

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Eléctrico*

PROYECTO TÉCNICO CON ENFOQUE INVESTIGATIVO:

**“IDENTIFICACIÓN DE LAS BARRERAS QUE OBSTACULIZAN LA
EXPANSIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA
COMO FUENTES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL ECUADOR”**

AUTORES:

ISRAEL EFRAÍN ROMERO FAJARDO
DARWIN ANDRÉS JARA NIEVES

TUTOR:

ING. EDGAR ANTONIO BARRAGÁN ESCANDÓN, Ph.D.

CUENCA - ECUADOR

2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Israel Efraín Romero Fajardo con documento de identificación N° 0105275366 y Darwin Andrés Jara Nieves con documento de identificación N° 0105285282, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“IDENTIFICACIÓN DE LAS BARRERAS QUE OBSTACULIZAN LA EXPANSIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FUENTES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL ECUADOR”**, mismo que ha sido desarrollado para optar el título de: *Ingeniero Eléctrico*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, subscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, abril del 2020



Israel Efraín Romero Fajardo.
C.I. 0105275366



Darwin Andrés Jara Nieves.
C.I. 0105285282

CERTIFICACIÓN

Yo declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“IDENTIFICACIÓN DE LAS BARRERAS QUE OBSTACULIZAN LA EXPANSIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FUENTES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL ECUADOR”**, realizado por Israel Efraín Romero Fajardo y Darwin Andrés Jara Nieves, obteniendo el *Proyecto Técnico con enfoque investigativo*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, abril del 2020



Ing. Edgar Antonio Barragán Escandón, PhD.

C.I. 0102516457

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Israel Efraín Romero Fajardo con documento de identificación N° 0105275366 y Darwin Andrés Jara Nieves con documento de identificación N° 0105285282, autores del trabajo de titulación: **“IDENTIFICACIÓN DE LAS BARRERAS QUE OBSTACULIZAN LA EXPANSIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FUENTES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL ECUADOR”**, certificamos que el contenido total del *Proyecto Técnico con enfoque investigativo*, son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, abril del 2020



Israel Efraín Romero Fajardo.
C.I. 0105275366



Darwin Andrés Jara Nieves.
C.I. 0105285282

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer hoy y siempre a todas las personas que, de una manera u otra, han contribuido en la culminación de este trabajo. En primer lugar, quiero agradecer a mis padres, Efraín y Margarita, por la dedicación y la paciencia con la que constantemente se preocupan por mí, y por el apoyo que siempre me han brindado. Gracias a la vida por que día a día me bendice con la oportunidad de tener y estar con las personas que más amo, mi familia.

Gracias al Ing. Edgar A. Barragán que, en calidad de director y docente, fue el primero que creyó en este proyecto. Él, en todo este transcurso me apoyó de manera personal e institucional y me alentó para que concluyera con esta investigación.

Además, quiero exaltar el apoyo recibido por mis compañeros Andrés y Mario. Finalmente, quiero dejar constancia de mi gratitud al Ing. Marco Carpio, por su excelente desempeño como director de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

Israel.

DEDICATORIA

*A mi familia.
Siempre.*

Israel E. Romero.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer de manera especial a mi familia que me han brindando su apoyo incondicional en la elaboración de este trabajo. En primer lugar agradezco a mis padres y a mi esposa quienes desde el inicio de mis estudios confiaron en mi.

Agradezco a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron en la elaboración de este proyecto, gracias a mi compañero Israel por la confianza y paciencia puesta en mi.

Gracias al Ing. Edgar A. Barragán tutor de este proyecto, quien desde un principio confió en nuestra capacidad para llevarlo a cabo. Finalmente agradezco a todos quienes conforman la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana.

Andrés.

DEDICATORIA

Para Estefanía, Isabel y Patricio.

Darwin A. Jara.

RESUMEN

El aumento en la demanda de energía eléctrica y la creciente preocupación por las consecuencias ambientales relacionadas al consumo de recursos fósiles, demandan la adopción de tecnologías que aprovechen fuentes renovables menos contaminantes. En la actualidad la transición tecnológica se ve afectada por una serie de barreras que obstaculizan la adopción de la energía eólica y solar fotovoltaica como fuentes de generación eléctrica. En el presente estudio se identifican y clasifican las principales barreras que afectan a estas dos tecnologías en el contexto ecuatoriano. El formato de la investigación emplea una triangulación mediante el método de la revisión bibliográfica y la encuesta estructurada a profesionales en el campo de las ER, para determinar el grado de relevancia relativa de cada barrera.

Veintidós barreras fueron identificadas a partir de una revisión bibliográfica, a partir de estas se definen las más influyentes para el caso ecuatoriano. Para establecer la homogeneidad de los resultados de las encuestas, se aplicó el cálculo de coeficiente de Cronbach a las respuestas obtenidas. Para determinar el nivel de importancia relativa de los resultados se ordenaron los datos mediante el cálculo de puntuación media. Mediante este método se determinó que las barreras que más afectan la expansión de la energía eólica y solar FV como fuentes de generación eléctrica son: la incapacidad para acceder a un financiamiento adecuado, la falta de políticas energéticas, la incertidumbre de los inversores ocasionado por la falta de regulaciones estables y el subsidio que el Estado mantiene para los combustibles.

ABSTRACT

The increase in the demand for electrical energy and the growing concern about the environmental consequences related to the consumption of fossil resources, demand the adoption of technologies that take advantage of the less polluting renewable sources. At present, technological traction is affected by a series of barriers that hinder the adoption of photovoltaic wind and solar energy as sources of electricity generation. In the present study, the main barriers that affect these two technologies in the Ecuadorian context are identified and classified. The research format uses triangulation using the bibliographic review method and the structured survey to professionals in the field of ER, to determine the degree of relative relevance of each barrier.

Twenty-two barriers were identified from a literature review, based on these it was determined which they are the more influential for the Ecuadorian case. To establish the homogeneity of the survey results, the calculation of the Cronbach coefficient was applied to the responses obtained. To determine the level of relative importance of the results, the data were sorted by means of the calculation of the average score. Through this method it was determined that the barriers that most affect the expansion of wind and solar PV as sources of electricity generation are: the inability to access adequate financing, the lack of energy policies, the uncertainty of investors caused by the lack of stable regulations and the subsidy that the State maintains for fuels.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VIII
INTRODUCCIÓN	XV
PROBLEMÁTICA	XVI
Antecedentes.....	XVI
Importancia y alcance	XVII
Delimitación	XVIII
OBJETIVO GENERAL	XVIII
Objetivos específicos	XVIII
Capítulo 1	1
1. LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 CONTEXTO ENERGÉTICO DEL ECUADOR	3
1.2.1 La matriz energética ecuatoriana	4
1.2.2 Energéticos para la producción de energía	4
1.2.3 Consumo de energía por sectores	5
1.2.4 Consumo de energía por energético	6
1.2.5 Combustibles utilizados para la generación eléctrica	7
1.2.6 Emisiones del sector energético	7
1.2.7 Importancia de diversificar las fuentes de generación eléctrica.....	8
1.2.8 Estructura del sector eléctrico ecuatoriano	9
1.3 LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FV: VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	11
1.3.1 Ventajas de la energía eólica y solar fotovoltaica	14
1.3.3 Desventajas de la energía eólica y solar fotovoltaica	15
1.4 RESEÑA HISTÓRICA LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL PAÍS.....	16
1.5 LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL ECUADOR.....	19
1.5.1 El potencial solar fotovoltaico en el Ecuador	20
1.5.2 El potencial eólico en el Ecuador	22
1.5.3 Regulaciones y dificultades en la penetración de las energías eólica y solar fotovoltaica	23
1.5.4 Potencia instalada mediante energía eólica y solar fotovoltaica 2006-2019	25
1.6 MARCO LEGAL DE LAS ENERGIAS RENOVABLES EN EL ECUADOR ...	26
1.6.1 Tipos de Políticas para el Incentivo de las ER.....	26
1.6.2 Políticas implantadas en el Ecuador para promover el uso de las ER	28
Capítulo 2	33
2. FACTORES QUE PROMUEVEN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD	33

2.1	FACTORES PARA LA EXPANSIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA GENERACIÓN ELÉCTRICA.....	34
2.1.1	Actividades emprendedoras.....	34
2.1.2	Desarrollo del conocimiento.....	35
2.1.3	Difusión del conocimiento a través de redes.	35
2.1.4	Establecer un objetivo a futuro	36
2.1.5	Formación del mercado.....	36
2.1.6	Movilización de recursos.	36
2.1.7	Creación de legitimidad/ Contrarrestar la resistencia de cambio.	37
2.2	MADUREZ TECNOLÓGICA DE LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA	37
2.2.1	Etapas de formación.....	41
2.2.2	Etapas de crecimiento o desarrollo	41
2.2.3	Etapas de madurez	41
2.2.4	Madurez tecnológica de la energía eólica y solar fotovoltaica en el Ecuador ...	41
Capítulo 3	43
3.	BARRERAS QUE OBSTACULIZAN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA, PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL ECUADOR.....	43
3.1	BARRERAS QUE OBSTACULIZAN LA PROMOCIÓN DE LA ENERGÍA RENOVABLE EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL ECUADOR	51
3.2	CLASIFICACIÓN DE LAS BARRERAS PERCIBIDAS	53
3.2.1	Barreras de carácter económico	55
3.2.2	Barreras sociales	56
3.2.3	Barreras tecnológicas y técnicas	56
3.2.4	Barreras políticas y regulatorias.....	57
Capítulo 4	58
4.	METODOLOGÍA: ENCUESTA DIRECCIONADA A LOS ACTORES LOCALES EXPERTOS EN EL ÁREA DE LA ER EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA.	58
4.1	FORMATO DE INVESTIGACIÓN	59
4.2	METODOLOGÍA	59
4.2.1	Revisión bibliográfica.....	60
4.2.2	Encuesta	61
4.3.3	Recolección y análisis de datos.....	62
Capítulo 5	64
5.	RESULTADOS.....	64
5.1	PERFIL DE LOS PARTICIPANTES ENCUESTADOS	65
5.2	RESULTADOS Y ANÁLISIS	67
5.2.1	Puntuación Media.....	67
5.2.2	Coeficiente de Cronbach	67
5.3	DISCUSIÓN.....	68
5.3.1	Barreras más influyentes en la expansión de la energía eólica y solar fotovoltaica como fuentes de generación eléctrica	68
5.4	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS POR SECTORES	75
5.4.1	Opiniones de los encuestados pertenecientes al sector público	78
5.4.2	Opiniones de los encuestados pertenecientes al sector privado	79
5.4.3	Opiniones de los encuestados pertenecientes al sector académico	80

5.5	COMPARATIVA ENTRE ANÁLISIS REALIZADOS EN OTROS PAÍSES	80
5.5.1	Energía eólica	81
5.5.2	Energía solar FV	82
	CONCLUSIONES	82
	RECOMENDACIONES	84
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
	ANEXOS	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Planta Eléctrica Yanuncay 2019.	3
Figura 1.2	Producción de energía primaria por tipo de fuente.	5
Figura 1.3	Estructura del consumo por sectores.	6
Figura 1.4	Porcentaje de consumo por energético.	6
Figura 1.5	Combustibles utilizados para la generación eléctrica.	7
Figura 1.6	Emisiones del sector energético.	8
Figura 1.7	Aporte de potencia nominal instalada a través de ERNC en el Ecuador.	13
Figura 1.8	Insolación global promedio del Ecuador.	21
Figura 1.9	Precios preferenciales para ERNC (derogados).	24
Figura 1.10	(a) Tecnología eólica, (b) Tecnología solar FV, (c) Comparación entre tecnología eólica y solar FV.	26
Figura 2.1	Países con instrumentos políticos y objetivos en materia de energías renovables.	38
Figura 4.1	Diagrama de flujo sobre la metodología aplicada.	60
Figura 5.1	Nivel de estudios de los participantes encuestados.	65
Figura 5.2	Porcentaje de participantes encuestados por sectores.	66
Figura 5.3	Distribución de años de experiencia profesional de los encuestados	67
Figura 5.4	Resultados de las encuestas por sectores para la energía eólica.	76
Figura 5.5	Resultados de las encuestas por sectores para la energía solar FV.	77

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.1 Estructura del sector eléctrico ecuatoriano.</i>	11
<i>Tabla 1.2 Potencia nominal por tipo de fuente.</i>	12
<i>Tabla 1.3 Ventajas de la energía eólica y solar fotovoltaica.</i>	14
<i>Tabla 1.4 Desventajas en el uso de la energía eólica y solar fotovoltaica.</i>	15
<i>Tabla 1.5 Políticas para la promoción de las energías renovables en el Ecuador.</i>	27
<i>Tabla 2.1 Etapas en la madurez tecnológica de la energía hidráulica, eólica y solar fotovoltaica.</i>	39
<i>Tabla 3.1 Total de barreras identificadas.</i>	45
<i>Tabla 3.2 Barreras que obstaculizan la promoción de las ERNC en el Ecuador.</i>	51
<i>Tabla 3.3 Clasificación de las barreras.</i>	54
<i>Tabla 5.1 Indicadores obtenidos mediante el cálculo del coeficiente de Cronbach.</i>	68
<i>Tabla 5.2 Principales barreras que influyen en la expansión de la energía eólica en el Ecuador.</i>	73
<i>Tabla 5.3 Principales barreras que influyen en la expansión de la energía solar fotovoltaica en el Ecuador.</i>	74

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 4-1 Fórmula de puntuación media	63
Ecuación 4-2 Ecuación coeficiente de Cronbach	63

Glosario

GEI	Gases de Efecto Invernadero
FV	Fotovoltaica
ERNC	Energías Renovables No Convencionales
RES	Fuentes de energía renovable
CO ₂	Dióxido de carbono
CH ₄	Metano
N ₂ O	Óxido nitroso
PIB	Producto interno bruto
ER	Energías Renovables
MW	Megavatios
Mbep	Millones de barriles de petróleo
GLP	Gas Licuado de Petróleo
EMELEC	Empresa Eléctrica del Ecuador
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CONELC	Consejo Nacional de Electricidad
MEER	Ministerio de Electricidad y Energía Renovables
LOSPEE	Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica
ARCONEL	Agencia De Regulación y control de electricidad
MERNNR	Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables
CSP	Concentrated Solar Power/Energía solar concentrada
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
OMS	Organización Mundial de la Salud
INERHI	Instituto Nacional de Recursos Hídricos
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INE	Instituto Nacional de Energía
FUNDACYT	Fundación de Ciencia y Tecnología
SENACYT	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología
SENESCYT	Secretaría de Educación Superior Ciencia, Tecnología e Innovación
PLANEE	Plan Nacional de Eficiencia Energética
CIE	Corporación para la Investigación Energética
KWh	Kilovatio
GW	Gigavatio
MW	Megavatio
FP	Factor de Planta
SNI	Sistema Nacional Interconectado
uSFV	Microgeneración solar fotovoltaica
m/s	Metros por segundo
TIF	Feed-in Tariff
PME	Plan Maestro de Electricidad
PLANEE	Plan Nacional de Eficiencia Energética
MDL	Mecanismos de Desarrollo Limpio
NAMAs	Nationnally Appropriate Mitigation Actions
ONU	Organización de las Naciones Unidas
NDC	Contribución Determinada a Nivel Nacional
INER	Instituto de Eficiencia Energética y Energías Renovables
INIGEMM	Instituto Nacional de Investigación Geológico, Minero y Metalúrgico

INTRODUCCIÓN

El uso de combustibles fósiles es la principal fuente para la generación eléctrica en el planeta, pero también es causante de la mayor contaminación por emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Por ello, se han propuesto nuevas tecnologías que aprovechen fuentes renovables para la generación de electricidad. En el país existen diferentes tipos de tecnologías que aprovechan las fuentes renovables para la generación de electricidad. Las centrales hidroeléctricas por ejemplo tienen el mayor aporte en generación eléctrica a nivel local, y mundialmente es considerada como una tecnología comercialmente madura.

Las centrales hidroeléctricas a gran escala no son consideradas como tecnologías renovables, esto se debe al impacto negativo que el ecosistema obtiene en la construcción y operación de estas. La tecnología que aprovecha la combustión de biomasa ha tenido un despliegue favorable en los últimos años y se encuentran cerca de establecerse como una tecnología madura [1]. Por otra parte, la energía eólica y solar fotovoltaica se encuentran en una etapa de crecimiento en el mercado eléctrico y se considera necesario una correcta difusión para obtener un despliegue exitoso de las mismas.

El Ecuador gracias a su posición geográfica favorable posee energía primaria que permitiría producir energía eléctrica limpia y segura. Las políticas energéticas en el Ecuador recalcan la necesidad de diversificar la matriz de generación eléctrica. Por ello se implementaron una serie de mecanismos que intentaron promover el uso de las nuevas tecnologías para la producción de electricidad. A pesar de las iniciativas propuestas, la tecnología eólica y solar FV en particular se perciben estancadas en comparación con las tecnologías tradicionales (hidroeléctricas y centrales térmicas).

Esta baja implementación de proyectos mediante fuentes renovables como el viento y sol se cree está dada por la aparición de barreras que limitan su expansión. Si no se identifican los factores que bloquean su desarrollo se tendrá un estancamiento en el empleo de estas con fines de producción de electricidad. Al identificar los motivos que impiden la expansión de nuevas tecnologías, se pretende fomentar un sector eléctrico más robusto, compuesto por fuentes de energía renovables convencionales y no convencionales. Se considera que la determinación de

las barreras es vital, pues permitiría promover acciones que consoliden la penetración de las energías renovables en el país.

PROBLEMÁTICA

En el Ecuador se ha dado una fuerte inversión para la construcción de hidroeléctricas de gran tamaño, debido al potencial hidroeléctrico que posee el país. Se han establecido diversas normativas para promover el uso de las energías alternativas no contaminantes. Sin embargo, las tecnologías renovables no convencionales siguen siendo marginales en la matriz de producción de electricidad. Esto indica que existen barreras que impiden su desarrollo. El país no ha contado con un análisis a profundidad de los mecanismos de bloqueo que afectan a este sector en específico. Se considera que el identificar las barreras es de vital importancia para que en lo posterior se pueda propiciar su desarrollo [2].

Con los cambios realizados en el sector eléctrico, el país se encuentra en una fase de despegue si se habla de innovación tecnológica en el campo de generación eléctrica mediante Energías Renovables No Convencionales (ERNC). Se puede notar una iniciativa en la implementación de centrales eólicas y solares FV en los últimos 10 años, pero este avance es poco representativo si se toma en cuenta que el Ecuador tiene un gran potencial eólico y solar. Por los motivos presentados se considera importante identificar las barreras que dificultan la expansión de las ERNC eólica y solar fotovoltaica, para así propiciar su despliegue exitoso [3].

Antecedentes

El sector eléctrico ecuatoriano se encuentra en un proceso de cambio, si se toma en cuenta que en los últimos 10 años se ha dado importancia a diversificar la matriz energética. Se han consolidado varios proyectos de energías alternativas como la eólica y solar fotovoltaica, pero estas tecnologías nuevas se han visto estancadas en su expansión. La rápida difusión de las fuentes de energía renovable (RES) en el sector eléctrico a nivel mundial es crucial si se quiere reducir la contaminación por el uso de combustibles fósiles. Es necesario que el Ecuador avance a un ritmo mayor para llegar a tener una matriz energética más diversa [4], [5].

Los combustibles fósiles, representan la principal fuente de energía utilizada en el planeta, y son causantes de la mayor contaminación por emisión de CO₂. Estas emisiones traen consigo un aumento en la temperatura de la atmósfera y un cambio climático a nivel global. En la actualidad varios países han formulado políticas para contrarrestar la contaminación. En el transcurso de los últimos años el Ecuador ha sido participe en intentar replicar dichas medidas, prueba de esto fue su firma en el Protocolo de Kioto en el año 2000 y su participación en el Acuerdo de París a partir del año 2020. Todo esto con el objetivo de ayudar a mitigar el cambio climático producido por

combustibles fósiles (es importante acotar que el Ecuador en la actualidad genera menos del 1% de la emisión de GEI) [3], [5]. El uso de las ERNC, en la producción de electricidad además permitiría cumplir lo establecido en la Constitución ecuatoriana que promueve un mix energético diversificado que promueva la conservación ambiental.

Para contrarrestar la dependencia de los combustibles fósiles se considera necesario tener éxito en la transición tecnológica en el campo de generación eléctrica. Eleftheriadis y Anagnostopoulou [5] mencionan que dentro las transiciones tecnológicas existen barreras que limitan la expansión de nuevos proyectos en el campo de generación eléctrica. La falta de definición de las barreras antes de iniciar un proyecto de innovación tecnológica (como es el caso de las ERNC) puede conllevar a un estancamiento y a un futuro fracaso en su implementación. Al definir estas barreras se puede llegar a identificar cuáles son las acciones necesarias para fomentar futuros proyectos en el sector eléctrico ecuatoriano.

Mediante el análisis realizado a trabajos anteriores se puede notar que las barreras difieren dependiendo del lugar en donde se realice el estudio. Mediante esta distinción se puede establecer que las barreras encontradas en otros países no necesariamente son las mismas que influyen al mercado de generación ecuatoriano. La diversidad de barreras percibidas entre mercados depende del desarrollo tecnológico, político, económico, social y el grado de madurez que tenga cada tecnología, todos estos factores son características propias de cada región. Por todos estos motivos se considera importante realizar un análisis enfocado a la situación local.

Importancia y alcance

Se considera importante el identificar las barreras que impiden el avance en la generación eléctrica mediante el uso de energías eólica y solar fotovoltaica en el Ecuador. Esta información en lo posterior podrá ser utilizada como una base de información para ayudar a los profesionales, reguladores y académicos a enfocar sus esfuerzos futuros en la adopción de tecnologías renovable y sostenible. Una matriz energética con mayor variedad en la generación aportaría a una mayor seguridad energética y a beneficios ambientales en el Ecuador [6].

Zhang *et al.* [7]–[10] considera que existen ciertos factores que intervienen en la transición tecnológica. Estos factores tienen un peso importante en la implementación y masificación de nuevas tecnologías. Factores como la experimentación, desarrollo del conocimiento, movilizar recursos y formación de mercados son de vital importancia en un sector como el eléctrico que requiere una transición tecnológica.

La correcta implementación de las fuentes renovables para generación eléctrica puede aportar al desarrollo de un sector eléctrico robusto y diversificado. Estos cambios pueden proporcionar

beneficios microeconómicos a futuro, como el crecimiento del PIB además crearía oportunidades de empleo directos e indirectos como los percibidos en Grecia por Eleftheriadis y Anagnostopoulou [5]. Estos autores proponen que el identificar las barreras es el primer paso para diseñar políticas y normas que faciliten la introducción y promoción de las energías alternativas en un determinado sector. En el caso ecuatoriano la identificación de las barreras sería una condición para un desarrollo exitoso de la energía eólica y solar fotovoltaica en el campo de generación eléctrica en el Ecuador.

Delimitación

El presente documento analiza las barreras que impiden el desarrollo en el Ecuador de la tecnología solar fotovoltaica y eólica con el propósito de producir electricidad. Para identificar las barreras se ha realizado una amplia revisión bibliográfica y se ha acudido a la opinión de actores claves para establecer aquellas que tienen más importancia. Como paso previo se destacan varios acontecimientos que han marcado la historia y el estado actual de las ERNC en el Ecuador.

El documento no busca realizar un análisis profundo de las barreras identificadas, pero se analiza su contexto desde el punto de vista social, tecnológico, político y económico. El trabajo no establece las posibles soluciones o acciones que se deben considerar para promover la energía eólica y solar FV, sino se discuten los resultados con el fin de determinar las barreras más relevantes.

OBJETIVO GENERAL

- Identificar las barreras (o mecanismos de bloqueo) que dificultan la expansión de la energía eólica y solar fotovoltaica, como fuentes de generación eléctrica en el Ecuador.

Objetivos específicos

- Investigar y estudiar la literatura existente sobre el uso de la energía eólica y solar fotovoltaica en el Ecuador.
- Identificar los mecanismos que intervienen en el proceso de implementación de una nueva tecnología, de acuerdo con el grado de madurez de la energía eólica y solar fotovoltaica para la generación eléctrica en el Ecuador.
- Presentar las barreras que intervienen en la expansión de las tecnologías mediante el análisis de la literatura y de la historia del Ecuador en el área de energías renovables.
- Generar una encuesta para actores locales clave en el área de generación eléctrica mediante fuentes de energía eólica y solar fotovoltaica utilizando la escala de Likert.

- Detallar los resultados obtenidos mediante una estadística descriptiva con la ayuda del software PSPP, Excel y Vengage.

“El hombre se ha vuelto una fuerza planetaria que amenaza el funcionamiento del sistema de la Tierra. Si la humanidad no frena la interferencia en el sistema, los impactos pueden ser catastróficos.”

Dumanoski & Hansen.

Capítulo 1

LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR

Índice

1.1	INTRODUCCIÓN.....	2
1.2	CONTEXTO ENERGÉTICO DEL ECUADOR	3
1.2.1	La matriz energética ecuatoriana	4
1.2.2	Energéticos para la producción de energía.....	4
1.2.3	Consumo de energía por sectores	5
1.2.4	Consumo de energía por energético	6
1.2.5	Combustibles utilizados para la generación eléctrica	7
1.2.6	Emisiones del sector energético	7
1.2.7	Importancia de diversificar las fuentes de generación eléctrica.....	8
1.2.8	Estructura del sector eléctrico ecuatoriano	9
1.3	LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FV: VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	11
1.3.1	Ventajas de la energía eólica y solar fotovoltaica	14
1.3.3	Desventajas de la energía eólica y solar fotovoltaica	15
1.4	RESEÑA HISTÓRICA LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL PAÍS.....	16
1.5	LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL ECUADOR.....	19
1.5.1	El potencial solar fotovoltaico en el Ecuador	20
1.5.2	El potencial eólico en el Ecuador	22
1.5.3	Regulaciones y dificultades en la penetración de las energías eólica y solar fotovoltaica.....	23
1.5.4	Potencia instalada mediante energía eólica y solar fotovoltaica 2006-2019	25
1.6	MARCO LEGAL DE LAS ENERGIAS RENOVABLES EN EL ECUADOR ...	26
1.6.1	Tipos de Políticas para el Incentivo de las ER.....	26
1.6.2	Políticas implantadas en el Ecuador para promover el uso de las ER	28

1.1 INTRODUCCIÓN

La República del Ecuador está ubicada en las costas del océano Pacífico, el país cubre en la actualidad un territorio de 283.561 km² y limita al norte con Colombia y al sur con el Perú. El Ecuador según su clima y geografía se divide en: Costa, Sierra, Oriente y Región Insular. El país se encuentra situado en la línea ecuatorial, y se destaca por las condiciones favorables para la implantación de las Energías Renovables (ER) en el campo de generación eléctrica [11].

La altitud y las regiones son importantes para establecer las estaciones climáticas, estas estaciones varían en todo el año. De diciembre a mayo es la época de invierno, el clima es cálido y también se aprecian varias lluvias por efecto de la Corriente del Niño en el océano Pacífico [13]. De junio a noviembre se presenta el verano, caracterizado por temperaturas bajas y condiciones secas. El país es poseedor de una gran diversidad en climas y regiones, propiciando la existencia de varios recursos que son la base para el uso de las energías renovables [15].

El Ecuador posee gran potencial en fuentes renovables, algunas de estas fuentes son; el agua, sol, biomasa y eólica. En el sector de la agricultura, de manera específica el ingenio azucarero canalizó los incentivos de los precios preferenciales con ayuda internacional años atrás, para construir proyectos de generación eléctrica mediante la incineración del bagazo de caña [15]. Un proyecto emblemático fue el realizado por la empresa azucarera San Carlos que aprovechó un financiamiento con el MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio, establecido en el protocolo de Kioto como uno de los mecanismos de flexibilidad), esto propició la eficiencia energética en la industria azucarera mediante el uso de la biomasa residual [6].

El éxito de los precios preferenciales se reflejó en la implementación de proyectos de biomasa y su aporte a la matriz de generación. La biomasa actualmente se encuentra en segundo lugar solo superado por la energía hidráulica (centrales < 50MW), esto al considerar únicamente fuentes renovables. En la actualidad estos incentivos ya no se encuentran vigentes debido a que fueron derogados en el año 2013 (Más adelante se hace un análisis con detalle de los precios preferenciales que se tenían para cada tecnología según diferentes regulaciones) [16].

Ecuador es poseedor de un importante potencial hidroeléctrico, por ello se han construido centrales hidroeléctricas en varias regiones del país, aprovechando este recurso. Desde el inicio del siglo pasado los habitantes de la sierra ecuatoriana utilizaban pequeñas centrales hidroeléctricas, que fueron construidas por los municipios desde 1914 [17]. Dentro de la provincia del Azuay se contaban con pequeñas plantas eléctricas en el cantón Guacaleo, en la ciudad de Cuenca se tenía las plantas de Monay y Yanuncay (ver Figura 1.1) [36]. Debido al notable potencial hidroeléctrico, el Ecuador se ha convertido en uno de los países latinos con mayor

dependencia de centrales hidroeléctricas [6]. Por la falta del caudal y una altura necesaria para la generación, los municipios de la región Costa recurrieron al uso de centrales térmicas o barcazas que entraban en funcionamiento por cortos periodos de tiempo al día [35].

La contaminación medio ambiental en los últimos años ha alterado las estaciones lluviosas, produciendo un desabastecimiento de agua en las represas. En el año 2009 la modificación en frecuencia e intensidad de las lluvias provocó el estiaje de los ríos, e incapacitó la generación de las hidroeléctricas [2]. Esta situación desembocó en interrupciones programadas en todo el Ecuador, a falta del recurso hídrico se optó por las centrales térmicas cuyo principal combustible son los recursos fósiles.



Figura 1.1 Planta Eléctrica Yanuncay 2019.
Fuente: Autores.

1.2 CONTEXTO ENERGÉTICO DEL ECUADOR

A mediados del siglo XX, el petróleo se convirtió en la principal fuente de energía al rededor del mundo, el consumo excesivo de combustibles fósiles fue causado por su bajo precio. En los años 70 nacen las primeras ideas referentes a la transición energética, pero hasta la fecha se mantiene una alta dependencia de los combustibles fósiles.

El crecimiento económico, la industrialización y urbanización son agravantes para que no se pueda sostener a una población cuyo modelo energético se basa en el uso de combustibles fósiles [35]. El Ecuador es un país en desarrollo, que mediante la explotación del petróleo inició el cambio de su economía, aumentando el crecimiento económico y por consiguiente su consumo energético [6].

