Considerando que, la generación Hidroeléctrica aportó más al SEE (Sistema eléctrico ecuatoriano) con una capacidad nominal de potencia de 5.098,75 MV y una potencia efectiva de 5.064,16 MV, en un segundo lugar se encuentra la generación por Biomasa con una capacidad nominal de potencia de 144,30 MV y una potencia efectiva de 136,40 MV, en el tercer lugar la fotovoltaica capacidad nominal de potencia de 27,63 MV y una potencia efectiva de 26,74 MV, en un cuarto lugar la Eólica capacidad nominal de potencia de 21,15 MV y una potencia efectiva de 21,15 MV y por último la Biogás con una capacidad nominal de potencia de 7,26 MV y una potencia efectiva de 6,50 MV. En relación a las energías No Renovables posee una capacidad de Potencia nominal instalada de 3.413,21 MW y de potencia efectiva de 2.840,30 MW.

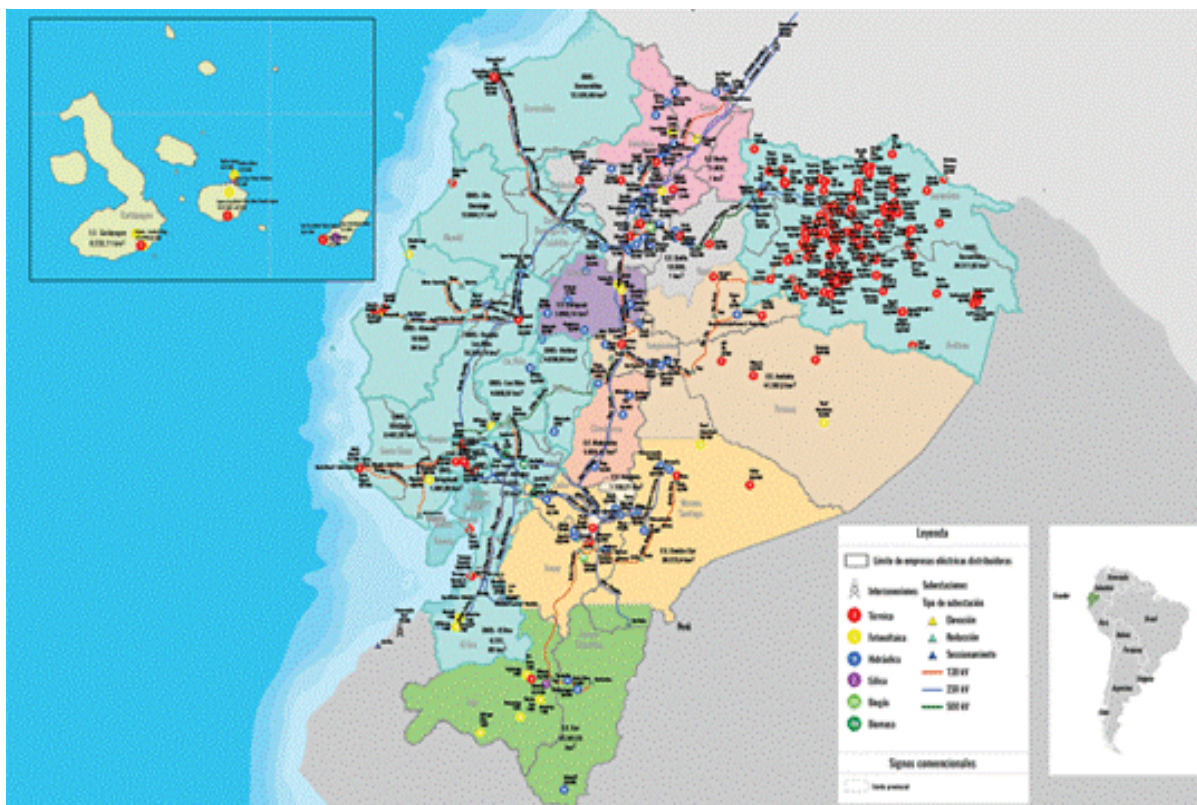


Figura 15. Infraestructura del SEE 2018

Fuente: (Agencia de Regulación y control de Enrgías y Recursos Naturales No Renovables, 2020)

Tabla 7. Comparativo entre potencia nominal y efectiva por fuente de generación

	8713,64 Potencia Nominal (MW)				8095,92 Potencia Efectiva (MW)			
	Abril 2021		2020		2011		Valoración 2011 a Abril 2021	
	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)
Por sistema								
SIN	7340,26	7039,55	7340,26	7039,55	4380,55	4201,17	61,56	67,56
No incorporado	1373,38	1056,37	1372,04	1055,70	800,68	594,51	71,53	77,69
Por tipo de energía								
Renovable	5299,09	5254,95	5299,09	5254,95	2338,15	2303,01	126,64	128,18
No renovable	3414,55	2840,97	3413,21	2840,30	2843,30	2492,67	20,10	13,97
Por empresa								
Generadora	6608,20	6382,01	6608,20	6382,01	3759,41	3628,15	75,78	75,90
Autogeneradora	1653,83	1332,38	1652,49	1331,70	918,28	712,35	80,10	87,04
Distribuidora	451,61	381,54	451,61	381,54	503,54	455,18	(10,31)	(16,18)

Fuente: (Agencia de Regulación y control de Enrgías y Recursos Naturales No Renovables, 2021)

El Plan Nacional para el Buen Vivir 2017-2021 establece la meta de alcanzar el 60% de la capacidad nacional a partir de fuentes de energía renovable para 2017. El objetivo 11.1 de este Plan Nacional hace especial hincapié en la energía hidroeléctrica y la bioenergía. El Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, aprobado por Resolución CONELEC 041/13, presenta planes para 25 proyectos hidroeléctricos por un total de 4.2GW de nueva capacidad para 2022, así como 217 MW adicionales de energía solar, eólica y otras renovables no convencionales (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017). Anteriormente, el Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013 había establecido un objetivo de que el seis por ciento de la capacidad instalada se obtuviera a partir de energía renovable (que no sean las grandes hidroeléctricas) para 2013 (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2009).

El marco regulatorio eléctrico está contenido en la Ley Orgánica del Servicio Público de energía eléctrica de 2015, teniendo como objetivo la promoción de las fuentes de energía renovables, incluida la biomasa de residuos sólidos. Esta ley establece que el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) es la entidad gubernamental a cargo de la regulación y planificación del sector eléctrico del país, por lo que tiene la responsabilidad de promover las energías renovables. La ley establece regulaciones preferenciales para las energías renovables, que aún están en desarrollo por la agencia de electricidad recién creada (ARCONEL) y se espera que sean emitidas en el segundo semestre de 2015 (Asamblea Nacional, 2015). Anteriormente, la Ley Orgánica del Servicio Público de energía eléctrica de 1996 ordenó el ahora disuelto Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) para promover las energías renovables a través de regulaciones especiales de despacho.

Los subsidios para la electricidad y el combustible son una de las principales barreras para la promoción de programas de eficiencia energética y el uso de energía renovable en los sectores de fabricación, servicios y residencial. Si bien los subsidios y la absorción total de inversiones por parte del Estado pueden constituir un riesgo para la sostenibilidad financiera de proyectos de largo plazo (por la presión que ejercen estas medidas sobre la economía nacional), este riesgo puede mitigarse con la seguridad, inversión adecuadas y medidas de protección. Sin embargo, puede haber otras barreras institucionales, por ejemplo, el problema de coordinar los esfuerzos entre varias instituciones gubernamentales y privadas para llegar a todos los usuarios finales de la energía.

Se espera que las fuentes de energía renovable desempeñen un papel cada vez más importante en la satisfacción de las futuras demandas de energía y con el apoyo gubernamental adecuado, idealmente algún día acabará con la dependencia de Ecuador de los combustibles fósiles importados.

2.1.9. Producción energética en Ecuador.

Las capacidades de producción de energía eléctrica dadas tienen un valor teórico, que solo podría obtenerse en condiciones ideales. Están midiendo la cantidad de energía que se puede generar, que se alcanzaría con el uso permanente y pleno de todas las capacidades de todas las centrales eléctricas. En la práctica, esto no es posible porque, por ejemplo, los colectores solares son menos eficientes bajo las nubes. Además, las plantas de energía eólica e hidráulica no siempre funcionan a plena carga. Todos estos valores solo son útiles en relación con otras fuentes de energía o países.

En el Ecuador las provincias con mayor producción para el 2020 fueron: Azuay con el 30,57% del total con una capacidad de 9.553,40 GWh, la sigue el Napo con el 23,26% y una capacidad de 7.269,56 GWh y por último Tungurahua con el 8,76% con una capacidad de 2.737,54 GWh. Estas representan la producción total de energía bruta de la nación con la suma total de 31.248 GWh (Agencia de Regulación y control de Energías y Recursos Naturales No Renovables, 2020).

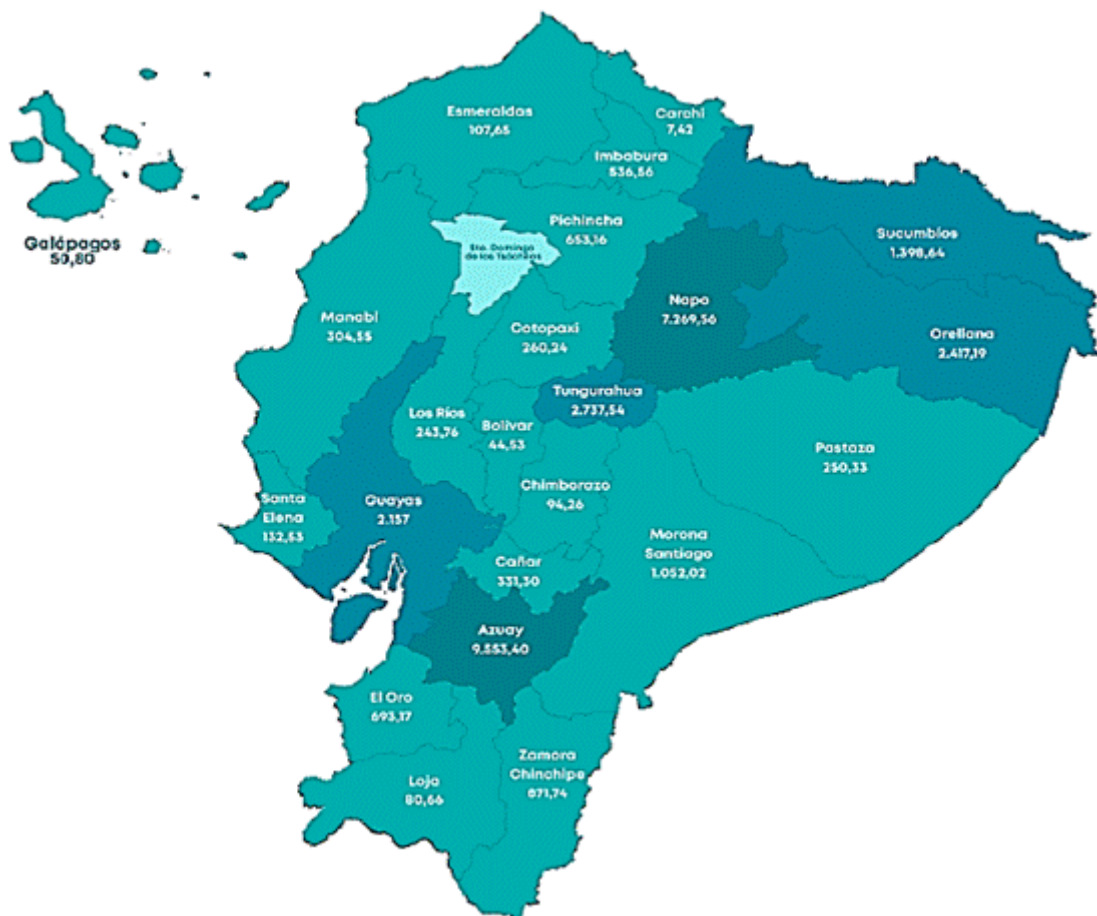


Figura 19. Energía bruta producida por provincia en GWh
Fuente: (Agencia de Regulación y control de Energías y Recursos Naturales No Renovables, 2020)

Las provincias con mayor preponderancia de producción hidráulica son: Tungurahua, Azuay y Napo.



Figura 20. Energía bruta producida en Tungurahua en GWh
Fuente: (Agencia de Regulación y control de Enrgías y Recursos Naturales No Renovables, 2020)



Figura 21. Energía bruta producida en Azuay en GWh
Fuente: (Agencia de Regulación y control de Enrgías y Recursos Naturales No Renovables, 2020)



Figura 22. Energía bruta producida en Napo en GWh
Fuente: (Agencia de Regulación y control de Enrgías y Recursos Naturales No Renovables, 2020)

2.2. Implementación de políticas de eficiencia energética

La eficiencia energética ha sido reconocida como la herramienta más rápida y rentable para desvincular el crecimiento económico del mayor consumo de energía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero al disminuir la cantidad de energía necesaria para lograr una cantidad particular de un servicio energético real.

No obstante, las políticas de eficiencia consisten en cambios tecnológicos, por lo que teniendo en cuenta la estructura paramétrica del consumo de transporte, la implementación de las políticas se basa en alteraciones de los parámetros técnicos según las diferentes categorías; estos cambios en los parámetros son los mismos para todos los escenarios de eficiencia energética (Fontaine *et al.*, 2019).

En general, la sociedad ecuatoriana debe iniciar un proceso de transición económica, con base en los recursos disponibles, considerando que su horizonte petrolero es desfavorable y agravado por la creciente demanda energética. Esta transición debe comenzar con políticas centradas en el uso de los recursos hidroeléctricos disponibles, que hasta ahora han contribuido a reducir la dependencia de combustibles fósiles en la generación eléctrica.

Según el modelo, habrá un período de 10 años de superávit de generación eléctrica; el excedente máximo es del 60% a cinco años, que se reduce al 19% en 2030. La principal causa de esta reducción es el aumento del consumo eléctrico de los hogares, debido a la introducción de electrodomésticos. En el período comprendido entre 2010 y 2015 el consumo eléctrico medio de los hogares fue de 7.000 GWh, este promedio aumenta a 16.000 GWh en el período comprendido entre 2025 y 2030 (Fontaine *et al.*, 2019).

Por tanto, los resultados evidencian la importancia de definir políticas económicas y energéticas para utilizar este recurso disponible, principalmente en sectores que generan valor agregado, enfocados al proceso de industrialización, y no solo destinándolo al consumo de los hogares, que no genera valor agregado en la economía doméstica.

Sin embargo, la política actual de gestión del excedente de electricidad se centra en las exportaciones regionales. Al considerar los planes de extensión de los países vecinos, esta política se vería afectada en el corto plazo, lo que podría ocasionar una subutilización de la capacidad instalada. Además, los gobiernos han implementado poco la integración energética regional; existen diferentes oportunidades, dada la complementariedad existente entre países, así como la existencia de problemas comunes y mercados similares (Fontaine *et al.*, 2019).

Más allá de las medidas tradicionales para reducir el consumo de energía, ahorrar costos y disminuir las emisiones atmosféricas, las políticas dirigidas a aumentar la eficiencia energética también tienen múltiples beneficios económicos y sociales.

Desde la perspectiva del suministro de energía, esta contribuye significativamente a la seguridad energética reduciendo la dependencia de la energía importada. Además, la disminución del consumo de energía a través de una mayor eficiencia reduce las tensiones inflacionarias provocadas por el aumento de los precios internacionales de las materias primas energéticas. Por último, las ganancias de productividad a nivel sectorial al aumentar la confiabilidad de las operaciones y los procesos pueden generar impactos macroeconómicos positivos, desde impulsar la actividad económica hasta generar más empleo o tener un impacto positivo en la salud y el bienestar.

La implementación de políticas de eficiencia energética es una práctica actual en la mayoría de los países, y el número de tales políticas ha crecido sustancialmente desde 1990. El enfoque de estas políticas también ha cambiado y ahora están más orientadas hacia la eficiencia energética, en lugar de concentrarse únicamente en la conservación de la energía. Además, están muy influenciados por la creciente importancia que se otorga a los objetivos del cambio climático. Las tecnologías de eficiencia energética pueden ayudar a reducir el daño ambiental asociado con el uso de energía.

Si bien, como se señaló anteriormente, las empresas pueden tener incentivos para invertir en tecnologías de ahorro de energía como forma de reducir costos, la inversión en eficiencia energética puede estar por debajo del óptimo social sin el apoyo de políticas públicas debido a la existencia de fallas de mercado. En particular, la falta de información sobre las tecnologías disponibles y la incertidumbre de las inversiones en energía justifican el uso de políticas públicas.

Las políticas para mejorar la eficiencia energética utilizan una amplia gama de medidas e instrumentos para alentar a las empresas e industrias a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero e invertir en tecnologías de ahorro de energía. En economía ambiental, se hace una distinción común entre comando y control (regulaciones que establecen límites y estándares) e instrumentos basados en el mercado (subsidios, impuestos ambientales, permisos de emisiones negociables o créditos fiscales).

A nivel nacional las políticas de eficiencia energética se encuentran enmarcadas en las siguientes leyes, códigos y reglamentos que se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 8. Leyes, Códigos y Reglamentos que enmarcan las políticas de eficiencia energética

Política	Año	Estado
Reglamento técnico revisado sobre eficiencia energética de acondicionadores de aire sin conductos, RTE INEN 072 (1R)	2018	En vigor
Reglamento de Operaciones de Hidrocarburos	2017	En vigor
Plan Nacional de Eficiencia Energética de Ecuador 2016-2035 (PLANEE)	2017	En vigor
Código Orgánico Ambiental	2017	En vigor
Plan Maestro de Electricidad de Ecuador 2016-2025 (PME)	2016	En vigor
Ley Orgánica del Servicio Público de energía eléctrica	2015	En vigor
Acuerdo Ministerial No. 190. Política Nacional de Post Consumo de Equipos Eléctricos	2013	En vigor
Resolución COMEX 076 sobre importación de acondicionadores de aire	2013	En vigor
Tarifa de alimentación de Ecuador para energía renovable (Regulación para La participación de los generadores de energía eléctrica producida con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales No. CONELEC 001/13)	2013	Terminado
RTE INEN 072 - eficiencia energética para acondicionadores de aire sin conductos	2013	En vigor
Mandato de mezcla de biodiésel (Decreto 1303)	2012	En vigor
Regulaciones ambientales de operaciones de hidrocarburos enmendadas	2001	En vigor

Fuente: (Fuente propia, 2021)

2.2.1. Plan nacional de eficiencia energética 2016 -2035.

El Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035, contiene propuestas factibles totalmente aplicables a la realidad ecuatoriana, que se basan en la buena praxis internacional en el aprovechamiento y uso de nuevas tecnologías, considerando de igual manera las experiencias propias en materia de eficiencia energética en el periodo comprendido entre 2007 y 2015 (MEER, 2017).

El principal objetivo de este se enmarca en el reemplazo progresivo de fuentes de energía de impacto ambiental alto y combustibles por centrales de energía renovable y otros combustibles sin carbono. Confirmando el compromiso del estado ecuatoriano en realizar acciones específicas que garanticen a la población presente y futura, un desarrollo sustentable basados en los principios de Producción más limpia (P+L) donde se tenga acceso a una energía limpia y económica que sea responsable con medioambiente (MEER, 2017).

El objetivo de este plan en materia del consumo propio del sector energético es: “Reducir el consumo propio por unidad de producción física en la cadena de valor correspondiente” (MEER, 2017, pág. 44).

Como meta para el 2035 se tiene que las organizaciones que integran el sector energético del país y elaboran proyectos que involucren la eficiencia energética, logrando una reducción de 83.7 MbeP en el consumo propio, en relación al escenario de línea base.

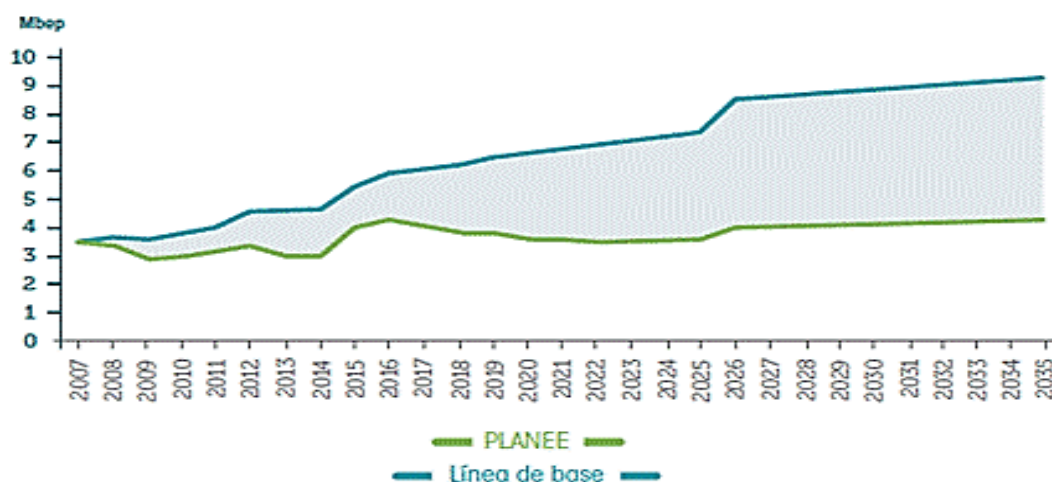


Figura 6. Energía evitada por consumo propio del sector energético
Fuente: (MEER, 2017)

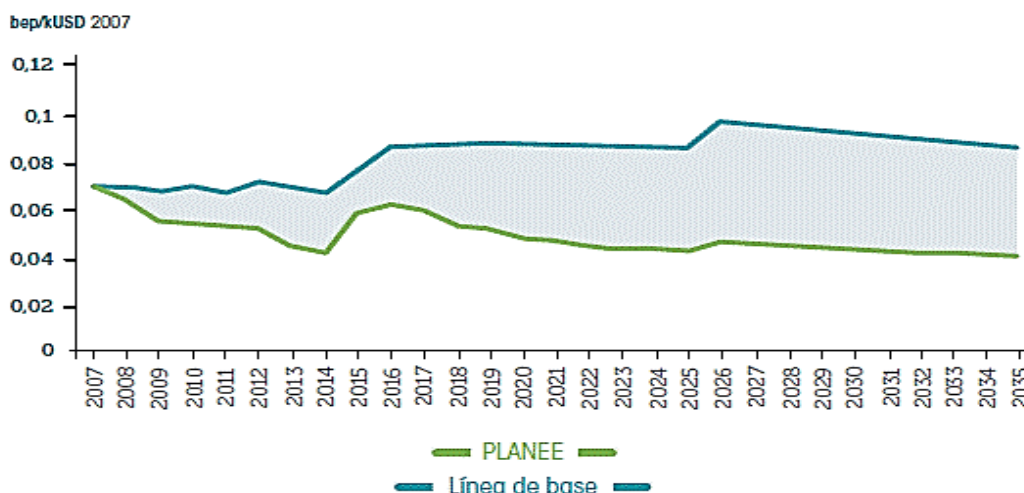


Figura 26. Evolución de la intensidad energética en el eje consumo propio del sector energético
Fuente: (MEER, 2017)

Para lograr cumplir con las meta propuesta y señalada en los gráficos es necesario plantear los siguientes objetivos específicos:

1. “Reducir el autoconsumo de energía por unidad física de producción en el sector eléctrico” (MEER, 2017, pág. 45). Como meta para el 2035 se espera registrar un ahorro de 64,1 Mbp por disminución de pérdidas de distribución de energía e implantación de un sistema de gestión energética. Para lograr cumplir con la meta propuesta se deben aplicar las siguientes líneas de acción:
 - a. “Programa de reducción de pérdidas de energía en el sistema de distribución de electricidad” (MEER, 2017, pág. 45).
 - b. “Proyecto de implementación de Sistema de Gestión de Energía basados en la Norma ISO 50001 en las Centrales de Generación Térmica” (MEER, 2017, pág.46).
2. “Reducir el autoconsumo de energía por unidad física de producción en el sector

hidrocarburo” (MEER, 2017, pág. 46). Como meta para el 2035 se espera que las empresas privadas y públicas del sector de hidrocarburos de la nación disminuyan el consumo de energía acumulada por lo menos en 19,6 Mbep al realizar proyectos de eficiencia energética. Para cumplir esta meta se deben aplicar las siguientes acciones:

- a. “Proyecto para abastecer de energía eléctrica a las instalaciones petroleras” (MEER, 2017, pág. 46).
- b. “Proyecto para mejorar la oferta de derivados de Alta calidad” (MEER, 2017, pág.47)
- c. “Proyecto para implementar acciones de eficiencia energética en la infraestructura de transporte, almacenamiento y comercialización de derivados” (MEER, 2017, pág. 47)

2.2.2. Estrategias para el desarrollo sustentable en el sector eléctrico ecuatoriano.

El Plan Maestro de Electrificación (PME) 2013-2022, contiene las perspectivas legales y técnicas que eviten o minimicen los impactos sociales y ambientales de las operaciones e instalaciones eléctricas que proyectan realizar en el futuro. Dentro de las estrategias para el Desarrollo sustentable en el sector eléctrico ecuatoriano se encuentran las siguientes:

El Buen Vivir o Sumak Kawsay: La noción del “buen vivir” o “sumak kawsay”, genera varios deberes al estado, a fin de asegurar que la población disfrute de un estilo de vida digno. Estos deberes, son los siguientes: Ambiente sano, Comunicación e información, Cultura y ciencia, Educación, Hábitat y vivienda, Salud, Trabajo y seguridad social.

Las obligaciones socio ambientales en el sector eléctrico: Todos los agentes del sector eléctrico tienen la obligación de cumplir con las normas constitucionales, legales y administrativas relativas al ambiente. Esta obligación incluye aquellas normas asociadas, que tienen como fin precautelar los derechos de las comunidades, las poblaciones locales y la ciudadanía en general.

Los derechos de la naturaleza: es parte de las garantías constitucionales de protección integral a “su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos”; así como el derecho a la restauración que será “independiente de la obligación que tienen el estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

Las políticas ambientales del sector eléctrico: son dictadas por el Presidente de la República, a través del Ministerio del ramo. El elemento central de la política ambiental, es la recuperación y conservación de la naturaleza y la mantención de un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Convenios internacionales y políticas del sector eléctrico: son aquellos que se han suscrito en el contexto de los esfuerzos internacionales por controlar y revertir el cambio climático. El instrumento central de estos esfuerzos es la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, CMNUCC, cuyo objetivo fue el lograr una estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera en un nivel tal que permita que las poblaciones humanas y los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático.

Figura 27. Estrategias para el Desarrollo sustentable en el sector eléctrico ecuatoriano
Fuente: (CONELEC, 2012)

La conservación de recursos para futuras generaciones es una de las principales características que distinguen en la política de desarrollo sostenible que también busca para internalizar las externalidades del medio ambiente degradado. El objetivo general del desarrollo sostenible es la estabilidad a largo plazo de la economía y medio ambiente; esto solo es alcanzable a través de la integración y reconocimiento de preocupaciones económicas, ambientales y sociales durante todo el proceso de toma de decisiones.

En el sector energético ecuatoriano se establece el concepto de energía sustentable que se define como aquella que en los procesos de producción o consumo genera un impacto negativo mínimo sobre los seres vivos e incluido el medioambiente y, además, se pueda suministrar de una forma continua.

Según la matriz energética propuesta en el Plan Nacional para el buen vivir plasma los siguientes aspectos:

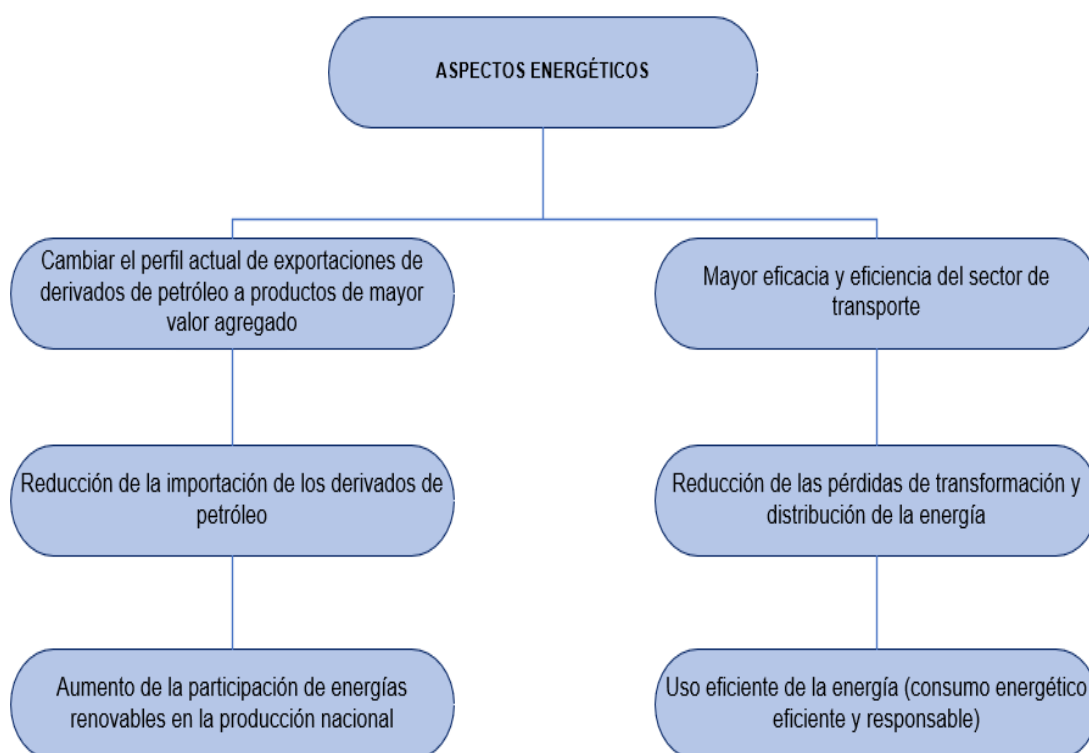


Figura 28. Aspectos energéticos del pan nacional para el buen vivir
Fuente:(CONELEC, 2012)

Por tanto, el sector eléctrico dirige orientaciones a los agentes con el fin de disminuir el impacto ambiental. Considerando que, las centrales eléctricas son unas de las que más combustible fósil consumen en el mundo, esto ocasiona en el planeta un serio daño como lo

es la lluvia ácida que puede ser perjudicial a la salud humana si no es tratada correctamente (CONELEC, 2012).

Bajo esta perspectiva el estado ecuatoriano toma en consideración estrategias como la instalación de sistemas de control de la contaminación, la implementación y uso de generación con fuentes renovables tales como: solar, eólica, hidroeléctrica y biomasa; además, disminuir gradualmente la generación con fuentes no renovables(CONELEC, 2012).

CAPÍTULO 3. MIGRACIÓN DEL USO DE ENERGÍAS FÓSILES A ENERGÍAS LIMPIAS

3.1. Descripción y uso de las energías fósiles

Las llamadas energías fósiles se obtienen a través de la transformación de combustibles como: el petróleo, el gas y el carbón (Ferrari, 2013). La energía química presente en estos recursos “es energía solar del pasado geológico, capturada por medio de la fotosíntesis de plantas” (pág. 37), transformada luego por el incremento periódico de presión y temperatura que provoca el sepultamiento del material orgánico acumulado, dando origen al yacimiento. De allí que, la formación y acumulación de combustibles fósiles son procesos de larga data, que “duran entre centenares de miles de años hasta millones de años” (pág. 37).

A mediados del siglo XIX se explotó el primer pozo petrolero, desde entonces se han desarrollado tecnologías, herramientas y métodos que permiten la localización de yacimientos con una mínima incertidumbre, abaratando los costos de extracción y, aumentando la posibilidad de obtención en grandes cantidades. No obstante, los combustibles fósiles como todos los recursos no renovables siguen el comportamiento de la Curva de Hubbert:

La producción crece hasta un máximo (pico) donde se han consumado los recursos más accesibles y de mejor calidad, al que le sigue un declive acompañado por la explotación de los recursos de menor calidad y más caros de extraer (Ferrari, 2013, pág. 36).

Desde el año 2005, la producción mundial de petróleo convencional se ha incrementado, a razón de la explotación de petróleo no convencional, caracterizado por generar mayor impacto ambiental y por su baja calidad energética, traducido en una “tasa de retorno energético mucho más baja, es decir necesitan mucha más energía para producirse” (Ferrari, 2013, pág. 36), encareciendo su obtención. Esto obliga al estudio de alternativas con miras a un “modelo de desarrollo basado en el crecimiento perpetuo” (pág. 36).

El uso de combustibles fósiles se ha extendido a casi todas las actividades económicas, incluyendo a los sectores industrial, comercial, doméstico y de servicio; a tal grado que, para el 2013 el 67% de las fuentes usadas para la generación eléctrica en el mundo eran de origen fósil: 5% petróleo, 22% gas natural y 40% carbón (IEA citado por Ferrari, 2013). Se deduce que el gas natural y el carbón son los combustibles más empleados en la generación de electricidad, y junto con la producción de cemento, aporta casi el 68% de los gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial (Andrade , Arteaga, & Segura, 2017).

3.1.1. Aplicaciones del petróleo como fuente de energía primaria.

La mayor parte del petróleo consumido en el mundo se emplea con fines energéticos, mientras que el restante se destina a la fabricación de productos derivados no combustibles.

Entre sus principales aplicaciones, destacan:

- Transporte: alrededor de una cuarta parte de la demanda de petróleo y derivados.
- Doméstico: la mayoría de los hogares emplea gas licuado para calefacción y cocina.
- Industrial: materia prima para diferentes procesos.
- Petroquímica: materias primas en la fabricación de: plástico, pintura, fertilizante, etc.

Según datos suministrados por la Asociación de la Industria Hidrocarburífera del Ecuador (AIHE, 2020), a nivel mundial, durante el 2019, se produjo diariamente un promedio de 98,99 millones de barriles de petróleo (Figura 29), de los cuáles el 35% fue consumido por Asia y Oceanía, el 20% por América del Norte y el 7% por América del Sur (Figura 30). Al comparar estos valores con la información registrada durante el 2018, se evidencia un aumento aproximado del 2% en el consumo en Asia, Oceanía y América del Norte, debido al crecimiento del 5% del producto interno bruto (PIB). Se estima que para el año 2023 la demanda de productos petroleros aumentará a 51 millones de barriles diarios.

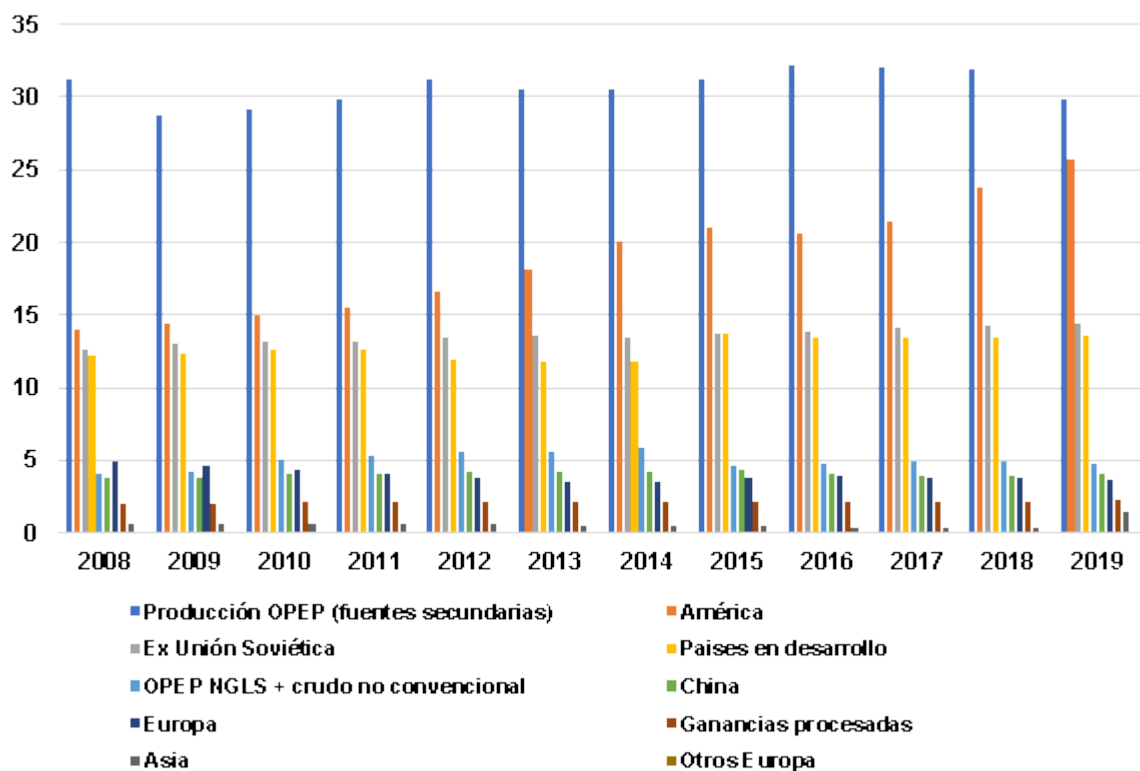


Figura 29. Evolución de la oferta mundial de petróleo
Fuente: (AIHE, 2020, pág. 8)

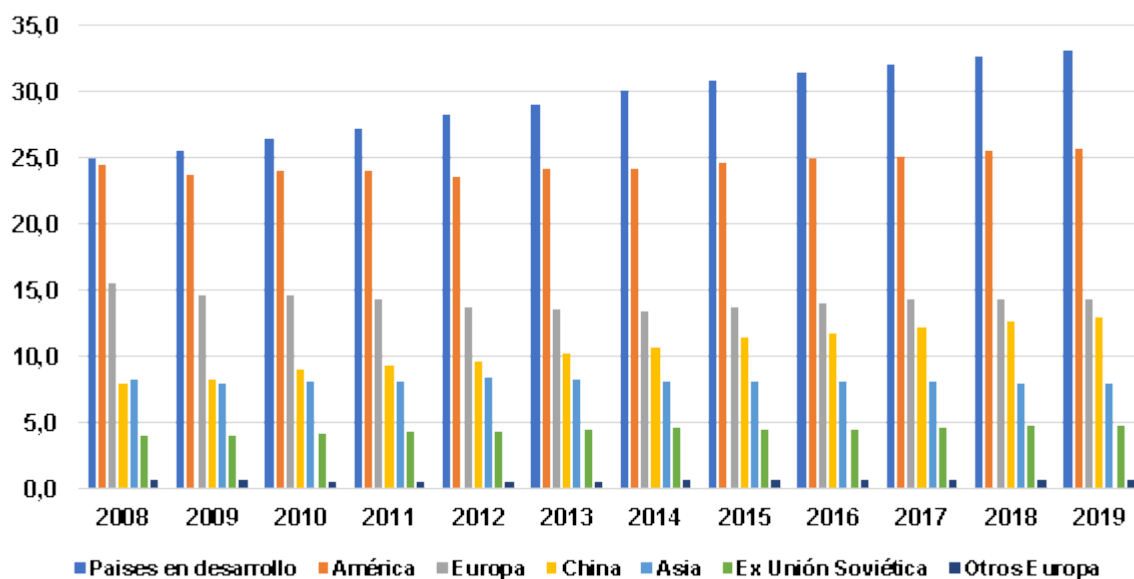


Figura 30. Evolución de la demanda mundial de petróleo
Fuente: (AIHE, 2020, pág. 8)

3.1.2. Aplicaciones del carbón como fuente de energía primaria.

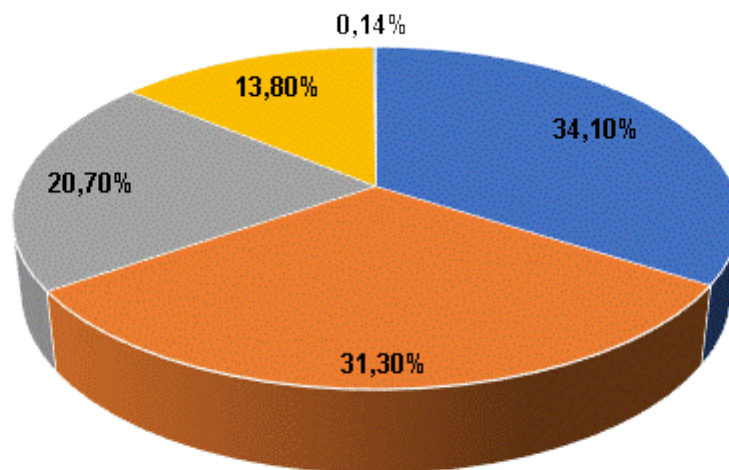
El carbón suministra alrededor del 25% de la energía primaria demandada en el mundo, siendo China su mayor consumidor, al usarlo en un 60% de su matriz energética (Böll, 2017, pág. 6). Sudáfrica, por su parte, obtiene del carbón alrededor del 90% de su energía eléctrica y 77% de su materia prima para la industria petroquímica (pág. 13). En Chile el 40% de la generación de electricidad utiliza como fuente de energía primaria al carbón (pág. 6). Comúnmente se emplea en la producción de: acero, cemento y combustibles líquidos.

En un esfuerzo por cubrir su demanda eléctrica países como India e Indonesia, se han inclinado a la implementación de centrales eléctricas que operan con carbón a pesar de su baja eficiencia (33%), incrementado su consumo (Böll, 2017).

3.1.3. Aplicaciones del gas natural como fuente de energía primaria.

El uso del gas natural ha ganado terreno debido a su bajo costo, mayor eficiencia y menor impacto ambiental, lo que fundamenta la marcada tendencia de algunas industrias a la sustitución de otros combustibles por este recurso (AIHE, 2012). Se emplea en:

- Generación eléctrica: ofrece seguridad, confiabilidad y continuidad de servicio, independientemente de las condiciones climáticas.
- Doméstico: más económico que con el gas licuado usado para cocinar.
- Industrial: utilizado como materia prima en distintos procesos de producción.

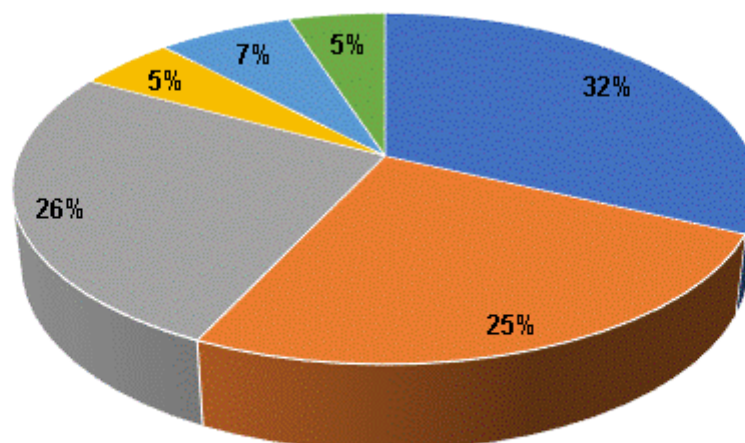


■ Energía eléctrica ■ Industrial ■ Residencial ■ Comercial ■ Combustible para autos ■

Figura 31. Aplicaciones del gas natural
Fuente: (Maldonado, 2021)

3.1.4. Uso de combustibles fósiles para la generación de electricidad en Ecuador.

Los combustibles fósiles: petróleo, gas natural y carbón, constituyen la principal fuente utilizada para la generación de electricidad en el mundo con una participación aproximada al 83% (Figura 32), “mantenido su supremacía a pesar del desarrollo de la energía nuclear, la hidroeléctrica y otras energías renovables (AIHE, 2020, pág. 4)”.