La creciente demanda de energía contribuyó a que los combustibles fósiles se establecieran como la fuente principal de energía para el país y las hidroeléctricas como la mayor fuente de generación

eléctrica. Durante los últimos 30 años se ha tenido una fuerte dependencia de la energía eléctrica generada por la hidroeléctrica de Paute en combinación con algunas centrales térmicas [32]. A mediados del año 2000 la demanda de energía eléctrica empezó a superar a la oferta, lo que propició al aumento en la producción de electricidad a partir de plantas térmicas [25], [33].

1.2.1 La matriz energética ecuatoriana

La matriz energética del Ecuador es una representación de la energía primaria ofertada en un determinado tiempo y la demanda de los diversos sectores, además de los procesos de transformación de la energía primaria [15]. En la oferta de energía primaria se puede encontrar la leña, gas natural y petróleo, siendo este último el energético más relevante. En la demanda se encuentra el consumo de energía y el uso final que se le da a esta. Entre los sectores con mayor consumo de energía está el sector de transporte, seguido por el sector industrial y residencial. Por último, en la transformación se incluyen todos los procesos que permiten cambiar un tipo de energía primaria a secundaria[22].

Para el año 2017 el país disponía de 1632 millones de barriles de petróleo como reservas probadas, mientras que las reservas totales cuantificadas eran de 2695 Mbep [23]. Se estima que el país posee una reserva de petróleo para 11 años, esta producción puede incrementar de 8 a 9 años debido a las zonas petroleras que aún no son explotadas, estableciendo una reserva total para 20 años. Los campos petroleros en el país tienen un promedio de producción de 30 años, debido a esto la explotación de este recurso ha aumentado de manera notable desde el año 2007. Alrededor del 75% del petróleo que produce el Ecuador se destina a países como Perú, Panamá y Chile, el petróleo restante es procesado en las refinerías ubicadas en la provincia de Esmeraldas (la refinería Amazonas, Libertad y Shushufinfi) [15].

Los subsidios a los derivados del petróleo se consideran un elemento político clave que ha influido de manera directa en la demanda energética del país, puede argumentarse que por presencia de estos subsidios el país presenta un mayor consumo de energía que los países de Latinoamérica [6], [15]. De manera específica el sector del transporte ha sido el principal beneficiado con el bajo costo de combustible, aumentando su consumo y propiciando la contaminación del aire local y regional [11].

1.2.2 Energéticos para la producción de energía

La considerable cantidad de reservas petroleras ha sido el principal agravante para que la matriz energética del Ecuador se encuentre dominada por el uso de combustibles fósiles, en su mayoría el petróleo y sus derivados. La demanda total de energía en el Ecuador en el año 2017 fue de

105.724 Mbep y la producción total primaria en el mismo año fue de 222 Mbep [22]. La materia prima para cubrir esta demanda se basa en el 87.60% de petróleo crudo, gas natural un 4.57%, hidroenergía un 5.6%, leña un 0.81%, productos de caña un 1,1% y otras primarias como los son (residuos sólidos urbanos, eólica y solar) 0,08%. En la Figura 1.2 se muestra el aporte de todos los energéticos de la matriz ecuatoriana.



Figura 1.2 Producción de energía primaria por tipo de fuente.
Fuente: Autores con información del Balance Energético Nacional [22].

El sector de transporte consume 2 tercios del total de energéticos derivados de combustibles fósiles [11], seguido del GLP para uso doméstico. Parte de los combustibles fósiles es utilizado en centrales térmicas para la producción de electricidad. El uso de leña para la cocción de alimentos es más común en zonas rurales [15]. El Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables en una actualización a finales del 2019 estableció que el país posee en total de 4800 millones de barriles de petróleo en reservas probadas, la mayor parte de estas reservas se encuentra en la región amazónica.

1.2.3 Consumo de energía por sectores

En el Ecuador el sector de transporte representa el 50% del total del consumo energético del país. El sector industrial tiene un consumo del 14% al igual que el sector residencial, el sector comercial y servicio público tienen un 8% y la construcción y otros tienen un 10% del consumo total de energía. El crecimiento poblacional es mayor en la zona urbana, en donde se concentra el mayor consumo de energía a base de electricidad y gas licuado de petróleo (GLP). Debido a las condiciones climáticas de la sierra una parte importante del GLP es destinada a producción de

agua caliente sanitaria. En la Figura 1.3 se aprecian diferentes sectores y su porcentaje de consumo energético [22].

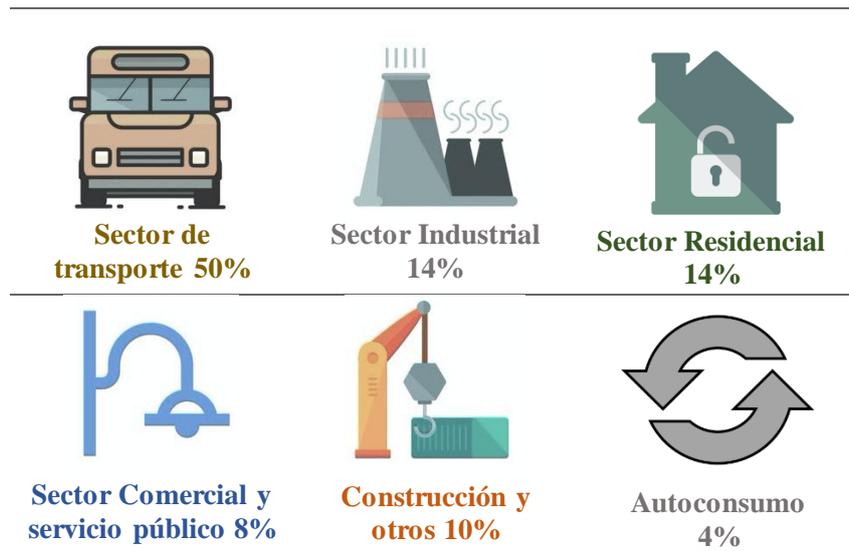


Figura 1.3 Estructura del consumo por sectores.
Fuente: Autores con información del Balance Energético Nacional [22].

1.2.4 Consumo de energía por energético

En el Ecuador se ha mantenido una larga dependencia de combustibles fósiles durante más de 40 años [15]. Los principales energéticos consumidos en los diferentes sectores son el diesel oil con un 32%, la gasolina con un 30%, la electricidad con un 17%, el gas licuado de petróleo (GLP) 9% y fuel oil con el 4%. En la Figura 1.4 se puede apreciar el porcentaje consumido respecto a cada energético, el consumo total de estos es de 90 Mbep [22].

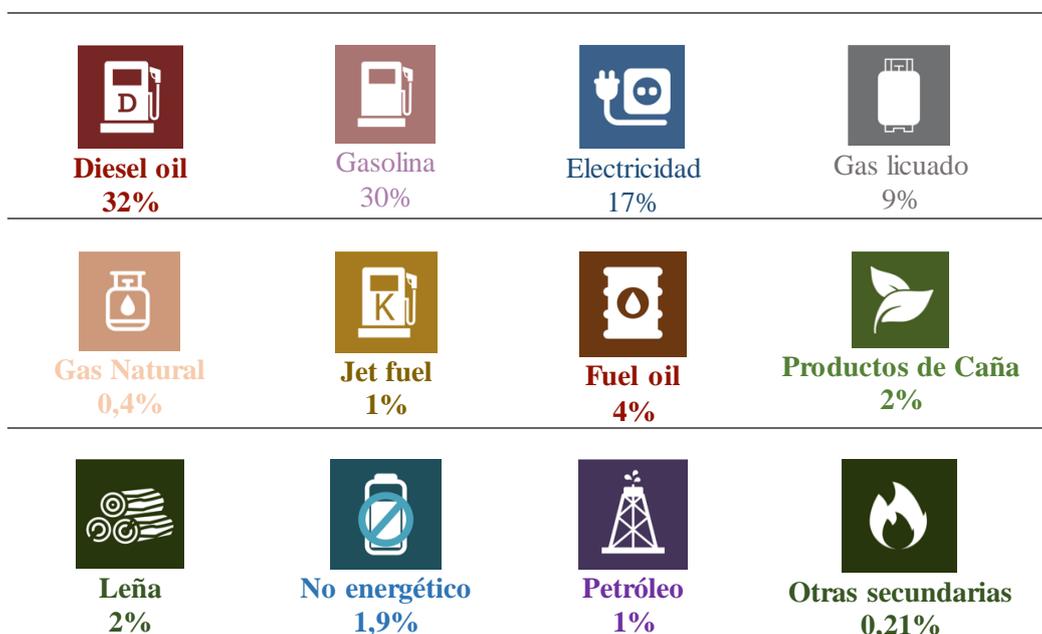


Figura 1.4 Porcentaje de consumo por energético.
Fuente: Autores con información del Balance Energético Nacional [22].

1.2.5 Combustibles utilizados para la generación eléctrica

El consumo de combustibles para la generación eléctrica se ha reducido en los últimos 10 años, debido a la participación de nuevas centrales hidroeléctricas de gran tamaño y un leve aporte de tecnologías renovables no convencionales como la eólica y solar FV. El consumo de diesel redujo en 93,5 millones de galones para el año 2018, aproximadamente el 45% en comparación con el 2008. Por otra parte, el fuel oil redujo 39 millones de galones y el residuo 10,34 millones de galones, demostrando una reducción del 17,33% y 26,56% de manera respectiva en el mismo periodo de tiempo que el diesel [24]. A continuación, en la Figura 1.5 se presenta el consumo de combustibles utilizados para la generación eléctrica en el periodo 2009-2018.

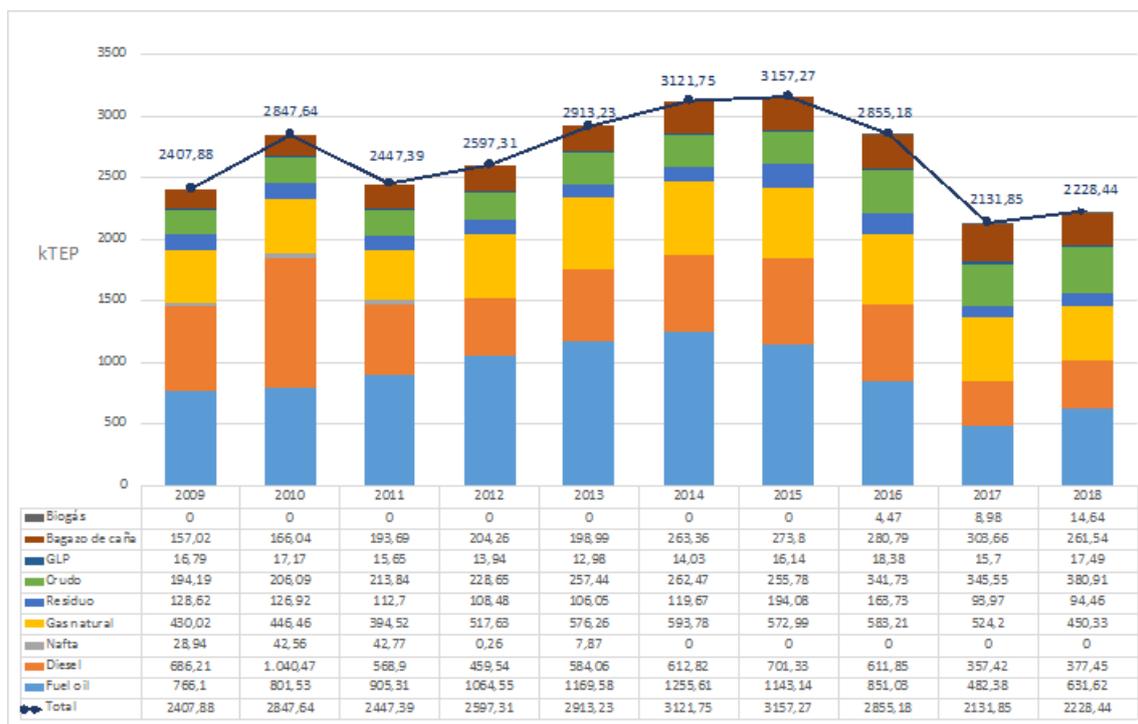


Figura 1.5 Combustibles utilizados para la generación eléctrica.
Fuente: Autores con información de la Estadística Multianual 2018 [24].

1.2.6 Emisiones del sector energético

Los principales Gases de Efecto Invernadero (GEI) son el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). La contaminación generada por el consumo energético en el Ecuador para el año 2017 fue de 38 mil millones de toneladas equivalentes de CO₂. El sector que más contamina es el de transporte, con una contribución del 50% al total de las emisiones generadas en el país. Las emisiones generadas en el sector eléctrico son de un 6%, esto se debe a que una gran parte de las centrales de generación eléctrica son térmicas. En [6] se establece que el problema en sí, no es el agotamiento de las reservas de petróleo, sino el límite físico de la

atmósfera como sumidero de CO₂ sin que se altere la estabilidad del medio ambiente de forma peligrosa. A continuación, en la Figura 1.6 se detalla el porcentaje de contaminación emanado por los principales sectores del país.

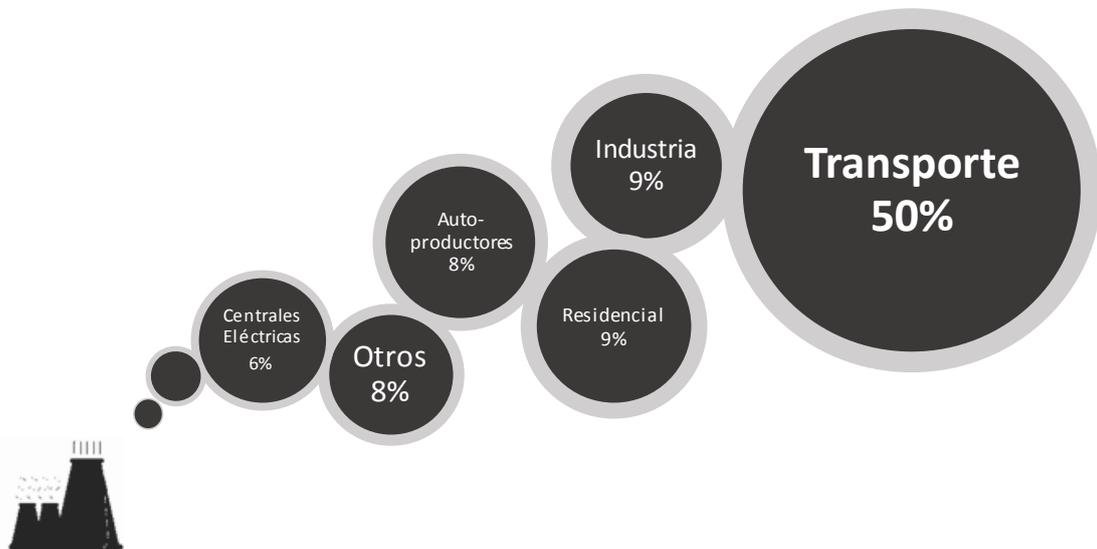


Figura 1.6 Emisiones del sector energético.

Fuente: Autores con información de BEN 2017 Resumen de Metodología y Resultados [22].

1.2.7 Importancia de diversificar las fuentes de generación eléctrica

En el Ecuador se tiene un compromiso por descarbonizar el sector energético y diversificar las fuentes de generación eléctrica, basada mayoritariamente en generación hidráulica y térmica. El cambio de la matriz energética actualmente se ve enfocada por una propuesta estatal para impulsar el desarrollo del sector eléctrico, mediante centrales hidroeléctricas de gran tamaño, lo que podría reducir el margen de ingreso de las energías renovables no convencionales. Estos proyectos están enfocados a la región amazónica y sus vertientes, y han aumentado la potencia nominal total a 8668,62 MW [25].

A finales del año 2009 y parte del 2010 se registraron acontecimientos críticos para el sector hidroeléctrico, cuando una sequía limitó su generación provocando que el Gobierno recurriera a “apagones” programados, que afectaron de manera directa al crecimiento económico y social del país [26]. Para abastecer la demanda se adquirieron varias turbinas termoeléctricas para compensar las inestabilidades hídricas. Ante estas lecciones, en [6] se argumenta que es un riesgo depender de la generación hidroeléctrica, de manera específica en la región amazónica, debido al impacto que el cambio climático puede ocasionar sobre el recurso hídrico. La falta de un adecuado recurso hídrico podría producir nuevos desabastecimientos.

Se considera que el cambio de la matriz energética podría solucionar depender de una sola fuente [26]. En el año 2007 se implementaron las bases para una política energética nueva, dichas políticas se plasmaron en los Planes Maestros de Electrificación y el Plan Nacional del Buen Vivir. Esta implementación se realizó para responder al crecimiento de la demanda y reducir la dependencia de los combustibles fósiles, así mismo se propuso cambiar la demanda a través de la sustitución de lámparas incandescentes compactas, incentivo al uso cocinas a inducción en el caso del sector residencial, y el fomento de la eficiencia energética en el sector industrial [38].

Las fuentes renovables pueden ser una alternativa para cubrir las necesidades de suministro energético en países emergentes y en desarrollo. Se conoce que el funcionamiento de tecnologías renovables no generan un aumento de los gases de efecto invernadero, los cuales son los principales causantes del cambio climático y de los daños medioambientales locales y globales [29].

Un aumento en la economía mejora la calidad de vida, y generalmente esto repercute en la demanda de energía. El abastecimiento eléctrico del Ecuador presentó una cobertura eléctrica del 97,3% al término del año 2017 (92% en la zona rural y 98% en zona urbana). El reto principal es mantener el ritmo de cobertura eléctrica, es así que para zonas de difícil acceso se ha planteado el uso de las fuentes de energía renovables no convencionales para la generación de energía eléctrica, de esta manera se pretende asegurar el servicio en poblados alejados en donde se dificulta el acceso a la red eléctrica [28].

1.2.8 Estructura del sector eléctrico ecuatoriano

El origen de la generación eléctrica en el Ecuador se da en el año 1897, con la llegada de los primeros generadores a la ciudad de Loja desde el Perú. Dos años más tarde las calles de la ciudad disponían de alumbrado. De 1897 al 1961 se consideró un periodo de privatización y municipalización de energía, en donde el sector eléctrico estaba a cargo de los municipios [30].

El mercado eléctrico ecuatoriano presenta sus inicios en el año 1925 cuando la Municipalidad de Guayaquil firma un contrato con la Empresa Eléctrica del Ecuador (EMELEC), para que comercialice la energía eléctrica en la ciudad de Guayaquil [6]. En el año 1961 se forma el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), con el objetivo de crear un plan de electrificación a nivel nacional. Este organismo fue el accionista mayoritario de las empresas encargadas de distribuir la energía en todo el país, con excepción de EMELEC, ELECTROQUIL y ELECROQUITO [30], [31].

El 10 de octubre de 1996 se crea el Consejo Nacional de Electricidad, cuyo fin fue establecer políticas y regulaciones para la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica del país. En el mismo año se establece el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), cuyo objetivo fue controlar técnica y económicamente el despacho de la energía eléctrica. En relevo del INECEL se crea Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), siendo este el ente regulador del mercado eléctrico ecuatoriano en la aquella época, el INECEL mantuvo sus competencias hasta el 31 de marzo del año 1999 cuando pasaron a cargo del Ministerio de Energía y Minas [6].

Bajo la presidencia de Rafael Correa y con la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía (LOSPEE, 2015), se reforma la estructura del sector eléctrico ecuatoriano [32]. El ingreso del Ministerio de Electricidad y Energía Renovables (MEER), cambia la naturaleza jurídica del CENACE, que se instituye como un órgano técnico estratégico unido al MEER. El 16 de enero del 2015 con la aprobación de LOSPEE se crea también el ARCONEL, en reemplazo al CONELEC, el cual fuese el organismo técnico administrativo encargado de regular y controlar las actividades relacionadas con el servicio de energía eléctrica y el servicio de alumbrado público.

En principio quien regía al ARCONEL era el MEER el cual fue el órgano rector y planificador del sector eléctrico. El MEER se encontraba a cargo de controlar que las regulaciones se cumplieran, además de la planificación, ejecución y seguimiento de proyectos, teniendo la potestad de otorgar títulos que habiliten un correcto funcionamiento, además de proponer y ejecutar planes y programas de energías renovables en el país.

Mediante el Decreto Ejecutivo No. 399 suscrito el 15 de mayo de 2018, se estableció que se fusionen por absorción el Ministerio de Hidrocarburos, Minería y el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER). Una vez concluido el proceso de fusión por absorción, se cambió el nombre del Ministerio de hidrocarburos a Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR). El MERNNR se toma las competencias, funciones, representaciones y delegaciones, decretos, reglamentos y demás normativa que consten en la ley de las 4 entidades mencionadas [33]. De esta manera se establece la estructura actual del sector eléctrico ecuatoriano, en la Tabla 1.1 se presentan las entidades que conforman esta estructura y las competencias que cada una contempla.

Tabla 1.1 Estructura del sector eléctrico ecuatoriano.

Fuente: Autores con información del Informe Anual CENACE, 2018 [34].

Entidad o Institución	Cargo
Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (MERNNR)	Es el organismo encargado de dirigir, planificar y legislar la energía eléctrica, puede proponer proyectar al presidente de la república y de esta manera impulsa el avance científico y tecnológico.
La Agencia De Regulación y control de electricidad (ARCONEL)	Se encarga de dictar regulaciones al CENACE y los usuarios finales, además de hacer cumplir las normas a las empresas y cualquier otro aspecto que el MERNNR establezca. Es el delegado de crear informes anuales o cuando el MERNNR lo solicite.
Operador Nacional de Electricidad (CENACE)	Su función está relacionada con el abastecimiento de energía y puede ordenar el despacho de generación, siendo el operador técnico del SNI. Administra técnica y de manera comercial las transiciones y el suministro de combustible para la generación eléctrica.
Institutos Especializados	Cumplen las actividades de generación, transmisión, distribución, importación, exportación y el servicio de alumbrado público del país. Todas estas empresas deben estar debidamente autorizadas por el MERNNR.

1.3 LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FV: VENTAJAS Y DESVENTAJAS

La reducción de las reservas de combustibles y la contaminación medio ambiental obliga a la humanidad a buscar nuevas formas de generación eléctrica mediante fuentes renovables. Una de las fuentes renovables más importantes es el sol, su energía puede ser canalizada de manera directa a través de paneles fotovoltaicos o mediante la energía solar concentrada (Concentrated Solar Power, CSP por sus siglas en inglés). Por otra parte, la hidroelectricidad está indirectamente involucrada con el sol debido a que el ciclo hidrológico (evaporación, transpiración y precipitación) depende del efecto del sol en el planeta. Este ciclo posibilita que el agua recorra mediante los ríos depositándose en las represas, posibilitando su uso a través de la presión por la diferencia de altura o mediante pequeñas centrales sin reservorio para la generación eléctrica [6].

Los cambios de temperaturas entre regiones generan corrientes de viento, estas pueden ser aprovechadas a través de aerogeneradores. Por otra parte, la geotermia utiliza las condiciones térmicas del planeta, y la mareomotriz aprovecha el movimiento de las olas marinas producidas por la atracción de la Luna. Todas estas son fuentes de energía naturales del planeta, y teóricamente son ilimitadas, de forma que puedan ser aprovechadas de mejor manera para la generación eléctrica. La energía renovable puede definirse como la energía obtenida de los flujos

energéticos existentes en un ambiente natural, los cuales se renuevan al mismo tiempo que son utilizados [17].

En la Tabla 1.2 se puede observar el aporte de todos los tipos de tecnología existentes en el país. Se puede notar que las ERNC como la biomasa, eólica y solar FV tienen un aporte reducido en comparación con otros tipos de generación tradicional como las centrales hidroeléctricas de gran envergadura y las centrales térmicas [35].

Tabla 1.2 Potencia nominal por tipo de fuente.

Fuente: Autores con información del Balance Nacional julio (2019) [36], Atlas del sector Eléctrico ecuatoriano (2018) [24] e Informe Anual CENACE (2018) [34].

Potencia Nominal en Generación de Energía Eléctrica		MW	%
Renovable 	Gran hidroeléctrica ¹ > 50MW	4.462,39	51,48
	Mini hidroeléctrica ≤ 50MW	611,26	7,05
	Biomasa	144,30	1,66
	Solar Fotovoltaica	27,63	0,32
	Eólica	21,15	0,24
	Biogás	7,26	0,08
Total Renovable		5273,99	60,84
No Renovable 	Térmica MCI	2010,92	23,20
	Térmica Turbogás	921,85	10,63
	Térmica Turbovapor	461,87	5,33
	Total No Renovable	3394,63	39,16
Total General		8.668,62	100

Las tecnologías renovables se consideran ilimitadas por que utilizan fuentes naturales virtualmente inagotables, debido a la cantidad de energía que contienen o porque pueden regenerarse con el tiempo [16]. La energía hidráulica tiene el mayor aporte en el abastecimiento del sector eléctrico ecuatoriano, pero centrales de gran magnitud no son consideradas ERNC. Esta distinción es el resultado del impacto que se tiene en las instalaciones de gran tamaño [6]. La generación eléctrica esta aumentado su potencial de manera focalizada en centrales de gran tamaño, destacando el proyecto Coca Codo Sinclair, con 1500 MW y varios otro proyectos de menor capacidad [15].

¹ La gran hidroeléctrica a pesar que utiliza un recurso renovable no es considerada una tecnología renovable, esto se debe al impacto ambiental que es ocasionado por la construcción de carreteras, campamentos, operación o retiro de la instalación.

Por otra parte, el aporte de las ER a matriz de generación eléctrica del país aún es muy reducido, la contribución más destacable son las centrales hidroeléctricas. En el Ecuador centrales hidroeléctricas hasta 50 MW² se consideran como ERNC [15], y equivalen al 7,05% de producción total de energía [34]. La biomasa se encuentra en segundo lugar con un 1,66% y en una cantidad menor está la energía solar fotovoltaica y eólica con 0,31% y 0,24% respectivamente, mientras que el biogás aparece en último lugar con el 0,08% de aporte a la matriz de generación.

Incluso cuando las ventajas de las energías renovables no convencionales pueden ser notables, su aporte a la generación eléctrica del país tiene apenas un 9,36% de energía comparándolas con las tecnologías tradicionales (ver Tabla 1.2). Esta producción marginal acentúa la idea de que existen barreras para su penetración en el sector eléctrico. En la Figura 1.7 se puede apreciar la diferencia en el aporte de potencia considerando únicamente a las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) presentes en el país.

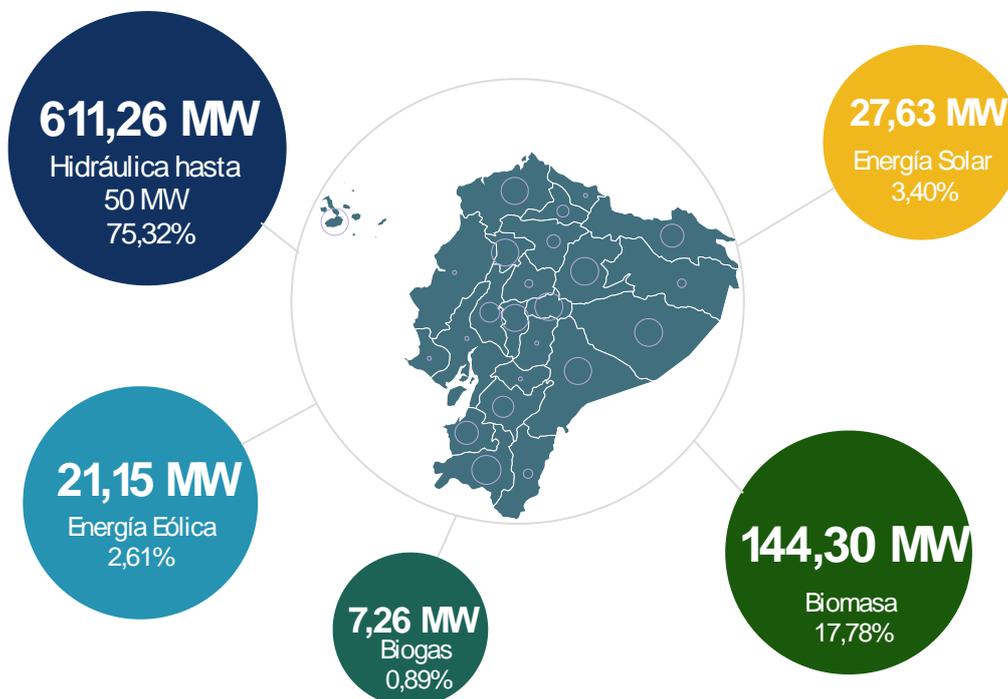


Figura 1.7 Aporte de potencia nominal instalada a través de ERNC en el Ecuador.
Fuente: Autores con datos del Balance Nacional julio 2019 [36].

En el ámbito local, años atrás el MEER planteó para el año 2020 un 86% de energía producida a través de hidroeléctricas. La operación de este tipo de centrales ha sido notable con importantes proyectos construidos y otros en fase de planificación. También se planteó que el 1% de la energía

² Las centrales hidroeléctricas fueron consideradas como fuentes de generación renovable a partir de la regulación No. CONELEC 004/011, con la intención de fomentar la implementación de nuevos proyectos de minicentrales y con la finalidad de transformar el modelo energético del país y así atraer a nuevos inversionistas al mercado.

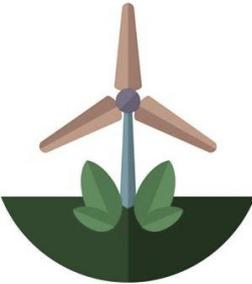
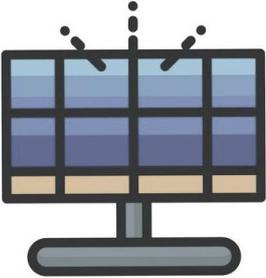
eléctrica total producida en el país sea mediante centrales eólicas y fotovoltaicas. Esta comparativa demuestra una visión poco alentadora para la tecnología eólica y solar fotovoltaica, con un objetivo de implementación marginal a futuro en comparación con las tecnologías tradicionales [38].

1.3.1 Ventajas de la energía eólica y solar fotovoltaica

Las energías renovables no contaminan, son inagotables y reducen el uso de los combustibles fósiles. Los sistemas aislados de la red como repetidores de telecomunicaciones, pueblos alejados y ciudades pueden llegar a aprovechar la energía producida mediante fuentes renovables. Las tecnologías solares pueden utilizar módulos FV y la energía solar concentrada (CSP), para generar electricidad, en plantas de gran escala y de forma descentralizada en techos comerciales y residenciales. Por otra parte, la tecnología eólica puede ser aprovechada mediante turbinas en tierra y mar. En la Tabla 1.3 se describen algunas de las ventajas que la energía eólica y solar fotovoltaica pueden ofrecer a la matriz de generación eléctrica y en un plano ambiental.

Tabla 1.3 Ventajas de la energía eólica y solar fotovoltaica.

Fuente: Autores con información de [2], [6], [39], [40].

Ventajas	
Energía eólica	Energía solar fotovoltaica
	
<p>Los aerogeneradores al ser más robustos y al necesitar un capital inicial más elevado, son aplicables para una generación a mayor escala. Debido a su versatilidad pueden ser usados tanto en las zonas montañosas como en el mar en donde por lo general los vientos son más fuertes y constantes.</p>	<p>La energía fotovoltaica tiene diversas aplicaciones: alumbrado público, casas de campo y producción de energía para el consumo y venta de los excedentes a compañías eléctricas. Puede tener usos a pequeña y gran escala.</p>
<p>Una turbina grande puede abastecer de energía a 600 viviendas, además de tener una vida útil de 20 a 25 años. Al cumplir este lapso se puede considerar una repotenciación, pudiendo ser aprovechada nuevamente.</p>	<p>Se espera que el uso de los paneles FV se empleen en aplicaciones urbanas, por su fácil introducción en las ciudades.</p>
<p>Con la implementación de centrales eólicas se crean fuentes de empleo en las zonas donde se instalen los aerogeneradores. Además son</p>	<p>Se puede considerar la implementación de parques solares fotovoltaicos conectados a la red en zonas en donde el recurso primario sea permanente y con disponibilidad de terreno.</p>

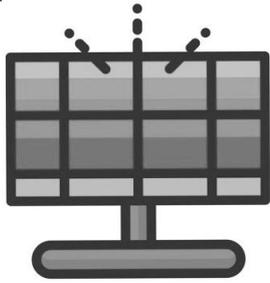
compatibles con otros usos del suelo, por ejemplo con uso agrícola o ganadero.	
La Asociación Eólica Mundial sugiere que el potencial eólico del planeta es suficiente para cubrir las necesidades totales de energía [41].	La energía solar utiliza la radiación que recibe la tierra, y se ha calculado que un año de esta energía es 7500 veces mayor que el consumo energético mundial anual [39]. Diez segundos de luz solar equivalen a la energía consumida por todo el planeta durante 1 día.
En el caso de comunidades alejadas, las ER tienen potencial para abastecer de energía en donde las redes eléctricas no llegan. La energía solar fotovoltaica y eólica aportan una solución para aquellas zonas remotas en donde no existe un acceso mediante carreteras.	
La ventaja de las ERNC frente a otras formas de generación es su escasa contaminación, y la cantidad del recurso primario el cual es teóricamente ilimitado.	
La reducción del CO ₂ emitido a la atmósfera es una de los principales aportes que se obtiene con el uso de estas tecnologías. Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), por cada kWh generado mediante ER se elimina aproximadamente un kilo de CO ₂ [39].	
Se puede establecer que una de las ventajas de la tecnología eólica y solar fotovoltaica es la disponibilidad del recurso primario (viento, radiación solar), sin embargo, este suele ser intermitente.	

1.3.3 Desventajas de la energía eólica y solar fotovoltaica

Aun cuando las ERNC tienen un aporte importante al medio ambiente debido a su escasa contaminación, tienen otro tipo de impactos ambientales específicos que se deben considerar para promover su masificación. Se intenta que las desventajas sean minimizadas para garantizar su eficiencia, economía y manejo ambiental correcto [6]. En la Tabla 1.4 se detallan algunas las desventajas por tipo de tecnologías.

Tabla 1.4 Desventajas en el uso de la energía eólica y solar fotovoltaica.

Fuente: Autores con información de [16], [30], [40], [42]–[44].

Desventajas	
<i>Energía eólica</i>	<i>Energía solar fotovoltaica</i>
	
Se requieren determinadas condiciones como las variaciones de velocidad y continuidad del viento para tener una seguridad en la generación.	Es necesario de una cantidad mínima de insolación, así como un ángulo adecuado para que los paneles funcionen de manera adecuada y eficaz.

<p>La OMS (Organización Mundial de la Salud) afirma que la contaminación acústica producida por los aerogeneradores puede causar problemas de salud, pero al considerar un buen estudio previo se puede llegar a localizar los sectores idóneos para implementar dicha tecnología [41].</p>	<p>La implementación de paneles solares fotovoltaicos en las ciudades es menos compleja que la eólica, pero tiene problemas para su penetración en ciudades patrimoniales en donde su avance se ve obstaculizado por restricciones arquitectónicas. Se considera necesario un acondicionamiento de inmuebles antiguos para estas nuevas tecnologías.</p>
<p>Aspectos como sombras, impacto visual, vibraciones son limitantes que pueden ser consideradas desventajas en la implementación.</p>	<p>La disponibilidad de espacio en los tejados es decisiva para que la tecnología solar pueda tener éxito en las ciudades.</p>
<p>En muchas ocasiones los sitios idóneos para la generación eólica son habitadas por aves del área o aves migratorias, éstas pueden ser afectadas por los aerogeneradores debido a la altura que poseen, alterando el ecosistema.</p>	<p>La viabilidad de tecnologías como la solar fotovoltaica está directamente involucrada al espacio disponible en tejados y redes de flujo bidireccional necesarios para la operación de estos sistemas.</p>
<p>La energía eólica y solar fotovoltaica necesitan sitios idóneos para la generación y muchas veces estos lugares se encuentran alejados de las ciudades, las cuales son el destino final de la energía que se produzca.</p>	
<p>La lejanía del recurso primario adecuado como el viento y la radiación solar ocasionan la necesidad de extender las redes de transmisión, y se debe considerar un valor agregado para extender o mejorar las redes existentes.</p>	
<p>El factor de planta de la energía eólica y solar fotovoltaica es menor que otros tipos de generación tradicional por lo puede ser considerada una desventaja en comparación con otros tipos de generación tradicional.</p>	
<p>Para poder generar una cantidad considerable de electricidad mediante la energía eólica y solar fotovoltaica, es necesario contar con áreas amplias de terreno.</p>	
<p>Se requiere inversiones muy altas con plazos de recuperación muy largos.</p>	
<p>La energía eólica y solar FV tienen una total dependencia de las condiciones climáticas, además de una intermitencia y predictibilidad.</p>	
<p>La potencia real puede llegar a diferir de la instalada debido a la intermitencia y predictibilidad, la fuente de energía renovable puede variar con el tiempo.</p>	

1.4 RESEÑA HISTÓRICA LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL PAÍS

En el año de 1961 en el Ecuador se establece Instituto Nacional de Electrificación (INECEL), cuyo objetivo fue manejar la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. A mediados de los años 70 esta institución obtiene recursos debido a la explotación de las reservas de petróleo descubiertas en el oriente ecuatoriano. En un inicio el objetivo principal de esta entidad fue el abastecimiento de energía eléctrica, más no buscó diversificar las formas de generar energía eléctrica [24]–[26].

La investigación realizada por el INECEL en el campo de las energías renovables inició en la década de los 80. Se estudió principalmente la energía eólica, geotermia y los recursos hídricos.

En estas investigaciones no se les consideraba como “fuentes de energía renovable” sino más bien como “recursos energéticos no convencionales”. Con los estudios que realizó en su momento el Instituto Nacional de Recursos Hídricos (INERHI), se complementó la información sobre los recursos renovables del país. Más tarde el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) tomó la batuta en todos estos campos de investigación [21], [46].

Con la desaparición del INECEL se promulgó la Ley del Régimen del Sector Eléctrico de 1996. En esta Ley se establece el uso de energías renovables no convencionales a través de organismos públicos, instituciones privadas, universidades y la banca de desarrollo. En el Capítulo XI, Art 67 de la misma ley, se establece la exoneración de Impuestos a la Renta y ventajas arancelarias para la producción de energía eléctrica mediante tecnologías eólicas, solares y biomasa por nombrar algunas [30].

El Instituto Nacional de Energía (INE) creado en el año 1980, toma el cargo de investigar las ER y eficiencia energética en el país y construye un laboratorio, cuyo objetivo fue realizar investigación en el campo de las ER. Años después el laboratorio termina abandonado como resultado de un mal uso de las instalaciones y en 1995 este instituto cesa sus funciones por un decreto ministerial [26], [28].

La institución que fomentó la investigación en diversos temas fue la secretaria nacional de ciencia y tecnología (SENACYT), que más tarde se transformaría en la Secretaría de Educación Superior Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT). Sin embargo no se mostró el interés en el desarrollo e investigación de las energías renovables no convencionales a nivel local [21], [38].

En el 2007 se crea el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER), que establece dentro de sus metas dirigir y planificar el sector eléctrico ecuatoriano promoviendo la eficiencia energética. En el campo de las energías renovables se propone promover el uso de tecnologías ambientales libres de contaminación, que permitan diversificar y equilibrar la generación eléctrica. Así se propone el Plan Nacional de Eficiencia Energética (PLANEE), cuyo objetivo es fomentar la participación y el uso correcto de las fuentes naturales del país, mediante programas y proyectos de eficiencia energética. El Ministerio implementa proyectos para reducir el consumo de combustibles fósiles, de esta manera se pretende mitigar la contaminación del medio ambiente y crear una conciencia energética en la población [30], [31].

En la parte privada se crearon algunas agrupaciones científicas, llegando a ser instituciones por iniciativa de jóvenes, los cuales tenían la idea de promover el desarrollo tecnológico. La agrupación más relevante fue creada en julio de 2002, bajo el nombre de Corporación para la Investigación Energética (CIE), este grupo inició su investigación con académicos y

profesionales. La CIE buscaba investigar y promover el campo de las energías renovables en el Ecuador, y su visión le ha dado importantes convenios para avanzar sus estudios. Actualmente la Corporación continúa con sus funciones presentando investigaciones, y ha sido participe de proyectos en el campo de las ER [21], [49].

Otra entidad que surgió con el objetivo de promover las ER es la Asociación Ecuatoriana de Energías Renovables y Eficiencia Energética (AEEREE), formalizada mediante un acuerdo ministerial en septiembre de 2010. La asociación se denomina una corporación civil de carácter social sin fines de lucro. Su propósito es difundir el conocimiento y la promoción de la energía proveniente de recursos renovables sustentables

Desde la parte pública en el año 2012, se creó el Instituto Nacional de Eficiencia Energética (INER), cuya principal tarea fue el desarrollo de la ciencia en el campo de la eficiencia energética y la ER. El objetivo de dicha institución fue “Incrementar el nivel de la investigación aplicada realizada en el Ecuador, en materia de eficiencia energética y energía renovable y nivel de conocimiento y concientización de la ciudadanía y entidades en temas de eficiencia energética y energía renovable mediante programas de difusión” [15]. En el área de la educación superior también ha existido interés para promover el estudio de las ERNC en el país.

El convenio entre la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) y en el aquel entonces INER es un ejemplo de cooperación entre el sector público y la academia. Se emplazó una red meteorológica conformada por 17 estaciones ubicadas en zonas estratégicas de la ciudad de Cuenca, con la intención de determinar las zonas con mayor potencial energético en el Cantón. Este convenio se realizó con el fin de incentivar a que lo jóvenes interpreten los datos que estas estaciones meteorológicas proveían, y de esta manera establecer las zonas con un interesante potencial energético. El instituto cesó sus funciones debido a la fusión por absorción por parte del (INIGEMM) en el año 2017. Actualmente se cuenta con el laboratorio de movilidad eléctrica ubicada en el campus “El Vecino”, este laboratorio implementa paneles FV para abastecer de energía al sistema del campus [13]

La Escuela Superior Politécnica Chimborazo (ESPOCH) mediante su Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente (CEAA), también realizó colaboraciones con el INER. Se adquirieron 10 estaciones meteorológicas para la provincia de Chimborazo por medio de un financiamiento de la SENESCYT. La Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) en octubre de 2019 implemento un sistema solar fotovoltaico en las instalaciones del campus, mismo que está compuesto por 68 paneles de 275 vatios que se conectan con la red eléctrica. De igual forma la Universidad del Norte en Ibarra ha implementado un sistema solar FV dentro del campus de la universidad a cargo de la carrera de ingeniería eléctrica y electrónica.

Estudiantes e Investigadores de la Universidad Católica de Guayaquil implementaron sistemas de generación eléctrica a base de paneles fotovoltaicos en condominios. De manera similar estudiantes de la Universidad San Francisco de Quito (USFQ) implementaron sistemas de calentamiento de agua mediante paneles solares en varios puntos de la provincia. Por otra parte, la Universidad Técnica de Ambato implementó un sistema fotovoltaico para proveer energía eléctrica al GAD Parroquial de Curaray en la provincia de Pastaza. Las UPS sede Guayaquil implementó un sistema fotovoltaico para la iluminación del departamento de logística de la empresa TELCONET. Se cuenta también con el “Centro Científico y Tecnológico de Energía” de Balzay en la ciudad de Cuenca, el cual se enfoca en la monitoreo, educación e investigación de la energía renovable [21], [49].

Las energías renovables en el Ecuador son un punto interesante de estudio, motivo por el cual las universidades mencionadas han enfocado recursos económicos y personal de investigadores para analizar el comportamiento de estas fuentes en el país. En la actualidad la información encontrada ha generado el interés por la parte académica para realizar nuevas investigaciones que aporten para el desarrollo de las ER.

En el caso de la energía eólica la USFQ, UTPL y Escuela Superior Politécnica Litoral (ESPOL) han realizado estudios para el desarrollo de esta tecnología. Debido a la diferencia de costos entre la energía solar FV y eólica, la implantación de esta última tecnología por parte de las universidades se nota estancada. La energía eólica en las universidades se ha visto desarrollada de mayor forma en estudios y análisis, entre los temas realizados se pueden encontrar: cálculo del potencial, costos de producción, monitoreo del recurso, factibilidad y prefactibilidad. Además, varias de las universidades han creado maestrías y posgrados para aumentar el interés y desarrollar la investigación de las fuentes renovables del país. Entre las universidades que ofertan maestrías referentes a las ER se encuentran la ESPE, USFQ y la Universidad Católica de Cuenca.

1.5 LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL ECUADOR

La energía renovable se define como la energía que se puede obtener mediante los flujos energéticos que se encuentran en el ambiente natural. Kammen [6] asegura que el potencial de los recursos renovables es gigantesco, pudiendo cubrir varias veces las necesidades mundiales de energía. En el Ecuador existe la posibilidad de aprovechar varios recursos renovables, dentro de los cuales destaca la energía proveniente del sol. Este recurso puede ser aprovechado mediante la implementación de paneles fotovoltaicos para producir electricidad y de manera directa para el calentamiento de agua, en este último la tecnología no se encuentra muy extendida [15].

La tecnología fotovoltaica consiste en transformar la radiación solar en energía eléctrica, esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial, de esta manera la energía solar puede ser aprovechada.

La insolación en el Ecuador es homogénea, es decir es regular en todo el año, por lo que el recurso es homogéneo en diferentes épocas [6]. Con una adecuada promoción y crecimiento sostenible esta tecnología podría llegar a ser una alternativa para complementar a la generación eléctrica tradicional del país [45].

Por otra parte, el viento es producido mediante el movimiento de las masas de aire y la energía cinética asociada puede aprovecharse. En el caso que se aproveche para la producción de electricidad la energía eólica se define como aquella que utiliza la fuerza del viento empleando turbinas colocados a una determinada altura y conectadas a un generador [5]. Esta tecnología sigue el principio del movimiento de las aspas que transforman la energía cinética del viento en energía mecánica, para posterior poder generar energía eléctrica [12].

El país se encuentra ubicado en la línea ecuatorial, debido a esto los vientos alisios globales del norte se contraponen con los del sur por lo que no existe viento [17]. A pesar de ello se pueden encontrar zonas con interesante potencial eólico, gracias a la diferencia de temperatura entre Sierra y Amazonía o Sierra y Costa [18].

1.5.1 El potencial solar fotovoltaico en el Ecuador

El Ecuador se encuentra ubicado de manera privilegiada si se habla de energía solar para la generación eléctrica, esto se debe al ángulo de radiación perpendicular que se posee. Esta característica indica que el Ecuador tiene un importante potencial solar, y hace que sea muy confiable el uso tecnológico para aplicaciones solares fotovoltaicas o térmicas. Parra [11] propone para que un proyecto solar llegue a ser económicamente factible, la insolación global promedio necesaria debe estar entre 4 y 6 kWh/día.

El Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) en el año 2008 desarrolló el Atlas Solar con fines de generación eléctrica, con el objetivo de conocer los sectores más idóneos para la generación eléctrica bajo tecnologías que aprovechen la energía solar. Las provincias comprendidas entre el norte de los andes (Santo Domingo, Pichincha, Imbabura, Carchi) y el sur occidente como (Loja y El Oro) superan el 5000 Wh/día demostrado el potencial de esta fuente [12]. En [51] se propone que el potencial solar para generación eléctrica en el país es de 312 GW, y es comparable a 15 veces el potencial hidroeléctrico que el país puede emplear. En la Figura

1.8 se puede apreciar que el valor de insolación global promedio del Ecuador es de 4574,99 Wh/día.

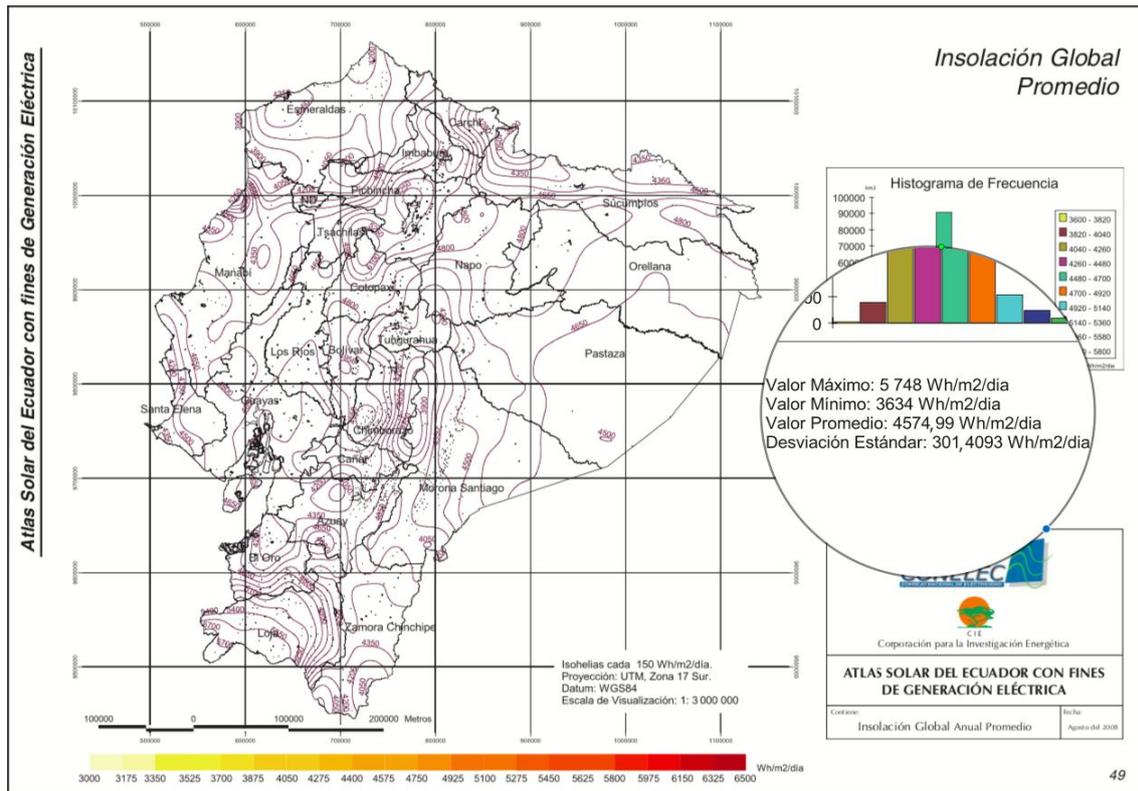


Figura 1.8 Insolación global promedio del Ecuador.
 Fuente: Atlas solar con fines de generación eléctrica [48].

Pese a que el Ecuador tiene un importante potencial de generación mediante esta fuente renovable, la energía fotovoltaica aún se encuentra en una etapa de crecimiento en el país. El último informe del ARCONEL 2019 muestra que la capacidad efectiva de energía solar fotovoltaica total del Ecuador es de 27,63 MW [36]. Esto representa aproximadamente el 0,32% de la potencia efectiva producida a nivel nacional mediante fuentes renovables y no renovables. En la actualidad el mercado solar ecuatoriano solo se ha visto desarrollado en zonas rurales, con el fin de abastecer de electricidad a lugares aislados [51]. Las centrales fotovoltaicas del país se encuentran entre 0,37 MW Y 1 MW de capacidad, en las zonas rurales de la amazonia se han instalado cerca de 5000 sistemas FV y aportan con un 0,65 GWh/año [15], [22].

Para el año 2013 se encontraban en desarrollo un total de 90 proyectos fotovoltaicos, en el año 2019 solamente se concretaron alrededor de un 10% de la potencia que se deseaba generar, esto indica una baja implementación de sistemas solares fotovoltaicos [39]. Se considera la optimización en los costos de producción e implementación de los sistemas fotovoltaicos, es un factor determinante para que esta tecnología aporte significativamente a la matriz energética

ecuatoriana. De esta manera la energía solar fotovoltaica podría ser uno de los pilares de la cobertura en la demanda de energía a futuro [16], [23].

1.5.2 El potencial eólico en el Ecuador

El Ecuador tiene un recurso eólico considerable, particularmente en la región que comprende la cordillera de los Andes. La cercanía con el océano Pacífico también favorece a zonas aptas para la colocación de esta tecnología en el futuro [13].

El MEER en el año 2013 mediante un mapeo satelital publicó el “Atlas Eólico del Ecuador”. Se estimó un potencial bruto de 2870 GWh/año. Este recurso no ha sido completamente utilizado y se encuentran operativas 3 centrales eólicas, que en conjunto aportan un total de 21,15MW. La primera en inaugurarse fue la central San Cristóbal en el año 2007 con una potencia nominal de 2,4MW y una producción anual 3,2 GWh. El parque eólico Baltra de 2,25MW entró en el 2014 y el parque Eólico Villonaco se encuentra funcionando desde el 2013 con una potencia instalada de 16,5 MW.

Se ha llegado a estimar un potencial factible a corto plazo de 1518,17 MW, siendo Loja y el Azuay las provincias con mayor potencial eólico. Existen estudios en la zona costera con 900 MW disponibles, además a 3500 m de altura se han cuantificado vientos mayores a los 7 m/s [11]. En el Ecuador actualmente el 0,24 % de la energía eléctrica generada, es mediante la energía eólica. A diferencia de las centrales solar FV, el tiempo de construcción de un parque eólico en el Ecuador es de 1 a 2 años con una potencia variable entre 5 y 50MW [43].

Las centrales que llevan en operación por varios años han generado lecciones importantes, una prueba de aquello es el desarrollo de la fase II Y III del parque eólico Villonaco. En [39] se establece que la energía eólica en el Ecuador ya ha superado el problema a corto y mediano plazo para alcanzar la rentabilidad. En el año 2018 el parque Villonaco presentó un factor de planta (FP) sobre el 85% para los meses de julio y agosto, considerados muy altos si se toma en cuenta que los aerogeneradores tienen un FP de entre 30 % y 40 %, siendo un 25% aceptable y mayores a 30% se consideran buenos [43].

En lo que respecta a proyectos nuevos, en el año 2019 el parque eólico Huascachaca inició su construcción. Se ubica a 84 km al suroeste de la ciudad de Cuenca y se espera su operación para el año 2021, la velocidad media registrada en la zona es de 5,35 m/s. Con los estudios de factibilidad realizados, el proyecto en un inicio se establece con 25 aerogeneradores de 2 MW de potencia cada uno dando un total de 50 MW, con una producción anual de 101 GWh [21]. El proyecto tiene miras de expansión a futuro en donde se planea tener 150 MW en total instalados.

La energía producida en dicha central será despachada a la red nacional mediante una subestación controlada por la Empresa Regional Centro Sur [30]. Se encuentra también en estudios proyectos como las Chinchas, Ducal, Salinas y Membrillo [24].

1.5.3 Regulaciones y dificultades en la penetración de las energías eólica y solar fotovoltaica

Según Orozco [53] la tendencia en reducción de costos de las ERNC tanto la energía fotovoltaica y eólica podría a corto plazo ser competitivas con la generación tradicional. En el caso ecuatoriano el Estado estableció un tratamiento diferenciado y preferente para las ERNC desde el año 2000. Los precios preferenciales fueron implantados en principio para las tecnologías que aprovechen los recursos solares, eólicos, biomasa y geotermia (ver Figura 1.9). Pero no se instauraron las condiciones de pago para proyectos privados, resultando en que las empresas generadoras deban negociar con las distribuidoras, mismas que no ofrecían una seguridad de pago [54].

La posterior regulación CONELEC 001/09 dio paso a la participación de los autogeneradores para el autoabastecimiento de energía, y en el caso de tener excedentes estos podían ser otorgados mediante la venta de energía. En el año 2011 a través de la regulación CONELEC 004/11 se estableció que los proyectos hidroeléctricos de 30MW y 50MW sean considerados también como energías renovables no convencionales. Se establecieron los requisitos, costos, formas de despacho y vigencia de la energía renovable no convencional conectada al SNI, el alcance de esta resolución también incluía a los proyectos no conectados a la red [55]. Esta regulación establecía nuevos precios para las energías renovables, el costo más alto fue para la energía solar fotovoltaica (ver Figura 1.9).

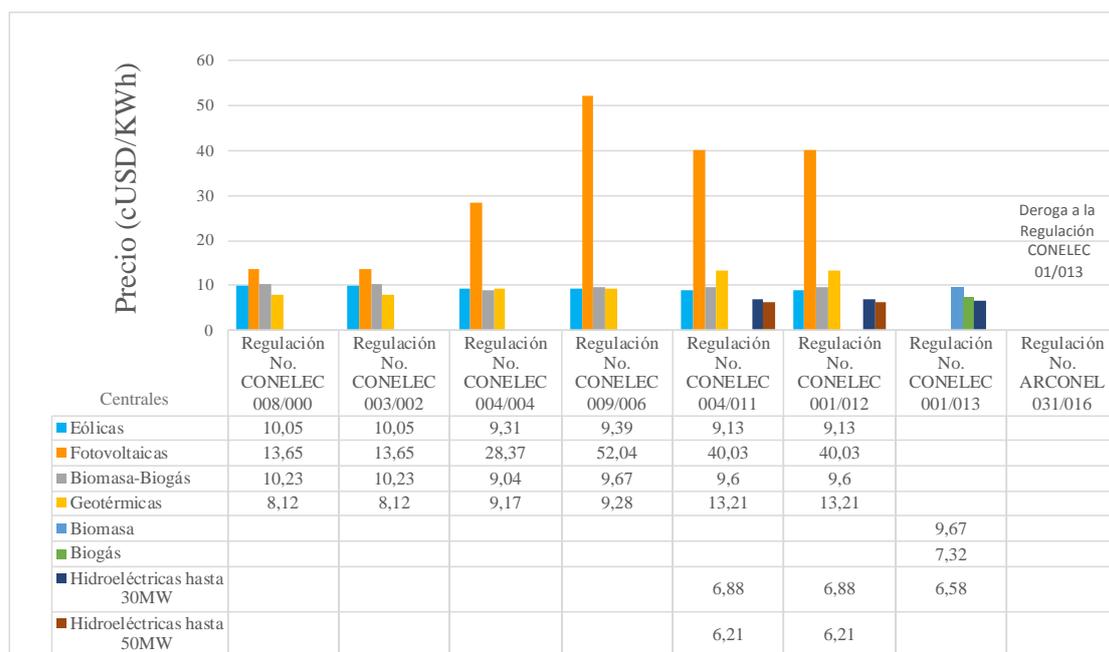


Figura 1.9 Precios preferenciales para ERNC (derogados).

Fuente: Autores con información del ARCONEL y Políticas para la promoción de las energías renovables en el Ecuador, situación actual, tendencias y perspectivas [38], [55]

En la regulación CONELEC 04/11 se implementó una prelación de pago para las energías renovables, de esta manera se esperaba que surgiera el interés de empresas privadas para invertir. Se estableció un precio preferencial por 15 años desde su suscripción, con la intención de estimular la implementación de proyectos en un periodo de tiempo más corto. Bajo estos términos si un proyecto de ER se tardaba 3 años en iniciar la producción de energía eléctrica, el inversor perdía el tiempo de tarifa, es decir era decisión del inversor agilizar los proceso de generación [54], [55]. Se llegó a pronosticar 800 millones de dólares en inversiones con una potencia de 355 MW en proyectos ya aceptados, hasta la fecha se han instalado menos de 30 MW siendo un resultado desalentador [39].

En el año 2013 se estableció la última regulación CONELEC 01/13 que incluiría precios preferenciales para la energía eólica y solar fotovoltaica, la principal diferencia con las anteriores regulaciones es que se establecía un cupo capacidad [15]. En el 2016 a través del ARCONEL se formuló la última regulación enfocada a las energías renovables no convencionales, la regulación ARCONEL 031/016 derogó a la anterior y no se estableció precios preferenciales para ningún tipo de ERNC.

La generación mediante ERNC ha permanecido estancada desde el año 2013, debido a que los inversionistas dejaron de proponer proyectos de energía renovable. En el 2018 se estableció la regulación 03/18 que establece los requerimientos para la conexión a red de la microgeneración solar fotovoltaica (uSFV). Con esto se busca fomentar la autogeneración privada y vender los

excedentes de energía. El reglamento establece un máximo de 100 kW de capacidad nominal instalada conectada a la red, para los usuarios en media o baja tensión. La regulación 03/18 no ofrece incentivos, pero establece los lineamientos técnicos básicos para el uso de la tecnología solar FV en edificaciones de manera descentralizada [55].

En lo referente a la energía solar, el parque solar fotovoltaico “El Aromo” ubicado en la provincia de Manabí en el espacio que fue acondicionado para lo que sería la Refinería del Pacífico aportaría una potencia estimada de 200 MW con un FP de 15,9%. En este caso particular el Estado busca para estos proyectos una inversión privada, y de llegar a concretarse el parque cubriría el 22% del consumo energético de Manabí o el 60,8% de Manta. Una situación similar ocurre con la fase II y III del parque eólico Villonaco situados en Membrillo Ducal y Huayrapamba, estos sectores cuentan con una velocidad de viento anual promedio de 8,44 m/s. El FP calculado sobrepasa el 40% y aportaría una potencia mínima de 110 MW para los dos emplazamientos.

1.5.4 Potencia instalada mediante energía eólica y solar fotovoltaica 2006-2019

La difusión de la ERNC ha sido muy lenta en el Ecuador, el primer proyecto eólico se estableció en el año 2007. Desde esa fecha se planteó una potencia instalada proyectada de 121,65 MW. La última implementación de energía eólica fue el año 2014 con 2,25 MW. Es decir, el crecimiento anual de esta tecnología es de 1,95 MW/año. En la Figura 1.10 se aprecia la potencia nominal instalada y acumulada anualmente desde el año 2005 para las dos tecnologías analizadas [14], [35].