■ Petróleo ■ Gas natural ■ Carbón ■ Nuclear ■ Hidráulica ■ Renovables

Figura 32. Consumo energético mundial (participación porcentual) 2020
Fuente: (AIHE, 2019, pág. 13)

El fuel oil, el diésel oil, el gas natural y el petróleo, encabezan a los principales combustibles fósiles empleados para la generación eléctrica en el Ecuador, conforme a los datos suministrados por el Ministerio de Energías Renovables y No Renovables (MERNNR, 2020, pág. 63), y representados en la tabla 9.

Tabla 9. Combustibles para generación eléctrica (kBEP)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Petróleo	1360	1443	1498	1601	1803	1838	1791	2334	2420	2668	2812
Gas natural	3269	3394	2999	3935	4380	4514	4356	4433	3985	3423	3059
Bagazo	266	289	342	364	363	491	501	521	529	470	508
Gas licuado	121	124	113	100	94	101	116	132	113	126	101
Gasolinas	212	311	313	2	58	-	-	-	-	-	-
Diésel oil	4955	7516	4108	3318	4217	4425	5064	4418	2581	2726	3050
Fuel oil	5520	5776	6523	7671	8428	9047	8237	6132	3476	4563	2606
Crudo reducido	956	943	837	806	788	889	1442	1216	698	702	383
Biogas	-	-	-	-	-	-	-	49	98	159	149
Total	16658	19796	16733	17798	20131	21305	21507	19187	13802	14837	12668

Fuente: (MERNNR, 2020, pág. 63)

En el sistema eléctrico ecuatoriano se aprovecha la energía transformada de fuentes hidráulicas, térmicas y renovables, así como de la interconexión a los sistemas de potencia de Colombia y Perú, para suplir la demanda de electricidad del país. Para “el año 2019 la capacidad instalada del país tuvo una participación del 58,4% de hidroeléctricas, 39,3% de térmicas y 2,3% distribuido entre plantas de otras energías renovables” tal como se aprecia en la figura 33 (MERNNR, 2020, pág. 39).

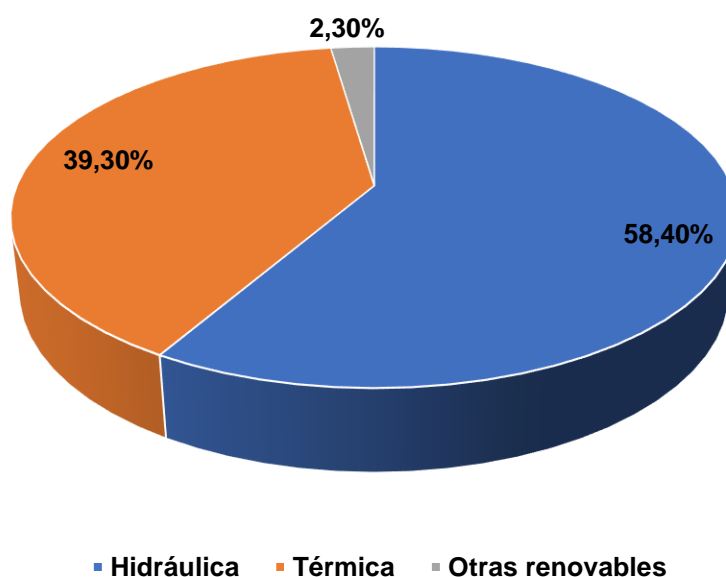


Figura 33. Potencia instalada 2019
Fuente: (MERNNR, 2020, pág. 39)

Revisando los registros del MERNNR (2020) para el lapso comprendido entre el 2009 y el 2019, se observa el incremento del uso de recursos hídricos para la generación eléctrica en un factor de 2,67, y la reducción de la participación térmica en un 0,8; en conclusión, la tendencia en el uso de fuentes fósiles para la generación ha ido decayendo, al tiempo en que se incrementa el uso de fuentes hídricas y renovables (Tabla 10).

Tabla 10. Generación de energía eléctrica (GWh)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Hidráulica	9225	8636	11133	12238	11039	11458	13096	15834	20089	20678	24665
Térmica	8819	10634	9129	10311	11865	12354	12311	10868	7375	8019	7066
Otras renovables	220	239	282	299	356	496	543	612	570	546	578

Fuente: (MERNNR, 2020, pág. 63)

La distribución del consumo de combustibles fósiles en centrales térmicas para diciembre entre el 2009 y el 2019, se comportó de acuerdo con la figura 38 (MERNNR, 2020, pág. 64).

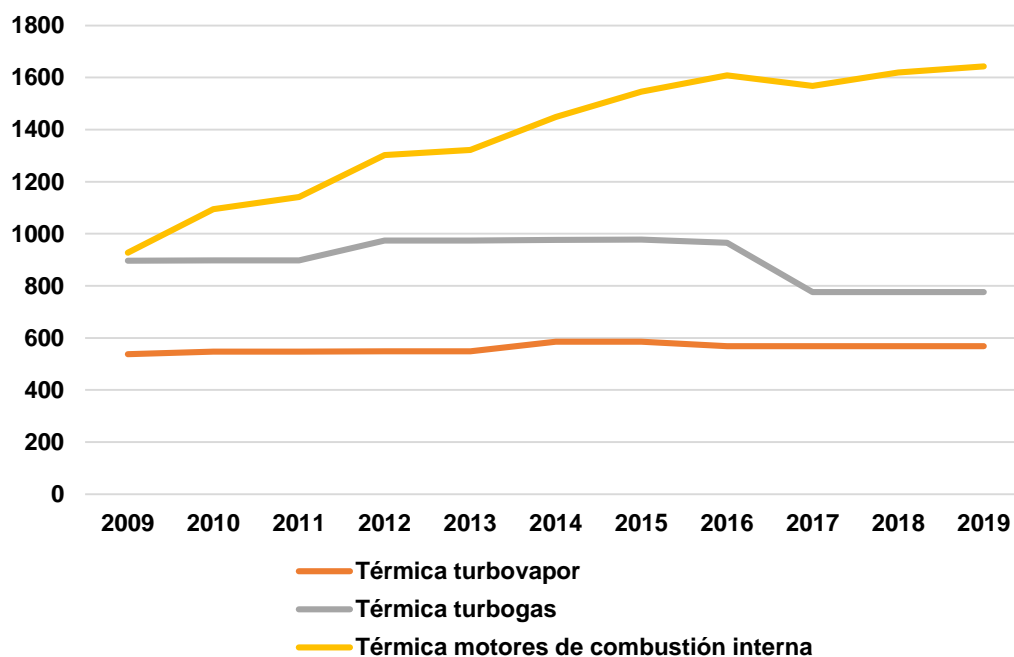


Figura 34. Balance energético de las centrales no renovables

Fuente: (MERNNR, 2020, pág. 64)

Es importante señalar, que la demanda diaria de gas natural promedia los 95 millones de pies cúbicos, frente a la producción que es de 95 millones de pies cúbicos diarios, es decir, este combustible podría comenzar a escasear en el mercado interno. Bajo estas condiciones, y debido a que no se han descubierto nuevas reservas de este recurso dentro del territorio

ecuatoriano, será necesaria la importación para cubrir la demanda actual (AIHE, 2020).

3.2. Tipos de energías limpias

“El término de energía limpia o energías verdes hace referencia a aquellas formas de obtención de energía que durante sus procesos de extracción y generación producen un mínimo o nulo impacto ecológico en el medio ambiente” (RADIOL, 2020, párr. 1).

Desde una perspectiva física “la energía limpia suele emplear la fuerza y el calor de los elementos naturales como un canal capaz de generar electricidad, causando el mínimo impacto posible en sus respectivos ecosistemas, y creando así energía perfectamente utilizable” (RADIOL, 2020, párr. 7). No obstante, es muy importante diferenciar entre los términos energía limpia y energía renovable, ya que:

Son conceptos diferentes; mientras que la energía renovable es aquella que se obtiene a partir de fuentes que no se acaban como el sol, el viento o el movimiento de las mareas, la energía limpia es aquella que durante su producción contamina en menor cantidad si se compara con otras fuentes de energía, como la que proviene de los fósiles. Existen tipos de energía que son renovables porque provienen de un recurso inagotable y a la vez son limpias porque contaminan mínimamente el medio ambiente, pero no necesariamente todas las energías que son limpias provienen de fuentes renovables (párr. 3).

En este sentido, España designa como energías limpias a todas aquellas con tasa de emanación inferior a 100 kg/MWh (RADIOL, 2020), mientras que México y Ecuador asignan esta calificación a las energías que no emitan contaminantes al ambiente durante su producción, sin importar el impacto causado por sus residuos.

A nivel mundial, la demanda de energía eléctrica presenta un crecimiento constante, mientras que las reservas de energías fósiles se van agotando gradualmente, estimando su consumo total en un máximo de 65 años. Por tal motivo, se piensa en la implementación de las energías limpias como alternativas inagotables para la solución a este problema en el mediano plazo (ELECAUSTRO, 2021).

La tabla 9 resume las características fundamentales de los diferentes tipos de energías limpias, sus ventajas y sus desventajas, tratadas con mayor amplitud en los capítulos anteriores.

Tabla 11. Características de las energías limpias

Tipos de Energía	Fundamento	Ventajas	Desventajas
Solar	Radiación solar transformada en otros tipos de energía, mediante: <ul style="list-style-type: none"> • Efecto fotoeléctrico. • Acción térmica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo impacto ambiental. • Almacenable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de inversión. • Dependencia ambiental. • Requiere gran espacio para la instalación de paneles.
Eólica	Usada tradicionalmente en trabajos mecánicos, se emplea en la impulsión de aerogeneradores.	<ul style="list-style-type: none"> • Limpia y eficiente. • Bajo impacto ambiental. • Almacenable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de inversión. • Dependencia ambiental. • Requiere gran espacio para la instalación de paneles.
Geotérmica	Almacenada bajo la superficie de la tierra en forma de calor: roca fundida o corrientes subterráneas de agua a altas temperaturas.	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo impacto ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de inversión. • Requiere de la perforación de la superficie de la tierra para la localización de yacimientos.
Biomasa	Materias orgánicas procesadas químicamente para obtener combustibles (ej.: biodiesel).	<ul style="list-style-type: none"> • El dióxido de carbono liberado en su combustión equivale al absorbido por un árbol para producir madera 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de inversión.
Hidráulica	Una de las tecnologías más desarrolladas, confiables y rentables en la generación eléctrica.	<ul style="list-style-type: none"> • Alto retorno de inversión. • Libre de emanaciones al ambiente durante su transformación. 	Modificación geográfica que conlleva a: <ul style="list-style-type: none"> • Alteración de ecosistemas. • Sedimentación de ríos.
Mareomotriz	Aprovechamiento de grandes cuerpos de agua por medio de turbinas, que transforman la energía de las mareas en potencial.	<ul style="list-style-type: none"> • Alta eficiencia. • Inagotabilidad. • Bajo impacto ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de inversión. • Compleja implementación • Dependencia ambiental. • Compleja interconexión.

Fuente: Propia a partir de (MERNNR, 2020, pág. 63) (Escoda, 2017) (Abril, 2017) (Vargas , Arango , Salazar , Torres, & Herrera, 2016) (Quintero & Quintero, 2016)

3.3. Análisis de migración a energías limpias

A inicios de la época preindustrial las emisiones de GEI presentaban un valor de 298 partes por millón (ppm), aumentando luego a 398 ppm y 407,8 ppm en los años 2014 y 2018, respectivamente (Böll, 2017, pág. 7), apuntando a un alza significativa en los últimos años. Adicionalmente, científicos han informado sobre el incremento de 1°C en la temperatura mundial, que no debería exceder de 1,5°C hasta finales del siglo, “pues mientras más sube la temperatura los eventos climáticos extremos aumentan en número, frecuencia e intensidad. La única forma de parar esto es lograr emisiones netas cero lo antes posible” (párr. 7).

Sin embargo, la planificación de mejoras a un sistema de potencia debe realizarse manteniendo criterios de seguridad, confiabilidad, eficiencia, calidad y continuidad del servicio. Recordando Antonio Borrero, Gerente de la Empresa Electro Generadora del Austro

(ELECAUSTRO), que siempre deben tomarse en cuenta los aspectos operativos intrínsecos de cada fuente de energía (ELECAUSTRO, 2021), por ejemplo:

- Las centrales fotovoltaicas y eólicas funcionan en condiciones normales para valores considerables de irradiación solar (en el día) y velocidad del viento, respectivamente.
- En tiempo de sequía, las hidroeléctricas ceden parte de su carga a las termoeléctricas; de allí el papel imprescindible de estas últimas como respaldo ante contingencias.

De acuerdo con el informe de Balance Energético Nacional del año 2019, un 91,3% de la energía consumida en el Ecuador provino de combustibles fósiles (AIHE, 2019, pág. 24), y un 8,7% de fuentes limpias, lo que se traduce en un aumento del 4,2% en el aprovechamiento de este último tipo de recursos con relación al año anterior. Pese a estos esfuerzos, la producción energética del país continúa presentando un alto grado de dependencia de los combustibles fósiles, convirtiéndose en una necesidad apremiante la migración a energías limpias que hasta ahora han aportado importantes beneficios al país.

Para el año 2020, la producción energética de Ecuador alcanzó los 27120 GWh (CENACE, 2020, pág. 28), lo que representa una reducción de 2,21% respecto al año anterior; visto desde otra perspectiva, el 90,72 % de la energía tuvo como origen fuentes limpias; con un indiscutible primer lugar de participación hidroeléctrica (98,37 %), y una distribución porcentual de energías no convencionales ilustrada en la figura 35.

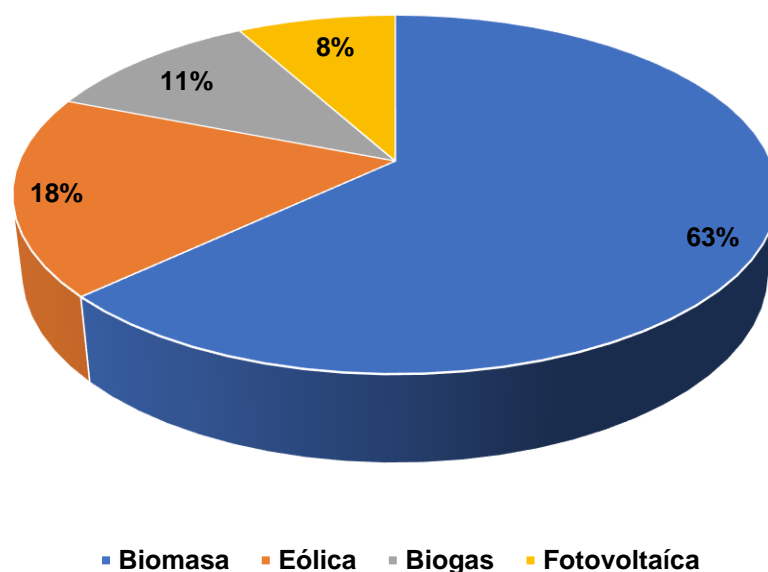


Figura 35. Producción bruta energética por tipo de generación (GWh), 2020
Fuente: (CENACE, 2020, pág. 29)

Múltiples empresas trasnacionales ven en Ecuador un lugar óptimo para el desarrollo de proyectos eléctricos asociados a energías limpias, gracias a: sus potenciales hidráulico y solar, a razón de sus características geográficas (ubicación, relieve, recursos hídricos, entre otros); su potencial eólico, en la región de los Andes; y, su potencial de biomasa, derivado de los altos niveles de residuos derivados de la actividad agrícola (Llanos & Cedeño, 2020).

Ecuador cuenta con un Plan Maestro de Electricidad proyectado hasta el 2027 (Figura 36), que agrupa un conjunto de proyectos planificados con la finalidad de cubrir la demanda eléctrica del país, propiciando la inversión privada:

Con este enfoque se considera la ejecución del Bloque de Energía Renovable No Convencional (ERNC I - 500 MW). Son cuatro tecnologías no convencionales (hidroeléctrica, fotovoltaica, eólica y biomasa) para proyectos que se encuentre en diferentes áreas geográficas del país. Estarán ubicadas en función del recurso primario, las condiciones del ambientales y logísticas del sitio (MERNNR, 2021, pág. 4).

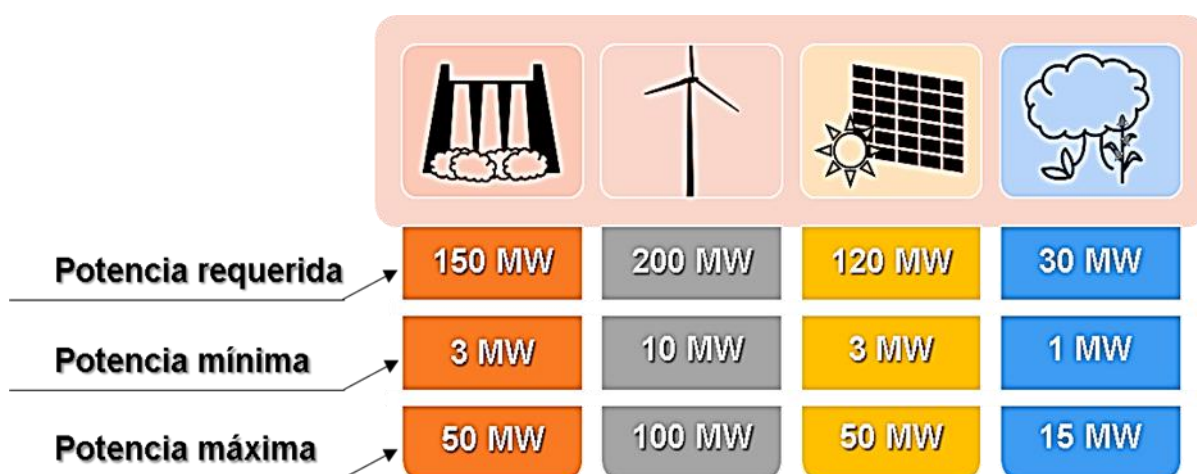


Figura 36. Bloque ERNC I - 500 MW
Fuente: (MERNNR, 2021, pág. 6)

Estudios previos concluyeron que la vertiente del Amazonas concentra el mayor potencial hidráulico de Ecuador (9.93GW), se persigue el desarrollo de proyectos en la vertiente del Pacífico (3,5 GW), previendo el desbalance de generación en épocas de lluvias (MERNNR, 2021, pág. 7). El Plan Maestro de Electricidad, contempla la construcción y entrada en servicio de nuevas centrales hidroeléctricas (ELECAUSTRO, 2021) en atención al crecimiento de la demanda de energía conforme a la figura 37.

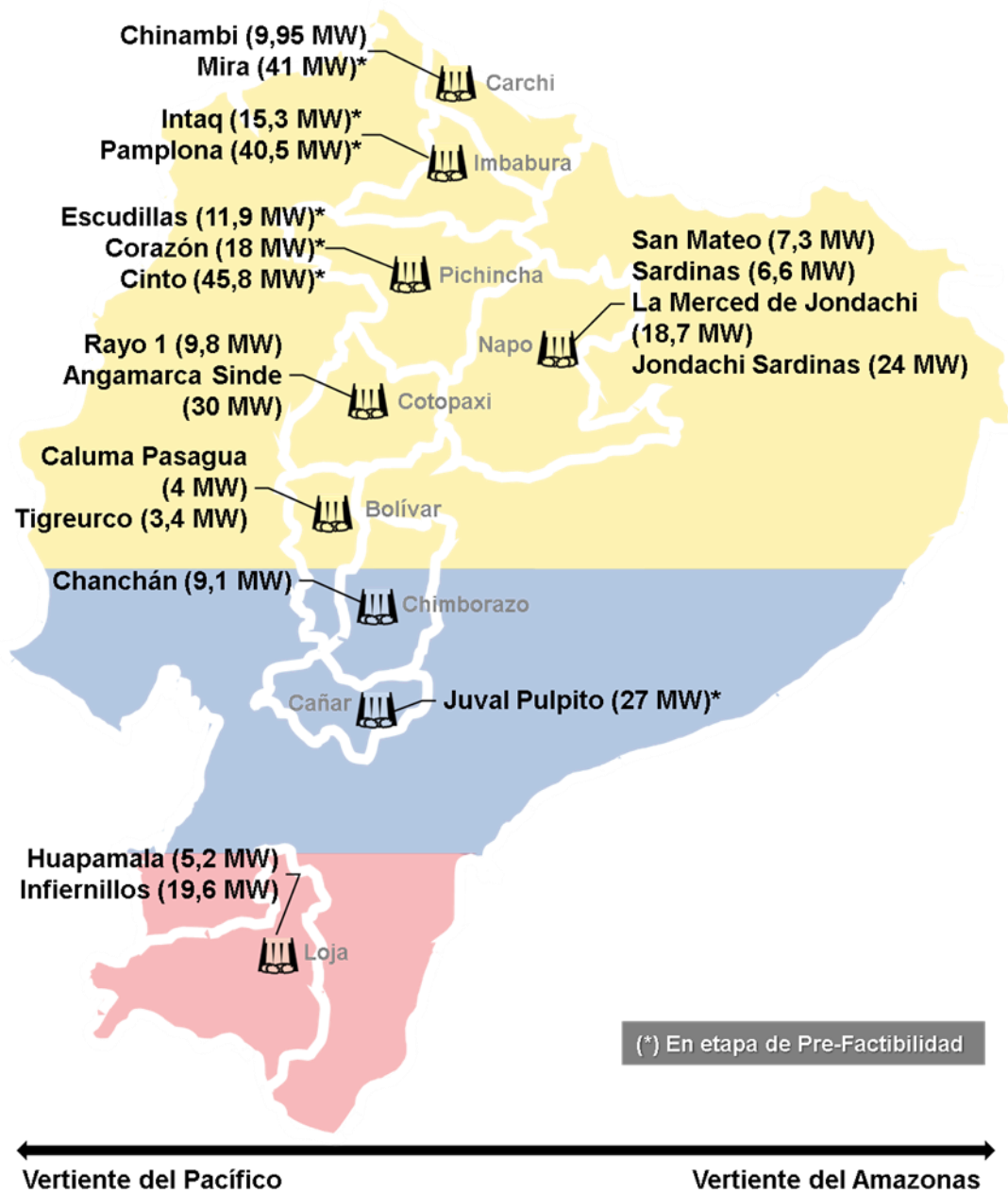


Figura 37. Proyectos hidráulicos en desarrollo dentro del Bloque ERNC I - 500 MW
Fuente: (MERNNR, 2021, pág. 7)

El potencial solar aprovechable del país, por su parte, está estimado en 660 MWp fotovoltaicos, ubicado en lugares con alto nivel de irradiación, factibilidad de conexión y zonas que no presenten limitaciones ambientales, sociales, etc., como: Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Manabí, Imbabura, Chimborazo, El Oro, Loja y Guayas (Figura 38). Dicho potencial radica en los niveles de irradiancia anual: máximo, 6,4 Wh/m²día; mínimo, 2.8 Wh/m²día; y promedio, 4.5 Wh/m²día (MERNNR, 2021, pág. 5).