La energía solar FV se introdujo por primera vez en el año 2005 en el sector eléctrico ecuatoriano y supera a la energía eólica en 6,48 MW, pero la energía solar ha tenido una instalación anual de 1,82 MW/Año. Las dos tecnologías presentan un crecimiento similar hasta enero del 2019, lo que puede acentuar la idea de que el despliegue de energía eólica y solar FV en el sector eléctrico ecuatoriano no ha tenido éxito. Estos datos pueden mejorar en los próximos años debido a que se encuentra en fase de construcción, el parque eólico minas de Huaschacha, el más grande en el país y varios proyectos nuevos ya se encuentran en estudios de factibilidad y prefactibilidad.

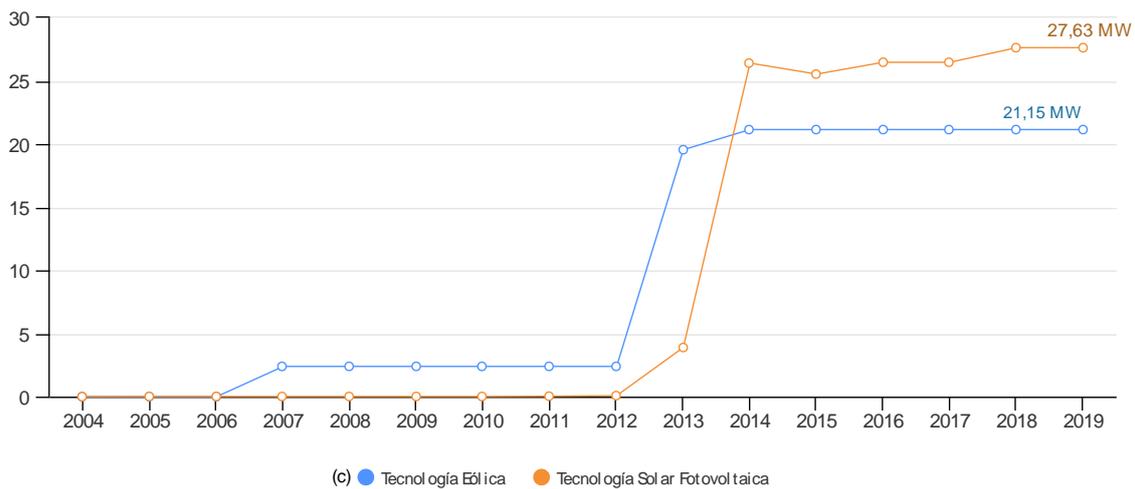
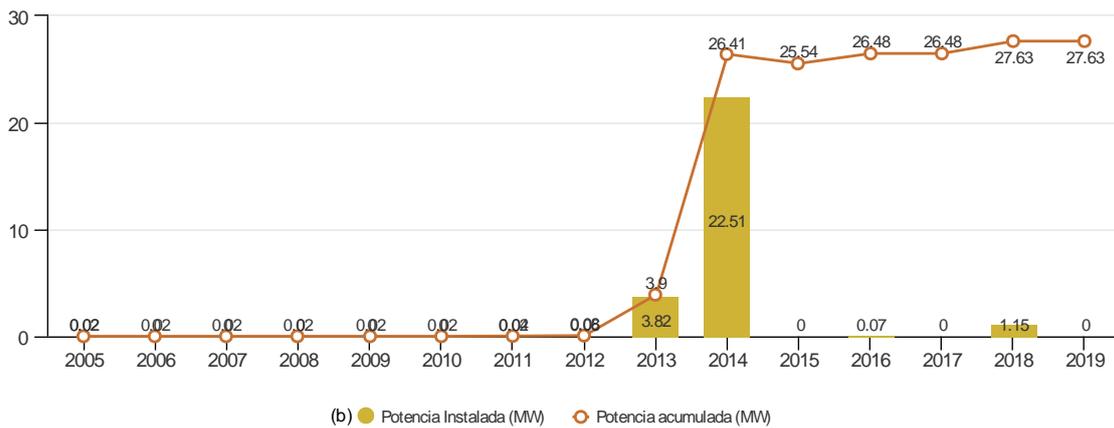
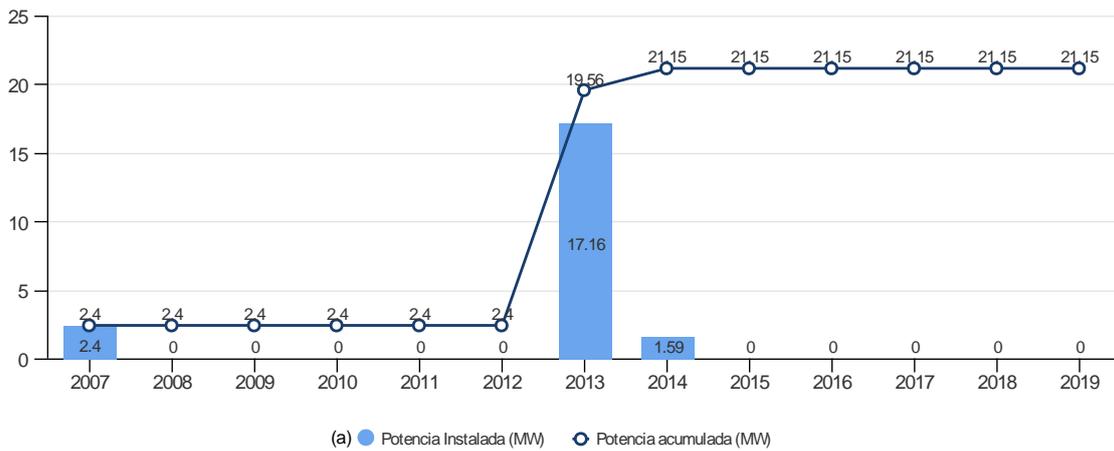


Figura 1.10 (a) Tecnología eólica, (b) Tecnología solar FV, (c) Comparación entre tecnología eólica y solar FV.

Fuente: Autores con información del Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2018 [56].

1.6 MARCO LEGAL DE LAS ENERGIAS RENOVABLES EN EL ECUADOR

1.6.1 Tipos de Políticas para el Incentivo de las ER

Factores como el desarrollo tecnológico, aceptación social, eficiencia, costos y la economía de cada país tienen un peso importante al momento de crear regulaciones e incentivos para

promocionar tecnologías consideradas nuevas en el mix de generación [5]. En [38], se indica que la promoción de las energías renovables está marcada por su capacidad para involucrarse y ser parte de un mercado que actualmente está acaparado por las tecnologías tradicionales. Dentro de este tipo de mercados no solo influyen las ventajas que estas nuevas fuentes pueden ofrecer y que la mayoría de los actores del campo eléctrico conocen. En base a esto se consideran necesarios mecanismos que promuevan la implementación de nuevas tecnologías, haciéndolas más atractivas para el mercado eléctrico. Se considera apropiado crear políticas e instituciones que fomenten el uso de este tipo de tecnologías de generación renovable.

Las políticas e instituciones buscan eliminar las barreras para el desarrollo de las ER dentro de un sistema tradicional de generación, creando un nuevo funcionamiento del sector eléctrico. Además, han existido varios incentivos los cuales abordan de una manera directa a las barreras tanto económicas como financieras, estas son un tipo de políticas dirigidas a eliminar las barreras que las nuevas tecnologías presentan. Las regulaciones e incentivos necesarios para promover las energías renovables pueden ser establecidas en los tres grupos presentados en la Tabla 1.5 [32].

Tabla 1.5 Políticas para la promoción de las energías renovables en el Ecuador.

Fuente: Autores con información de Barragán et al. [38].

Política	Instrumento	Descripción
Cantidad y precio La política promueve precios diferenciados para las ER, la potencia de generación no se establece, pero los valores si lo están. Por otra parte, se puede especificar una potencia a generar sin fijar dichos precios.	<i>Tarifa regulada (Precios preferenciales)</i>	Mundialmente conocida como Feed-in Tariff (TIF), este modelo establece una tarifa para la compra de energía que proviene de las ERNC, la tarifa es establecida por el ente regulador. En base a esto los participantes del mercado (empresarios) proponen la potencia a generar de acuerdo con sus posibilidades.
	<i>Objetivos nacionales</i>	Los objetivos suelen estar definidos de manera explícita en los planes de gobierno. Los gobiernos proponen una meta a ser alcanzada mediante ER, siendo esta meta un porcentaje del total de potencia esperada mediante tecnologías renovables para un año planteado.
	<i>Mecanismos de mercado</i>	Son instrumentos basados en ser participe de los mecanismos de mercado que exaltan los beneficios de las ER. La generación eléctrica y la baja contaminación al medio ambiente son ejemplos para promocionar las cualidades ambientales de las ER (mínima emisión de gases de efecto invernadero).

<p>Reducción de costos</p> <p>Alivia el efecto de los precios de las ER mediante la reducción de costos de inversión de estas tecnologías.</p>	<p><i>Incentivos financieros</i></p>	<p>Este instrumento se enfoca en crear incentivos financieros destinados a reducir los costos iniciales y los riesgos percibidos en la inversión para proyectos de ER. Las medidas financieras pueden incluir subsidios a las ER, reducción de tasas arancelarias y reducción de impuestos en la importación de tecnología. De esta manera las ER se pueden establecer con mayor firmeza en el mercado.</p>
<p>Inversión pública</p> <p>La política se enfoca en la inversión directa del Estado para proyectos renovables. El enfoque considera la Investigación y Desarrollo (I+D), donde se intenta promocionar los recursos renovables propios de la región. Además, se considera que la inversión debe ser direccionada a la educación de la población sobre las ER.</p>	<p><i>Avance de proyectos por parte del Estado</i></p>	<p>En principio se propone que el Estado implemente nuevos proyectos de ER, esto se lleva a cabo a través de los objetivos nacionales detallados en los planes de gobierno. El objetivo es demostrar el potencial en cuanto a las ER, de esta forma se puede motivar a la inversión. Se presentan nuevas fuentes de generación al mismo tiempo que se aporta a la matriz de generación.</p>
<p>Investigación y desarrollo (I+D), donde se intenta promocionar los recursos renovables propios de la región. Además, se considera que la inversión debe ser direccionada a la educación de la población sobre las ER.</p>	<p><i>Investigación y desarrollo (I+D)</i></p>	<p>La investigación y desarrollo de nuevas tecnologías es primordial para la promoción de las fuentes de ER. Los recursos naturales son variables por región y estaciones climáticas, debido a esto los esfuerzos locales desempeñan un papel relevante en el estudio de sitios estratégicos.</p>
<p>Investigación y desarrollo (I+D), donde se intenta promocionar los recursos renovables propios de la región. Además, se considera que la inversión debe ser direccionada a la educación de la población sobre las ER.</p>	<p><i>Sondeo de emplazamientos con el adecuado recurso</i></p>	<p>Los programas del estado pueden incluir el análisis y estado de la red. La instalación de estaciones meteorológicas para determinar el potencial del recurso renovable aporta información a los desarrolladores de proyectos.</p>

1.6.2 Políticas implantadas en el Ecuador para promover el uso de las ER

De los mecanismos propuestos en la Tabla 1.5 el sistema Feed-in Tariff (TIF) o tarifa regulada, es el que ha tenido mayor efectividad para fomentar la implementación de las ER al rededor del mundo. El éxito de este mecanismo se dio en el año 2010, el 65 % de la energía eólica y el 87 % de energía solar fotovoltaica se establecieron mediante este mecanismo de promoción [38]. En el año 2015 las energías que tuvieron mayor tasa de crecimiento a nivel global fueron las energía solar fotovoltaica , energía solar concentrada (CSP) y la energía eólica [15]. En el Ecuador se han implementado varios mecanismos, pero estos no han tenido el éxito esperado, algunos de los mecanismos implantados se detallan a continuación.

1.6.2.1 Tarifa regulada

El Ecuador aplicó una política de precios preferenciales para las fuentes renovables no convencionales como la energía solar fotovoltaica, eólica, biomasa, biogás, hidroeléctrica y geotermia. Estas disposiciones se establecieron desde el año 2000, la última tarifa fue establecida en la regulación CONELEC-001/13. En esta regulación no se llegó a incluir a la energía eólica y tampoco a la solar fotovoltaica, considerando únicamente a las centrales de Biomasa, Biogás e hidroeléctricas menores a 30 MW bajo los precios preferenciales (ver Figura 1.9). En las regulaciones posteriores no se planteó un nuevo precio preferencial, la regulación CONELEC-001/13 fue derogada en el año 2016, siendo esta la última que contempló precios preferenciales [38], [51].

1.6.2.2 Objetivos nacionales

El país ha contado con varios objetivos nacionales planteados por entidades del gobierno como el actual Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR) y su antecesor MEER se planteó un 1% de energía renovable a base de energía solar FV y eólica para el año 2020. También se ha creado el Plan Maestro de Electrificación, el Plan Maestro de Electricidad (PME) y el Plan Nacional de Eficiencia Energética (PLANEE) en donde es evidente la intención de promover a las energías no convencionales. Se espera que para el año 2030 dichas energías puedan complementar con un mayor aporte al mix de generación eléctrica del país [57], [58].

Es importante destacar el “Plan Nacional del Buen Vivir 2017-2021”, en donde se establecen objetivos, políticas y metas para expandir el uso de las energías renovables a futuro en el país. Algunos de esos objetivos son citados a continuación:

- Impulsar la economía urbana y rural, basada en el uso sostenible y agregado de valor de recursos renovables y la bioeconomía, propiciando la corresponsabilidad social.
- Optimizar la matriz energética diversificada de manera eficiente, sostenible y soberana, como eje de la transformación productiva y social.

1.6.2.3 Mecanismos de mercado

EL Ecuador en el año 2000 firmó el Protocolo de Kioto, el cual no entro en vigor hasta el año 2005. El país lo ratificó en el año 2012, y su periodo de vigencia es hasta el 31 de diciembre del 2020. Mediante este convenio el país pudo ser participe en la aplicación de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) y Medidas de Mitigación Apropriadas para cada país NAMAs (por sus siglas en ingles). El Ecuador en los próximos años será participe del Acuerdo de Paris, el cual entra en vigor en el año 2020.

Para ratificar su compromiso con el acuerdo de París, el país presentó a la ONU el primer documento de Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC). El NDC tiene como principal compromiso reducir en un 20,9% las emisiones de gases de efecto invernadero, adaptación y ejecución que se realizará en el periodo 2020-2025. Las partes involucradas en dicho acuerdo deben plantear una nueva NDC cada 5 años con metas y propuestas más ambiciosas [38].

1.6.2.4 Incentivos financieros

El Estado establece que se promoverá el uso de todo tipo de energías renovables o uso de sistemas de eficiencia energética mediante la eliminación de impuesto a este tipo de tecnologías. La Ley del Régimen Tributario Interno, 2019 en el Art. 9.1 propone la exoneración de impuestos a ciertas tecnologías en particular, dicho dictamen se transcribe a continuación:

“Exoneración de pago del Impuesto a la Renta para el desarrollo de inversiones nuevas y productivas. Las sociedades que se constituyan a partir de la vigencia del Código de la Producción así como también las sociedades nuevas que se constituyeren por sociedades existentes, con el objeto de realizar inversiones nuevas y productivas, gozaran de una exoneración del pago del impuesto a la renta durante cinco años, contados desde el primer año en el que se generen ingresos atribuibles directa y únicamente a la nueva inversión”

Para ser partícipes del beneficio expuesto en el Art. 9.1 todas las inversiones nuevas deben estar dentro de los ya definidos sectores económicos considerados prioritarios para el Estado. A continuación, se presentan los sectores más relevantes propuestos en la Ley y que incentivan la implementación de energías renovables en el sector eléctrico ecuatoriano [59].

1. Energías renovables incluida la bioenergía o energía a partir de biomasa.
2. Eficiencia energética, empresas de servicios de eficiencia energética.
3. Industrias de materiales y tecnologías de construcción sustentables.

1.6.2.5 Desarrollo de proyectos desde el Estado

El Ecuador tiene una importante inversión pública en el campo de la generación eléctrica mediante energías renovables convencionales, un ejemplo es en el sector hidroeléctrico en donde casi en su totalidad la inversión es pública. En el campo de la energía eólica Villonaco II y III ubicados en Membrillo-Ducal y Huayrapamaba respectivamente ya tienen estudios de factibilidad con una potencia mínima proyectada de 110 MW. Se han implementado paneles fotovoltaicos en localidades remotas para abastecer de energía a poblados que no cuentan con servicio eléctrico.

1.6.2.6 Investigación y desarrollo

En el año 2012, se creó el Instituto Nacional de Eficiencia Energética (INER), cuya principal tarea fue el desarrollo de la ciencia en el campo de la eficiencia energética y la ER. El objetivo de dicha institución fue “Incrementar el nivel de la investigación aplicada realizada en el Ecuador, en materia de eficiencia energética y energía renovable y nivel de conocimiento y concientización de la ciudadanía y entidades en temas de eficiencia energética y energía renovable mediante programas de difusión”. Esta institución entregó importantes aportes, algunos de estos fueron informes sobre la energía eólica y solar FV indicando el potencial energético mediante fuentes renovables en el país. Este Instituto cesó sus funciones debido a la fusión por absorción por parte del Instituto Nacional de Investigación Geológico, Minero y Metalúrgico (INIGEMM) [12], [13].

1.6.2.7 Información y prospección de localidades

La exploración de los recursos renovables no convencionales permite determinar de forma clara la cantidad del recurso que se dispone y calcular la energía que puede generarse a través de este medio. Los estudios que permitieron definir el Atlas Solar con fines de generación eléctrica y el Atlas Eólico en el año 2008 y 2013 respectivamente, son hitos importantes para la promoción de estas tecnologías. A partir de estos se ha podido cuantificar el potencial energético que el país posee a partir de estos recursos naturales renovables [48]. Se cuenta actualmente con la Asociación Ecuatoriana de Energías Renovables y Eficiencia Energética (AEEREE), cuyo objetivo es la difusión del conocimiento y la promoción de la energía proveniente de recursos renovables sustentables, además de estudiar procesos que mejoren la eficiencia energética del país.

El convenio entre la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) y el desaparecido INER fue un ejemplo de cooperación entre el sector público y la academia para avanzar la investigación de las ER [13]. La Universidad del Cuenca por su parte cuenta con el Eco Campus, cuya construcción fue cofinanciada por el Programa de Canje de Deuda Ecuador-España. Este convenio se realizó con el fin de incentivar a que los jóvenes interpreten los datos de la “Smart Grid”, y de esta manera iniciar estudios sobre la generación distribuida mediante fuentes convencionales y no convencionales. En la sección 1.4 se pueden apreciar varias universidades que manejan investigaciones de las fuentes de energía renovable que el país posee.

El Instituto de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER) fue un instituto público de investigación, creado por el decreto ejecutivo No.1048 y puesto en vigencia el 28 de febrero del 2012 por el registro oficial No. 649. El INER de acuerdo con su misión se enfocaba en generar nuevos estudios de conocimiento e innovar en los ámbitos de ciencia energética y energías renovables, mediante el desarrollo y transferencia de tecnología, contribuyendo a la toma de

decisiones orientadas al cambio de la matriz energética [15]. Entre las principales funciones que el INER desarrollaba se encontraba: Los estudios de diversificación de la matriz energética, mitigar el cambio climático, analizar el contexto de las energías renovables en el Ecuador y el mundo. Además, se enfocaba en analizar el contexto mundial, regional y local de las medidas de eficiencia energética [60].

Todas estas funciones se realizaron hasta el 2017, año en el que mediante el Decreto Ejecutivo No. 135, Registro Oficial No. 76 publicado el 11 de septiembre del 2017 se fusionó con el Instituto Nacional de investigación Geológico, Minero y Metalúrgico. Una vez concluido este proceso se cambió el nombre a Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), el cual fue adscrito al Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (MERNNR), y de esta manera concluyendo su periodo institucional [61].

“Si te importa el futuro de nuestros hijos y nietos, te importan las energías renovables, y si alguien te dice que no es rentable, recuerda que ya lo hemos escuchado antes, porque es el debate entre quienes dicen no, no podemos, y aquellos que dicen sí, sí podemos, entre los que temen el futuro y quienes lo abrazan.”

Barack Obama.

Capítulo 2

FACTORES QUE PROMUEVEN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

Índice

2.1	FACTORES PARA LA EXPANSIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA GENERACIÓN ELÉCTRICA.....	34
2.1.1	Actividades emprendedoras.....	34
2.1.2	Desarrollo del conocimiento.....	35
2.1.3	Difusión del conocimiento a través de redes.	35
2.1.4	Establecer un objetivo a futuro	36
2.1.5	Formación del mercado.....	36
2.1.6	Movilización de recursos.	36
2.1.7	Creación de legitimidad/ Contrarrestar la resistencia de cambio.	37
2.2	MADUREZ TECNOLÓGICA DE LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA	37
2.2.1	Etapas de formación.....	41
2.2.2	Etapas de crecimiento o desarrollo	41
2.2.3	Etapas de madurez	41
2.2.4	Madurez tecnológica de la energía eólica y solar fotovoltaica en el Ecuador ...	41

Los factores del sistema pueden ser definidas como una red de agentes de carácter público y privado cuyas actividades interaccionan entre sí para iniciar, expandir e introducir a las nuevas tecnologías en un determinado sector estratégico [9]. En un sistema de innovación tecnológica como en el caso de la generación eléctrica, los agentes involucrados son menores en comparación con otros sectores, de esta manera se facilita el análisis. Los autores que han logrado identificar las barreras en otros países determinan que los mecanismos referentes a las tecnologías de energías renovables para la producción de electricidad son siete [6], [7].

Para determinar las barreras que obstaculizan el auge de las energías renovables en el Ecuador, es necesario identificar qué factores intervienen en la transición tecnológica. En investigaciones realizadas en países como Grecia, Hong Kong, India y otros de Sudamérica como Argentina, Colombia, Brasil y Chile se plantea la idea de factores o mecanismos del sistema [3], [5], [62]–[66]. Estas funciones son etapas que cada tecnología debe llegar a pasar para que su desarrollo y difusión se lleven de manera exitosa [2]. En los estudios mencionados se analizan siete factores, con el objetivo de identificar cual no se encuentra bien desarrollado en la transición tecnológica de un sistema. Luego de definir estos factores se pueden plantear acciones correctivas. Los estudios revisados indican que las nuevas tecnologías de generación eléctrica tienen que superar un conjunto de barreras para competir con las tecnologías tradicionales [4].

2.1 FACTORES PARA LA EXPANSIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA GENERACIÓN ELÉCTRICA

2.1.1 Actividades emprendedoras

La aparición de empresarios en la transición tecnológica promueve el auge de las energías renovables, puesto que sin su existencia la implementación de estas energías no se expandiría. En esta función los dos sectores (empresarial y sector energético) involucrados terminan ganando, pues el empresario cierra negocios con utilidades y en el ámbito energético las ER toman un impulso y desarrollo. Cabe recalcar que no existe un sistema de innovación tecnológica sin emprendedores ya que los empresarios son esenciales para el auge de estas energías [7].

El accionar del empresario es convertir el potencial de estas tecnologías en oportunidades de negocios. Esta iniciativa como todo negocio tiene riesgos, como la pérdida de capital, pero a su vez son necesarias para cubrir incertidumbres que se presentan por la aparición de nuevos conocimientos y tecnologías. En el peor de los casos, de existir pérdida total esta se convierte en una base para corregir errores para una próxima inversión, pues cada experiencia sea buena o mala se convierte en conocimiento o aprendizaje [10].

Se puede tomar como ejemplo el caso de las ER en los Países Bajos. Puesto que el gobierno de Holanda pretendía no eliminar los impuestos a las ER, un grupo de empresarios presionaron de manera colectiva para lograr una exención de estos impuestos, todos haciendo énfasis el beneficio que aportan estas tecnologías para el medio ambiente [7].

2.1.2 Desarrollo del conocimiento

Según Lundvall [5] actualmente el recurso más importante dentro de la economía es el conocimiento y por ende el proceso que le sigue es el aprendizaje. En consecuencia, la investigación y el desarrollo (I+D) del conocimiento son requisitos básicos previos para implementar un avance tecnológico en un determinado sector [9]. No solo se debe aprender mediante la búsqueda de información existente, también es necesario una formación a través de hechos o actividades pragmáticas. Se puede establecer como ejemplo las creaciones de informes y planes de gobierno que presentan el potencial solar y eólico existente en cada país, la investigación y el desarrollo es importante, pero se debe dar paso a la implementación de plantas que aprovechen dichas fuentes. De no existir un suficiente desarrollo en el conocimiento tecnológico se puede acudir a replicar acciones de uso tecnológico y energético de países desarrollados [5].

2.1.3 Difusión del conocimiento a través de redes.

Las redes tienen un propósito importante, siendo este el intercambio de información. Los principales actores de estas redes son el gobierno, los competidores y el mercado. En donde las decisiones de los altos rangos deben ser tomadas de acuerdo con los avances tecnológicos. De esta manera, la actividad de la red puede considerarse como una condición previa para el aprendizaje y desarrollo a partir de la interacción. Se puede plantear un ejemplo en donde los habitantes y el sector privado se enfocan en el uso de energías renovables. En este caso es probable que se produzca un cambio en la (I+D), hacia una mayor implementación de proyectos [5], [7].

La implementación de paneles solares residenciales, cocción mediante cocinas de inducción y calentadores de agua térmicos son un ejemplo en donde la sociedad en general toma iniciativa por cuenta propia o por incentivo del Estado, para aprovechar los recursos naturales. Al tener un mayor interés en el uso de tecnologías renovables por parte de los usuarios, más empresas entran a competir con el fin de proveer de tecnología al mercado. En este sentido el estado debe ser participe retirando trabas económicas y políticas, para la importación e implementación de estos sistemas [7], [67].

2.1.4 Establecer un objetivo a futuro

De esta función depende la implementación de nuevos proyectos desde el Estado ya que afecta positivamente a la expansión de las ER. Se puede potenciar el desarrollo, mediante un anuncio directo del Estado que indique un objetivo de potencia instalada a futuro. Se tiene que ser siempre efectivo debido a que la imposición de expectativas debe otorgar legitimidad al desarrollo que se propone alcanzar, estimulando la movilización de recursos para nuevas tecnologías [6]. La UE por ejemplo propone reducir el 80% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para el año 2050 mediante el uso de fuentes renovables para la generación eléctrica. Debido a que los recursos pueden ser limitados se debe enfocar en un tipo de tecnología específico para invertir [7], [51].

2.1.5 Formación del mercado.

Una tecnología considerada nueva siempre tiene trabas para crecer ante otras tecnologías ya establecidas. Por ello es importante que las políticas estatales posibiliten la creación de nuevos mercados ya sean temporales o permanentes para que la implementación de estas nuevas tecnologías pueda competir con las ya existentes [8]. Se busca crear ventajas competitivas para promover la creación de mercados con la finalidad que estas nuevas tecnologías puedan desarrollarse y competir con las ya existentes. Por ejemplo, nuevas tarifas y la liberación de impuestos a la importación de tecnologías son acciones destinadas a promover la competitividad de los nuevos mercados. Un caso ya implementado es en Holanda en donde se redujo los impuestos para las ER o exención fiscal proliferando el uso de estas tecnologías [51], [52].

2.1.6 Movilización de recursos.

Los recursos pueden ser económicos o humanos. Esto depende de los sectores de alto rango (gobierno, ministerios e instituciones), ya que ellos deben evaluar la cantidad adecuada de recursos para que estas tecnologías se desarrollen dentro de los programas o planes que se planteen. Estos sectores deben generar fondos disponibles para permitir que nuevas tecnologías puedan ser estudiadas o investigadas. Para conocer si los fondos son suficientes o no, se llegan a aplicar entrevistas a los actores de las entidades involucradas. La ausencia de un adecuado recurso imposibilita que los programas o instituciones puedan avanzar de manera correcta [35], [40].

Un ejemplo de movilización de recursos económicos son los fondos destinados a programas de (I + D), otorgados por los estados o la industria para desarrollar el avance tecnológico específico. Dentro de esta definición también está el capital disponible para realizar pruebas de nuevas tecnologías. Los recursos humanos son profesionales destinados a los centros de investigación y

desempeñan la tarea más importante, no es suficiente tener un excelente recurso económico y tecnológico para investigación, es necesario una adecuada cantidad de profesionales expertos en el campo de las ER [3], [5].

2.1.7 Creación de legitimidad/ Contrarrestar la resistencia de cambio.

Para que una nueva tecnología en el campo de generación eléctrica logre desarrollarse de manera adecuada, debe consolidarse para competir con las tecnologías convencionales. Dentro de un campo de transición tecnológica, a este paso se lo denomina como “destrucción creativa”. Esta unión entre tecnologías nuevas y antiguas puede crear cierta legitimidad para los nuevos proyectos y reducir la resistencia al cambio que permitiría tener una matriz energética más diversa, en donde las ER pueden complementar de manera importante a este sector [3], [5].

Para entender de mejor manera la creación de legitimidad se toma como ilustración a los biocombustibles en Alemania. Los agricultores obtuvieron subsidios de la UE y designaron terrenos a cultivos no alimentarios, de esta manera ganaban dinero vendiendo aceite de canola que más tarde se convertiría en biodiesel. A partir de esto los agricultores, comerciantes y productores de biodiesel fundaron la Unión para la Promoción de Plantas de Aceite y Proteínas. Iniciaron un mercado de biodiesel a través del uso en tractores, y persuadieron a compañías de taxis para que adoptaran el biodiesel como su combustible base. A partir de esto se dio la declaración de Volkswagen 1995, estableciendo que todos los nuevos modelos debían funcionar con biodiesel, entrando en competencia con los combustibles fósiles [69].

2.2 MADUREZ TECNOLÓGICA DE LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA

El avance tecnológico tiende a promover el desarrollo de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC). La matriz energética del Ecuador debe ajustarse a las nuevas formas de generación y demanda. Es importante conocer el estado de madurez actual de las ERNC en el Ecuador, de esta manera se pueden establecer las acciones específicas para promover el uso de estas tecnologías en el país. Una mayor implementación de las energías renovables en conjunto con la eficiencia energética es la base principal para un éxito en la transición energética. Morris y Pehnt [69] establecen que el sol, el viento y la biomasa, son fuentes de energía autóctonas del planeta y respetuosas con el medio ambiente, y de ser aprovechadas de manera correcta pueden tener un impacto favorable a la generación eléctrica.