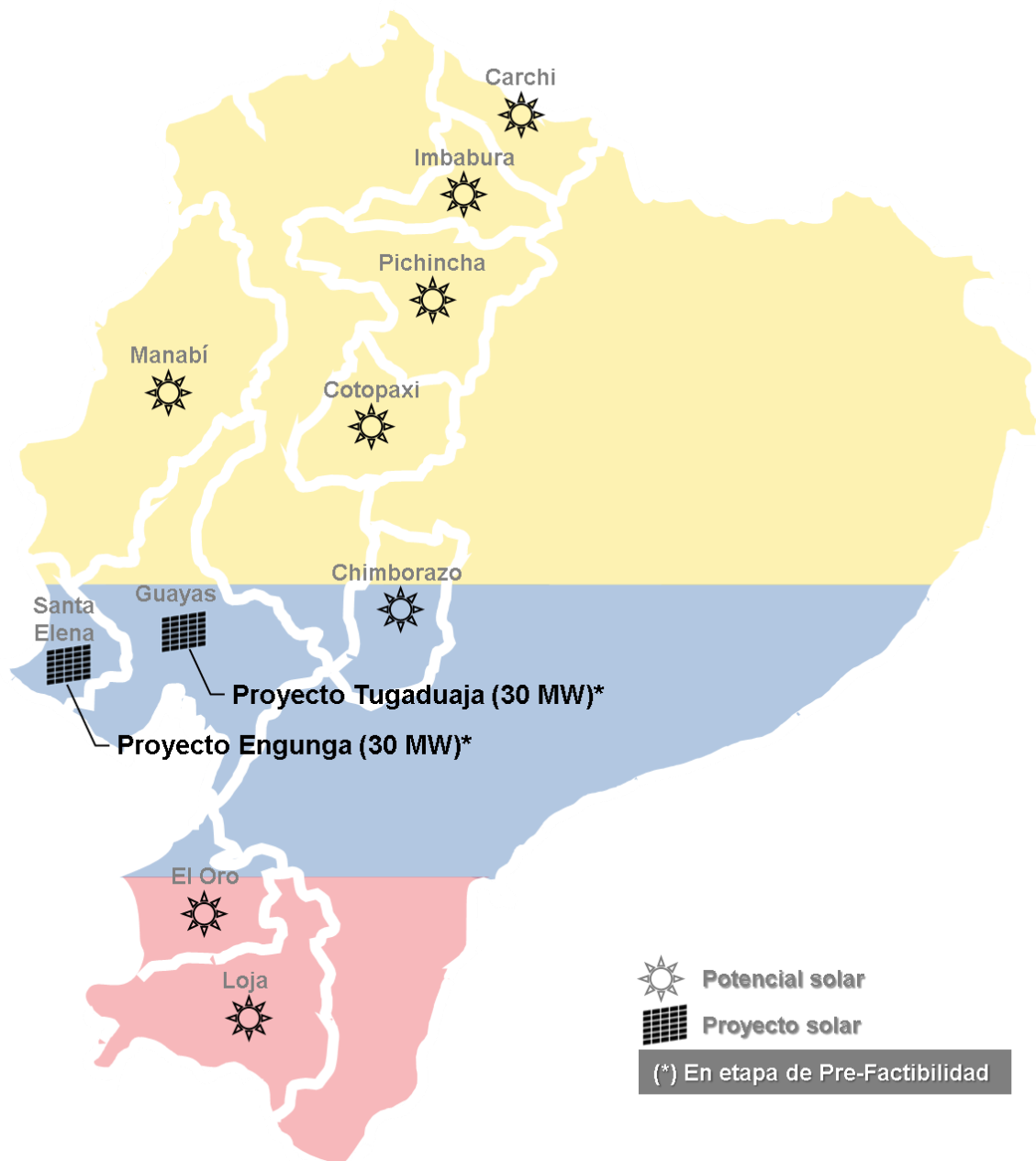


Figura 38. Zonas con potencial solar y proyectos en desarrollo
Fuente: (MERNNR, 2021, pág. 7)

De acuerdo con el atlas eólico del Ecuador (MERNNR, 2021, pág. 6), en las zonas aprovechables las velocidades medias anuales de los vientos superan los 7 metros por segundo (m/s) a 3000 metros sobre el nivel del mar (msnm), indicando un potencial factible de 891 MW a corto plazo, que se sumarían a los 21,15 MW de potencia en servicio (16,5 MW en el continente, y 4,65 MW en la región insular). Para la fecha, se han certificado mediciones que comprueban la factibilidad para el desarrollo de 9 proyectos de implementación continental que sumarían 115 MW al sistema eléctrico del país (Figura 39).

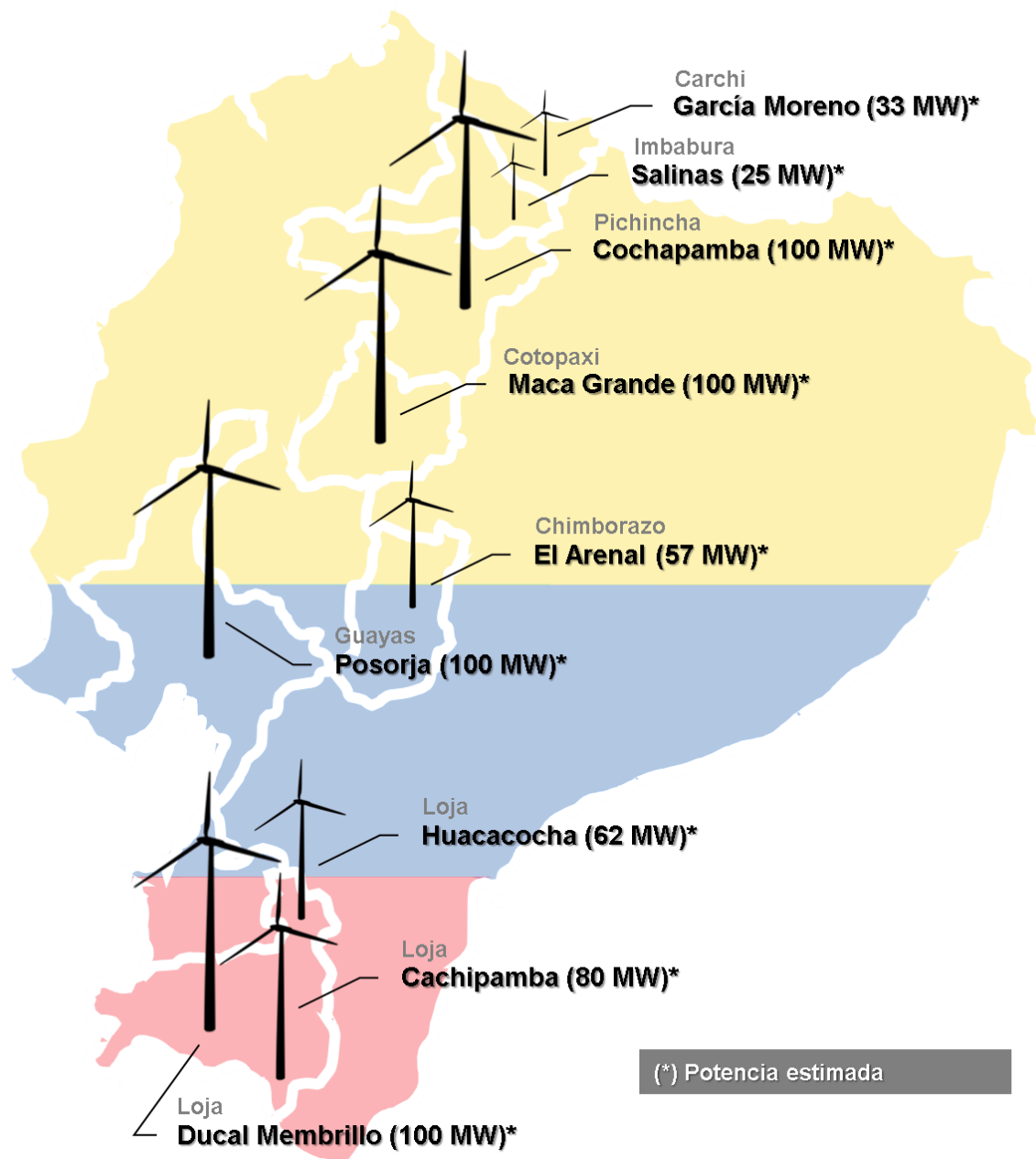


Figura 39. Proyectos eólicos en desarrollo 2018-2027
Fuente: (MERNNR, 2021, pág. 6)

Ahora bien, “la biomasa en el Ecuador es un recurso que, para propósitos de generación de energía eléctrica, proviene fundamentalmente del procesamiento de la caña de azúcar, palma africana y cascarilla de arroz” (MERNNR, 2021, pág. 8). Ya que este tipo de recursos está disponible en casi todas las regiones del país, su explotación deberá considerar la rápida descomposición orgánica, al momento de planificar el transporte y almacenamiento de la materia prima.

El Atlas Bioenergético del Ecuador desarrollado desde 2015 (MEER, 2015), detalla las principales características para el aprovechamiento de biomasa en la generación eléctrica del

país; en él se consideran 18,4 millones de toneladas al año de residuos agrícolas, pecuarios y forestales, a partir de las cuales se pueden extraer aproximadamente 12700 GWh/año. Los proyectos contemplados en el Plan Maestro de Electricidad 2018-2027 (MERNNR, 2021), se ilustran en la figura 40.

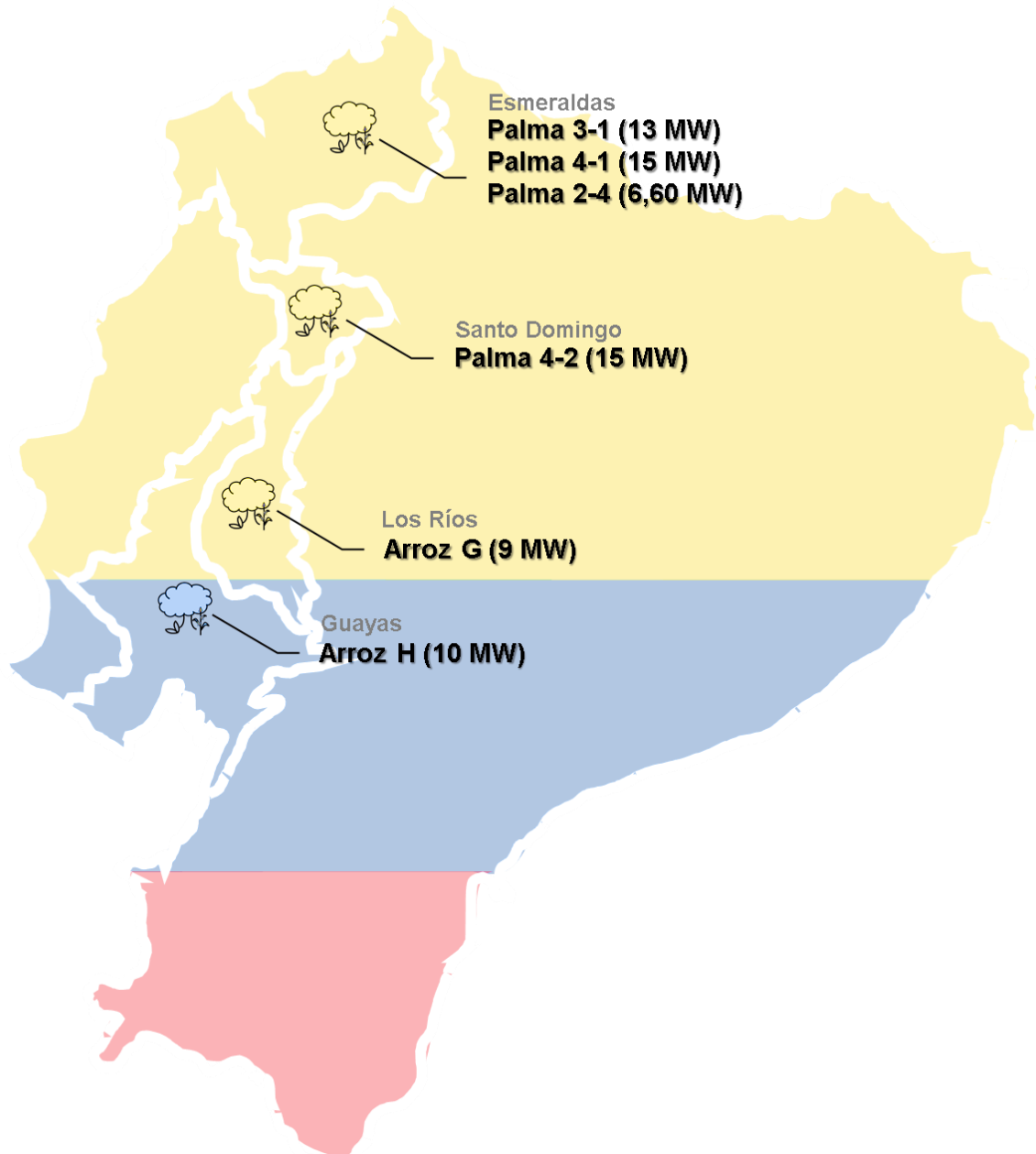


Figura 40. Proyectos para el aprovechamiento de biomasa 2018-2027
Fuente: (MERNNR, 2021, pág. 6)

Con base en lo descrito, se concluye en el alto potencial de Ecuador para el aprovechamiento de energías limpias. Para tal fin, se deberá “cambiar la forma de utilización de energía no renovable, como el diésel, y migrar hacia el aprovechamiento de energía renovable a través de las hidroeléctricas, eólicas, fotovoltaicas, entre otras que tienen una

matriz de generación limpia” (Borrero citado por ELECAUSTRO, 2021, párr. 10).

Con la implementación de sistemas de generación que utilicen energías limpias se logra desarrollar un mercado energético diversificado, sustentable y menos contaminante. De allí que, el estado ecuatoriano promueva el uso de energías limpias conforme a:

- La constitución del Ecuador (2008), consolida al estado como administrador y protector de los recursos renovables, estableciendo políticas para la promoción del uso e implementación de energías limpias (Asamblea Nacional, 2008).
- El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), en el informe “Políticas Energéticas Del Ecuador 2008 - 2020”, incentiva el uso de energías limpias mediante la promoción de un modelo de desarrollo energético con tecnologías ambientalmente sustentables (MEER, 2008).

CAPÍTULO 4. PERSPECTIVAS DEL MERCADO ELÉCTRICO ECUATORIANO A LARGO PLAZO

4.1. Análisis objetivo del comportamiento de la demanda en el año 2020

La gran inversión y los múltiples esfuerzos llevados a cabo, tanto por entes gubernamentales como privados, han contribuido en el logro de “una matriz eléctrica con alta participación de generación hidroeléctrica y una reducida generación termoeléctrica” y “al fortalecimiento de las redes de transmisión, subtransmisión y distribución, adaptándolas a las actuales y futuras condiciones de oferta y demanda de electricidad” (MERNNR, 2020, pág. 72). De esta forma, la demanda eléctrica se presenta como un indicador esencial para la planificación del sector.

La tabla 12 contiene la evolución histórica de la demanda de potencia anual en Ecuador durante los 10 últimos años (desde el año 2010 hasta el 2020), según datos aportados por la Agencia de Regulación y Control de Energías y Recursos Naturales No Renovables (2021).

Tabla 12. Demanda eléctrica anual de Ecuador 2010 - 2019

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	2720,83	2910,66	2939,16	3190,31	3324,28	3504,00	3593,10	3689,18	3815,28	3903,44	4083,08
Febrero	2740,63	2932,09	3036,78	3151,74	3324,14	3523,27	3638,11	3645,86	3748,54	3906,90	4089,12
Marzo	2819,60	2963,85	3014,22	3214,05	3369,52	3540,40	3654,22	3692,24	3905,45	3886,47	4032,18
Abril	2836,18	2951,51	3091,88	3234,29	3402,35	3606,74	3583,04	3683,19	3902,63	3941,81	3458,73
Mayo	2834,44	2979,65	3088,18	3185,68	3396,90	3601,99	3586,75	3687,69	3816,81	3949,94	3626,89
Junio	2732,30	2877,66	3041,94	3107,99	3399,01	3559,68	3624,79	3561,15	3673,05	3778,59	3633,50
Julio	2695,20	2841,57	2990,20	3039,13	3352,43	3525,24	3450,27	3435,24	3617,14	3701,49	3650,21
Agosto	2699,00	2831,19	2983,52	3080,53	3292,97	3471,17	3490,36	3577,25	3585,30	3668,14	3712,96
Septiembre	2742,00	2897,34	3058,91	3218,77	3307,95	3544,75	3490,36	3577,25	3799,52	3697,72	3820,26
Octubre	2879,04	2891,36	3035,26	3187,60	3373,11	3591,02	3457,48	3674,02	3657,19	3790,12	3935,11
Noviembre	2815,88	2999,81	3125,07	3277,04	3423,45	3653,34	3572,86	3586,63	3773,64	3953,33	3921,50
Diciembre	2879,24	3052,29	3206,73	3332,49	3502,64	3669,58	3624,67	3745,77	3856,97	3951,68	
Potencia máxima (MW)	2879,24	3052,29	3206,73	3332,49	3502,64	3669,58	3654,22	3745,77	3905,45	3953,33	4089,12
Potencia mínima (MW)	2695,20	2831,19	2939,16	3039,13	3292,97	3471,17	3450,27	3435,24	3585,30	3668,14	3458,73
Potencia promedio (MW)	2782,86	2927,42	3050,99	3184,97	3372,40	3565,93	3563,83	3629,62	3762,63	3844,14	3814,87

Fuente: Propia basada en (Panorama Eléctrico - Marzo, 2021, pág. 19)

De los máximos registrados por año se obtiene el comportamiento de potencia máxima anual demanda representada en la figura 41, observando un incremento progresivo aproximado del 37,30 %, desde 2.879,24 MW en el año 2010 hasta 3953,33 MW en el 2019.

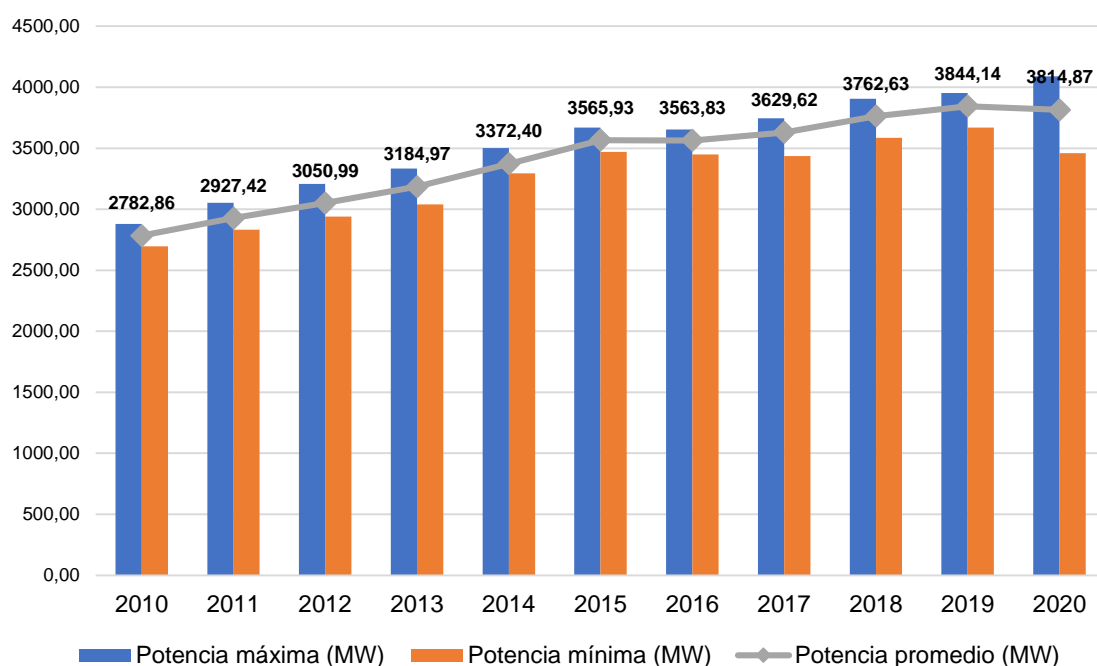


Figura 41. Potencias máximas, mínimas y promedio anuales, 2010-2020
Fuente: Propia basada en (Panorama Eléctrico - Marzo, 2021, pág. 19)

Por otra parte, en la tabla 13 se organizan los datos correspondientes a las demandas de potencia en bornes de generación (MW) y de energía (GWh), correspondientes a los años 2019 y 2020, que siguen el comportamiento ilustrado en la figura 42.

Tabla 13. Comparativa entre demanda eléctrica en bornes de generación (MW) y demanda de energía (GWh) de Ecuador entre los años 2019 y 2020

	Demanda en bornes de generación (MW)			Demanda de energía (GWh)		
	2019	2020	%D	2019	2020	%D
Enero	3903,44	4083,08	4,60	2096,56	2264,85	8,03
Febrero	3906,90	4089,12	4,66	1946,52	2129,57	9,40
Marzo	3886,47	4032,18	3,75	2150,00	2105,54	-2,07
Abril	3941,81	3458,73	-12,26	2117,26	1810,20	-14,50
Mayo	3949,94	3626,89	-8,18	2162,90	1946,12	-10,02
Junio	3794,42	3633,50	-4,24	2000,16	1936,72	-3,17
Julio	3701,49	3650,21	-1,39	2042,18	1986,82	-2,71
Agosto	3668,14	3712,96	1,22	2034,04	2002,61	-1,55
Septiembre	3697,72	3820,26	3,31	1974,23	2033,64	3,01
Octubre	3790,12	3935,11	3,83	2040,53	2166,47	6,17
Noviembre	3953,33	3921,50	-0,81	2059,80	2069,26	0,46
Diciembre	3951,68	3942,10	-0,24	2129,10	2183,90	2,58
Total	3953,33	4089,12	3,43	24753,23	24635,69	-0,47

Fuente: (CENACE, 2020, pág. 37)

Específicamente, “la máxima demanda de potencia se registró el jueves 06 de febrero de 2020 a las 19:30 horas y la máxima demanda acumulada de energía fue en el mes de febrero” (CENACE, 2020, pág. 37).

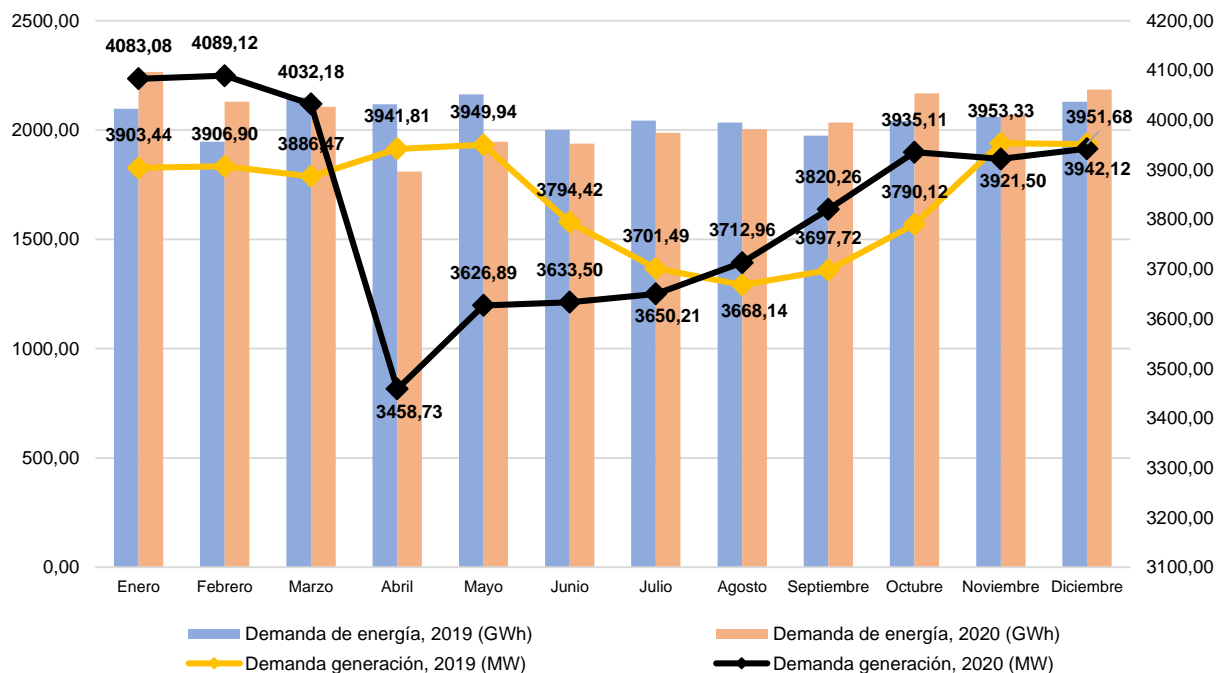


Figura 42. Demandas de potencia en bornes de generación (MW) y de energía (GWh), 2019 y 2020
Fuente: Propia basada en (CENACE, 2020, pág. 37)

En ésta última figura, se aprecia una marcada disminución del consumo eléctrico alrededor del mes de marzo del año 2020, coincidiendo con el inicio del periodo de excepción decretado por el estado ecuatoriano a consecuencia de la pandemia global por COVID 19 (16 de marzo de 2020), arrojando un mínimo de 3458,73 MW en abril (14,22% menos que el mes anterior).

A partir de abril comienza a incrementarse la demanda de potencia hasta alcanzar 3921,50 MW en noviembre, lo que representa el -0,81% del valor registrado el año anterior, es decir, 31,83 MW menos. Este aumento se atribuye a la reactivación progresiva de los diferentes sectores productivos del país, considerando que una parte importante del mercado laboral se ajustó a la modalidad de trabajo remoto o teletrabajo, con lo que se ajusta el consumo residencial al aumentar en un 2% (Ver tabla 14).

Tabla 14. Consumo de electricidad por sector productivo 2010-2020, %

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Transporte	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04
Industria	40,70	40,70	41,70	40,00	39,30	38,00	38,70	39,50	40,10	40,20	39,90
Residencial	31,40	30,30	29,40	29,30	29,70	30,70	30,80	30,40	29,70	29,70	31,70
Comercial, Serv. púb.	25,70	26,30	26,40	27,60	28,20	28,60	28,80	28,30	27,90	28,10	26,20
Otros	2,10	2,60	2,50	3,10	2,70	2,60	1,60	1,70	2,20	2,00	2,20

Fuente: (MERNNR, 2020, pág. 90)

En lo que a tipos de generación eléctrica usados para surtir la demanda de Ecuador refiere, la tabla 15 contiene los valores de GWh anuales desde el 2010 hasta el 2020, discriminando entre hidráulica, térmica, otras renovables y la energía obtenida por interconexión a los sistemas eléctricos de Colombia y/o Perú.

Tabla 15. Generación de energía eléctrica 2010-2020, (GWh)

Año/Tipo	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Hidráulica	8636	11133	12238	11039	11458	13096	15834	20089	20678	24641	24333
Térmica	10634	9129	10311	11865	12354	12311	10868	7375	8019	7066	6329
Biomasa	236	278	296	296	399	408	477	431	382	414	427
Biogás	-	-	-	-	-	-	13	28	46	41	44
Otras renovables	3	3	2	57	80	99	84	73	80	86	77
Eólica	-	-	-	4	16	36	39	37	38	38	38
Solar	239	282	299	356	496	543	612	570	546	578	585
Total	873	1295	238	662	837	512	82	19	106	6	251
Interconexión	20383	21839	23086	23923	25144	26462	27396	28051	29350	32290	31499
Total											

Fuente: (MERNNR, 2020, pág. 63)

El mayor aporte de energía al sistema eléctrico ecuatoriano lo hacen, indiscutiblemente, las centrales hidroeléctricas (77,25%), seguidas por las centrales térmicas que producen aproximadamente una cuarta parte de lo generado por las anteriores (20,09%). Las contribuciones efectuadas por el parque de generación de otras energías renovables, alcanzan el 1,86% de la electricidad demanda, siendo la Biomasa la principal fuente utilizada con este propósito.

Cabe destacar que la energía suplida por interconexión con los sistemas de potencia de Colombia y/o Perú en el 2020, fue tan sólo del 0,80% del requerimiento nacional.

4.2. Análisis estadístico de las proyecciones energéticas en el país

Las proyecciones de consumo energético constituyen la base fundamental para la planificación del sector eléctrico, ofreciendo una visión general sobre los requerimientos de potencia que se deberán cubrir, con la finalidad de ofrecer un servicio de calidad a los suscriptores, disminuyendo, en lo posible, tanto los costos de inversión y operación, como el impacto ambiental.

El grado de confiabilidad de la estimación quedará determinado por la certidumbre de la fuente de información, su trayectoria y los métodos que empleó para la obtención de los datos; por ello, se utilizarán los resultados publicados por el Ministerio de Energía y Recursos

Naturales No Renovables (MERNNR) y la metodología implementada en el Plan Maestro de Electrificación para el periodo 2018-2027, para así determinar cualquier tipo de influencia causada por la pandemia - COVID 19 estableciendo comparaciones entre los valores proyectados y los registros reales de los años 2019 y 2020.

4.2.1. Métodos de estimación y proyección.

La metodología empleada en la proyección de la demanda eléctrica de Ecuador, consideró variables de naturalezas técnicas, económicas y demográficas (MERNNR, 2020); en función de 4 grandes grupos de consumo: residencial, comercial, industrial, y alumbrado público (Figura 43).

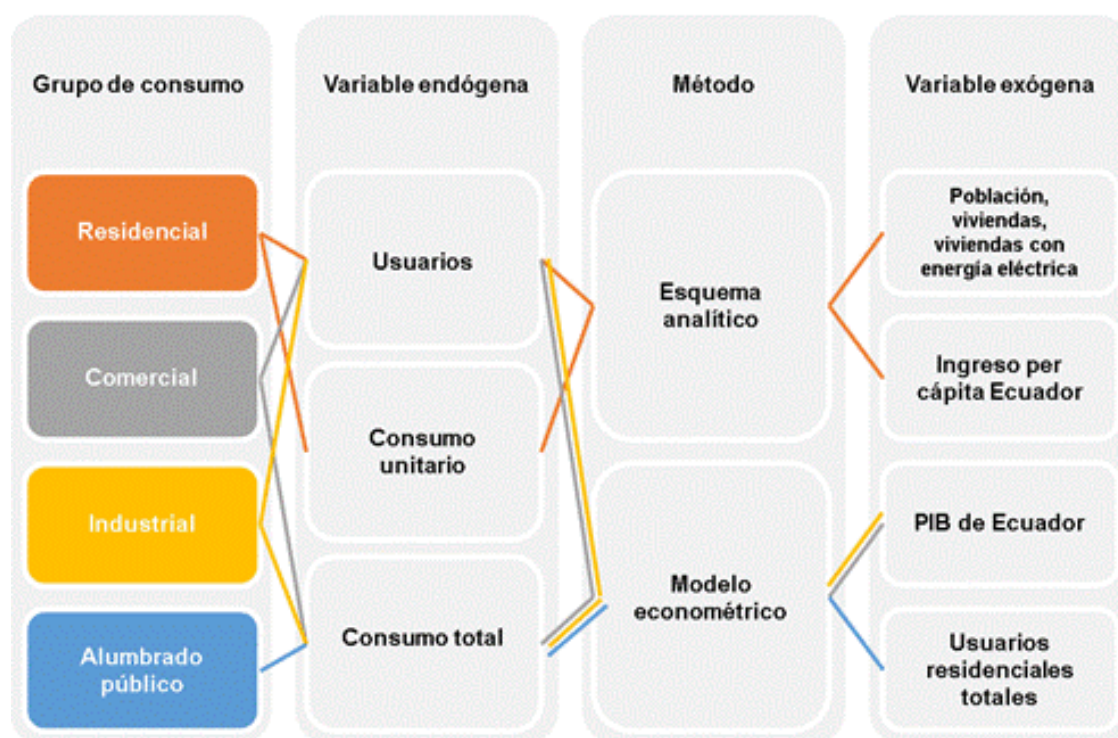


Figura 43. Métodos de estimación aplicados en cada grupo de consumo.
Fuente: Propia basada en (MERNNR, 2020, pág. 79)

4.2.1.1. Proyección de demanda sector residencial.

La evolución histórica del consumo energético del sector residencial durante el periodo 2009-2018, y su proyección por un lapso de 8 años, se ilustran en la figura 44. Como dato de interés no se tomó en cuenta el efecto producido por el aumento demográfico, “dada la reducida variabilidad que ha presentado la población en los tres últimos periodos intercensales, únicamente se consideran los efectos que produciría la variabilidad a futuro del PIB” (MERNNR, 2020, pág. 80).

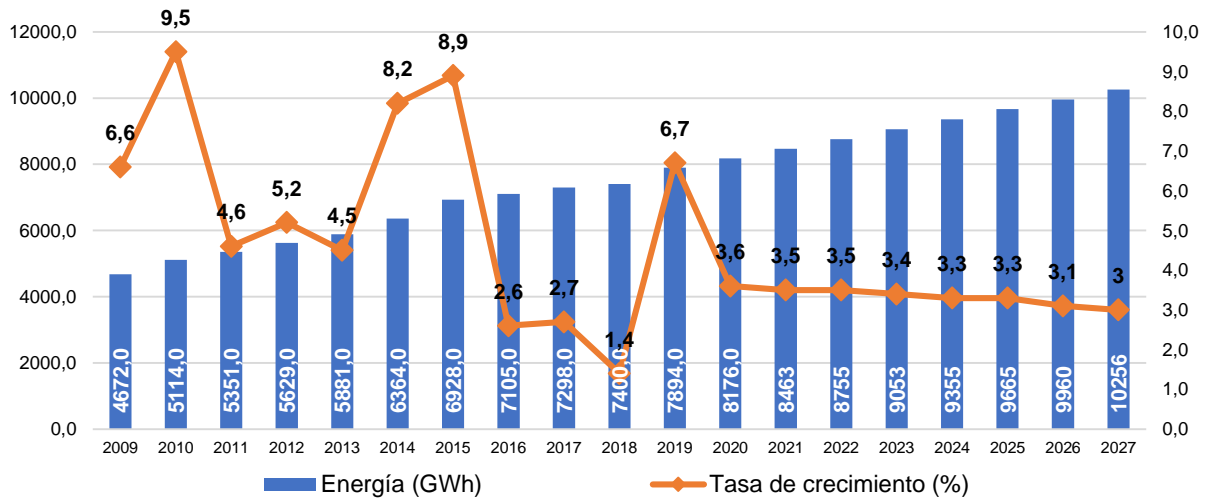


Figura 44. Evolución histórica y proyección del consumo del sector residencial.
Fuente: Propia basada en (MERNNR, 2020, pág. 80)

El consumo proyectado para el sector residencial, estima un incremento promedio del 3,7% entre el 2019 y el 2027 (MERNNR, 2020, pág. 80), para un total de 10256 GWh al finalizar el periodo de estudio. Esta tendencia resulta “principalmente por el crecimiento vegetativo y los beneficiarios del programa de electrificación rural; en este sentido, se espera el consumo promedio por usuario residencial alcance 1,81 MWh/año al 2027” (pág. 81).

4.2.1.2. Proyección de demanda sector comercial.

Para el grupo de consumo comercial (Figura 45), el MERNNR prevé una tasa de incremento promedio de abonados del 3,27%, lo que corresponde a casi 650000 usuarios en el año 2027 (MERNNR, 2020, pág. 81), que demandarán alrededor de 6322 GWh (5,74%).

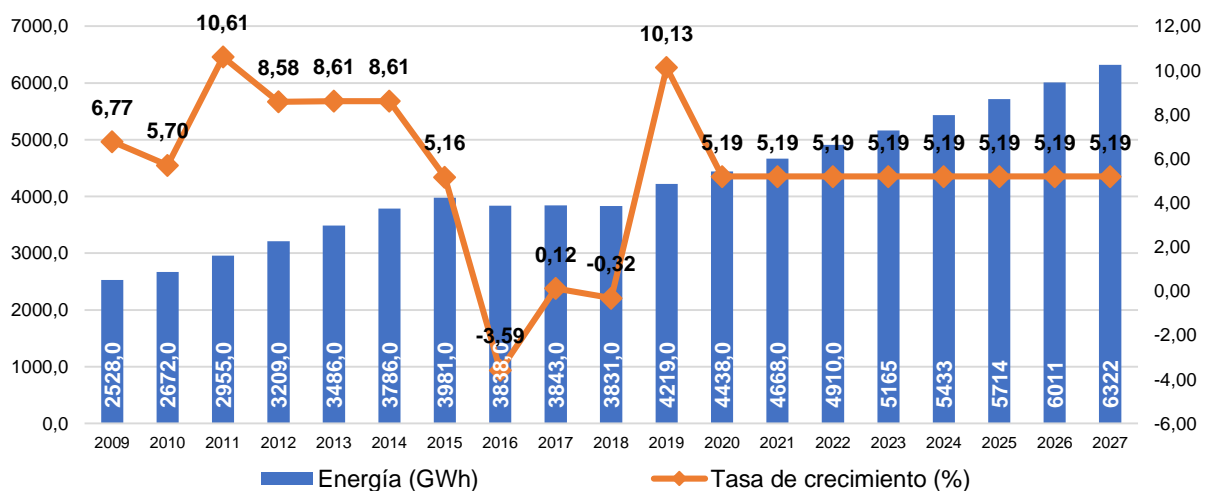


Figura 45. Evolución histórica y proyección del consumo del sector comercial.
Fuente: (MERNNR, 2020, pág. 82)

4.2.1.3. Proyección de demanda sector industrial.

El desarrollo del país ha impulsado el crecimiento del sector industrial en una tasa promedio anual de 3,03% (Figura 46), tendencia que se mantendrá según proyecciones hasta el 2027, cuando se estima alcanzar 160619 usuarios equivalentes al 3,10% (MERNNR, 2020, pág. 82). Dicha variación desencadenará en un 8,38% de crecimiento promedio anual para el año 2027, traducido en un total de 15335 GWh demandados.

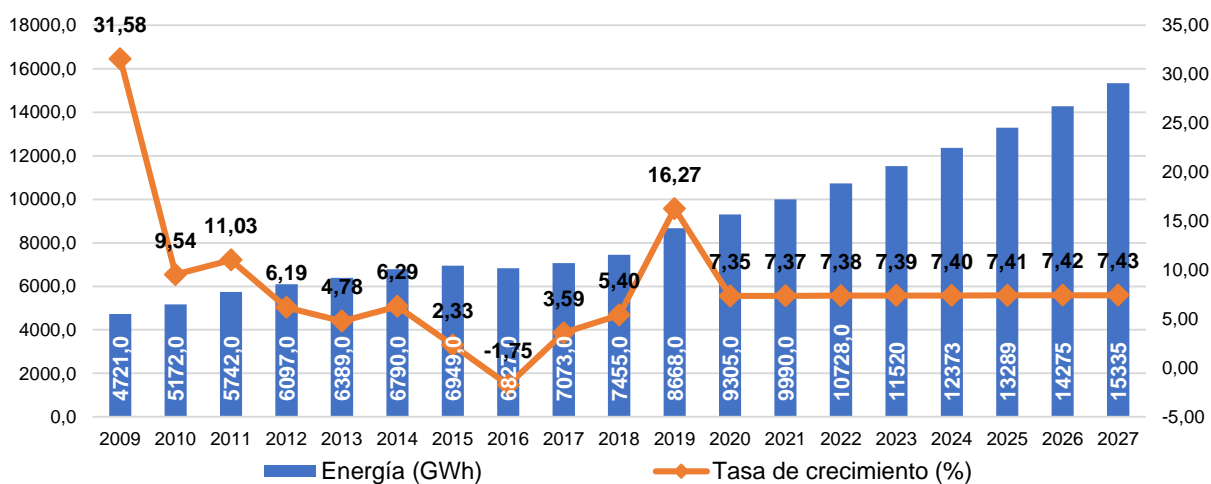


Figura 46. Evolución histórica y proyección del consumo del sector industrial.
Fuente: (MERNNR, 2020, pág. 83)

4.2.1.4. Proyección de demanda sector alumbrado público.

Con base a un modelo econométrico elaborado con registros históricos, se espera una tasa de crecimiento anual promedio de 4.4%, (1927 GWh) para 2027 (MERNNR, 2020, pág. 83).

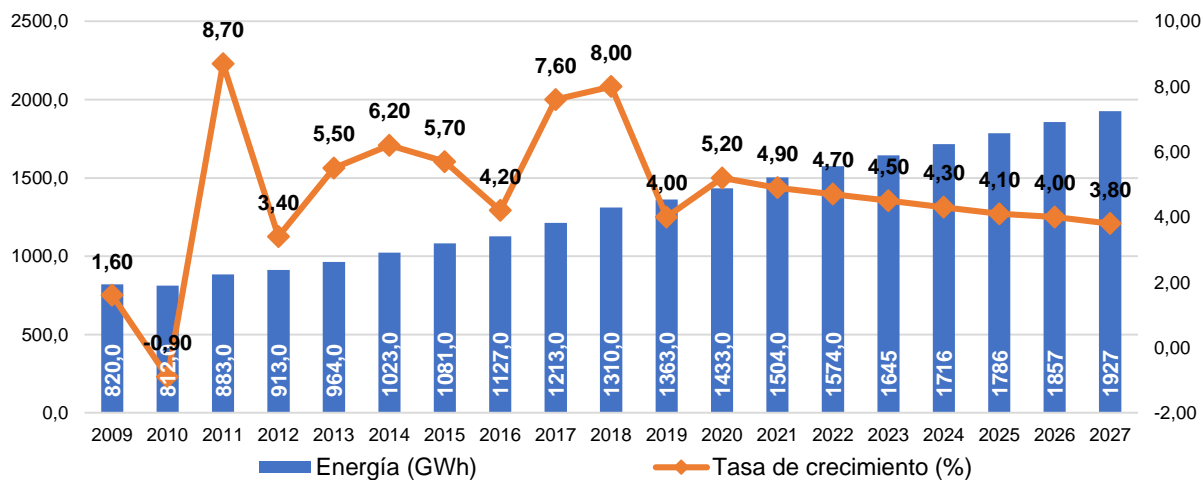


Figura 47. Proyección del consumo del sector alumbrado público.
Fuente: (MERNNR, 2020, pág. 83)

4.2.1.5. Resultado de proyección de demanda sectores.

Con una tasa de crecimiento promedio anual de 2,43% se estima un aproximado de 6,48 millones de usuarios en el 2027, de los cuales se espera que: el 87% pertenezcan al sector residencial, el 10% al sector comercial y el 2% al industrial, desestimando la participación del alumbrado público por considerarse marginal (MERNNR, 2020, pág. 84). En tales circunstancias, la demanda de energía total alcanzará 33840 GWh (tasa de crecimiento promedio anual del 5,44%) en el 2027, tal como se indica en la figura 48.