La transición en la tecnología para la generación de electricidad ya no se trata de un lujo sino es un requisito para garantizar la sostenibilidad ambiental. En los últimos años los precios de la

energía solar fotovoltaica y eólica han disminuido considerablemente, debido a esto, varios países han apostado por las fuentes de energía local como una posibilidad real de autoabastecimiento energético. Países como EEUU, Brasil y China han aprovechado su topografía favorable mediante centrales hidroeléctricas de gran tamaño, por otra parte Japón, Alemania, Sudáfrica y la India son líderes pioneros en el campo de la energía eólica y solar [30]. En la Figura 2.1 se presentan los países que potencian la implementación de energías renovables y sus fortalezas frente a estas tecnologías, muchos de estos países tienen mercados desarrollados y tecnologías maduras [29].

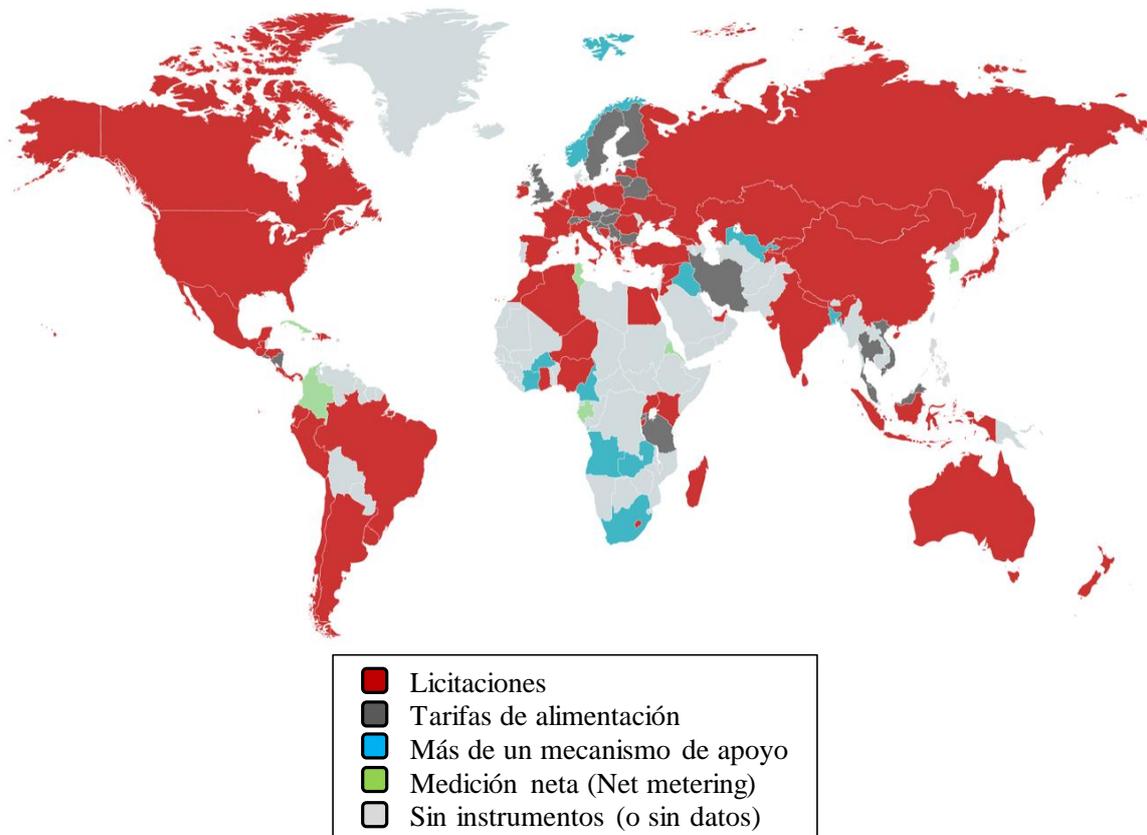


Figura 2.1 Países con instrumentos políticos y objetivos en materia de energías renovables.
Fuente: Autores con información de La Energiewende alemana [29].

El éxito en la transición energética se puede conseguir mediante las negociaciones entre los actores públicos y privados en conjunto con los habitantes, estos últimos cumplen un trabajo importante dentro de este sistema. En varios países se han establecido acciones para contrarrestar los problemas y desafíos que se presentan cuando una nueva tecnología intenta entrar a un mercado o crear uno nuevo. Para que una determinada tecnología sea competitiva y pueda tener éxito en su promoción, debe sobrepasar tres etapas de madurez tecnológica dentro del sector eléctrico tradicional.

En la Tabla 2.1 se aprecia la madurez a nivel mundial de las tecnologías que utilizan agua, viento y radiación solar para generar electricidad. Las centrales hidroeléctricas a gran escala a nivel

mundial se han consolidado como maduras, y no presentan mayores opciones de eficiencia para conseguir una mayor generación. Actualmente las centrales hidroeléctricas a gran escala proveen más del 50% del total de energía eléctrica generada en el Ecuador, y es la fuente de energía con mayor despliegue a nivel global si se consideran únicamente centrales que no utilizan combustibles fósiles. Aun cuando la energía hidráulica tiene el mayor despliegue en la generación eléctrica, su aporte en potencia puede aumentarse doce veces más a nivel global [6].

Tabla 2.1 Etapas en la madurez tecnológica de la energía hidráulica, eólica y solar fotovoltaica.

Fuente: Autores con información de, *Hacia una matriz diversificada* [15], y *Faster market growth of wind and PV in late adopters due to global experience build-up* [62].

Tipos de Energía	Etapas			
	Formación	Desarrollo		Madurez
	<i>Investigación y demostración</i>	<i>Despliegue y utilización</i>	<i>Difusión</i>	<i>Comercialmente madura</i>
<p><i>Hidráulica</i></p> 			Hidro en pequeña escala (run of river)	Hidroeléctrica de gran escala
<p><i>Eólica</i></p> 	Turbinas flotantes	Turbinas de viento en el mar	Turbinas de viento en tierra	
<p><i>Solar</i></p> 	Paneles fotovoltaicos orgánicos	Solar térmica concentrada (CSP) para la generación eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Paneles solares para calefacción de agua ▪ Módulos solares FV 	

Por otra parte, existen otros tipos de tecnologías que se encuentran en etapa de desarrollo como las centrales hidroeléctricas a pequeña escala sin reservorio, además de centrales eólicas y fotovoltaicas. La implementación de pequeñas hidroeléctricas se ve demeritado por la focalización en grandes proyectos hidroeléctricos, en donde la producción de energía es mayor.

La promoción de las energías renovables está relacionada de manera directa con el estado de desarrollo tecnológico. La energía eólica por ejemplo en un inicio tenía turbinas con aspas de 15-20 m de diámetro, actualmente se han desarrollado tecnologías de turbinas con mayor diámetro y

capacidad, esto reduce los costos de fabricación y aumenta la potencia y por consiguiente la producción de energía [6]. Actualmente se han desarrollado nuevas tecnologías para el campo eólico con aerogeneradores en el mar (offshore), aerogeneradores de eje vertical y aerogeneradores flotantes, esto genera más campos de inversión y aumenta las opciones para la implementación de centrales eólicas.

La energía térmica concentrada se encuentra en resurgimiento en el mercado. Debido a que esta tecnología en particular requiere de una radiación intensa, resulta más factible su implementación en regiones secas o semiáridas como Marruecos, Egipto y en regiones de África [6]. Se prevé que hay pocas zonas con las condiciones apropiadas para un correcto funcionamiento en el Ecuador, el cantón Macará en la provincia de Loja es uno de los sitios con un recurso interesante para esta tecnología en particular [6].

Por otra parte, la tecnología solar fotovoltaica en los últimos años se ha visto beneficiada por la reducción de coste en inversión y funcionamiento. Esta reducción en costos se da por la desmaterialización en la tecnología FV, actualmente se necesita de módulos con menor tamaño para obtener una mayor potencia, además de un aumento en el rendimiento con un menor grosor de célula. La reducción en el costo de los paneles solares y su fácil aplicación de manera descentralizada en techos residenciales, hacen de esta tecnología una de las opciones más fiables para implementar en el país.

Se considera importante identificar en qué etapa de madurez tecnológica se encuentra cada tipo de energía, pues a partir de ello se puede establecer cuáles son las tecnologías más viables para promocionar. Así mismo se pueden establecer incentivos o políticas que ayuden a su promoción y que consoliden su participación en el mercado. Se considera necesario también analizar cuáles son los limitantes para la promoción de las ER.

Las tecnologías que aprovechan las energías renovables demuestran un crecimiento tecnológico veloz en los últimos años, a nivel mundial casi una quinta parte del abastecimiento total de energía fue mediante fuentes renovables [15]. Todo este avance tecnológico hace que las tecnologías renovables tomen mayor confiabilidad, eficiencia y costos más competitivos en el mercado eléctrico. Como se argumentó, las acciones necesarias para promover el uso de las tecnologías renovables están directamente involucrado con el estado de madurez en el que se encuentre cada tecnología. Eleftheriadis y Anagnostopoulou [5] confirman que son 3 las etapas que una determinada tecnología debe pasar para conseguir el éxito comercial, a continuación, se detalla cada una de ellas.

2.2.1 Etapa de formación

En esta etapa se realizan los estudios, mediciones de potencial y se implementan las primeras plantas de prueba con un tipo de tecnología ya seleccionada. Si la implementación es eficiente permite la introducción de la nueva tecnología al mercado, de lo contrario se buscan tecnologías con un funcionamiento más acorde al sector. En esta etapa la tecnología inicia con costos de producción elevados y beneficios o ganancias nulas [5].

2.2.2 Etapa de crecimiento o desarrollo

Es la fase en la cual se mejoran las características de la nueva tecnología que ya se encuentra en el mercado, esto provoca la presencia de nuevos competidores. En esta etapa la tecnología ya es conocida, produce ciertas ganancias, y promueve inversiones propias para conservar el capital e inversiones externas de competidores. A la vez esto aumenta el posicionamiento de las tecnologías en el mercado, además se necesita una correcta difusión para lograr un despliegue exitoso de las tecnologías [7].

2.2.3 Etapa de madurez

En esta etapa la tecnología se estabiliza en el mercado, las fallas en el sistema han sido mejoradas y la mayoría de los productores y clientes conocen los beneficios. En esta etapa la tecnología se encuentra en el periodo más rentable, es decir sus costos son mínimos y ya no se necesitan grandes inversiones para permanecer en el mercado. El costo más relevante en esta etapa es para los procesos de mantenimiento y operación. Los costos tecnológicos ya no tienen una relevancia notable en el funcionamiento de las centrales [6].

2.2.4 Madurez tecnológica de la energía eólica y solar fotovoltaica en el Ecuador

Las energías renovables en el país actualmente se encuentran en la fase de desarrollo en su implementación debido a que la tecnología eólica y solar fotovoltaica ya han pasado su etapa de formación y de estudios, siendo necesario una correcta difusión. Esto se establece debido a que instalaciones eólicas y solares fotovoltaicas llevan más de 10 años de haber sido implementadas, demostrando un correcto funcionamiento. Aun cuando el Ecuador es un país en desarrollo y puede beneficiarse de los avances tecnológicos de países pioneros, asimilando y replicando la investigación en el territorio nacional [6]. Los países desarrollados destinan más fondos a sistemas de investigación y desarrollo (I+D), por lo que países en desarrollo como Ecuador pueden replicar sus avances en tecnología [15].

La evolución tecnológica permite optimizar los costos para los nuevos proyectos de energía solar FV y eólica, siendo necesario adaptar los nuevos criterios de diseño a nivel local. En el Ecuador estas tecnologías en particular pueden ser complementarias a la energía hidráulica, para sustituir la dependencia de combustibles fósiles, en la generación eléctrica y ayudar en zonas con redes débiles como islas y sectores rurales alejados. Finalmente, desde un punto ecológico tiene aportes en la reducción de la contaminación medioambiental, además de formar una matriz de generación eléctrica descentralizada.

Como se ha argumentado con anterioridad, ciertas funciones son más importantes que otras según la etapa de madurez de cada tecnología en el mercado. Se debe aprovechar las tecnologías renovables más desarrolladas como la eólica con turbinas en tierra (onshore) y la energía solar fotovoltaica mediante centrales solares de gran tamaño y de manera descentralizada en edificaciones comerciales y residenciales.

“El uso de la energía solar no se ha abierto porque la industria petrolera no es dueña del sol.”

Ralph Nader.

Capítulo 3

BARRERAS QUE OBSTACULIZAN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA, PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL ECUADOR

Índice

3.1	BARRERAS QUE OBSTACULIZAN LA PROMOCIÓN DE LA ENERGÍA RENOVABLE EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL ECUADOR	51
3.2	CLASIFICACIÓN DE LAS BARRERAS PERCIBIDAS	53
3.2.1	Barreras de carácter económico	55
3.2.2	Barreras sociales	56
3.2.3	Barreras tecnológicas y técnicas	56
3.2.4	Barreras políticas y regulatorias.....	57

En este Capítulo se clasifican las barreras encontradas luego de una extensa revisión bibliográfica. La revisión abarca documentos tales como publicaciones, planes, entrevistas, investigaciones e informes. Estos documentos analizan el estado actual de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) existentes en el Ecuador, particularmente en lo concerniente a la generación eólica y solar fotovoltaica. Este análisis se complementó a través de la revisión de publicaciones realizadas en países como: Grecia, India, Hong Kong, Canadá y varios pertenecientes a Latinoamérica, en estos trabajos se utiliza una metodología similar a la aplicada en el presente documento.

Mediante un primer análisis se identificaron varios aspectos, y debido a que no todos son importantes se decidió realizar un segundo análisis. En el nuevo análisis se seleccionaron aquellos factores que se mencionan con regularidad en los documentos. En la Tabla 3.1 se presentan varios documentos revisados, y se indican 40 barreras que podrían afectar la implementación de la energía solar fotovoltaica y energía eólica en el sector eléctrico ecuatoriano. Además, se identificó las barreras comunes descritas en los documentos estudiados. En el ANEXO 1 se pueden apreciar los documentos revisados.

Tabla 3.1 Total de barreras identificadas.

Fuente: Autores.

Código	Referencias bibliográficas	Documento Revisados																				No. de coincidencias
		[43]	[46]	[70]	[14]	[53]	[21]	[2]	[38]	[37]	[16]	[3]	[5]	[65]	[71]	[72]	[73]	[66]	[63]	[64]	[74]	
	Barreras	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	
B1	Financiamientos: falta de acceso a financiamientos para proyectos de ER.	X		X		X	X	X			X	X	X	X		X		X	X	X		13*
B2	Inversiones iniciales elevadas (Costos de inversión mayores a los previstos).		X			X	X			X		X	X	X			X	X	X	X		11*
B3	Inconvenientes con el acceso y conexión a la red y su capacidad limitada.	X			X			X	X				X		X	X	X	X		X		10*
B4	Falta de información o información incompleta: ciertos consumidores no disponen de la información suficiente para estudiar las inversiones en ahorro y eficiencia energética de manera correcta.		X					X		X			X	X	X		X	X	X		X	10*

B5	Precios y subsidios (costos asociados a la producción de energía renovable son generalmente más altos que los provenientes de recursos fósiles, estos no consideran los costos por contaminación).			X			X			X	X	X	X		X	X	X	X	10*
B6	Tecnológicas: acceso limitado a tecnologías eficientes.	X	X	X	X			X	X	X					X	X			9*
B7	Regulaciones efímeras, retiradas o sin claridad.	X	X	X	X					X	X				X	X			8*
B8	Oposición local al desarrollo de proyectos de ERNC.	X		X		X		X	X	X					X		X		8*
B9	Falta de formación experta de proyectistas y profesionales, instaladores y mantenedores capacitados.				X					X	X		X	X		X	X	X	8*
B10	Potencial hidroeléctrico que posee el país y su durabilidad hace que se dé prioridad a la energía hidroeléctrica a gran escala y desplace a las ER no convencionales.	X						X	X			X		X	X		X		7*
B11	Falta de una política energética nacional estable.					X		X	X			X		X			X		6*

B12	Falta de un apoyo gubernamental.	X		X		X	X		X	X		6*	
B13	Las acciones de eficiencia energética y ambientales no suelen ser prioritarias, despreocupando el uso de energías limpias.				X		X	X	X	X		X	6*
B14	Falta de un fortalecimiento institucional: la promoción de las ER responde a un cambio institucional del sector eléctrico y debe considerarse como un cambio de política energética.	X		X						X	X	X	5*
B15	Retrasos y retiros en los permisos de construcción: retiro de permisos por falta de estudios ambientales, factibilidad y diseños definitivos.						X		X	X	X	X	5*
B16	Analfabetismo energético: desconocimiento o conocimiento inadecuado sobre las tecnologías de energía renovables que puede ofrecer en Ecuador.		X		X					X		X	4*
B17	El factor de planta en las instalaciones eólicas y solar FV en comparación con las unidades	X			X	X			X				4*

	de generación convencional es relativamente bajo.									
B18	La falta de garantías de ventas en el sector productivo eléctrico puede ser considerada como una barrera para los inversionistas que piensen involucrarse en esta nueva actividad.			X	X	X		X	4*	
B19	Bajo involucramiento de actores claves.	X	X			X			3*	
B20	Incertidumbre en las inversiones por parte de los empresarios que finalmente se verifiquen en ganancias, así como por el precio futuro de la energía.			X		X		X	3*	
B21	Largo periodo de amortización.				X	X		X	3*	
B22	Escases del recurso renovable para la generación eléctrica.				X			X	3*	
B23	Economía: costos inversión, precios de las energías etc.						X	X	X	3*
B24	Restricciones legales y reglamentarias.						X	X	X	3*
B25	Necesidad de una administración eficaz	X	X							2*
B26	La legislación sobre ahorro y eficiencia energética suele ser	X	X							2*

	dispersa y tiene aún un potencial de desarrollo.										
B27	Dificultad para cuantificar y medir los beneficios asociados a la eficiencia energética.	X						X	2*		
B28	Problemas estructurales en la instalación en edificaciones existentes.			X					X	2*	
B29	Falta de industria manufacturera nacional para ERNC.			X		X				2*	
B30	Inaccesibilidad a las áreas con el recurso renovable.					X	X			2*	
B31	Falta de aceptación social y del consumidor final.							X	X	2*	
B32	Dificultad en las negociaciones en la compra de energía.							X	X	2*	
B33	Mentalidad de megaproyectos frente a proyectos de energía a pequeña escala.								X	X	2*
B34	Idiosincrasia y escepticismo de los actores locales frente a las ER.	X									1*
B35	Consideraciones estéticas desfavorables para la implementación de tecnologías renovables.			X							1*

B36	Beneficios ambientales no reconocidos por las autoridades energéticas.	X		1*
B37	Tendencia a privilegiar la extensión de las redes sobre la instalación de ER.	X		1*
B38	Incapacidad para determinar sitios estratégicos con el recurso renovable.		X	1*
B39	Contaminación acústica producida por los aerogeneradores.		X	1*
B40	Dificultad para la implementación de las energías renovables no convencionales en las ciudades	X		1*

3.1 BARRERAS QUE OBSTACULIZAN LA PROMOCIÓN DE LA ENERGÍA RENOVABLE EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL ECUADOR

Es importante resaltar que los documentos analizados que permitieron establecer las barreras son documentos enfocados al sector eléctrico ecuatoriano o tienen una perspectiva a nivel local. Además, se consideraron artículos que analizan la situación de países pertenecientes a Sudamérica y a nivel global. Las barreras encontradas en trabajos anteriores son propias de los mercados eléctricos de cada país. Por otra parte, las barreras percibidas en los documentos locales se consideran importantes en el presente estudio, debido que son barreras propias del sector eléctrico ecuatoriano percibidas por autores nacionales.

En la Tabla 3.2 se presentan aquellas barreras adecuadas para el sector eléctrico ecuatoriano, siendo estas las más comunes en los documentos analizados. Barragán [40] aplica un descarte de los datos utilizados en menos del 20% de estudios. El presente documento utiliza un 15% para la discriminación con la finalidad de albergar barreras que se perciben importantes dentro del estudio. Mediante este tercer análisis se establecieron 22 barreras coincidentes, esta cantidad permite un manejo más cómodo de los datos.

Tabla 3.2 Barreras que obstaculizan la promoción de las ERNC en el Ecuador.

Fuente: Autores.

Código	Barreras	No. de Coincidencias
B1	Financiamiento: falta de acceso a un financiamiento adecuado para proyectos de energía eólica y solar fotovoltaica.	13
B2	Costo de inversión: El costo de inversión inicial para la tecnología eólica y solar FV son elevadas debido a que no existen garantías por parte del estado.	11
B3	Inconvenientes con los permisos para tener un acceso y conexión a la red, además de una capacidad limitada de la misma: Al ser nuevas tecnologías aún no existen normas y reglamentos que faciliten su implementación y competencia con las tecnologías tradicionales.	10
B4	Falta de información o información incompleta: Los consumidores e inversionistas no disponen de la información para sobre estas tecnologías y su aplicación.	10

B5	El subsidio para los combustibles: El bajo precio de los combustibles, facilita el uso de centrales térmicas, debilitando la implementación de nuevas tecnologías como la Eólica y Solar FV	10
B6	Acceso limitado a tecnologías eficientes para la generación de energía eléctrica: Al ser nuevas tecnologías existe falta de disponibilidad de equipamiento de las tecnologías eólica y fotovoltaica a nivel local.	9
B7	Regulaciones efímeras, retiradas o sin claridad para la energía eólica y solar fotovoltaica: Falta de regulaciones que incentiven el uso de estas energías renovables.	8
B8	Oposición local al desarrollo de proyectos de energías renovables no convencionales (eólico y solar fotovoltaica): Esto se debe a la falta de conocimiento de las ventajas que poseen estas nuevas tecnologías.	8
B9	Falta de una formación experta de proyectistas, profesionales, instaladores y mantenedores capacitados: El país aún no cuenta con profesionales para una correcta implementación y expansión de esta tecnología.	8
B10	Potencial hidroeléctrico: El gran potencial que el país posee en base a este recurso y la durabilidad de sus instalaciones, hace que se le dé prioridad a las hidroeléctricas de gran tamaño, desplazando a la energía eólica y solar fotovoltaica.	7
B11	Falta de una política de eficiencia energética nacional estable: La política energética necesaria debe contemplar medidas arancelarias y tributarias, tarifas preferenciales para promover el uso de las energías renovables y reglamentos técnicos de cumplimiento obligatorio.	6
B12	Falta de un apoyo gubernamental: El gobierno no ve prioritario la expansión de estas nuevas tecnologías lo que genera falta de interés y propuestas de proyectos.	6
B13	Conciencia ambiental: Las acciones de eficiencia energética y la preocupación por la contaminación ambiental no suelen ser acciones prioritarias.	6
B14	Falta de un fortalecimiento institucional: Falta de institutos o centros de estudios enfocados a las energías renovables y eficiencia energética.	5

B15	Retrasos y retiros en los permisos de construcción: Retrasos de permisos para la construcción de parques eólicos y solares fotovoltaicos, por falta de estudios ambientales, factibilidad y diseños finales.	5
B16	Analfabetismo energético: Se debe al desconocimiento o conocimiento inadecuado del potencial y el beneficio que puede ofrecer la energía eólica y solar fotovoltaica en el Ecuador.	4
B17	El factor de planta (FP): En las instalaciones eólicas y solar fotovoltaicas el FP es relativamente bajo en comparación con las unidades de generación convencional, lo que genera poco interés a la generación de energía eléctrica mediante recursos renovables.	4
B18	Falta de garantías en la venta de energía en el sector eléctrico: Los inversionistas que desean involucrarse en esta actividad no tienen garantías por parte del Estado y consumidor en la venta de estas tecnologías.	4
B19	Bajo involucramiento de actores claves: La falta de proyectos de ER que beneficien al sector eléctrico es producto de la falta de negociaciones entre el sector público y privado.	3
B20	La incertidumbre por parte de los empresarios: Los inversores sienten inseguridad jurídica que les evitan tener certidumbre de los precios futuros de la energía.	3
B21	Largo periodo de amortización: Al no poseer garantías el periodo para obtener ganancias es largo.	3
B22	Escases de los recursos renovables necesarios para la generación eléctrica: Se desconoce el real potencial de los recursos por la falta de estudios específicos.	3

3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS BARRERAS PERCIBIDAS

Se estableció varias barreras que pueden afectar a la promoción de la energía eólica y solar fotovoltaicas en el Ecuador. Estas tecnologías deben entrar en competencia con las tradicionales, ya sea por su gran recurso primario como la hidroenergía o como la energía térmica cuyos costos de producción son bajos. Se puede notar que todas las barreras comparten características que tienden a clasificarlas en grupos. Zhang *et al.* [3] en su análisis establece que las barreras pueden ser clasificadas en diferentes grupos o clases de tipo económico, social, tecnológico y político. En la Tabla 3.3 se presenta una clasificación de las barreras, siguiendo la recomendación de Zhang *et al.* Se establecieron que son 22 los factores más comunes, y se clasifican en 4 tipos.

Tabla 3.3 Clasificación de las barreras.

Fuente: Autores

Tipo de barreras	Código	Barreras
 Económicas	B1	Financiamiento: falta de acceso a un financiamiento adecuado para proyectos de energía eólica y solar fotovoltaica.
	B2	Costo de inversión: El costo de inversión inicial para la tecnología eólica y solar FV son elevadas debido a que no existen garantías por parte del estado.
	B5	El subsidio para los combustibles: El bajo precio de los combustibles, facilita el uso de centrales térmicas, debilitando la implementación de nuevas tecnologías como la Eólica y Solar FV
	B18	Falta de garantías en la venta de energía en el sector eléctrico: Los inversionistas que desean involucrarse en esta actividad no tienen garantías para la venta de la energía.
	B20	Incertidumbre por parte de los empresarios: Los inversores sienten inseguridad jurídica que les evitan tener certidumbre sobre los precios futuros de la energía.
	B21	Largo periodo de amortización: Al no poseer garantías el periodo para obtener ganancias es largo.
 Técnicas	B3	Inconvenientes con los permisos para tener un acceso y conexión a la red: Dada la localización de los sitios en donde están disponibles los recursos, hay dificultad en la conexión a la red, o no hay normativa para la conexión.
	B6	Acceso limitado a tecnologías eficientes para la generación de energía eléctrica: Al ser nuevas tecnologías existe falta de disponibilidad de equipamiento de las tecnologías eólica y fotovoltaica a nivel local.
	B9	Falta de una formación experta de proyectistas, profesionales, instaladores y mantenedores capacitados: El país aún no cuenta con profesionales para una correcta implementación y expansión de esta tecnología.
	B10	Potencial hidroeléctrico: El gran potencial que el país posee en base a este recurso y la durabilidad de sus instalaciones, hace que se le dé prioridad a las hidroeléctricas de gran tamaño, desplazando a la energía eólica y solar fotovoltaica.
	B15	Retrasos y retiros en los permisos de construcción: Retrasos de permisos para la construcción de parques eólicos y fotovoltaicos, por falta de estudios ambientales, factibilidad y diseños finales.
	B17	El factor de planta (FP): En las instalaciones eólicas y solar fotovoltaicas el FP es relativamente bajo en comparación con las unidades de generación convencional, lo que genera poco interés a la generación de energía eléctrica mediante recursos renovables.
B22	Escases de los recursos renovables necesarios para la generación eléctrica: Se desconoce el real potencial de los recursos por la falta de estudios específicos.	

 <p><i>Sociales</i></p>	B4	Falta de información o información incompleta: Los consumidores e inversionistas no disponen de la información para sobre estas tecnologías y su aplicación.
	B8	Oposición local al desarrollo de proyectos de energías renovables no convencionales (eólico y solar fotovoltaica): Esto se debe a la falta de conocimiento de las ventajas que poseen estas nuevas tecnologías.
	B13	Conciencia ambiental: Las acciones de eficiencia energética y la preocupación por la contaminación ambiental no suelen ser acciones prioritarias.
	B16	Analfabetismo energético: Se debe al desconocimiento o conocimiento inadecuado del potencial y el beneficio que puede ofrecer la energía eólica y solar fotovoltaica en el Ecuador.
	B19	Bajo involucramiento de actores claves: La falta de proyectos de ER que beneficien al sector eléctrico es producto de la falta de negociaciones entre el sector público y privado.
 <p><i>Políticas y Regulatorias</i></p>	B7	Regulaciones efímeras, retiradas o sin claridad para la energía eólica y solar fotovoltaica: Falta de regulaciones que incentiven el uso de estas energías renovables.
	B11	Falta de una política de eficiencia energética nacional estable: La política energética necesaria debe contemplar medidas arancelarias y tributarias, tarifas preferenciales para promover el uso de las energías renovables y reglamentos técnicos de cumplimiento obligatorio.
	B12	Falta de un apoyo gubernamental: El gobierno no ve prioritario la expansión de estas nuevas tecnologías lo que genera falta de interés y propuestas de proyectos.
	B14	Falta de un fortalecimiento institucional: Falta de institutos o centros de estudios enfocados a las energías renovables y eficiencia energética.

3.2.1 Barreras de carácter económico

Las barreras económicas están relacionadas con un capital monetario: el precio de la energía, la inversión, el financiamiento y los tiempos de retorno de capital. Aun cuando los precios relacionados a la energía eólica y solar fotovoltaica han disminuido, estos siguen siendo altos en comparación con las tecnologías tradicionales [6], [51]. Las ER tienen una estructura de precios iniciales altos y precios bajos de procesamiento, pero las tecnologías tradicionales son contrarias a este principio. Esto converge en que solo se tome el precio inicial de inversión como punto a discutir en el momento de elegir proyectos de generación, propiciando el uso de centrales térmicas por su bajo costo. Todas estas situaciones negativas influyen en que las ERNC adopten una desventaja frente a las tecnologías tradicionales [53].

3.2.2 Barreras sociales

Las barreras sociales se basan en el comportamiento de la sociedad con las nuevas tecnologías y la perspectiva que se tiene de estas, así como el comportamiento local de los consumidores finales. La sociedad en general puede no disponer de la información suficiente para conocer los atributos de ahorro y eficiencia energética relacionados con las ER. La falta de una conciencia ambiental en las localidades puede llevar a la oposición de nuevos proyectos de generación limpia, de igual manera el bajo involucramiento entre sectores y actores claves conlleva a un estancamiento en la transición tecnológica.

El cambio de visión en el sector energético por los entes reguladores es de vital importancia para obtener una matriz equilibrada. En el caso ecuatoriano en los últimos años se ha consolidado el desarrollo centralizado de grandes proyectos hidroeléctricos, lo que ha limitado el fomento de otras tecnologías. El Ecuador tiene un mercado inmaduro en el campo de generación eólica y solar fotovoltaica, esto influye que la demanda social de servicios relacionados a estas nuevas tecnologías sea baja.

3.2.3 Barreras tecnológicas y técnicas

Las barreras técnicas están relacionadas de una manera directa con la tecnología y en la forma en que los profesionales hacen uso de esta. Varios países desarrollados tienen un importante aporte de energía eléctrica proveniente de la generación mediante ERNC. En estos mercados las tecnologías ya se consideran maduras. Esta madurez tecnológica está influenciada por un incremento en el factor de planta, eficiencia, tramitología y acceso a la tecnología.

La parte técnica también involucra un recurso humano calificado compuesto de ingenieros, proyectistas, instaladores y personal de mantenimiento calificado. La conexión a la red es otro inconveniente que en países como el Ecuador se debe solucionar. Las ERNC, ya sea por su intermitencia o por ser tecnologías que se pueden incorporar en baja o media tensión presentan una nueva forma de concebir la red [14].

Se requieren extensiones largas y una calidad eficiente en las redes de transmisión eléctrica, de no darse dichos parámetros se puede considerar un limitante para el despliegue e implementación de nuevas centrales renovables. Un punto para tomar en cuenta es que las zonas con el adecuado recurso están asentados en áreas con una baja densidad de población, en donde las redes son endebles con una necesidad de fortalecimiento y mejoras [40].

3.2.4 Barreras políticas y regulatorias

Las barreras políticas y regulatorias comparten características relacionadas con las condiciones que el estado y los entes reguladores proponen para la inserción de las nuevas tecnologías. Estos entes reguladores son los encargados de plantear objetivos a largo plazo, establecer políticas, regulaciones y crear instituciones que se enfoquen en la investigación de la energía renovable y eficiencia energética. Una de las barreras percibidas para la implementación de tecnologías renovables es de carácter político y burocrático [53].

¿Por qué esta magnífica tecnología científica, que ahorra trabajo y nos hace la vida más fácil, nos aporta tan poca felicidad? La respuesta es esta, simplemente: porque aún no hemos aprendido a usarla con acierto.

Albert Einstein.

Capítulo 4

METODOLOGÍA: ENCUESTA DIRECCIONADA A LOS ACTORES LOCALES EXPERTOS EN EL ÁREA DE LA ER EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA.

Índice

4.1	FORMATO DE INVESTIGACIÓN	59
4.2	METODOLOGÍA	59
4.2.1	Revisión bibliográfica	60
4.2.2	Encuesta	61
4.3.3	Recolección y análisis de datos.....	62

4.1 FORMATO DE INVESTIGACIÓN

El formato de investigación utilizado está basado en la implementación de una encuesta. La metodología aplicada es apropiada cuando el tema de investigación es amplio, y requiere una extensa revisión y análisis [3], [5]. Al tener un área con condiciones complejas y varios factores influyentes como: sociales, políticos, económicos y tecnológicos, es necesario realizar una triangulación³ para validar los datos obtenidos. La triangulación se realizó entre la revisión bibliográfica efectuada por los autores, y la opinión de los actores claves del sector eléctrico.

La investigación tiene como finalidad identificar las barreras más relevantes que obstaculizan la promoción y desarrollo de la energía eólica y solar fotovoltaica en el Ecuador. A partir de los 22 factores definidos previamente, y mediante la consulta a expertos se establece los factores que más afectan a la expansión de estas tecnologías.

4.2 METODOLOGÍA

La metodología consta de 3 partes: i) Se realiza una revisión bibliográfica que revisa la historia de las energías renovables eólica y solar FV en el Ecuador, además de la revisión de los factores que intervienen en la transición tecnológica, identificando el grado de madurez de estas tecnologías. ii) Se sintetizó la información de las barreras en la promoción de la energía eólica y solar FV, para identificar el nivel de importancia de cada barrera se diseñó y aplicó una encuesta a profesionales y actores clave del sector eléctrico ecuatoriano. iii) finalmente, se recolectaron los datos, se analizaron y validaron para posterior ser presentados. En la Figura 4.1 se puede apreciar el diagrama de flujo de la metodología utilizada.

³La triangulación consiste en aplicar dos o más métodos en un mismo estudio para alcanzar los resultados. Este tipo de investigación se centra en contrastar visiones, establecer comparaciones y tomar las impresiones de diversos grupos. Estas diversas actividades actúan como filtros a través de los cuales se capta la realidad del problema con amplitud, diversidad, imparcialidad y objetividad.

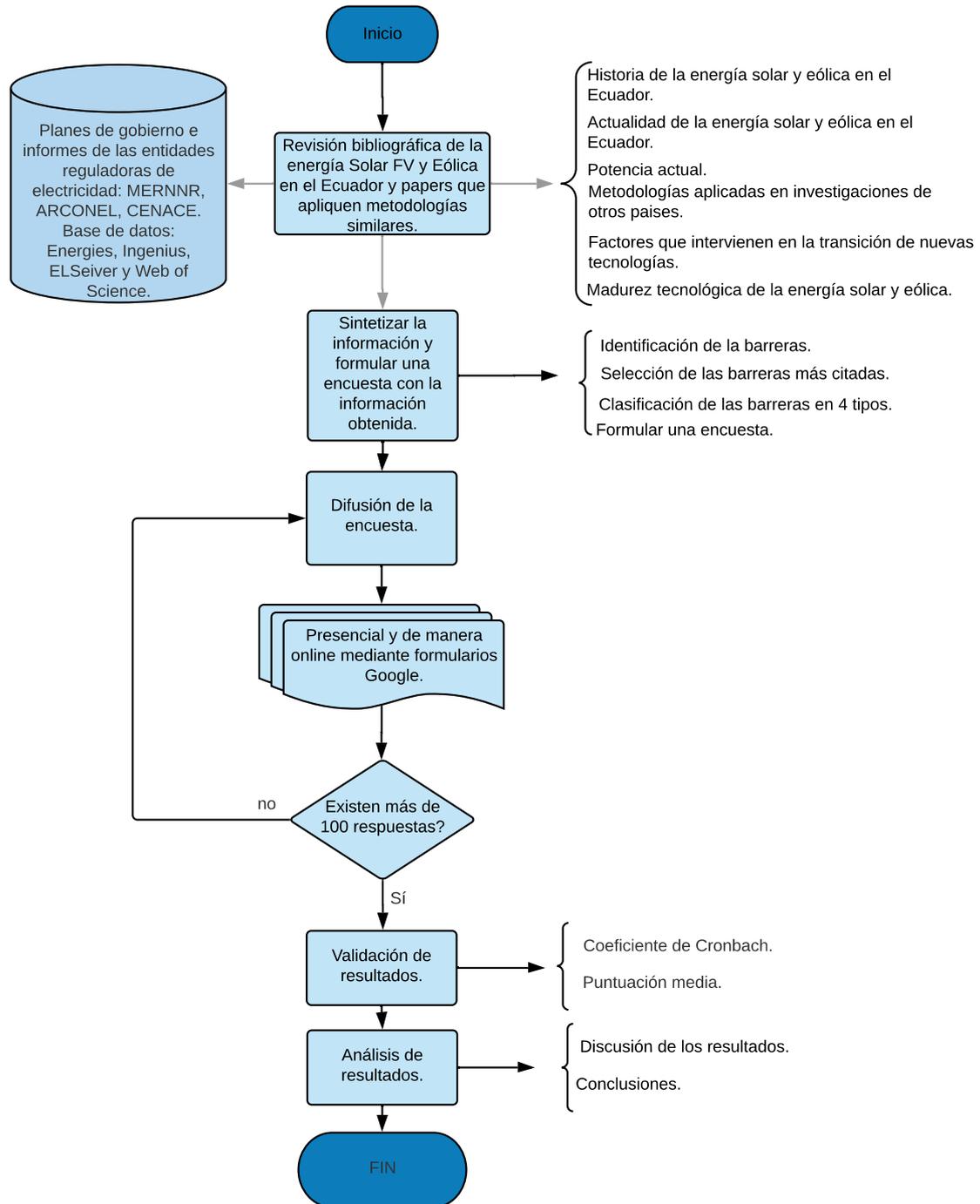


Figura 4.1 Diagrama de flujo sobre la metodología aplicada.

4.2.1 Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica se enfocó en la recopilación de información sobre la historia y la actualidad de las energías renovables no convencionales en el Ecuador, de manera específica la energía eólica y solar FV. Se buscó documentos como planes e informes de gobierno, artículos académicos, reportes institucionales, libros y publicaciones de revistas de investigación sobre la energía renovable en el Ecuador. Se revisó la literatura relacionada con la matriz energética, la

matriz de generación eléctrica y los factores necesarios para lograr una transición tecnológica en el sector eléctrico mediante fuentes renovables. En la recopilación de información se definió las barreras que afectan al sector eléctrico del Ecuador.

Con una base de barreras establecidas mediante la revisión de documentos enfocados a la situación del país, se ejecutó un análisis de la literatura de investigaciones similares efectuadas en otros países, en principio esto se realizó para determinar una metodología acorde a la investigación. Mediante esta segunda revisión se determinó la validez de las barreras propuestas para el Ecuador, debido a que estas muestran similitudes a las encontradas en otros países de la región. Se extrajeron ciertas barreras de los documentos enfocados a países de la región, y que se consideraron importantes para el estudio del sector eléctrico ecuatoriano. Para la búsqueda de documentos se utilizó la base de datos ELSEIVER, se revisaron documentos de instituciones como IRENA y la Energiewende alemana.

4.2.2 Encuesta

La encuesta aplicada buscó que los participantes valoren a través de una escala Likert, los 22 factores definidos previamente. Se elaboró un formulario que fue distribuido a los actores locales clave, con el fin de establecer las barreras que limitan el desarrollo de la industria solar fotovoltaica y eólica en el Ecuador. La encuesta se orientó a profesionales del sector eléctrico vinculados a la academia (profesores o investigadores), servidores públicos, actores del sector privado.

Coenen y López [68], argumentan que la metodología utilizada puede llegar a ser mecánica para explicar los cambios de tecnología en el campo de generación eléctrica, pero se consideró la más acorde para el estudio. Las barreras más relevantes pueden ser establecidas mediante una revisión bibliográfica y una encuesta estructurada. Además de las preguntas estructuradas, se realizó una pregunta abierta que estableció barreras no consideradas u otras nuevas que aporten a la investigación (ver sección 5.4.1 en adelante).

Las encuestas fueron realizadas de manera presencial para la provincia del Azuay y de manera online para el resto del país. Para las encuestas online se utilizó la plataforma de Google Drive, (formularios Google). La encuesta realizada de manera presencial fue dirigida a docentes e investigadores de universidades de la provincia del Azuay, Pichincha, Guayas y Loja principalmente. Se encuestó a profesionales de varias instituciones vinculadas al manejo de la energía (ELECAUSTRO, CELEC, personal de entidades reguladoras de energía y actores privados).

En el ANEXO 2 se muestra la encuesta final difundida. La encuesta incluyó el título del proyecto investigativo, los autores y tutor, así como una breve introducción y los antecedentes de la seguida de las preguntas para establecer el grado de influencia de las 22 barreras establecidas para la energía eólica y solar fotovoltaica.

4.3.3 Recolección y análisis de datos

Es importante destacar que se seleccionaron a los encuestados que tienen conocimiento amplio de las energías renovables en el Ecuador. Para discriminar a los profesionales que cumplen con las características de interés para la investigación, se realizó el análisis del perfil solicitado en las encuestas (ver ANEXO 2). Debido a que la búsqueda de los profesionales a encuestar fue realizada de una manera minuciosa, casi la totalidad de los perfiles fueron adecuados para el estudio. Se descartaron algunas encuestas, en principio esto se realizó con la finalidad de tener una cantidad manejable de 100 respuestas, además de otras que se receptaron fuera del tiempo planeado.

Características como la experiencia, formación y la actividad profesional, indican que los participantes tienen conocimiento sobre los temas consultados. Para establecer el orden de relevancia de las barreras, se utilizó el análisis de la puntuación media. Para complementar la investigación, se consideró pertinente realizar el cálculo de estabilidad de las respuestas, para este proceso se aplicó el coeficiente de Cronbach a las respuestas. Los resultados obtenidos fueron analizados y presentados utilizando los programas PSPP⁴, Excel y Vengage⁵.

4.3.3.1 Puntuación Media

Se empleó la escala de Likert (1-5), esto con base en la metodología utilizada por Zhang *et. al* [3] en su investigación, donde 1 se considera una barrera nada importante y 5 una barrera totalmente importante. Para determinar el grado de relevancia de las barreras que influyen en la baja penetración de la energía eólica y solar fotovoltaica en el mercado eléctrico ecuatoriano, se calculó la puntuación media de cada barrera con la Ecuación 4-1.

⁴ El Software PSPP es un programa de carácter libre para el procesamiento de datos, está presentado en modo gráfico y desarrollado en el lenguaje de programación C.

⁵ Vengage es una herramienta avanzada de información de datos y gráficos, esta plataforma tiene plantillas que ayudan a la creación de infografías y presentaciones personalizables.

Fórmula puntuación media (M)

$$(M) = \sum_i^j P_i * R_i \quad (4-1)$$

Donde:

P_i: es el número de puntos de calificación de la escala de Likert (1 a 5).

R_i: es la fracción de la suma de cada calificación (P_i) para la suma de todas las calificaciones para cada criterio.

(M): es la suma del producto de cada punto de calificación (i ... j) y su R_i correspondiente, para cada barrera.

4.3.3.2 Coeficiente de Cronbach

Para valorar el grado de dispersión de las respuestas se empleó el método del Alfa de Cronbach [5]. El coeficiente de Cronbach es una forma de medida cuantitativa, que permite determinar la estabilidad o consistencia de los resultados obtenidos mediante los ítems de un formulario. De esta manera se define el grado de confiabilidad de las respuestas. Si el coeficiente de Cronbach es menor a 0,5 es inaceptable, entre 0,5 y 0,6 el instrumento es pobre, entre 0,6 y 0,7 es cuestionable, entre 0,7 y 0,8 es aceptable, entre 0,8 y 0,9 es bueno, para valores cercanos a 1 se tiene un grado de confiabilidad alto. En la Ecuación 4-2 se establece como se calcula el coeficiente.

Ecuación 4-2 Ecuación coeficiente de Cronbach

Fórmula coeficiente de Cronbach (α)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right] \quad (4-2)$$

Donde:

k: la cantidad de ítems.

S_i²: sumatoria de varianza de los ítems.

S_t²: varianza de la suma de los ítems.

Lo importante en la ciencia no es tanto obtener nuevos datos, sino descubrir nuevas formas de pensar sobre ellos.

William Lawrence Bragg.

Capítulo 5

RESULTADOS

Índice

5.1	PERFIL DE LOS PARTICIPANTES ENCUESTADOS	65
5.2	RESULTADOS Y ANÁLISIS	67
5.2.1	Puntuación Media.....	67
5.2.2	Coeficiente de Cronbach	67
5.3	DISCUSIÓN	68
5.3.1	Barreras más influyentes en la expansión de la energía eólica y solar fotovoltaica como fuentes de generación eléctrica	68
5.4	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS POR SECTORES	75
5.4.1	Opiniones de los encuestados pertenecientes al sector público	78
5.4.2	Opiniones de los encuestados pertenecientes al sector privado	79
5.4.3	Opiniones de los encuestados pertenecientes al sector académico	80
5.5	COMPARATIVA ENTRE ANÁLISIS REALIZADOS EN OTROS PAÍSES	80
5.5.1	Energía eólica	81
5.5.2	Energía solar FV	82

5.1 PERFIL DE LOS PARTICIPANTES ENCUESTADOS

Se recibió un total de 102 respuestas entre encuestas físicas y virtuales, del total de respuestas obtenidas se validaron 100 encuestas. Para establecer el nivel relevancia de las distintas opiniones otorgadas por los encuestados, se enfocó la encuesta a profesionales que presentan un conocimiento en el campo de las energías renovables. Los expertos encuestados tienen diversos campos profesionales: de ingeniería eléctrica, electrónica, mecánica, industrial, ambiental, automotriz, civil, geología, arquitectura, gestión pública y planificación.

Los participantes se desempeñan en diversas áreas y ocupan diversos puestos. Dentro de las actividades de los profesionales se tienen gerentes de empresas, investigadores, docentes, representantes de empresas de servicio público y o empresas privadas. La base de datos obtenida de los encuestados establece que el 59% de los participantes tienen estudios de maestría, el 23% dispone de un doctorado, en el nivel de diplomado y especialización existe un 2%, finalmente el 1% y 11% de los encuestados posee un posdoctorado y un título de tercer nivel respectivamente. En la Figura 5.1 se muestra el nivel de formación de los participantes.



Figura 5.1 Nivel de estudios de los participantes encuestados.

Para seccionar a los encuestados por sectores en los que se desempeñan, se establecieron 3 áreas de interés para el estudio. Los participantes desempeñan diversas funciones dentro del sector

público, privado y académico. Estos últimos realizan actividades de docencia e investigación, en la Figura 5.2 se puede apreciar el porcentaje de participantes establecido a través de la diferenciación por sectores.



Figura 5.2 Porcentaje de participantes encuestados por sectores.

Los participantes realizan sus actividades en las provincias de Pichincha, Loja, Azuay, Guayas, Cotopaxi, El Oro, Morona Santiago y Manabí por mencionar algunas. En lo que respecta a la experiencia profesional de los participantes, se definió 5 periodos de tiempo adecuados para los intereses del estudio. El 5% de los participantes tienen entre 15 y 25 años de experiencia profesional, mientras que el 25% tiene entre 10 y 15 años. Finalmente, el 3% pertenece a participantes con una experiencia profesional mayor a 25 años, el 5% y 4% pertenecen a profesionales con experiencia menor a 5 años y de 5 a 10 años de manera respectiva. En la Figura 5.3 se puede apreciar los años de experiencia de los participantes.

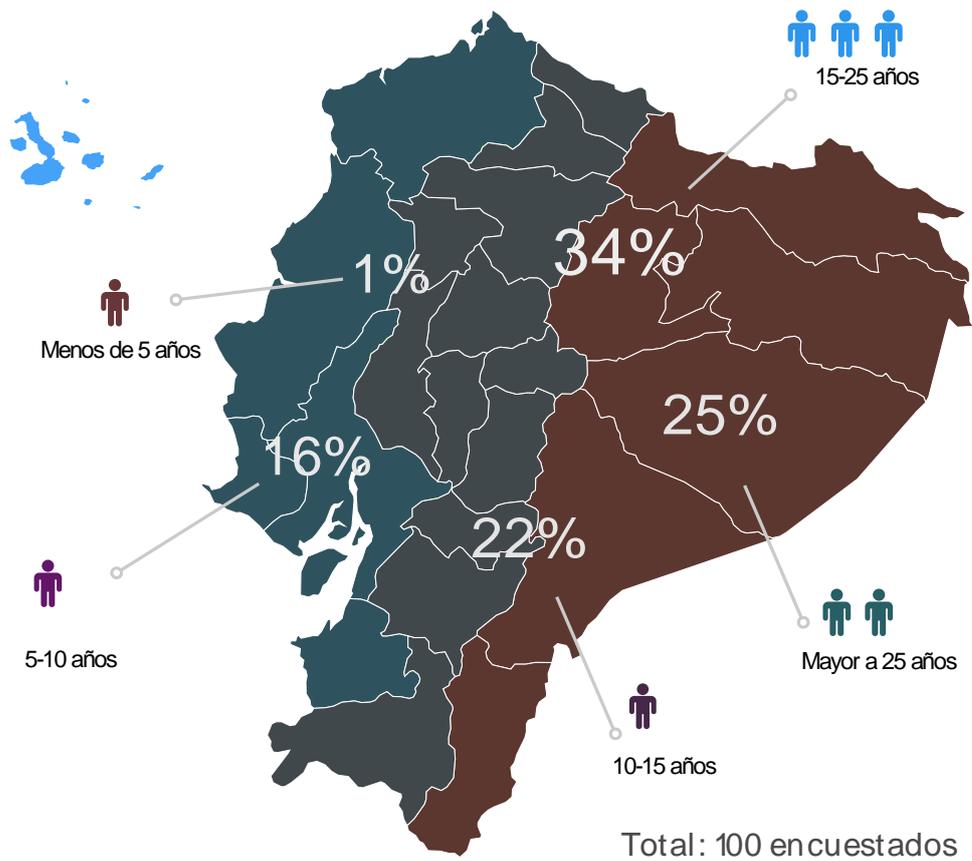


Figura 5.3 Distribución de años de experiencia profesional de los encuestados

5.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.2.1 Puntuación Media

Los resultados de la puntuación media se resumen en la Tabla 5.2 y 5.3 para la energía eólica y solar fotovoltaica respectivamente. Las barreras que influyen en la expansión de estas tecnologías se encuentran ordenadas de manera que en la primera posición se encuentra la barrera con la puntuación media más alta. Una puntuación media alta representa que los factores con esta puntuación tienen un mayor grado de influencia en la promoción de la tecnología eólica y solar FV. Es necesario mencionar que en relación con la escala de Likert (1-5) elegida, una puntuación media cercana a 4.00 ya se considera una barrera importante para la difusión de estas tecnologías.

5.2.2 Coeficiente de Cronbach

El Alfa de Cronbach (α) aplicada a los ítems relacionados con la energía eólica y solar FV es de 0,87 y 0,86 respectivamente, lo que establece que las respuestas de los participantes son homogéneas. El grado de homogeneidad de acuerdo con la segmentación por sectores es de

$\alpha=0,95$ para el sector público, $\alpha=0,92$ para el sector privado y $\alpha=0,89$ para el sector académico. Sin embargo, los resultados obtenidos acerca de la importancia relativa de cada barrera difieren entre sectores, esto se debe a la percepción específica de cada sector involucrado. En la Tabla 5.1 se puede apreciar los valores de α obtenidos.

*Tabla 5.1 Indicadores obtenidos mediante el cálculo del coeficiente de Cronbach.
Fuente: Autores.*

Criterio	Coeficiente de Cronbach (α)			
	Todos los participantes	Sector público	Sector privado	Academia
Encuesta general	0,93	0,95	0,92	0,89
Energía eólica	0,87	0,91	0,83	0,79
Energía solar FV	0,86	0,89	0,85	0,81

5.3 DISCUSIÓN

Se realizó una distinción de las barreras para la energía eólica y solar fotovoltaica de manera independiente. Este análisis está basado en los datos obtenidos a través del cálculo de la puntuación media presentados en la Tabla 5.2 y 5.3 para la energía eólica y solar fotovoltaica de manera respectiva. De acuerdo con la puntuación media obtenida se puede apreciar que las dos tecnologías analizadas comparten mayor influencia por las siguientes 5 barreras; falta de una política energética (B11), regulaciones efímeras o inexistentes (B7), acceso a financiamientos adecuados (B1), el subsidio para los combustibles (B5) y la incertidumbre de los inversores (B20). En base a estos resultados se procedió a realizar el análisis de las 5 barreras que tienen el mismo efecto para la energía eólica y solar fotovoltaica.

5.3.1 Barreras más influyentes en la expansión de la energía eólica y solar fotovoltaica como fuentes de generación eléctrica

Los valores ordenados mediante la puntuación media para la energía solar FV presentados en la Tabla 5.3, indican que los factores con mayor influencia en la baja implementación de esta tecnología son de carácter político. La falta de una política energética nacional estable (B11) y regulaciones que incentiven el uso de estas tecnologías (B7), se encuentran en el primer y segundo lugar según el orden obtenido. Desde el punto de vista económico, la incapacidad para acceder a un financiamiento adecuado (B1) y el subsidio existente para los combustibles fósiles (B5), son las barreras económicas con la mayor valoración, ocupando la tercera y cuarta posición respectivamente para esta tecnología. Se establece también que la baja densidad de proyectos

solares FV se da por la incertidumbre de los inversores sobre los precios futuros de la energía (B20), siendo esta la quinta barrera más influyente para la energía solar FV.

Para el caso de estudio de la energía eólica, los factores con mayor influencia en la baja implementación son de carácter político y económico. La falta de una política energética nacional estable (B11) y la dificultad para acceder a un financiamiento adecuado (B1) se encuentran en el primer y segundo lugar de manera respectiva, seguida de la falta regulaciones que incentiven el uso de esta tecnología (B7). La incertidumbre por parte de los inversores sobre los precios futuros de la energía (B20) ocupan la cuarta posición. Finalmente, de los 5 factores antes mencionados se establece que los subsidios hacia los combustibles (B5), tienen el menor efecto en la implementación de centrales eólicas. Las barreras ordenadas de acuerdo con la puntuación media para la energía eólica se presentan en la Tabla 5.2.

En un análisis realizado por Orozco [53] en Sudamérica se establece que existe una ausencia de políticas de eficiencia energética (B11) enfocado a las ERNC en la mayor parte de países de la región. Son importantes regulaciones (B7) y objetivos a largo plazo para que las nuevas tecnologías posean un tiempo adecuado de maduración. Rosero y Chillinquinca [16] sostienen que se necesitan regulaciones estables que garanticen el pago a proyectos de generación eléctrica. Las agencias internacionales buscan mercados interesantes, y sus fondos se destinan a países como Brasil y Chile con un mejor marco regulatorio o zonas de África, descartando a otros países de la región entre ellos Ecuador. La barrera (B11) tiene la puntuación más alta para la energía eólica y de igual forma para la energía solar FV, demostrando que las dos tecnologías necesitan de políticas y regulaciones que ayuden a su promoción [21].

Rosero [54] opina que años atrás se llegaron a tener las condiciones interesantes, entre ellas regulaciones que implementaban tarifas preferenciales para las ER, pero que algunas trabas de carácter administrativo evitaron el despliegue de estas tecnologías. Varios proyectos implementados en su mayoría centrales de biomasa o fotovoltaicas siguen funcionando bajo las tarifas preferenciales, pero a partir del 2013 estos precios se han retirado de manera paulatina tanto para la energía eólica como solar FV. Pachano [18] considera importante que no solo la política pública tome decisiones en la integración de las ER, es necesario un capital privado si se quiere llegar a obtener una transición energética exitosa.

Según Rosero [54] son necesarias normas que establezcan tarifas que posibiliten una inversión segura en un lapso mayor a los 15 años, además de la implementación de tarifas que involucren los costos de generación y un mejor tiempo de capitalización. La política energética debe contemplar medidas arancelarias, tributarias, tarifas preferenciales y reglamentos técnicos de

cumplimiento obligatorio, para promover el uso de tecnologías que aprovechan las fuentes renovables del país.

El financiamiento (B1) de un proyecto en el campo de generación eléctrica es fundamental. En ocasiones buenos proyectos o iniciativas de implementación tecnológica se han quedado estancados por la falta de un financiamiento inadecuado o inexistente. Un marco regulatorio que involucre el factor financiamiento ayuda a reducir la impresión de riesgo de los inversionistas. En el año 2012 se estableció que la corporación encargada de proporcionar los fondos para proyectos de ER, sería la Corporación Financiera Nacional (CFN), pero este acuerdo no llegó a cumplirse [75].

Respecto a la energía eólica, la barrera (B1) se encuentra en la segunda posición y para la energía solar FV en tercera. Se argumenta que debido al coste de los aerogeneradores en comparación con los paneles FV, el financiamiento necesario para la energía eólica es más elevado afectando de mayor forma a la energía eólica. La inversión para la energía solar FV puede variar dependiendo de la cantidad de paneles utilizados, mientras que para un solo aerogenerador el capital necesario es más alto, esto sin contar la dificultad en su transporte.

Todos los factores antes mencionados demuestran que es necesario incitar la provisión de garantías y facilidades financieras para empresas medianas y pequeñas. Por otra parte, las empresas de distribución aceptan la energía generada por las tecnologías renovables, pero priorizan otro tipo de pagos. La falta de garantías provoca que los inversores perciban al sector como un entorno de riesgo (B20). Actualmente existe un marco regulatorio (microgeneración solar FV para autoconsumo), pero se considera las distribuidoras no están preparadas para aceptar este tipo de proyectos, demostrando una falta de conocimiento por parte de las empresas. La barrera (B20) se visualiza menos influyente para la energía solar FV (quinto puesto) que para la energía eólica (cuarto puesto), según la escala de puntuación media.

Finalmente, los precios y subsidios (B5) a los combustibles se establecen como una barrera importante dentro de los factores más influyentes para lograr la promoción exitosa de las energías renovables no convencionales [21]. El uso de combustible subsidiado ha propiciado el uso de centrales térmicas (Decreto Ejecutivo No. 338), las cuales tienen el segundo mejor aporte en generación eléctrica en el país, demeritando la implementación de centrales de energía renovables [76]. En el año 2007 la electricidad comenzó a ser subsidiada mediante la llamada "Tarifa Dignidad" de 4,0 USc/kWh para clientes residenciales y de bajo consumo (Decreto Ejecutivo No. 451). Aproximadamente 2 millones de clientes residenciales fueron beneficiados por la tarifa dignidad (ARCONEL, 2015) [77].

Los clientes que consumen por encima del límite, como es el caso del sector industrial deben pagar un valor adicional para financiar en parte el subsidio [76], [77]. En el país no se considera importante el depender de combustibles para la generación eléctrica, debido que existe una garantía lo suficiente estable para la sostenibilidad energética, pero no se puede descartar que sea una traba para las ERNC [70]. El precio de los combustibles fósiles no incluye las externalidades, como el costo de reparación por los procesos de contaminación ambiental, salud o polución visual [31], [58]. De acuerdo con la puntuación media obtenida se puede notar que los subsidios para los combustibles afectan a las dos tecnologías, pero es ligeramente mayor para la energía solar FV.

Los altos costos que en ocasiones presenta el petróleo para países exportadores son atractivos desde un punto de vista económico, pero se contraponen al incentivo para promover el uso de ER. La Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) establece que el Ecuador posee 8300 millones de barriles de petróleo en reservas probadas. La considerable cantidad de estas reservas aumenta el interés por su exportación, de esta manera se obtiene un capital, mismo que después es enfocado a subsidios para mantener bajo los precios para la población [6], [29], [76]. En [6], Castro propone que no es coherente promover incentivos para las tecnologías renovables mientras se siga subsidiando el precio de los combustibles, debido que reduce el costo de funcionamiento de las tecnologías a base de combustible y demerita el uso de tecnologías limpias.

En lo que respecta a las barreras sociales y técnicas, factores como la conciencia ambiental (B13) y el potencial hidroeléctrico (B10), se sitúan con valores mayores a 4,00 en la escala de puntuación media. Esta corta diferencia en puntuación se considera poco representativa en comparación a las barreras antes mencionadas. Con relación a este criterio se establece la importancia de analizar dichos factores, debido a que muestran un grado de relevancia sensible en la implementación de la energía eólica y solar FV.