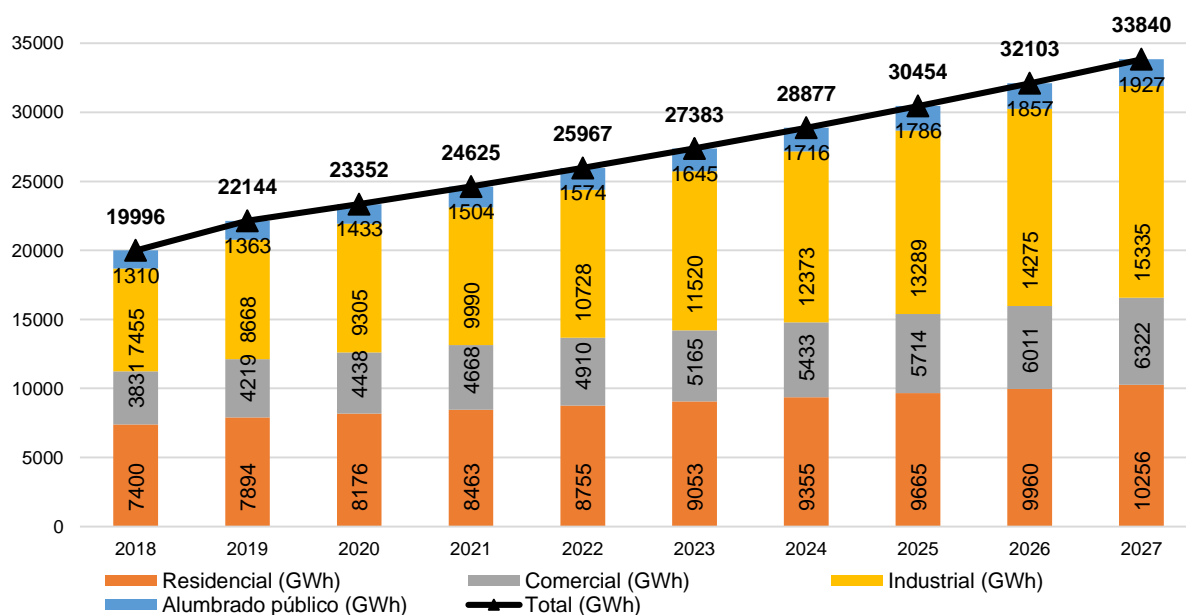


Figura 48. Proyección de usuarios por grupos de consumo.
Fuente: (MERNNR, 2020, pág. 84)

La tabla 16 contiene los resultados de la estimación de la energía en comparación a los valores reales para los años 2019 y 2020, donde se observa una desviación negativa, indicando que la proyección se realizó por defecto no por exceso.

Tabla 16. Desviación de la demanda de energía

Variable	Proyección 2019	Demanda real 2019	Desviación (%)	Proyección 2020	Demanda real 2020	Desviación (%)
Energía (GWh)	19996	24753	-23,78	22143	24635	-11,25

Fuente: (MERNNR, 2020)

4.2.2. Escenarios de crecimiento energético

El Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035 (PLANEE), desarrolló estimaciones apoyadas en distintas fuentes de datos, procesándolos mediante la aplicación LEAP (Long-

range Energy Alternatives Planning Systems), utilizada como “herramienta de análisis de políticas energéticas, mediante la elaboración de escenarios prospectivos de la oferta y demanda de energía, así como de las emisiones de GEI” (MEER, 2017, pág. 57).

Para tal fin, se plantearon una serie de escenarios desarrollados en función de la demanda por sector, y de variables e indicadores propios de la estructura energética del país.

4.2.2.1. Eje consumo propio del sector energético.

“El consumo propio es la energía utilizada por el sector energético para su funcionamiento en las etapas de producción, transformación, transporte, distribución y almacenamiento” (MEER, 2017, pág. 42). Entonces, se busca “reducir el consumo de energía propio por unidad de producción física en la cadena de valor correspondiente” (pág. 65), proponiendo como meta para el 2035 la reducción de 83,7 Mbep de su demanda interna respecto al escenario base (año 2015), a través de:

- Reducción de 64,13 Mbep, disminuyendo pérdidas de 21,4% en 2007, a 8,3% en 2035.
- Gestión ISO 50001 tanto en generación hidroeléctrica como en térmica.
- Reajuste de 18,5 Mbep (2007-2035), reemplazando diésel por gas en el OEG y el SIN.
- Reducción de 0,08 Mbep, (2007-2035), en oleoductos migrando de crudo a electricidad.
- Disminución de 1,0 Mbep, en refinerías migrando de fuel oil a electricidad en 2020.

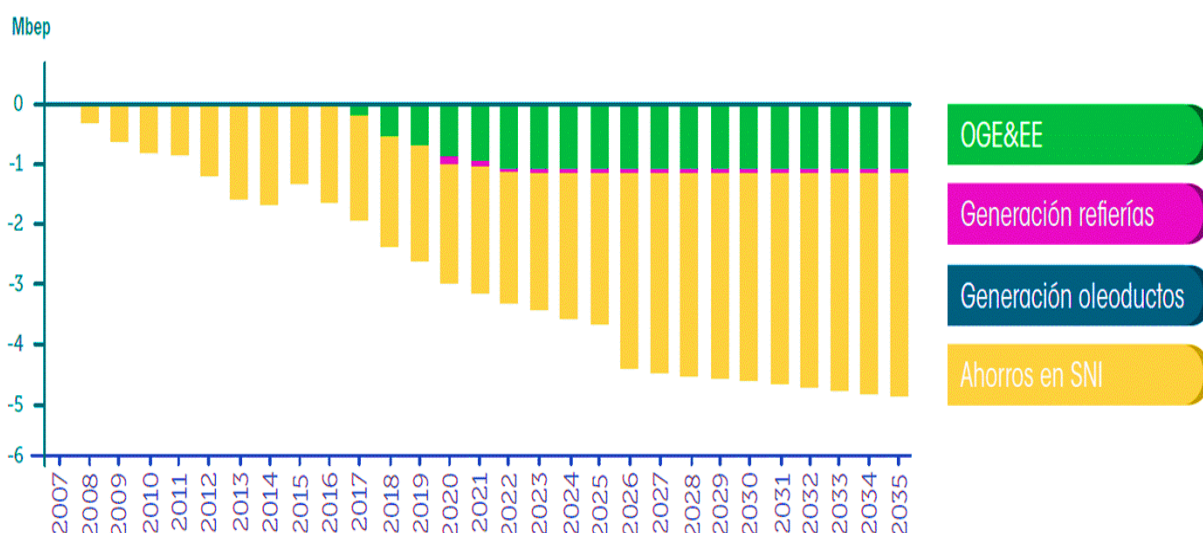


Figura 49. Energía evitada por eficiencia energética en el eje consumo propio del sector energético. Fuente: (MEER, 2017, pág. 66)

De las estimaciones realizadas en el PLANEE 2016-2035, se obtiene que “la fuente energética con mayor reducción en el consumo será la electricidad, con aproximadamente 64,1 Mbep, seguida del diésel con 46,9 Mbep” (Figura 49).

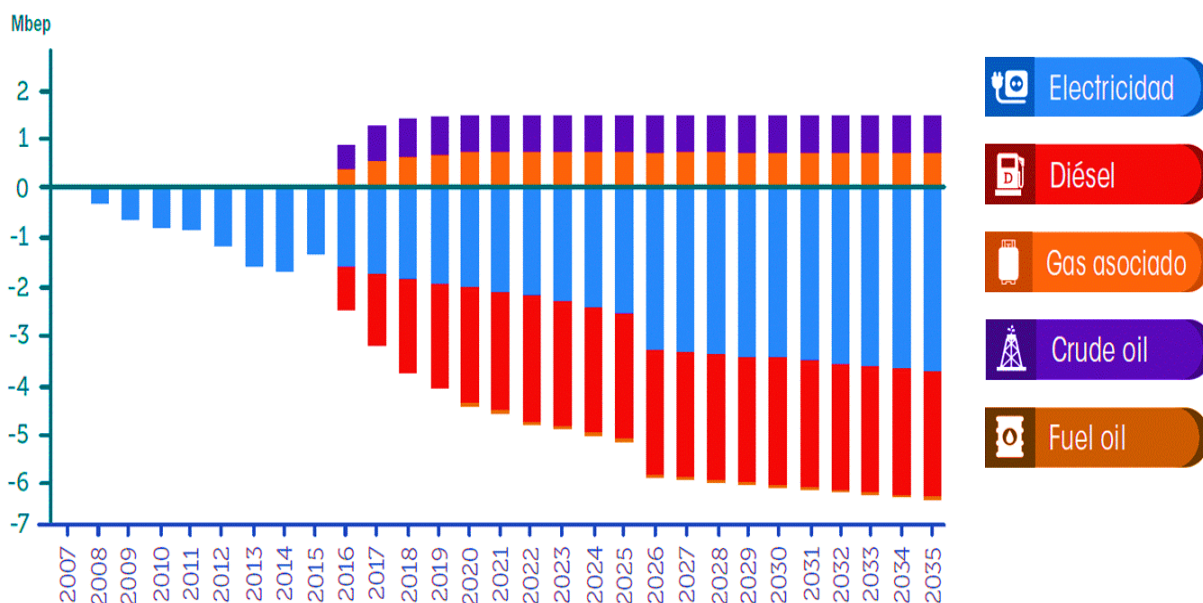


Figura 50. Variación del consumo por fuente de energía eje del sector energético.
Fuente: (MEER, 2017, pág. 66)

4.2.2.2. Eje residencial, comercial y público.

En este eje las acciones se enfocan a “reducir la tasa de crecimiento anual promedio del consumo de energía, en edificaciones residenciales, comerciales y público, y contar con normativa que regule los criterios de habitabilidad en las edificaciones” (MEER, 2017, pág. 59), mediante “el etiquetado, el recambio de equipos electrodomésticos ineficientes y el alumbrado público” (pág. 58).

Los objetivos para el logro de la reducción del consumo energético en estos sectores planteados en el PLANEE 2016-2035, establecen como lineamientos a seguir:

- Programa de normalización y etiquetado de equipos que consumen energía, con una reducción estimada de 70 837 Bep, entre 2016 y 2035 (Figura 51).
- Programa de recambio de equipos de mayor consumo energético de uso residencial, con miras al reajuste de 88,8 Mbeper, de 2016 a 2035 (Figura 51).
- Proyecto de definición de mecanismos de control y fiscalización para la implementación y mejora continua de la norma NEC.

En la figura 52, se puede observar en el eje residencial, comercial y público, “el GLP es la fuente energética con mayor reducción en su consumo, debido a la introducción masiva de cocinas de inducción. Le sigue el diésel” (MEER, 2017, pág. 60).

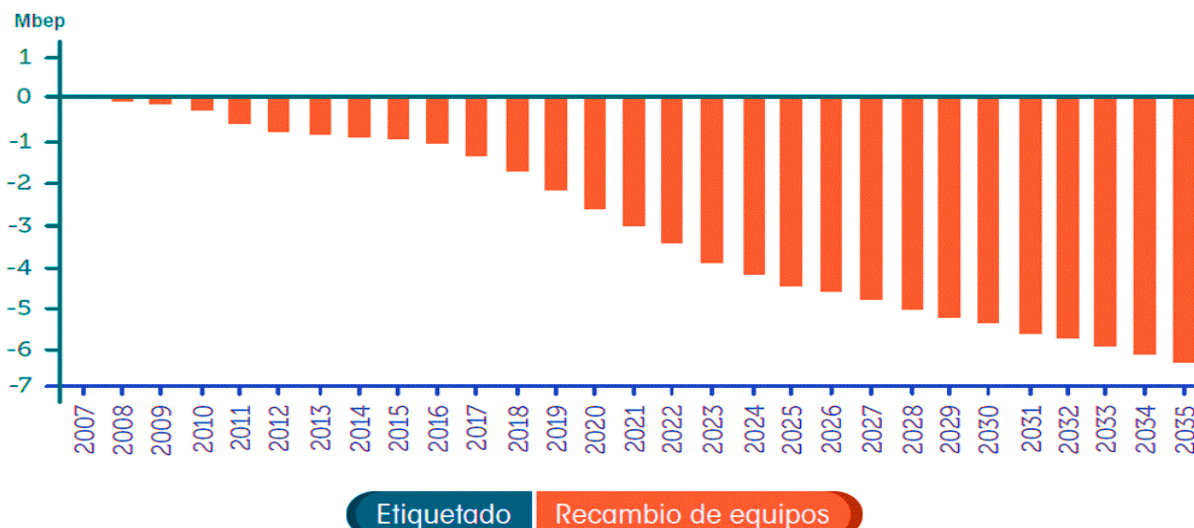


Figura 51. Energía evitada eje residencial, comercial y público.
Fuente: (MEER, 2017, pág. 60)

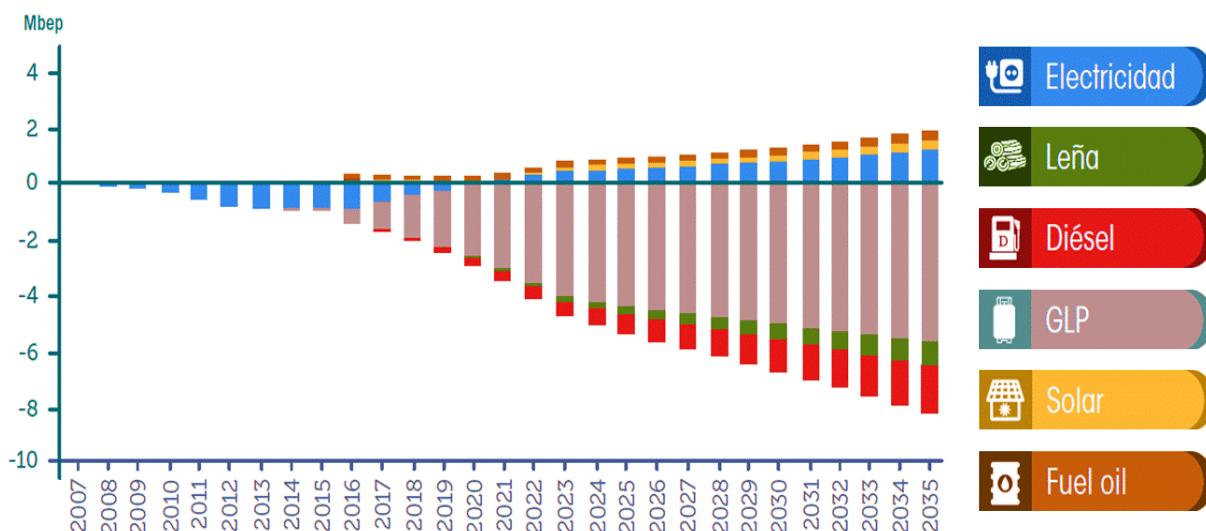


Figura 52. Variación del consumo por fuente de energía eje residencial, comercial y público.
Fuente: (MEER, 2017, pág. 60)

4.2.2.3. Eje industrial.

El PLANEE 2016-2035 pretende el aprovechamiento potencial de ahorro de este eje, incentivado “principalmente por la renovación de equipos industriales y la introducción de la norma ISO 50001 en los procesos de mayor consumo” (MEER, 2017, pág. 61), de esta forma se establece como meta para el año 2035 un ahorro de 29,9 Mbp. Para el logro de este objetivo se plantea la elaboración de:

- Programa para la implementación de la norma ISO 50001 en las industrias energointensivas, para la reducción de 7,4 Mbp, de 2007 a 2035.
- Programa de cogeneración en la industria, con miras a la disminución de 7,75 Mbp entre 2007 y 2035, lo que introduce una mejora energética de 10%.

- Programa de recambio de motores, bombas, calderas y calentadores en las industrias; reduciendo 14,7 Mbep de 2007 a 2035 (10% de la intensidad energética).
- Programa para el desarrollo y promoción de un mercado de Empresas de Servicios Energéticos (ESCOs) en Ecuador.

Estos indicadores se encuentran representados visualmente en las figuras 53 y 54. En ellas se pueden apreciar: la disminución del consumo de energía en 29,9 Mbep en la primera, y mayores reducciones de demanda de diésel, bagazo, fuel oil y electricidad.

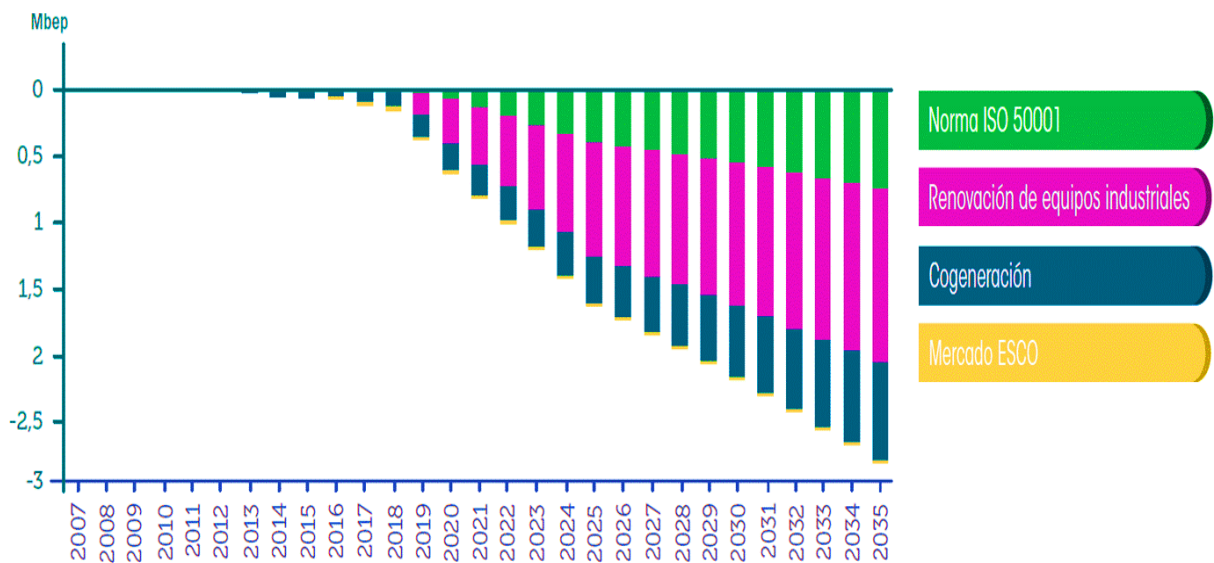


Figura 53. Energía evitada por eficiencia energética eje Industrial.
Fuente: (MEER, 2017, pág. 62)

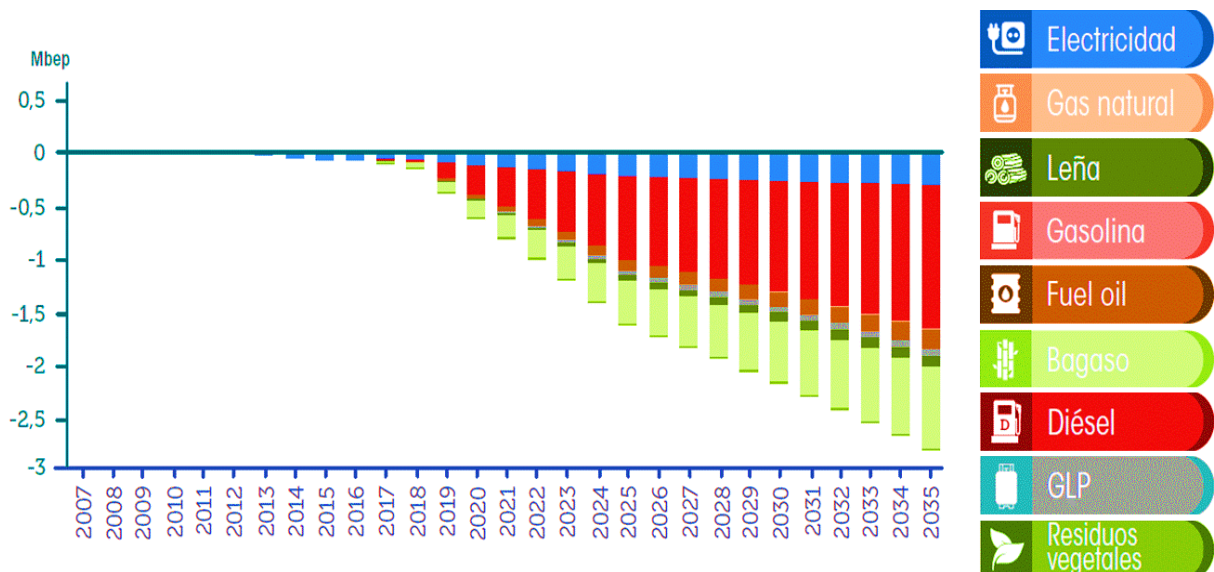


Figura 54. Variación del consumo por fuente de energía eje Industrial.
Fuente: (MEER, 2017, pág. 62)

4.2.2.4. Eje transporte.

“Constituye el sector con mayor potencial de ahorro energético debido principalmente a la chatarrización de vehículos, el ingreso de nuevas tecnologías y los hábitos de conducción eficiente” (MEER, 2017, pág. 63). En consecuencia, se piensa que la optimización del consumo de energía en este sector, para 2035, acumule un ahorro superior a los 339,6 Mbep.

Entre los proyectos a ejecutar entre 2007 y 2035 (MEER, 2017, pág. 63), destacan:

- Mejora de la infraestructura y operación del transporte, para el ahorro de 12,2 Mbep.
- Etiquetado del rendimiento energético para nuevos vehículos, reducción de 28,6 Mbep.
- Reactivación, reconfiguración y expansión del Plan RENOVA vehicular (35,3 Mbep), pretendiendo la chatarrización anual de un mínimo de 2000 unidades.
- Capacitación en técnicas de conducción eficiente, para disminuir 71,6 Mbep.
- Incorporación de vehículos híbridos, eléctricos y de nuevas tecnologías que se comercialicen en el futuro, para el reajuste de 144,8 Mbep al 2035.
- Sustitución parcial del combustible fósil por mezcla con biocombustibles, para una reducción de 26,0 Mbep.

Con base en estos preceptos, las figuras 55 y 56 ofrecen una perspectiva visual de la energía que se pretende ahorrar con el PLANEE 2016-2035 (MEER, 2017, pág. 64), esperando la reducción del consumo de combustibles fósiles (diésel y gasolinas).

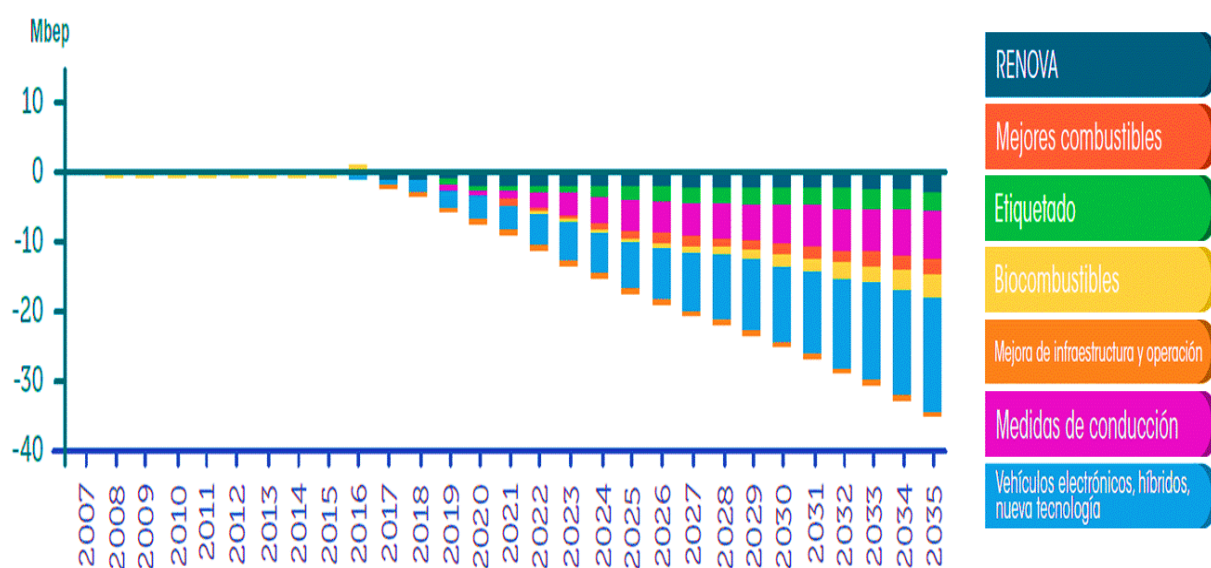


Figura 55. Energía evitada por eficiencia energética eje transporte.
Fuente: (MEER, 2017, pág. 64)

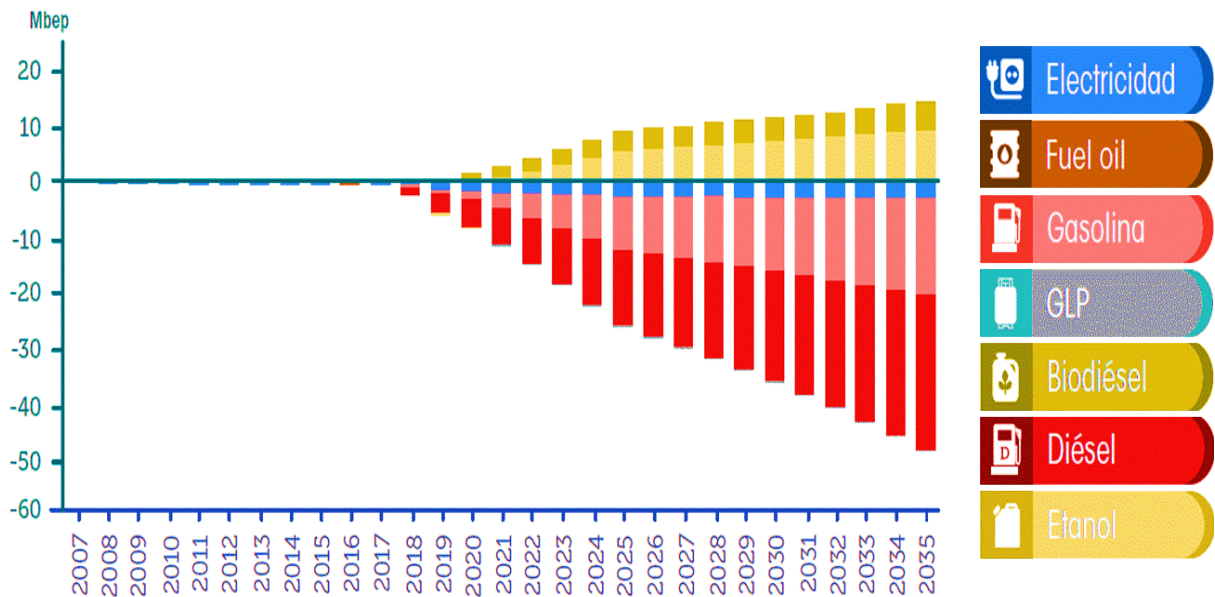


Figura 56. Variación del consumo por fuente de energía eje transporte.
Fuente: (MEER, 2017, pág. 64)

4.2.2.5. Eje Galápagos.

Se desean “establecer e implementar acciones de eficiencia energética que coadyuven a optimizar el uso de combustibles fósiles en las islas Galápagos, orientando a la producción y consumo sostenible de energía en los distintos sectores” (MEER, 2017, pág. 67), para así lograr evitar el procesamiento de 0,36 Mbep de combustibles fósiles en las islas Galápagos para el año 2035, aumentando en 0,5 Mbep la participación de energía limpia.

Las proyecciones para el 2035 en este eje (MEER, 2017, pág. 67), consideran:

- Adopción de proyecto de implementación de la NEC en Galápagos.
- Programa de recambio de equipos de mayor consumo energético, con miras a una reducción de 0,098 Mbep.
- Programa para la implementación de sistemas de gestión de energía basados en la norma ISO 50001 en las instituciones públicas y el sector comercial de las islas, para el reajuste de 0,112 Mbep.

La mayor disminución se estima en el sector transporte, que en la actualidad presenta el de mayor consumo de combustibles fósiles; simultáneamente, se espera que la carga desplazada migre a energía eléctrica y, que en consecuencia aumente la demanda en las islas (MEER, 2017).

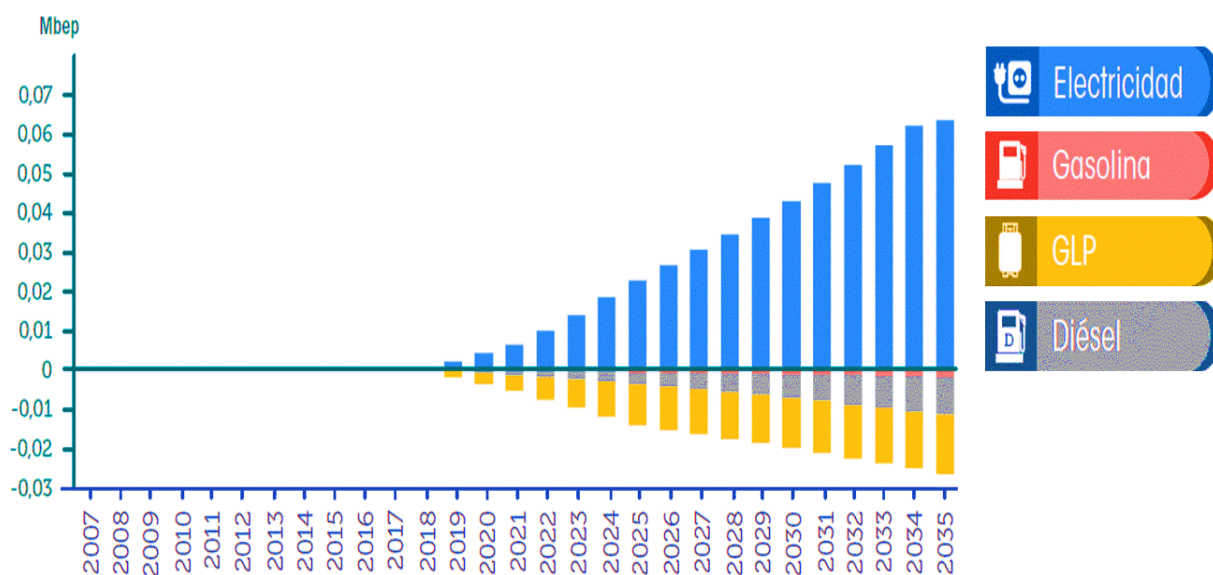


Figura 57. Variación del consumo por fuente de energía en Galápagos.
Fuente: (MEER, 2017, pág. 64)

4.3. Plan nacional de eficiencia energética (PLANEE)

El Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035 (PLANEE), desarrollado a partir de experiencias de uso y beneficio de tecnologías aplicadas en Ecuador durante el periodo 2007-2015 (MEER, 2017), busca la promoción estratégica de prácticas que sustituyan el uso de combustibles de alto impacto ambiental, permitiendo la disminución de la huella de carbono.

Entre las razones que impulsan a la aplicación del PLANEE, predomina como principal objetivo:

Incrementar el uso eficiente de los recursos energéticos mediante la ejecución de programas y proyectos de eficiencia energética en los sectores relacionados con la oferta y demanda de energía, a fin de reducir la importación de derivados del petróleo, contribuir a la mitigación del cambio climático y crear una cultura de eficiencia energética respaldada por una sólida base jurídica e institucional (MEER, 2017, pág. 18).

Dentro del marco del PLANEE el término generación de energía no solo alude al incremento de la potencia instalada, sino también a un óptimo y mucho más eficiente uso de los recursos asociados (disminución de pérdidas).

4.3.1. Sectores del PLANEE

Para la consecución en el logro de las metas establecidas en el PLANEE, se definen seis

sectores o ejes: Jurídico, institucional y de acceso a la información; Residencial, comercial y público; Industrial; Transporte; Consumo propio del sector energético; y, por último, el eje Galápagos.

Existe una serie de objetivos y metas por eje (Tabla 17), diseñadas en función de las características y de la situación base de cada uno, alineados, a su vez, con las acciones estratégicas previamente definidas en pro del cumplimiento del PLANEE; todo esto en pro del logro de un Proyecto de Consolidación del Marco Regulatorio para Promover la Eficiencia Energética en el país (Pazmiño M., 2020).

Tabla 17. Líneas de acción por sector del PLANEE

Sector o eje	Objetivo sectorial	Meta del sector	Objetivos específicos
Jurídico, institucional y de acceso a la información.	Garantizar la estabilidad y permanencia de políticas, planes y proyectos de eficiencia energética a largo plazo, fortaleciendo el marco jurídico e institucional.	Contar, para 2020, con un marco jurídico fortalecido y una institucionalidad sólida orientada a la promoción de la eficiencia energética.	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecer el marco jurídico e institucional para la promoción de la eficiencia energética. Difundir los resultados obtenidos al implementar acciones de eficiencia energética.
Residencial, comercial y público.	Incrementar el uso eficiente de la energía a nivel residencial, comercial y público, y contar con una normativa que regule los criterios de habitabilidad.	Reducir el consumo acumulado de energía del sector al menos en 88,8 Mbep para el 2035.	<ul style="list-style-type: none"> Recambiar y etiquetar electrodomésticos y equipos de alto consumo energético. Establecer mecanismos de fiscalización y control para la implementación y aplicación de la NEC en los GADs.
Industrial.	Reducir el consumo de energía por unidad de producción física.	Registrar al 2035 un ahorro mínimo de 29,9 Mbep, por acciones de eficiencia energética.	<ul style="list-style-type: none"> Reemplazar equipos, aplicar cogeneración y adoptar la norma ISO 50001 a industrias energointensivas. Desarrollar un mercado de Empresas de Servicios Energéticos (ESCOs).
Transporte.	Optimizar el consumo de energía en el transporte, por medio de la ejecución de proyectos de eficiencia energética.	Para el año 2035, registrar un ahorro acumulado de 339,6 Mbep en el sector.	<ul style="list-style-type: none"> Optimizar la infraestructura para la circulación del transporte. Reemplazar tecnologías ineficientes, implementar el etiquetado energético y capacitar en técnicas de conducción eficiente. Sustituir combustibles, mejorar calidad y tecnologías.
Consumo propio del sector energético.	Reducir el consumo de energía propio por unidad de producción física.	Al 2035, las compañías energéticas del país, deberán reducir de 83,7 Mbep su consumo.	<ul style="list-style-type: none"> Reducir el autoconsumo de energía por unidad física de producción en los sectores eléctrico e hidrocarburo.
Galápagos.	Establecer e implementar acciones que coadyuven a optimizar el uso de combustibles fósiles en las islas Galápagos, orientando al uso de energías sostenibles.	Reducir en 0,36 Mbep el consumo acumulado de energía fósil en las islas Galápagos para el año 2035, e incrementar la participación de energía sostenible en 0,5 Mbep.	<ul style="list-style-type: none"> Ejecución de proyectos que incentiven el consumo energético eficiente.

Fuente: Propia basada en (MEER, 2017)

Los socios claves para la implementación y logro del PLANEE son: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), Ministerio de Coordinación de Sectores Estratégicos (MICSE), Ministerio del Ambiente (MAE), Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO), Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador (MTOPE), Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH), Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs), Colegios de profesionales, asociaciones o gremio de consumidores.

4.3.2. Esquema de implementación del PLANEE

El PLANEE están diseñado para realizarse en tres etapas, en las cuales se establecen los recursos y la programación de las actividades que se desarrollarán de acuerdo a las prioridades definida por los proyectos (Figura 58).

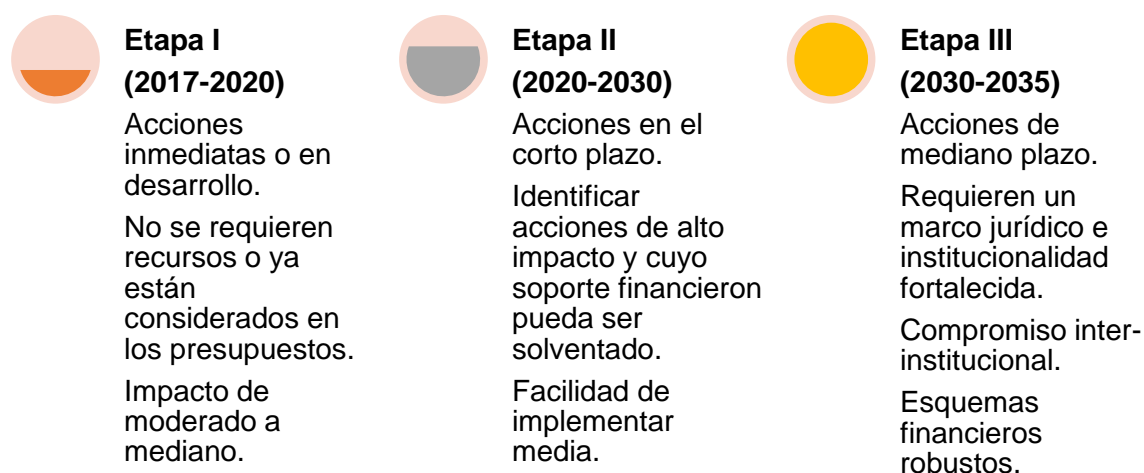


Figura 58. Etapas PLANEE
Fuente: Propia basada en (MEER, 2017, pág. 75)

4.3.2.1. Etapa I: Acciones inmediatas.

Engloba acciones inmediatas o en desarrollo, donde no se requiere recursos o ya están considerados en los presupuestos, algunos proyectos también cuentan con el financiamiento de las empresas privadas (MEER, 2017):

- Proyecto de consolidación del marco regulatorio para promover la eficiencia energética en el país.
- Proyecto de fortalecimiento del marco institucional para promover la eficiencia energética en el país.
- Proyecto de creación de un sistema de indicadores nacionales de eficiencia energética

(SINEE).

- Programa de difusión de las mejores prácticas de eficiencia energética en los sectores residencial, comercial y público.
- Proyecto de identificación de usos finales de la energía en los sectores residencial, comercial y público.
- Programa de normalización y etiquetado de equipos que consumen energía.
- Proyecto de capacitación en técnicas de conducción eficiente.
- Proyecto de definición de mecanismos de control y fiscalización para la implementación y mejora continua de la Norma NEC– Eficiencia energética, climatización y energía renovable.
- Programa de reducción de pérdidas de energía en el sistema de distribución de electricidad.

De igual forma, en el plan se propone la implementación paralela de las Etapas II y III, para habilitar el cumplimiento de las metas (MEER, 2017).

4.3.2.2. Etapa II: Acciones de corto plazo.

En esta etapa se ejecutan acciones, programas y proyectos con facilidad de implementación media, identificando a los actores y a los recursos necesarios. En ella se desean impulsar medidas de mayor impacto en el uso eficiente de la energía (MEER, 2017).

Los programas y proyectos contemplados en esta etapa se presentan son:

- Programa de recambio de equipos de mayor consumo energético de uso residencial.
- Programa para la implementación de la Norma ISO 50001 en la industria energointensiva.
- Programa de cogeneración en la industria.
- Programa de recambio de motores, bombas, calderas y calentadores en las industrias.
- Programa para el desarrollo y promoción de un mercado de ESCOs en Ecuador.
- Proyecto de etiquetado del rendimiento energético para vehículos nuevos.
- Proyecto para reactivar, reconfigurar y expandir el plan RENOVA vehicular.
- Proyecto de incorporación de vehículos híbridos, eléctricos y de nuevas tecnologías que se comercialicen en el futuro.
- Proyecto de sustitución parcial del combustible fósil por mezcla con biocombustibles.
- Proyecto de implementación de sistemas de gestión de energía basados en la Norma ISO 50001 en las centrales de generación térmicas.
- Proyecto para abastecer de energía eléctrica a las instalaciones petroleras.

- Proyecto para mejorar la oferta de derivados de alta calidad.
- Proyecto de formación de evaluadores, administradores y auditores de proyectos de gestión de la energía.
- Proyecto para implementar acciones de eficiencia energética en la infraestructura de transporte, almacenamiento y comercialización de derivados.
- Programa de recambio de equipos de mayor consumo energético.
- Programa para la implementación de sistemas de gestión de energía basados en la Norma ISO 50001 en las instituciones públicas y el sector comercial de las islas.

Se deben lograr condiciones que permitan la ejecución de la Etapa III y efectuar acciones de sostenibilidad de la Etapa II, realizando un seguimiento técnico-financiero de la ejecución del plan (MEER, 2017).

4.3.2.3. Etapa III: Acciones de mediano plazo.

Se aplican acciones de apoyo en los ámbitos interinstitucional, financieros y en la consolidación previas de eficiencia energética. Considerando cambios estructurales institucionales y del marco jurídico, sistema de información, identificación de usos finales, entre otros (MEER, 2017).

Entre los programas y proyectos contemplados en el PLANEE, en esta etapa están:

- Proyecto de mejora de la infraestructura y operación del transporte.
- Proyecto de definición de mecanismos de control y fiscalización para la implementación y mejora continua de la Norma NEC– Eficiencia energética, climatización y energía renovable (Galápagos).

CONCLUSIONES

El suministro energético del planeta se ha caracterizado tradicionalmente por una marcada dependencia en el uso de fuentes fósiles que, con el transcurrir del tiempo, han impactado negativamente sobre el ambiente, causando efectos indeseables como el cambio climático y, agotando en gran medida los yacimientos de recursos no renovables empleados en la producción de combustibles.

En la búsqueda de alternativas a estos suministros, las tendencias tecnológicas apuntan al aprovechamiento de fuentes limpias para su transformación en energía eléctrica, dada su naturaleza inagotable. Es así como, el estado ecuatoriano, en conjunto con la empresa privada, realiza esfuerzos para la incorporación de centrales de generación hidroeléctricas, de biomasa, biogás, eólicas y solares, cuyas contribuciones particulares son influenciadas por las condiciones del ambiente, pero que en conjunto han logrado la retribución de innumerables beneficios al país gracias a la gestión coordinada, disminuyendo la importación por interconexión y el consumo de combustibles fósiles para surtir la demanda nacional.

Por otra parte, los acontecimientos relacionados a la pandemia por COVID 19 ocurridos durante el último año, han suscitado en la alteración del modo de vida de las personas, influenciando directamente sobre la manera en la que venían ejecutando sus actividades y modificando sus hábitos de consumo eléctrico.