La inexistente conciencia ambiental (B13) y la baja participación de la sociedad en las acciones de eficiencia energética, son agravantes para la baja penetración de la energía eólica y solar FV. La baja demanda de nuevas tecnologías que ayuden a la conservación del medio ambiente se cree está dada por una inexistente cultura ambiental. Un conocimiento inadecuado de las nuevas formas de generación eléctrica que el país tiene para ofrecer se convierte en una traba para la participación de nuevas tecnologías. En base a estos criterios se propone que la población percibe a las nuevas tecnologías como lujos pertenecientes a países desarrollados, desmotivando su implementación. El desconocer el impacto medioambiental que producen las centrales térmicas o la omisión del riesgo de depender de un potencial hidroeléctrico, demerita el uso de nuevas tecnologías para la generación eléctrica [28], [38], [70].

En referencia al potencial hidroeléctrico (B10), el país posee una importante cantidad de reservas hídricas, la mayor parte se encuentran situadas en la región Amazónica, por lo que se ha focalizado los recursos en la construcción de hidroeléctricas de gran magnitud. A través de la revisión bibliográfica realizada se establece que el potencial hidroeléctrico y la durabilidad de sus instalaciones no son barreras directas para la implementación de nuevas tecnologías. En base a lo mencionado se toma como ejemplo las épocas de estiaje producidas por un escaso caudal de los ríos. Un caudal inadecuado es producto de la carencia de lluvias, que a su vez es el resultado de una reducida formación de nubes. En las estaciones del año con una baja densidad de nubes, se produce un mejor rendimiento de los paneles solares FV, demostrando que las dos tecnologías pueden llegar a complementarse.

Si bien el potencial hidroeléctrico en si no es considerado propiamente como una barrera, el enfoque centralizado en la construcción de hidroeléctricas de gran tamaño si lo es. A través de la comparativa entre la Figuras 5.4 y 5.5, se observa que el potencial hídrico (B10) tiene mayor influencia en la baja implementación de la tecnología solar FV que en la implementación de centrales eólicas. Otra barrera de carácter técnico que afecta a la energía solar FV en forma específica son los inconvenientes con la conexión a la red (B3). Esta barrera se considera influenciada por la falta de una normativa que facilite los puntos de conexión y la falta de estudios necesarios para el inicio de construcción, que concluyen en el retiro de permisos.

Referente a la barrera (B3) años atrás el CONELEC anuló varios permisos para la construcción de plantas de generación mediante ERNC, la mayoría plantas solares, basado en que las empresas no cumplían con los cronogramas propuestos. También se llegó a establecer que algunos proyectos iniciaron la construcción de las instalaciones sin tener los estudios técnicos y ambientales en regla. Entre las empresas a las que se les anuló sus permisos se encuentran: Isofotón, Guitarsa SA y Energía solar SA, demostrando que la falta de estudios técnicos y de profesionales que los realicen, tienen una influencia importante en el bajo despliegue de la energía solar FV [75].

Por último, en la Figura 5.4 y 5.5 se puede apreciar la importancia relativa de todas las barreras según la opinión del sector público, privado y académico. En las figuras, el área sombreada representa la influencia de las barreras desde una perspectiva general para la energía eólica y solar FV. De esta manera se establece que el factor menos influyente en la implementación de la tecnología eólica y solar FV es la oposición local al desarrollo de proyectos (B8). De igual forma la escasez de un adecuado recurso (B22) y el factor de planta (B17), se establecen como las barreras técnicas que menos influencia tienen en la baja implementación de estas dos tecnologías.

Tabla 5.2 Principales barreras que influyen en la expansión de la energía eólica en el Ecuador.

Fuente: Autores.

Tipo de barrera	Código	Nada Importante		Poco Importante		Neutral		Algo Importante		Totalmente Importante		Suma	(M)
		1		2		3		4		5			
		Pi	Ri	Pi	Ri	Pi	Ri	Pi	Ri	Pi	Ri		
BP	B11	1	0,01	4	0,04	6	0,06	28	0,28	61	0,61	100	4,44
BE	B1	2	0,02	4	0,04	4	0,04	31	0,31	59	0,59	100	4,41
BP	B7	1	0,01	4	0,04	7	0,07	33	0,33	55	0,55	100	4,37
BE	B20	2	0,02	8	0,08	12	0,12	26	0,27	50	0,51	98	4,16
BE	B5	4	0,04	8	0,08	11	0,11	23	0,23	53	0,54	99	4,14
BS	B13	0	0,00	8	0,08	17	0,17	36	0,36	38	0,38	99	4,05
BE	B18	4	0,04	10	0,10	10	0,10	31	0,31	45	0,45	100	4,03
BP	B12	2	0,02	8	0,08	17	0,17	31	0,31	42	0,42	100	4,03
BT	B10	2	0,02	10	0,10	12	0,12	35	0,35	41	0,41	100	4,03
BT	B3	3	0,03	10	0,10	12	0,12	35	0,35	40	0,40	100	3,99
BE	B21	4	0,04	5	0,05	16	0,16	37	0,37	37	0,37	99	3,99
BP	B14	5	0,05	8	0,08	16	0,16	33	0,33	38	0,38	100	3,91
BE	B2	5	0,05	7	0,07	19	0,19	32	0,32	37	0,37	100	3,89
BS	B19	4	0,04	9	0,09	15	0,15	39	0,39	32	0,32	99	3,87
BS	B4	7	0,07	4	0,04	19	0,19	34	0,34	35	0,35	99	3,87
BS	B16	4	0,04	7	0,07	20	0,20	37	0,37	32	0,32	100	3,86
BT	B15	5	0,05	12	0,12	14	0,14	33	0,33	35	0,35	99	3,82
BT	B9	5	0,05	8	0,08	18	0,18	36	0,37	31	0,32	98	3,82
BT	B6	8	0,08	12	0,12	18	0,18	23	0,23	39	0,39	100	3,73
BT	B22	5	0,05	12	0,12	24	0,24	30	0,30	29	0,29	100	3,66
BT	B17	7	0,07	15	0,15	21	0,21	35	0,35	22	0,22	100	3,50
BS	B8	11	0,11	14	0,14	20	0,20	31	0,31	24	0,24	100	3,43

Tabla 5.3 Principales barreras que influyen en la expansión de la energía solar fotovoltaica en el Ecuador.

Fuente: Autores.

Tipo de barrera	Código	Nada Importante		Poco Importante		Neutral		Algo Importante		Totalmente Importante		Suma	(M)
		1		2		3		4		5			
		Pi	Ri	Pi	Ri	Pi	Ri	Pi	Ri	Pi	Ri		
BP	B11	1	0,01	5	0,05	7	0,07	27	0,27	60	0,60	100	4,40
BP	B7	1	0,01	4	0,04	7	0,07	35	0,35	52	0,53	99	4,34
BE	B1	2	0,02	6	0,06	5	0,05	30	0,30	56	0,57	99	4,33
BE	B5	3	0,03	6	0,06	10	0,10	25	0,26	54	0,55	98	4,23
BE	B20	2	0,02	8	0,08	11	0,11	26	0,27	51	0,52	98	4,18
BT	B10	2	0,02	10	0,10	10	0,10	35	0,35	42	0,42	99	4,06
BS	B13	0	0,00	8	0,08	17	0,17	36	0,37	37	0,38	98	4,04
BP	B12	2	0,02	8	0,08	17	0,17	31	0,31	42	0,42	100	4,03
BT	B3	3	0,03	9	0,09	12	0,12	34	0,35	40	0,41	98	4,01
BE	B18	4	0,04	11	0,11	9	0,09	33	0,34	41	0,42	98	3,98
BE	B21	4	0,04	6	0,06	17	0,17	35	0,35	38	0,38	100	3,97
BS	B16	3	0,03	7	0,07	19	0,19	38	0,39	31	0,32	98	3,89
BP	B14	5	0,05	8	0,08	16	0,16	35	0,35	35	0,35	99	3,88
BS	B19	4	0,04	8	0,08	18	0,18	37	0,37	33	0,33	100	3,87
BE	B2	5	0,05	5	0,05	20	0,20	36	0,37	32	0,33	98	3,87
BS	B4	7	0,07	4	0,04	20	0,20	34	0,34	35	0,35	100	3,86
BT	B15	6	0,06	11	0,11	14	0,14	33	0,33	35	0,35	99	3,81
BT	B9	5	0,05	12	0,12	16	0,16	35	0,36	29	0,30	97	3,73
BT	B6	8	0,08	11	0,11	17	0,17	29	0,29	35	0,35	100	3,72
BT	B22	5	0,05	14	0,14	25	0,25	32	0,32	23	0,23	99	3,55
BT	B17	7	0,07	15	0,15	18	0,18	35	0,35	24	0,24	99	3,55
BS	B8	11	0,11	14	0,14	21	0,21	31	0,31	23	0,23	100	3,41

5.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS POR SECTORES

Al fraccionar la encuesta por profesionales del sector público, privado y académico, se obtuvieron diferentes grados de homogeneidad para la energía eólica y solar FV (ver Tabla 5.1). Los indicadores de los diferentes sectores para las dos tecnologías muestran un grado confiabilidad entre bueno y excelente, por lo que se establece adecuado para este análisis.

Desde el sector público se establece que los factores limitantes para el despliegue de la tecnología eólica es la falta de una política de eficiencia energética (B11), potencial hidroeléctrico (B10) y la imposibilidad para acceder a financiamientos adecuados (B1). Desde el sector privado se percibe una singularidad entre la necesidad de un financiamiento (B1) y la falta de regulaciones (B7) que ayuden a la promoción de la energía eólica. Finalmente, la academia establece que un factor que imposibilita la expansión de la energía eólica como fuente de generación eléctrica es el subsidio que el estado mantiene hacia los combustibles (B5). En la figura 5.4 se puede apreciar el nivel de relevancia de las barreras antes mencionadas para la energía eólica.

En lo referente a la energía solar fotovoltaica, el sector público comparte la idea de que es necesario un mejor financiamiento (B1), así como una política de eficiencia energética más adecuada (B11). Además, se puede observar que al centralizar la generación en grandes proyectos hidroeléctricos (B10) es un factor que limita el uso de los sistemas fotovoltaicos. Las respuestas de los participantes del sector privado muestran similitud con el grado de relevancia de las barreras antes mencionadas, pero se puede notar que los inconvenientes para tener un acceso a la red (B3) y las regulaciones (B7) tienen un peso importante en la implementación de sistemas FV. El sector académico comparte la opinión otorgada por el sector público y privado en lo referente a la energía solar FV, pero se puede notar que el subsidio a los combustibles (B5) también se considera una barrera limitante para esta tecnología desde la perspectiva académica.

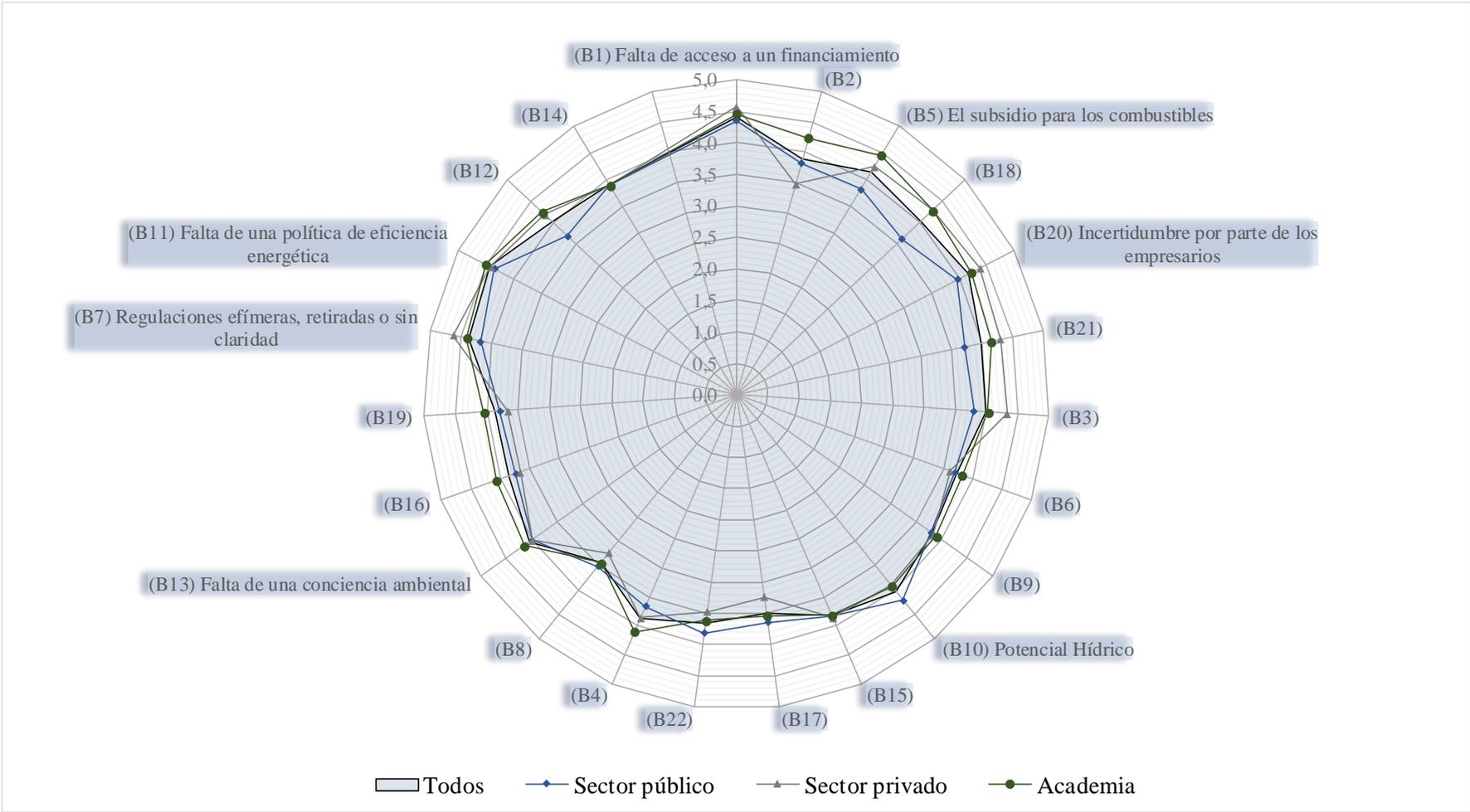


Figura 5.4 Resultados de las encuestas por sectores para la energía eólica.

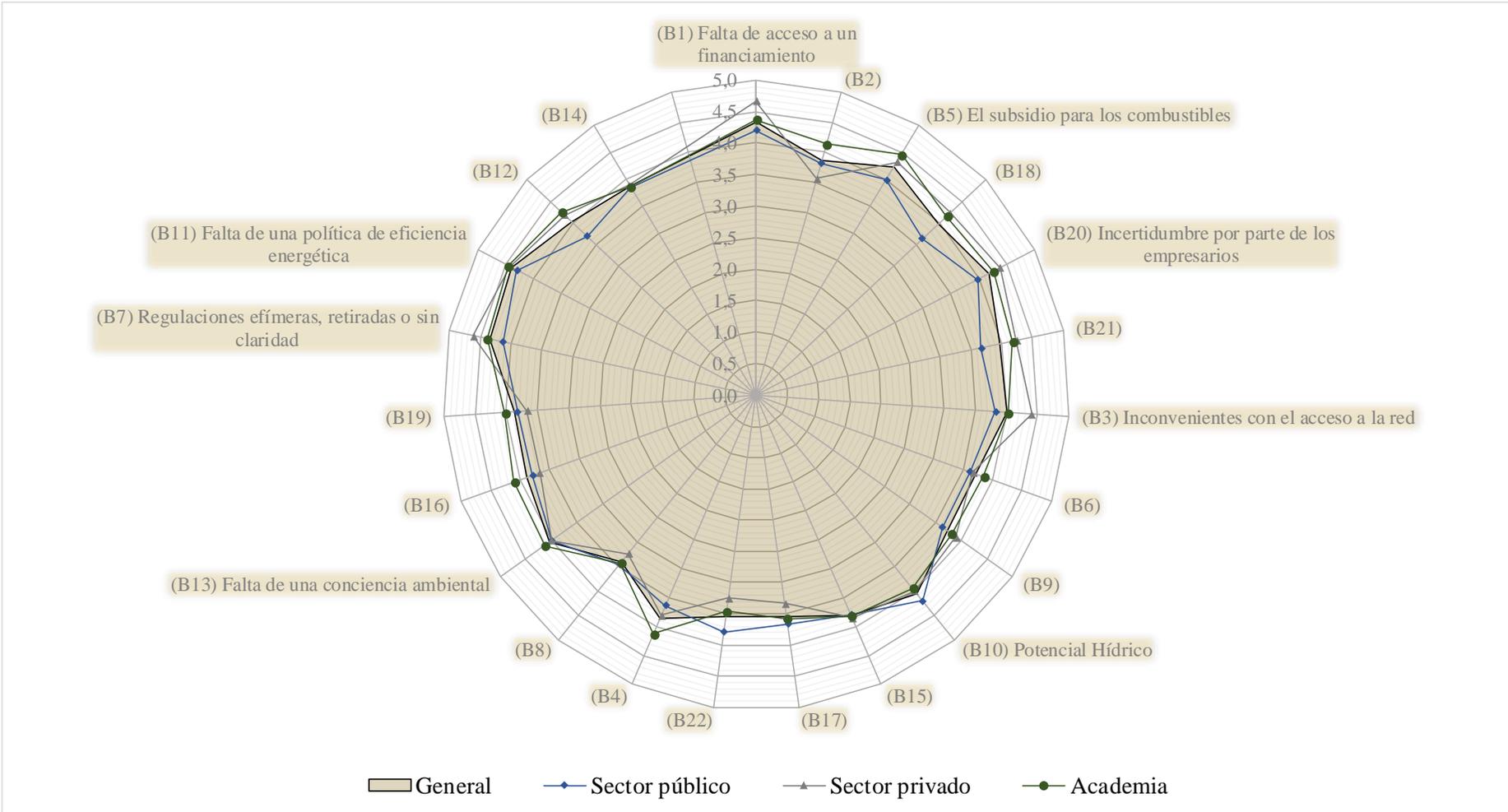


Figura 5.5 Resultados de las encuestas por sectores para la energía solar FV.

5.4.1 Opiniones de los encuestados pertenecientes al sector público

Los profesionales del sector público consideran necesarios marcos regulatorios estables (B7) e implementación de políticas públicas (B11) sobre el uso de energía eólica y solar. En lo referente a las regulaciones derogadas, se opina tenían un muy corto plazo de precio preferente lo que disminuyó el interés para la inversión, además de percepción de una inseguridad jurídica. Varios profesionales del sector público sugieren que las ER requieren de un plan energético a largo plazo (2040-2050), además de una política energética que permita la inversión privada y extranjera con medidas claras para el pago de su inversión.

Los participantes del sector público sostienen que existe falta de conciencia en el personal regulador del sector eléctrico para diversificar la matriz de generación, con el fin de disminuir la vulnerabilidad ante una sequía extrema o daño grave de alguna hidroeléctrica, de las cuales el sistema es muy dependiente. Algunos de los encuestados opinan que la hidroelectricidad como fuente primaria aún no se agota en el país, y que es sensato continuar avanzando con el recurso que más abunda, pero sin duda lleva a que las ERNC se adopten como una segunda o tercera opción. A esto se suma que el recurso hídrico es catalogado como una fuente de energía renovable, limpia y más barata, tanto en construcción como en producción, demostrando que efectivamente el potencial hidroeléctrico (B10) afecta a las demás tecnologías.

Varios profesionales del sector público sostienen que las energías renovables tienen posibilidades para ingresar al sector eléctrico, pero que efectivamente tienen un bajo factor de planta (B17) que no les permite competir y convertirse en una energía firme para el sistema. Los expertos del sector público sostienen que la variabilidad y el comportamiento del recurso primario altera las proyecciones futuras, poniendo en duda la rentabilidad de los proyectos eólicos y solares FV. Una parte de los encuestados del sector público afirman que un problema para la implementación de este tipo de tecnologías es el costo de inversión (B2) y la falta de una red meteorológica adecuada o disponibilidad de la información.

Algunos profesionales del sector público recomiendan que para promover de mejor manera la implementación de la tecnología solar FV, es necesario analizar las horas de sol pico a lo largo del día y el nivel de irradiación. Para superar estas barreras los expertos sugieren disponer de una base de datos confiable del recurso. Con respecto a la generación eólica, varios encuestados sugieren que se ejecuten estudios y recolección de datos técnicos del viento. Los profesionales consultados sugieren que la ubicación geográfica del país (B22) limita el recurso eólico.

Profesionales del sector público opinan que existe falta de socialización de las ERNC con la población (B4), y recomiendan que se socializar los detalles y beneficios de la regulación Nro.

ARCONEL - OO3/18 "Microgeneración fotovoltaica para autoabastecimiento" es vital para obtener una mayor implementación en edificaciones residenciales o comerciales. Además, que la tecnología FV y eólica deben ser enfocadas en zonas que sean complementarias al sistema energético actual (regímenes hidroeléctricos), generación focalizada y de manera distribuida mediante la autogeneración, y de esta manera hacer más eficiente el sistema en general.

Además, se sostiene que desde la industria privada tampoco ha existido proyectos creativos hechos a la medida de las necesidades del país, de manera que puedan ser realmente un apoyo a la producción de energía. De acuerdo con la opinión de los encuestados se plantea que se ha intentado copiar modelos y normativas de otros países que no son compatibles con la realidad ecuatoriana. Los profesionales tratados del sector público opinan que mientras los costos de los combustibles fósiles (B5) se mantengan bajos, las nuevas tecnologías muy difícilmente podrán competir con las tecnologías tradicionales térmicas.

5.4.2 Opiniones de los encuestados pertenecientes al sector privado

Desde la parte privada, los profesionales sostienen que para incentivar el desarrollo de las ER se debe construir un mercado de energía de corto plazo regulado pero liberado a la inversión privada. Adicionalmente se propone potenciar el desarrollo de la industria ecuatoriana para incrementar la demanda de energía. Los consultados consideran necesario aplicar el Art. 26 de la Ley Eléctrica (LOSPE), el cual establece que el Estado promoverá el uso de ERNC a través de regulaciones emanadas por el ARCONEL. Varios encuestados sostienen que la inestabilidad institucional debe ser mejor analizada, ya que han existido más de 7 ministros de electricidad en dos años. Otro tipo de barrera percibidas por los profesionales del sector privado son las regulaciones (B7) del ARCONEL, pues son complicadas, de corto plazo o inexistentes.

Desde un punto de vista económico los profesionales consultados consideran importante la inversión inicial (B2) debido al costo de la tecnología, además de la percepción de tecnologías no disponibles en el país. Los expertos proponen que la inexistencia de sitios o emplazamientos (B22) que garanticen una oferta interesante de energía también son factores influyentes en la baja implementación de ERNC. La parte privada propone estudios de ubicación, debido a que estas tecnologías no se pueden implementar de manera aleatoria. Varios expertos sostienen que en el Ecuador los sitios con el adecuado recurso son limitados, de manera específica para la energía eólica (B22), además que los impactos ambientales no son del todo despreciables.

Finalmente, los actores de la parte privada sostienen que el priorizar la construcción de centrales hidroeléctricas (B10) de gran tamaño demerita la promoción de las energías renovables. Por otra parte, la política de subsidios en la tarifa eléctrica y para los combustibles (B5) son factores que

impiden el auge de las ERNC. El sector privado considera que hay una competencia en desventaja para las energías renovables frente a las tecnologías tradicionales. La lentitud y dificultades para obtener un permiso (B3) se cree es una barrera social (además de técnica) puesto que desmotiva a las personas y desprestigia la tecnología.

5.4.3 Opiniones de los encuestados pertenecientes al sector académico

La percepción de los profesionales de la academia enfatiza que existe un marco regulatorio (microgeneración solar FV para autoconsumo), pero las distribuidoras no están preparadas para aceptar este tipo de proyectos. Desde los criterios económicos y técnicos, los impuestos y el exceso de trámites en la importación de equipamiento se consideran trabas importantes para las nuevas tecnologías.

Una barrera social propuesta por profesionales del sector académico es la actitud de los ecuatorianos de depender de las tecnologías tradicionales. Además de una falta de educación energética (B16), una baja responsabilidad social y ambiental (B13). Desde una visión técnica y económica los consultados opinan que la generación eléctrica por medio de energía solar FV tiene eficiencias muy bajas (B17) y costos de implementación elevados (B2).

Los profesionales de la academia plantean necesario un mercado liberalizado de la energía, donde empresas externas puedan generar y comercializar energía. Se propone que la distribución permanezca bajo el control estatal, y el resto de los segmentos liberarse para que sean entes externos los que generen inversión. Se considera que el costo energético se ajuste en función de la variación de la demanda y la oferta energética de productores convencionales y no convencionales. Los expertos consideran primordial el retiro paulatino del subsidio a los combustibles (B5), y lo que se invierte actualmente en ellos se enfoque a las ERNC como ha sido la experiencia en otros países. Finalmente, se conceptúa que las decisiones estatales sobre las ER comprendan una opinión técnica y no únicamente política.

5.5 COMPARATIVA ENTRE ANÁLISIS REALIZADOS EN OTROS PAÍSES

Las energías renovables apuntan a ser el principal contendiente para mejorar el desabastecimiento energético en zonas rurales y la contaminación ambiental producida por los combustibles fósiles. Varios países buscan aprovechar sus fuentes naturales de energía, pero se han presentado mecanismos de bloqueo en la adopción de las nuevas tecnologías para la generación eléctrica. Con relación a esto, se realiza una comparación entre la investigación realizada y los trabajos efectuados por autores de otros países de la región y el mundo.

5.5.1 Energía eólica

En comparación con el estudio realizado en Grecia [3], se puede observar que el Ecuador comparte similitud en ciertas barreras que influyen en la baja implementación de proyectos renovables. Entre los factores que son equivalentes para los dos países se encuentran la falta de un adecuado financiamiento para proyectos que aprovechan los recursos eólicos, falta de una política energética estable, falta de una cultura ambiental y desconocimiento del potencial eólico en los habitantes. Dos barreras específicas que muestra la energía eólica de Ecuador en comparación con Grecia [3], es la falta de regulaciones que incentiven el uso de fuentes renovables y el subsidio a los combustibles.

Se conoce que el país es uno de los pocos de la región que mantiene un subsidio hacia los combustibles, por lo que es lógico que se considere un influyente en la baja penetración de la energía eólica. La generación eléctrica mediante plantas térmicas se considera subsidiada desde agosto del 2005. En el año 2018, el diesel fue el combustible con el mayor subsidio en el país, el diésel es el principal combustible para centrales térmicas en el país [76], [77]. En [77] se establece que cerca de la mitad de los clientes de electricidad actualmente reciben un subsidio. Por otra parte, desde el año 2013 se han derogado varias regulaciones que establecían precios preferenciales para las ERNC, lo que podría ser un agravante para que la falta de regulaciones se establezca como una de las barreras más importantes en la baja penetración de esta tecnología en el país.

Mediante la revisión realizada a las barreras de las ER de la India [62], se percibe una singularidad con la investigación realizada para el sector ecuatoriano. La necesidad de crear políticas gubernamentales adecuadas para la promoción de proyectos eólicos y solares FV se perciben necesarias para los dos países. En esta investigación se establece que existe falta de compromiso político para las energías renovables desde el estado.

En lo referente a países de la región, en específico Argentina [66], existe una semejanza sobre la influencia del subsidio a los combustibles fósiles en la baja densidad de proyectos renovables de manera general. La acción de abaratar los costos de los combustibles se considera que pone en desventaja competitiva a las nuevas alternativas de generación renovable. También se comparte la idea de que son necesarias políticas que ayuden a las empresas privadas a acceder a financiamientos y que ayuden a reducir la percepción de riesgo.

En comparación con Brasil [63], Chile [64] y Colombia [65], existe similitud en la necesidad de un mejor financiamiento, y así disponer de un capital adecuado para invertir. Con referencia a las barreras técnicas se considera necesario mejorar la capacidad y la tramitología para obtener un

permiso a la red. En el análisis enfocado a Chile [64], se considera que los tiempos para acceder a un permiso a la red son largos. En Colombia [65], se plantea necesario un marco legal regulatorio para las ER, además de que existe una falta de aceptación por parte de los consumidores.

5.5.2 Energía solar FV

En base al análisis realizado en Hong Kong [3], se hace una comparativa con el sector ecuatoriano y se perciben similitudes en alusión a la necesidad de regulaciones más adecuadas enfocadas a la implementación de tecnologías solares FV. La complicación y retrasos en los permisos para la construcción de proyectos solares FV son una barrera específica del sector ecuatoriano, esto en base a la comparación con la investigación realizada en Hong Kong.

En referente al estudio realizado en Grecia [3] enfocado a la energía solar FV, se percibe necesario un mejor recurso financiero y una política energética más estable. También existe una paridad entre Grecia y Ecuador en que los retrasos en la emisión de permisos de construcción para proyectos solares FV son mecanismos que bloquean la rápida difusión de esta tecnología en particular.

En comparación con el sector eléctrico de la India [62], hay cierta discrepancia en comparación con las barreras percibidas en el sector eléctrico ecuatoriano. Se considera que las condiciones geográficas específicas de la India es un mecanismo de bloqueo para los proyectos de energías renovables, se establece que los escasos recursos naturales y renovables truncan la iniciativa para promover su implementación.

Finalmente, en comparación con otros países de la región como Brasil [63], Chile [64] y Colombia [65] existe una concordancia en que se debe mejorar la concienciación en los habitantes creando programas de uso consciente de la energía, desarrollo sustentable y conciencia energética. Desde un punto de vista económico entre los países mencionados se concuerda en que la dificultad para obtener un financiamiento adecuado demerita la implementación de proyectos solares. Una larga tramitología para obtener un permiso a la red es considerada una traba importante en varios países de la región entre ellos Ecuador.

CONCLUSIONES

Se han establecido las principales barreras que la energía eólica y solar FV presentan para que se incremente su participación en el abastecimiento de energía al sistema eléctrico. Por medio del análisis de madurez tecnológica para el caso ecuatoriano estudiado en el Capítulo 2, se establece

que la energía eólica y solar FV del país se encuentran culminando sus respectivas etapas de formación. Con base en el análisis realizado, se considera que el campo de las ERNC se encuentra estancado y presenta necesidades de una mejor promoción de sus fuentes, con el fin de iniciar una etapa de desarrollo exitosa.

La investigación realizada determina que, si bien existen varios factores complejos que traban el desarrollo y promoción de las tecnologías eólicas y solares FV, algunos factores tienen una mayor influencia en la expansión de los nuevos proyectos mediante tecnologías renovables. En este sentido se ha determinado que efectivamente existe un grupo de barreras que contribuyen en mayor grado a la baja implementación de proyectos eólicos y solares FV. Dichas barreras comparten características políticas, sociales, económicas y técnicas, siendo las siguientes barreras las más influyentes en sector eléctrico ecuatoriano.