Datos aportados por entes oficiales advierten que el Ecuador no escapó de esta situación, reflejándola en su demanda eléctrica con una disminución del 14,22% con relación a la potencia consumida el mes anterior, y de allí un progresivo incremento hasta 3921,50 MW en noviembre del 2020 valor que, si bien es inferior al registrado en 2019 (-0,81%), sirve como indicador de la reactivación del sistema productivo del país, observando el aumento del 2% en el consumo residencial a razón del ajuste del mercado laboral a la modalidad de trabajo remoto o teletrabajo.

Para el año 2027 se estima un total de 6,48 millones de usuarios abonados, con una demanda eléctrica aproximada de 33840 GWh (tasa de crecimiento promedio anual del 5,44%), distribuidos por eje o sector según:

- Residencial: 87% del total de usuarios, con un promedio por usuario de 1,81 MWh/año, alcanzando los 10256 GWh;
- Comercial: 10% de los usuarios (650000 usuarios) con una tasa de variación promedio del 3,27%, lo que corresponde a 6322 GWh.

- Industrial: 2% de abonados, que de mantenerse el crecimiento económico del país demandarán aproximadamente 15335 GWh (tasa promedio anual de variación de 8,38%).

Todas estas estimaciones se encuentran enmarcadas en el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035 (PLANEE), para la promoción estratégica de programas que sustituyan el uso de combustibles fósiles y permitan la disminución de la huella de carbono. En el PLANEE, el término generación considera tanto a la potencia instalada y disponible, como al óptimo uso de los recursos asociados; planteando 5 escenarios:

- Eje consumo propio del sector energético, con reducciones estimadas del consumo de electricidad de 64,1 Mbep aproximadamente y de diésel en 46,9 Mbep.
- Eje residencial, comercial y público, esperando una reducción significativa del uso del GLP, a razón de la migración masiva de cocinas de inducción.
- Eje industrial, con una línea de acción encaminada a la disminución en el consumo de diésel, bagazo, fuel oil y electricidad.
- Eje transporte, se piensa que la optimización del consumo de energía en este sector, acumule un ahorro superior a los 339,6 Mbep en el uso de combustibles fósiles (diésel y gasolinas).
- Eje Galápagos, migración del sector transporte de combustibles fósiles a electricidad.

Estas proyecciones de consumo energético se encuentran totalmente ajustadas a registros históricos, estableciendo los márgenes de consumo actuales y las tendencias que rigen el comportamiento de la demanda, lo que sirve como base para la estimación de la potencia que se deberá cubrir para ofrecer un servicio eléctrico seguro, de calidad, confiable, económico y sustentable. En consecuencia, el estudio de la demanda por grupo de consumo: residencial, comercial, industrial, y de alumbrado público, con base a registros de fuentes oficiales que consideran la influencia de variables técnicas, económicas y demográficas, constituye una excelente solución para el modelado; lo que se fortalece al adicionar las estrategias contenidas en el PLANEE para el aumento de la eficiencia energética, constituyéndose como poderosas herramientas para la adecuada planificación del sector eléctrico.

Siguiendo esta línea de investigación, se recomienda el desarrollo de una herramienta que oriente en el proceso de cálculo de los principales indicadores matemáticos del índice de demanda eléctrica general del país con fines pedagógicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Abril, M. (2017). *Estudio sobre la generación de energía geotérmica para su aprovechamiento en el sector de la construcción y las cimentaciones*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Adhikari, N., & Adhikari, R. (2021). Geospatial mapping of biomass supply and demand for household energy management in Nepal. *Development Engineering*, 3, 1–33. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.deveng.2021.100070>
- Agencia de Regulación y Control de Energías y Recursos Naturales No Renovables. (2020). *Atlas del sector eléctrico ecuatoriano 2020*. <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/Atlas-2020-baja.pdf>
- Agencia de Regulación y Control de Energías y Recursos Naturales No Renovables. (2021). *Infraestructura del Sector Eléctrico ecuatoriano*. *Panorama Eléctrico*, 5, 50.
- Agencia de Regulación y Control de Energías y Recursos Naturales No Renovables. (2021). *Panorama Eléctrico - Marzo*. 3, 16-19.
- AIHE. (2012). *El petróleo en cifras 2012*. Quito: AIHE.
- AIHE. (2019). *El petróleo en cifras 2019*. Quito: AIHE.
- AIHE. (2020). *El petróleo en cifras 2020*. Quito: AIHE.
- Andrade, H., Arteaga, C., & Segura, M. (2017). *Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia)*. Tolima: Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria.
- Asamblea Nacional. (2015). *Ley orgánica del servicio público de energía eléctrica*. <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Ley-Organica-del-Servicio-Publico-de-Energia-Elctrica.pdf>
- Asamblea Nacional. (2008). *Constitución de la república del Ecuador 2008*. Quito: Asamblea Nacional.
- Böll, H. (2017). *Atlas del carbón*. Berlin: Atlas Manufaktur.
- CENACE. (2020). *Informe anual*. Quito: CENACE.
- Cevallos, J., & Ramos, J. (2018). Spatial assessment of the potential of renewable energy: The case of Ecuador. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1154–1165. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.015>
- CONELEC. (2008). *Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica*. Quito. Obtenido de https://www.academia.edu/20042023/Atlas_Solar_del_Ecuador
- CONELEC. (2012). *Plan maestro de electrificación 2013-2022*. <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/PME-2012-2021.pdf>
- CONELEC. (2015). *Plan maestro de electrificación 2013-2022*. Quito: Consejo Nacional de

- Electricidad. Obtenido de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol2-Estudio-y-gesti%C3%B3n-de-la-demanda-el%C3%A9ctrica.pdf>
- Cusenza, M., Longo, S., Guarino, F., & Cellura, M. (2021). Energy and environmental assessment of residual bio-wastes management strategies. *Journal of Cleaner Production*, 285, 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124815>
- Dai, W., & Taghavi, M. (2021). Waste and electricity generation; economic and greenhouse gas assessments with comparison different districts of Tehran and Beijing. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47, 1–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101345>
- ELECAUSTRO. (28 de Abril de 2021). *ElecAustro energía para la vida*. Obtenido de <https://www.elecaustro.gob.ec/energia-limpia-y-renovable-para-cubrir-la-creciente-demanda-de-energia-electrica-en-el-pais/>
- Escoda, S. (2017). *Libro blanco de las energías renovables*. España: Salvador Escoda S.A.
- Espinoza, V., Guayanlema, V., & Martínez, J. (2018). Energy Efficiency Plan Benefits in Ecuador: Long-range Energy Alternative Planning Model. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(4), 42–54. <https://econjournals.com/index.php>
- Ferrari, L. (2013). *Energías fósiles: diagnóstico, perspectivas e implicaciones económicas*. México: Revista Mexicana de Física.
- Fontaine, G., Fuentes, J., & Narváez, I. (2019). Policy mixes against oil dependence: Resource nationalism, layering and contradictions in Ecuador's energy transition. *Energy Research & Social Science*, 47, 56–68. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.08.013>
- Foster, S., & Elzinga, D. (s/f). *El papel de los combustibles fósiles en un sistema energético sostenible*. Crónica ONU. <https://www.un.org/es/chronicle/article/el-papel-de-los-combustibles-fosiles-en-un-sistema-energetico-sostenible>
- Fuinhas, J., Koengkan, M., & Santiago, R. (2021). Chapter 7 - The effect of energy transition on economic growth and consumption of nonrenewable energy sources in countries of Latin America and the Caribbean. *Physical Capital Development and Energy Transition in Latin America and the Caribbean*, 7, 139–155. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824429-6.00010-3>
- Gebremeskel, D., Ahlgren, E., & Bekele, G. (2021). Long-term evolution of energy and electricity demand forecasting: The case of Ethiopia. *Energy Strategy Reviews*, 36, 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100671>
- Llanos, R., & Cedeño, E. (2020). *La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el Ecuador a partir del uso de las energías renovables*. Guaranda: Instituto Superior Guaranda.
- Instituto Nacional de Preinversión. (2014). *Atlas bioenergético de la república del Ecuador*.

- <https://www.ariae.org/servicio-documental/atlas-bionergetico-de-la-republica-del-ecuador>
- Katircioglu, S., Köksal, C., & Katircioglu, S. (2021). The role of financial systems in energy demand: A comparison of developed and developing countries. *Heliyon*, 7(6), 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07323>
- Kurian, A. (2012). Sustainable development in the energy sector. *The Indian Journal of Political Science*, 73(4), 679–682. <https://www.jstor.org/stable/41858875>
- Maia, R., Ottoni, M., Barros, J., & Dos Santos, M. (2021). Assessment of the waste management reporting in the electricity sector. *Cleaner and Responsible Consumption*, 3, 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clrc.2021.100031>
- Maldonado, Y. (13 de Marzo de 2021). *Geologiaweb*. Obtenido de <https://geologiaweb.com/geologia-economica/usos-gas-natural/>
- MEER. (2008). *Políticas energéticas del Ecuador 2008 - 2020*. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, Proyectos Energéticos Ecuador, Quito.
- MEER. (2015). *Atlas bioenergético de Ecuador*. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, Proyectos Energéticos Ecuador, Quito.
- MEER. (2017). *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035*. Quito. Obtenido de <https://cdn.flipsnack.com/widget/v2/flipsnackwidget.html?hash=fdz94jcze&bgcolor=E EEEEE&t=1496354811>
- MERNNR. (2018). *Proyectos Bloque ERNC I 500 MW Energía Renovable No Convencional*. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, Proyectos Energéticos Ecuador, Quito. Obtenido de <https://proyectos.rekursosyenergia.gob.ec/descarga Documento.php?nombre=brochureBloqueERNC.pdf&path=bloqueErnc>
- MERNNR. (2019). *Chachimbiro, Imbabura, tendrá la primera central de generación eléctrica con energía geotérmica*. <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/chachimbiro-imbabura-tendra-la-primera-central-de-generacion-electrica-con-energia-geotermica/>
- MERNNR. (2020). *Balance energético nacional 2020*. Quito.
- MERNNR. (2020). *Plan maestro de electricidad*. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, Proyectos Energéticos Ecuador, Quito.
- MERNNR. (2021). *Proyectos Bloque ERNC I 500 MW Energía Renovable No Convencional*. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, Proyectos Energéticos Ecuador, Quito. Obtenido de <https://proyectos.rekursosyenergia.gob.ec/descarga Documento.php?nombre=brochureBloqueERNC.pdf&path=bloqueErnc>
- Osorio, J. C., Aghahosseini, A., Bogdanov, D., Caldera, U., Ghorbani, N., Odai, T., Khalili, S., Muñoz, E., & Breyer, C. (2021). The impact of renewable energy and sector coupling on the pathway towards a sustainable energy system in Chile. *Elsevier Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 151, 1–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser>

2021.111557

- Pazmiño M., A. C. (Enero-Junio de 2020). Análisis del plan nacional de eficiencia energética en el Ecuador. *RIEMAT*, 28-34.
- Qiu, S., Wu, J., & Bi, S. (2021). Energy demand and supply planning of China through 2060. *Energy*, 234, 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121193>
- Quintero, J., & Quintero, L. (2016). *Sistema de producción y potencial energético de la energía mareomotriz*. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- RADIOL. (2020). *RADIOL Powered by sun*. Obtenido de <https://radiol.mx/energia-limpia/#:~:text=El%20%C3%A9rmino%20de%20energ%C3%ADa%20limpia%20o%20energ%C3%ADas%20verdes,les%20conoce%20tambi%C3%A9n%20como%20energ%C3%ADas%20ecol%C3%B3gicas%20o%20eco-amigables>
- Schallenberg, J., Piernavieja, G., Hernández, C., Unamunzaga, P., García, R., Díaz, M., Cabrera, D., Martel, G., Pardilla, J., & Subiela, V. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética* (1a ed.). Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2009). *Plan nacional para el buen vivir 2009-2013*. https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan_Nacional_para_el_Buen_Vivir.pdf
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). *Plan nacional para el buen vivir 2017-2021*. <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Plan-Nacional-para-el-Buen-Vivir-2017-2021.pdf>
- Sharif, A., Raza, S., Ozturk, I., & Afshan, S. (2019). The dynamic relationship of renewable and nonrenewable energy consumption with carbon emission: A global study with the application of heterogeneous panel estimations. *Renewable Energy*, 133, 685–691. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.10.052>
- Terneus, C., & Viteri, O. (2021). Analysis of biofuel production in Ecuador from the perspective of the water-food-energy nexus. *Energy Policy*, 157, 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112496>
- Umbarila, L., Alfonso, F., & Rivera, J. (2015). Importancia de las energías renovables en la seguridad energética y su relación con el crecimiento económico. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(2), 231–242. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5628790.pdf>
- USAID. (2020). *Ecuador energy sector assessment*. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00WQNF.pdf
- Vargas, J., Arango, J., Salazar, M., Torres, H., & Herrera, L. (2016). *Prototipo mecánico para la transformación de energía hidráulica en energía eléctrica*. Popayán: Universidad

distrital San Francisco José de Caldas.

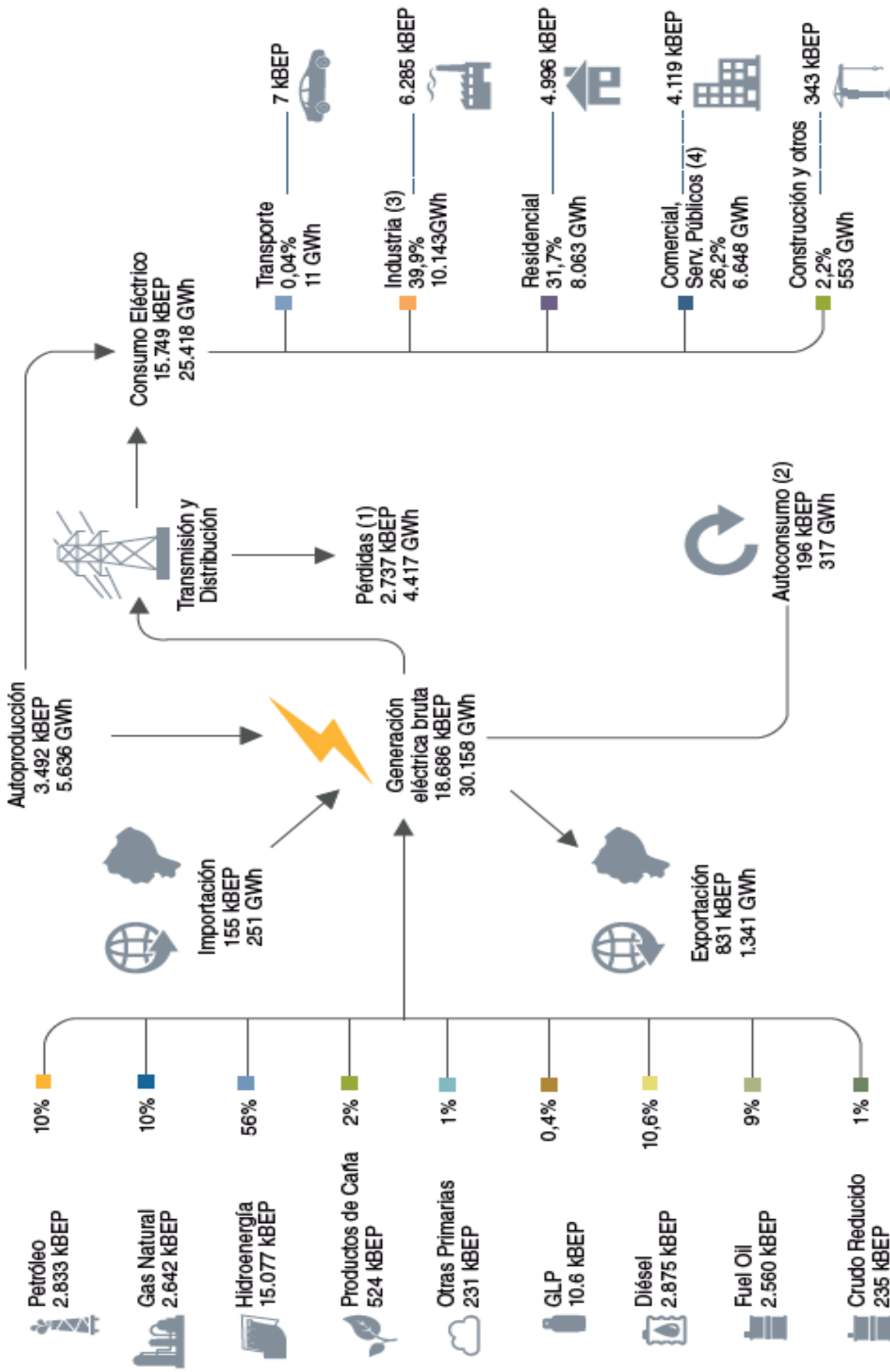
Vivanco, E. (2020). *Energías renovables y no renovables ventajas y desventajas de ambos tipos de energía*. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/29102/1/BCN_Energia_renovable_y_no_renovable_ventajas_y_desventajas_final.pdf

Yoro, K., Daramola, M., Sekoai, P., Wilson, U., & Ikelegbe, O. (2021). Update on current approaches, challenges, and prospects of modeling and simulation in renewable and sustainable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150, 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111506>

ANEXOS

Anexo 1. Cadena energética de electricidad 2020

(MERNNR, 2020, págs. 166-167)



(1) Incluye pérdidas técnicas y no técnicas.

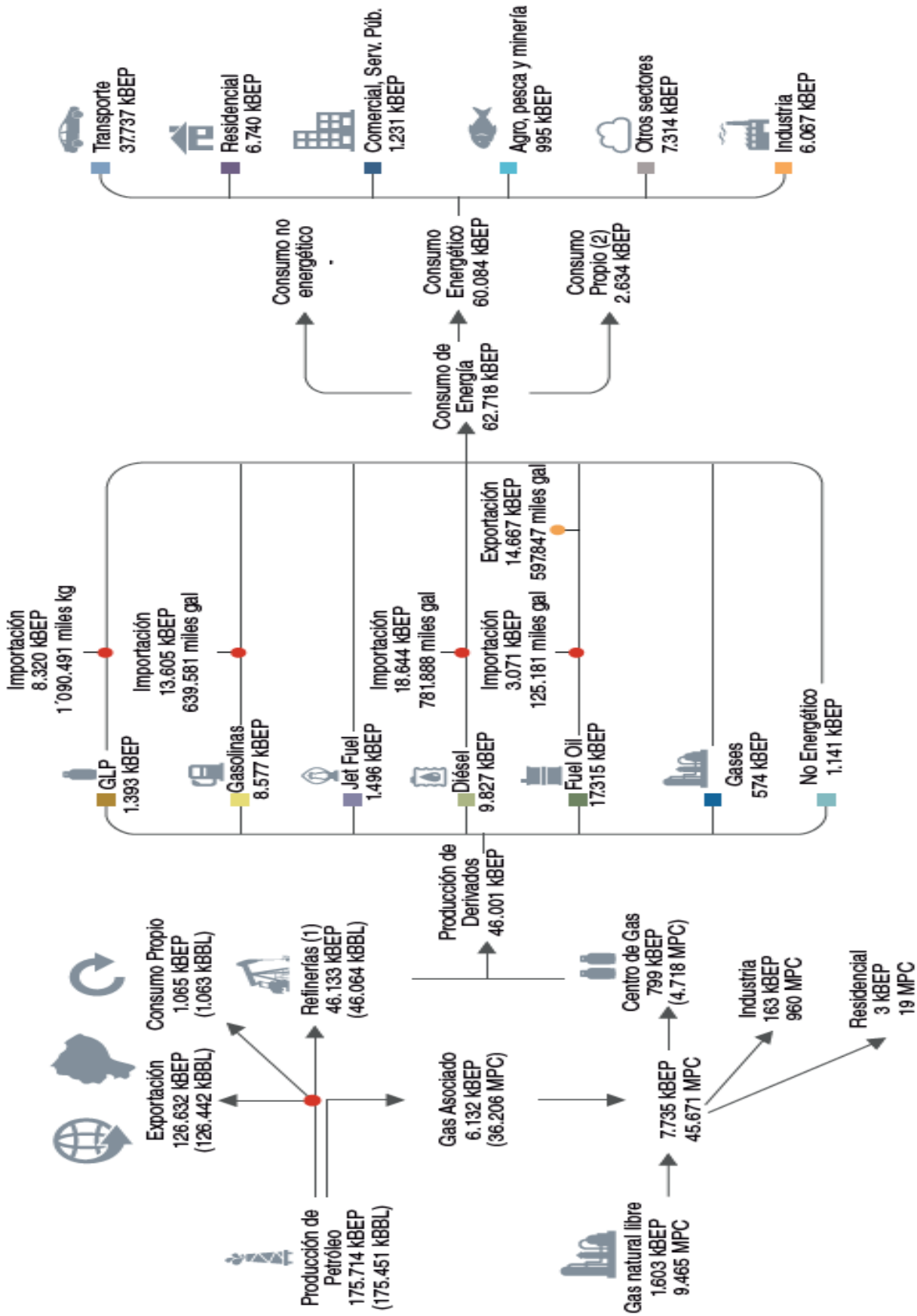
(2) Autoconsumos en generación para servicio público.

(3) Incluye la energía generada no disponible para servicio público y la energía entregada a grandes consumidores en subtransmisión.

(4) Incluye alumbrado público, segmento comercial y otros (descontado el consumo del sector transporte).

Anexo 2. Cadena energética de hidrocarburos 2020

(MERNNR, 2020, págs. 168-169)



(1) Incluye plantas topping.

(2) Comprende el consumo propio en refinerías y en planta topping.

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Mayra Alexandra Rodríguez Zúñiga** portador de la cédula de ciudadanía N.° **0105110027**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación Evaluación del sector eléctrico ecuatoriano y perspectivas de desarrollo a largo plazo de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 19 de octubre de 2021



F:

Mayra Alexandra Rodríguez Zúñiga
0105110027