Se considera que el aumento en la implementación de proyectos renovables en base a recursos solares y eólicos pueden no llegar a cumplirse si no existe un mecanismo que facilite el acceso a un financiamiento adecuado (B1). La incertidumbre sobre los precios futuros de energía para estas tecnologías (B20), así como los subsidios que el país mantiene para los combustibles (B5), son barreras que tienen el mayor efecto en la baja densidad de implementación de nuevos proyectos. Si se hace una comparación entre la inversión inicial para proyectos renovables y el costo económico por utilizar combustibles fósiles, las energías renovables adoptan una desventaja debido a que los costos de las renovables exceden el de los combustibles de manera considerable.

En lo que respecta a las barreras económicas la incapacidad para acceder a un financiamiento adecuado (B1), es una de las barreras que se percibe más crítica. En varios países en donde las energías renovables tienen éxito en su implementación, se ha facilitado el acceso a las fuentes de financiamiento, mediante la creación de políticas públicas y de desarrollo enfocadas a las necesidades específicas de cada región.

En lo correspondiente a las barreras con características políticas, se establece que no existen regulaciones que aporten a una correcta promoción de las ERNC (B7), y de existir no están del todo claras o son derogadas con rapidez sin tener un tiempo adecuado de maduración. También es muy notable la falta de una política de eficiencia energética nacional estable (B11). Este tipo de política debe incluir programas que apunten a fortalecer la introducción de nuevas tecnologías en la matriz de generación eléctrica, además de normativas que planteen un uso eficiente de la energía eléctrica.

Los inconvenientes con el acceso a la red (B3) influyen en la baja densidad de proyectos. Se debe pasar una tramitología extensa de estudios y permisos, que al no cumplirse interfieren en la

construcción de proyectos, en su mayoría fotovoltaicos. Por otra parte, se cree que la baja implementación de proyectos renovables no convencionales está dada por la centralización en grandes proyectos hidroeléctricos. El potencial hidroeléctrico (B10) del país es importante, pero se debe reconsiderar la idea que las hidroeléctricas de gran magnitud ya no se consideran fuentes de energía renovable y deben dejar de ser promocionadas como tal. Se considera necesario buscar nuevas formas para que las tecnologías renovables complementen a la generación hidráulica y así obtener una matriz de generación más diversificada.

Finalmente, desde la sociedad existe una percepción inadecuada o inexistente por parte de los pobladores sobre las energías renovables no convencionales (B4). La falta de conciencia ambiental (B13) se establece como una barrera influyente para la promoción de las ERNC y debe ser tratada de mejor manera en el país. Se sostiene que existe una escasa cultura en el desarrollo sostenible por parte de la población. La falta de cultura de desarrollo sostenible influye en la baja aceptación de nuevas tecnologías renovables, las cuales intentan ser parte de un sistema colmado por hidroeléctricas y centrales térmicas.

RECOMENDACIONES

Referente a la parte técnica, para llegar a obtener una mayor implementación de tecnologías renovables se percibe necesario reducir la tramitología para los permisos de instalación. Es necesaria una diferenciación de proyectos por potencia, así como una normalización de formatos técnicos y guías para facilitar el proceso de contratación. Los estudios previos de calidad y agilidad en el cierre de negociaciones tienen una importancia considerable dentro de la implementación de proyectos, con una correcta coordinación entre llegada de equipo y ritmo de ejecución. Para que todos estos factores se realicen de manera correcta es necesario un recurso humano y económico adecuado.

Desde una perspectiva enfocada a las barreras sociales se cree pertinente fomentar la autogeneración en la población, la autogeneración debe ser vista y priorizada como un ahorro energético. Son necesarias campañas de comunicación, divulgación y capacitación que concienticen a la población en temas ambientales y eficiencia energética. Si bien la autogeneración no aporta cambios notables a la matriz energética a corto plazo, su fomento genera un cambio en la conciencia ambiental de la población, produciendo un uso consiente de la energía, y propiciando el uso de tecnologías renovables de manera residencial y en edificaciones comerciales. Es necesario un cambio cultural en la forma de consumo, así como una mejor educación energética en la sociedad.

Es imprescindible creer que la transición energética se genera desde una necesidad de ahorro económico y conseguir costos más bajos en el consumo eléctrico. Se debe buscar una eficiencia energética desde la demanda con precios más atractivos para los consumidores. Los mecanismos de financiamiento no deben estar enfocados únicamente a los grandes proyectos de generación, se debe tomar en cuenta a las pequeñas iniciativas como la regulación Nro. ARCONEL - OO3/18 "Microgeneración fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica". Se considera necesario aliviar la dificultad en el acceso a los financiamientos, estos deben incluir a los usuarios finales de la energía, que son los que promueven la demanda.

Finalmente, referente a las barreras políticas se considera necesario crear marcos que regulen y disminuyan la percepción de riesgo entre los inversionistas, así como políticas que incentiven el uso de fuentes de energía eólica y solar FV. En ese mismo sentido, la dotación de recursos es esencial para atraer nuevas empresas e inversionistas, crear legitimidad a las nuevas tecnologías refuerza el movimiento de los recursos desde la parte privada y pública. Establecer un objetivo a futuro es considerada la actividad más importante en todas las etapas de madurez tecnológica y debe ser establecida por el gobierno, demostrando el interés y el compromiso con las nuevas tecnologías, esto propiciará la creación de nuevos proyectos.

A medida que aumentan las empresas en un mercado se incrementa la aceptación social y política, evidenciando una mayor difusión y socialización con la comunidad. Por lo tanto, es necesario un trabajo en conjunto en donde el apoyo social respalde a los gobiernos en ámbitos de transición tecnológica. Cuando más sociable es una tecnología con los habitantes, más empresas tienen el incentivo para invertir en nuevos proyectos atraídos por la demanda y con el propósito de generar ingresos. Son necesarias políticas que promuevan las inversiones para proyectos de ERNC, de esta manera se facilitará el ingreso de nuevos competidores al mercado.

- [1] J. Gosens, F. Hedenus, and B. A. Sandén, “Faster market growth of wind and PV in late adopters due to global experience build-up,” *Energy*, vol. 131, pp. 267–278, 2017.
- [2] CONELEC, “Plan Maestro de Electrificación 2013 - 2022. Aspectos de sustentabilidad y sostenibilidad social y ambiental.” Ecuador, 2013.
- [3] X. Zhang, L. Shen, and S. Y. Chan, “The diffusion of solar energy use in HK: What are the barriers?,” *Energy Policy*, vol. 41, pp. 241–249, 2012.
- [4] J. P. Muñoz, “Análisis de la matriz energética ecuatoriana.” 2013.
- [5] I. M. Eleftheriadis and E. G. Anagnostopoulou, “Identifying barriers in the diffusion of renewable energy sources,” *Energy Policy*, vol. 80, pp. 153–164, 2015.
- [6] M. Castro, “Hacia una matriz energética diversificada en Ecuador,” *CEDA Cent. Ecuatoriano Desarro. Ambient.*, p. 124, 2011.
- [7] M. P. Hekkert, R. A. A. Suurs, S. O. Negro, S. Kuhlmann, and R. E. H. M. Smits, “Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change,” *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 74, no. 4, pp. 413–432, 2007.
- [8] S. O. Negro, M. P. Hekkert, and R. E. Smits, “Explaining the failure of the Dutch innovation system for biomass digestion-A functional analysis,” *Energy Policy*, vol. 35, no. 2, pp. 925–938, 2007.
- [9] A. Bergek, S. Jacobsson, B. Carlsson, S. Lindmark, and A. Rickne, “Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis,” *Res. Policy*, vol. 37, no. 3, pp. 407–429, 2008.
- [10] Marko P. Hekkert and S. O. Negro, “Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims,” *Int. Rev. Electr. Eng.*, vol. 6, no. 4, pp. 1727–1738, 2011.
- [11] J. Z. Aguirre Parra, “Análisis de la matriz energética ecuatoriana y plan de desarrollo energético sostenible para la ciudad de Machala,” 2018.
- [12] Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, “Eólico,” 2015.
- [13] Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, “Solar,” 2015.
- [14] Tech4CDM, “La energía eólica en Ecuador,” p. 278, 2012.
- [15] INER, “Eficiencia energética y energías renovables en Ecuador I + D + i,” 2016.

- [16] E. Rosero and B. Chilingua, “Ecuador Informe final: línea base de las tecnologías energéticas y estado del arte,” p. 90, 2011.
- [17] A. Mena Pachano, “El desarrollo de la energía renovable en el Ecuador,” *CIE*, 2017. [Online]. Available: <http://energia.org.ec/cie/el-desarrollo-de-la-energia-renovable-en-el-ecuador/>. [Accessed: 11-Jul-2019].
- [18] A. Mena, “Entrevista al Ing. Alfredo Mena Pachano, director ejecutivo de la CIE,” *Vistazo*, 2017.
- [19] CELEC, “Reseña Histórica: 30 años de la Central Paute Molino, Una historia para ser contada,” 2013. [Online]. Available: <https://www.celec.gob.ec/hidropaute/galeria/11-espanol/perfil-corporativo/5-resena-historica.html>. [Accessed: 11-Jul-2019].
- [20] J. P. Muñoz-Vizhñay, “Análisis de la matriz energética ecuatoriana.” p. 25, 2012.
- [21] A. Pachano Mena, “La investigación y desarrollo de energías renovables en el Ecuador: Análisis crítico,” *Corporación para la Investig. Energética*, 2013.
- [22] R. Narváez, “Balance Energético 2017 Resumen de Metodología y Resultados,” 2017.
- [23] Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, “Panorama y actualización sobre el sector energético,” 2019.
- [24] ARCONEL, “Estadística Anual Y Multianual 2018.” 2018.
- [25] M. R. Gamez, “La energía fotovoltaica en la provincia de Manabí,” no. June 2018. p. 185, 2019.
- [26] M. F. Cevallos Cifuentes, “Estudio de la economía de las energías renovables en el Ecuador,” 2017.
- [27] Agencia de Regulación y Control de Electricidad, “Estadística anual y multianual del sector eléctrico ecuatoriano.” 2018.
- [28] P. A. Carrillo Maldonado, J. Díaz Cassou, and J. Tejeda, “El impacto macroeconómico de la reforma energética ecuatoriana,” *Inter-American Dev. Bank.*, vol. 11, no. 3, pp. 287–301, 2018.
- [29] Ministerio de Relaciones Exteriores, “La transición energética en Alemania,” 2017.
- [30] V. Fuentes *et al.*, “Wind energy production in Ecuador,” vol. 3, pp. 22–32, 2019.
- [31] G. F. Calderon Intriago, J. C. Mera Macías, and J. C. Guamán Segarra, “El mercado eléctrico ecuatoriano y su incidencia en los altos costos de las tarifas de energía eléctrica a los consumidores residenciales y comerciales en la provincia de Manabí comprendidos en el periodo de enero a diciembre del 2018.,” *Rev. Investig. en Energía, Medio Ambient. y Tecnol. RIEMAT ISSN 2588-0721*, vol. 3,

- no. 2, p. 24, 2018.
- [32] ARCONEL, “Regulación Nro. ARCONEL - OO3/18,” *Regulaciones*, 2018.
- [33] SENA, “Cambios por Decreto Ejecutivo,” 2018. [Online]. Available: <https://www.aduana.gob.ec/boletines/cambios-por-decreto-ejecutivo-entidad-ministerio-de-electricidad-y-energia-renovable-y-subsecretaria-de-control-y-aplicaciones-nucleares-meer-scan-por-ministerio-de-energia-y-recursos-naturales-no-r/>. [Accessed: 25-Sep-2019].
- [34] CENACE, “Informe anual 2018,” 2018.
- [35] A. Escandón Barragán, “Análisis, especificación y desarrollo de procedimientos de operación para la gestión de la energía eólica en el Ecuador,” 2012.
- [36] ARCONEL, “Balance Nacional Agosto,” 2019.
- [37] I. Cabrera and E. Figueroa, “Situación energética en el Ecuador, análisis técnico y económico para el uso eficiente de la energía,” *El Escorial*, 2012.
- [38] E. A. Barragán and J. L. Espinoza, “Políticas para la promoción de las energías renovables en el Ecuador,” *Energías Renov. en el Ecuador / Situación actual, tendencias y Perspect.*, vol. 1, pp. 1–27, 2015.
- [39] J. Chicaiza Chacha and O. Escobar Quisaguano, “Estudio técnico del consumo de energía eléctrica en el edificio El Rey para la implementación de energía renovable,” 2018.
- [40] E. Barragán-Escandón, E. Zalamea-León, J. Terrados-Cepeda, and P. Vanegas-Peralta, “Factores que influyen en la selección de energías renovables en la ciudad,” *Eure*, vol. 45, no. 134, pp. 259–277, 2019.
- [41] O. M. de la Salud, “La OMS afirma que el ruido de los parques eólicos puede causar enfermedades,” *OMS*, 2018. [Online]. Available: <https://www.elcomercio.com/tendencias/oms-ruido-parques-eolicos-enfermedades.html>. [Accessed: 31-Dec-2019].
- [42] R. H. González Neira and M. V. Velecela Zhindón, “Estudio de factibilidad de generación eléctrica mediante energía eólica y energía solar fotovoltaica para el sector de garauzhí de la parroquia Quingeo perteneciente a la ciudad de Cuenca,” 2014.
- [43] A. Barragán, “Generación eólica en Ecuador: Análisis del entorno y perspectivas de desarrollo,” no. May, 2014.
- [44] CONELEC, “Plan Maestro de electrificación 2013-2022,” Ecuador, 2014.
- [45] G. Poveda Burgos, K. Ruiz, and J. González, “Desarrollo de Energías Renovables en el Ecuador del siglo XXI, Optimización de Recursos Económicos y Conservación del Medio Ambiente,” *Rev. Obs. la Econ. Latinoam.*, pp. 1–16,

- 2017.
- [46] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035*. 2017.
- [47] Napo Gobierno Provincial, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Calacali 2015-2019,” *Gob. Autónomo Descent. Parroquial Rural “Pachicutza,”* pp. 25–72, 2015.
- [48] Corporación para la Investigación Energética, “Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica,” *CONELEC*, pp. 1–51, 2008.
- [49] Corporación para la Investigación Energética, “Proyectos CIE 2002-2017.” p. 10, 2017.
- [50] J. P. Muñoz and M. V. Rojas, “Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador.” p. 8, 2018.
- [51] J. P. Muñoz-Vizhñay, M. V. Rojas-Moncayo, C. R. Barreto-Calle, J. P. Muñoz, and M. V. Rojas, “Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador,” *Ingenius*, no. 19, p. 60, 2018.
- [52] Agencia de Regulación y Control de Electricidad, “Balance energético ecuatoriano.” 2018.
- [53] J. M. Orozco, “Panorama de las energías renovables y de la eficiencia energética en América Latina,” *Univ. Católica del Ecuador*, vol. 01, pp. 2–24, 2013.
- [54] E. Rosero, “La energía renovable, sin reglas claras,” *Revista Lideres*, 2017. [Online]. Available: <https://www.revistalideres.ec/lideres/energia-renovable-reglas-claras-eduardorosero.html>. [Accessed: 11-Jul-2019].
- [55] ARCONEL, “Regulaciones,” 2019. [Online]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/regulaciones/>. [Accessed: 11-Jul-2019].
- [56] L. Castellanos, “Atlas del Sector Eléctrico ecuatoriano 2018,” *ARCONEL*, p. 108, 2018.
- [57] Agencia de Regulación y Control de Electricidad, “Plan Maestro de Electricidad 2016-2025,” p. 430, 2016.
- [58] M. de E. y E. Renovable, “Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035,” p. 105, 2016.
- [59] La comisión de legislación y codificación, “Ley de régimen tributario interno,” 2011.
- [60] P. de la R. del Ecuador, “Fusión de ministerios, Decreto Ejecutivo N. 399,” 2017.
- [61] SENA, “Cambios por Decreto Ejecutivo: Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR).,” 2018. [Online]. Available:

<https://www.aduana.gob.ec/boletines/cambios-por-decreto-ejecutivo-entidad-ministerio-de-electricidad-y-energia-renovable-y-subsecretaria-de-control-y-aplicaciones-nucleares-meer-scan-por-ministerio-de-energia-y-recursos-naturales-no-r/>. [Accessed: 25-Sep-2019].

- [62] S. Luthra, S. Kumar, D. Garg, and A. Haleem, “Barriers to renewable/sustainable energy technologies adoption: Indian perspective,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 41, pp. 762–776, 2015.
- [63] J. R. F. Diógenes, J. Claro, and J. C. Rodrigues, “Barriers to onshore wind farm implementation in Brazil,” *Energy Policy*, vol. 128, no. December 2018, pp. 253–266, 2019.
- [64] S. Nasirov, C. Silva, and C. A. Agostini, “Investors’ perspectives on barriers to the deployment of renewable energy sources in Chile,” *Energies*, vol. 8, no. 5, pp. 3794–3814, 2015.
- [65] A. M. Rosso-Cerón and V. Kafarov, “Barriers to social acceptance of renewable energy systems in Colombia,” *Curr. Opin. Chem. Eng.*, vol. 10, pp. 103–110, 2015.
- [66] C. Guzowski and M. Recalde, “Barreras a la Entrada de las Energías Renovables: El Caso Argentino,” *Asades*, vol. 12, no. January 2008, pp. 31–38, 2008.
- [67] S. Jacobsson and A. Bergek, “Transforming the energy sector: The evolution of technological systems in renewable energy technology,” *Ind. Corp. Chang.*, vol. 13, no. 5, pp. 815–849, 2004.
- [68] L. Coenen and F. J. Díaz López, “Comparing systems approaches to innovation and technological change for sustainable and competitive economies: An explorative study into conceptual commonalities, differences and complementarities,” *J. Clean. Prod.*, vol. 18, no. 12, pp. 1149–1160, 2010.
- [69] C. Morris and M. Pehnt, “La Energiewende alemana,” no. 10, pp. 132–151, 2001.
- [70] R. Gomelsky, “Sustainable Energy for All,” *BID*, 2013.
- [71] C. A. Frate and C. Brannstrom, “Stakeholder subjectivities regarding barriers and drivers to the introduction of utility-scale solar photovoltaic power in Brazil,” *Energy Policy*, vol. 111, no. September, pp. 346–352, 2017.
- [72] J. Haas *et al.*, “Sunset or sunrise? Understanding the barriers and options for the massive deployment of solar technologies in Chile,” *Energy Policy*, vol. 112, no. June 2016, pp. 399–414, 2018.
- [73] T. Gómez-Navarro and D. Ribó-Pérez, “Assessing the obstacles to the participation of renewable energy sources in the electricity market of Colombia,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 90, no. March, pp. 131–141, 2018.

- [74] N. Mercer, G. Sabau, and A. Klinke, “‘Wind energy is not an issue for government’: Barriers to wind energy development in Newfoundland and Labrador, Canada,” *Energy Policy*, vol. 108, no. November 2016, pp. 673–683, 2017.
- [75] A. Araujo, “Los proyectos fotovoltaicos se estancaron,” *El Comercio*, 2014. [Online]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/proyectos-fotovoltaicos-se-estancaron.html>. [Accessed: 11-Jul-2019].
- [76] F. Schaffitzel, M. Jakob, R. Soria, A. Vogt-schilb, and H. Ward, “Pueden las transferencias del gobierno hacer que la reforma de los subsidios energéticos sea socialmente aceptable: un estudio de caso sobre Ecuador,” *Banco Interam. Desarro. Div. Cambio Clim.*, 2019.
- [77] D. Espinoza and C. Viteri, “Análisis económico de la eliminación del subsidio de la gasolina súper en el Ecuador.,” *Rev. Espac.*, vol. 40, 2019.
- [78] J. J. del Valle, “Experiencias prácticas de autogeneración con fotovoltaica para los sectores residencial e industrial en España,” *J3M*, 2018.
- [79] J. E. Macías Centeno, L. A. Valarezo Molina, and G. Loor Castillo, “Los diferentes costos que tiene la energía eléctrica en el Ecuador considerando los cambios de la estructura actual,” *Rev. Investig. en Energía, Medio Ambient. y Tecnol. RIEMAT ISSN 2588-0721*, vol. 3, no. 2, p. 29, 2019.

ANEXOS

Código archivo	Documento	No. Referencia
A1	Generación Eólica en Ecuador: Análisis del Entorno y Perspectivas.	[43]
A2	Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035.	[46]
A3	Sustainable Energy for All: evaluación rápida y análisis de brechas en el sector energético.	[70]
A4	La energía eólica en Ecuador.	[14]
A5	Panorama de las energías renovables y de la eficiencia energética en América Latina.	[53]
A6	La investigación y desarrollo de energías renovables en el Ecuador: Análisis crítico.	[21]
A7	Plan Maestro de Electrificación 2013 – 2022 Aspectos de sustentabilidad y sostenibilidad social y ambiental.	[2]
A8	Políticas para la promoción de las energías renovables en el Ecuador.	[38]
A9	Situación energética en el Ecuador, análisis técnico y económico para el uso eficiente de la energía.	[37]
A10	Ecuador Informe final: línea base de las tecnologías energéticas.	[16]
A11	The diffusion of solar energy use in HK: What are the barriers?	[3]
A12	Identifying barriers in the diffusion of renewable energy sources.	[5]
A13	Barriers to social acceptance of renewable energy systems in Colombia.	[65]
A14	Stakeholder subjectivities regarding barriers and drivers to the introduction of	[71]

	utility-scale solar photovoltaic power in Brazil.	
A15	Sunset or sunrise? Understanding the barriers and options for the massive deployment of solar technologies in Chile.	[72]
A16	Assessing the obstacles to the participation of renewable energy sources in the electricity market of Colombia.	[73]
A17	Barreras a la Entrada de las Energías Renovables: El Caso Argentino.	[66]
A18	Barriers to onshore wind farm implementation in Brazil	[63]
A19	Investors' perspectives on barriers to the deployment of renewable energy sources in Chile	[64]
A20	Barriers to wind energy development in Newfoundland and Labrador, Canada.	[74]
A21	Los proyectos fotovoltaicos se estancaron.	[75]
A22	Análisis De La Matriz Energética Ecuatoriana Y Plan De Desarrollo Energético Sostenible Para La Ciudad De Machala 2018.	[11]
A23	El desarrollo de la energía renovable en el ecuador, 2017.	[17]
A24	Análisis, especificación y desarrollo de procedimientos de operación para la gestión de la energía eólica en el ecuador, 2012.	[35]
A25	Estudio técnico del consumo de energía eléctrica en el edificio El Rey para la implementación de energía renovable, 2018.	[39]

A26	Desarrollo de Energías Renovables en el Ecuador del siglo XXI, Optimización de Recursos Económicos y Conservación del Medio Ambiente, 2017.	[45]
A27	Estudio de la economía de la energía y las energías renovables en el Ecuador, 2017.	[26]
A28	Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Calacali 2015-2019, 2015.	[47]
A29	Corporación para la Investigación Energética, “Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica, 2008.	[48]
A30	Hacia una matriz diversificada, 2011.	[6]
A31	Análisis de la matriz energética ecuatoriana, 2012.	[20]
A32	Reseña Histórica: 30 años de la Central Paute Molino, Una historia para ser contada.	[19]
A33	La energía fotovoltaica en la provincia de Manabí, 2019.	[25]
A34	El impacto macroeconómico de la reforma energética ecuatoriana, 2018	[28]
A35	Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador, 2018.	[51]
A36	La energía renovable, sin reglas claras, 2017	[54]
A37	Hacia una matriz energética diversificada en Ecuador, 2011.	[6]
A38	Experiencias prácticas de autogeneración con fotovoltaica para los sectores residencial e industrial en España, 2018.	[78]
A39	Los Diferentes Costos que Tiene la Energía Eléctrica en el Ecuador Considerando los Cambios de la Estructura Actual, 2019.	[79]
A40	Entrevista vistazo al Ing. Alfredo Mena Pachano, director ejecutivo de la CIE.	[18]

BARRERAS QUE OBSTACULIZAN LA EXPANSIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL ECUADOR.

Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico (UPS, 2019).

Estudiantes:

Israel Efraín Romero Fajardo.
Darwin Andrés Jara Nieves.

Tutor:

Ing. Edgar Antonio Barragán Escandón Ph.D.

Introducción:

La siguiente encuesta tiene como objetivo identificar las barreras más relevantes que obstaculizan el desarrollo de la energía eólica y solar fotovoltaica (FV) en el Ecuador. Las barreras que afectan al sector eléctrico ecuatoriano presentadas a continuación fueron identificadas mediante una revisión bibliográfica que incluye informes, regulaciones, planes de gobierno e investigaciones locales e internacionales.

Antecedentes:

El uso de combustibles fósiles es la principal fuente para la generación eléctrica en el planeta, pero también es causante de la mayor contaminación por emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Motivo por el cual se han propuesto nuevas tecnologías que aprovechen fuentes renovables para la generación de electricidad.

El Ecuador gracias a su posición geográfica posee gran potencial en fuentes renovables, algunas de estas fuentes son el agua, sol, biomasa y eólica. En los últimos 10 años el gobierno se ha propuesto la diversificación de la matriz de generación eléctrica, por ello se ha implementado una serie de mecanismos que intentaron promover el uso de las nuevas tecnologías de producción de electricidad.

A pesar de las iniciativas propuestas, la tecnología eólica y solar FV se perciben estancadas en comparación con las tecnologías tradicionales. Esto se debe a que no existe una correcta transición tecnológica, por la aparición de barreras que limitan la expansión de nuevos proyectos en el campo de la generación eléctrica.

Conscientes de su experto conocimiento y su interés en el campo de generación eléctrica y Energías Renovables No Convencionales (ERNCC), solicitamos su colaboración llenando la siguiente encuesta.

1. Nombres y Apellidos:

2. Título Académico:

3. Nivel de estudios:

Marca solo un óvalo.

- Licenciatura
- Ingeniería
- Especialización
- Maestría
- Diplomado
- Doctorado
- Posdoctorado

4. Sector en el que se desempeña:

Marca solo un óvalo.

- Sector Público
- Sector Privado
- Docente

5. Años de experiencia profesional:

Marca solo un óvalo.

- Menor a 5 años
- Entre 5 y 10 años
- Entre 10 y 15 años
- Entre 15 y 25 años
- Mayor a 25 años

6. Provincia :*Marca solo un óvalo.*

- Azuay
 Bolívar
 Cañar
 Carchi
 Chimborazo
 Cotopaxi
 El Oro
 Esmeraldas
 Galápagos
 Guayas
 Imbabura
 Loja
 Los Ríos
 Manabí
 Morona Santiago
 Napo
 Orellana
 Pastaza
 Pichincha
 Santa Elena
 Santo Domingo de los Tsáchilas
 Sucumbíos
 Tungurahua
 Zamora Chinchipe

Se han identificado un conjunto de barreras económicas, técnicas, sociales y políticas. Para cada barrera presentada a continuación, responda en las casillas conforme a lo que considere más acorde a su criterio.

BARRERAS ECONÓMICAS**7. Financiamiento: falta de acceso a un financiamiento adecuado para proyectos de energía eólica y solar fotovoltaica.***Marca solo un óvalo por fila.*

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

8. Costo de inversión: El costo de inversión inicial para la tecnología eólica y solar FV son elevadas debido a que no existen garantías por parte del estado.

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

9. El subsidio para los combustibles: El bajo precio de los combustibles, facilita el uso de centrales térmicas, debilitando la implementación de nuevas tecnologías como la Eólica y Solar FV.

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

10. Falta de garantías en la venta de energía en el sector eléctrico: Los inversionistas que desean involucrarse en esta actividad no tienen garantías para la venta de la energía.

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

11. Incertidumbre por parte de los empresarios: Los inversores sienten inseguridad jurídica que les evitan tener certidumbre sobre los precios futuros de la energía.

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

12. Largo periodo de amortización: Al no poseer garantías el periodo para obtener ganancias es largo.

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

BARRERAS TÉCNICAS

13. Inconvenientes con los permisos para tener un acceso y conexión a la red: Dada la localización de los sitios en donde están disponibles los recursos, hay dificultad en la conexión a la red, o no hay normativa para la conexión.

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

14. **Acceso limitado a tecnologías eficientes para la generación de energía eléctrica: Al ser tecnologías nuevas existe falta de disponibilidad de equipamiento de las tecnologías eólica y fotovoltaica a nivel local.**

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

15. **Falta de una formación experta de proyectistas, profesionales, instaladores y mantenedores capacitados: El país aún no cuenta con profesionales para una correcta implementación y expansión de esta tecnología.**

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

16. **Potencial Hídrico: El gran potencial que el país posee en base a este recurso y la durabilidad de sus instalaciones, hace que se le dé prioridad a las hidroeléctricas de gran tamaño, desplazando a la energía eólica y solar fotovoltaica.**

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

17. **Retrasos y retiros en los permisos de construcción: Retrasos de permisos para la construcción de parques eólicos y fotovoltaicos, por falta de estudios ambientales, factibilidad y diseños finales.**

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

18. **El factor de planta (FP): En las instalaciones eólicas y solar fotovoltaicas el FP es relativamente bajo en comparación con las unidades de generación convencional, lo que genera poco interés a la generación de energía eléctrica mediante recursos renovables.**

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

19. **Escases de los recursos renovables necesarios para la generación eléctrica: Se desconoce el real potencial de los recursos por la falta de estudios específicos.**

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

BARRERAS SOCIALES

20. **Falta de información o información incompleta: Los consumidores e inversionistas no disponen de la información para sobre estas tecnologías y su aplicación.**

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

21. **Oposición local al desarrollo de proyectos de energías renovables no convencionales (eólico y solar fotovoltaica): Esto se debe a la falta de conocimiento de las ventajas que poseen estas nuevas tecnologías.**

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

22. **Conciencia ambiental: Las acciones de eficiencia energética y la preocupación por la contaminación ambiental no suelen ser acciones prioritarias.**

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

23. **Analfabetismo energético: Se debe al desconocimiento o conocimiento inadecuado del potencial y el beneficio que puede ofrecer la energía eólica y solar fotovoltaica en el Ecuador.**

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

24. **Bajo involucramiento de actores claves: La falta de proyectos de ER que beneficien al sector eléctrico es producto de la falta de negociaciones entre el sector público y privado.**

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

BARRERAS POLÍTICAS

27/11/2019

BARRERAS QUE OBSTACULIZAN LA EXPANSIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL ECUADOR.

25. Regulaciones efímeras, retiradas o sin claridad para la energía eólica y solar fotovoltaica: Falta de regulaciones que incentiven el uso de estas energías renovables.

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

26. Falta de una política de eficiencia energética nacional estable: La política energética necesaria debe contemplar medidas arancelarias y tributarias, tarifas preferenciales para promover el uso de las energías renovables y reglamentos técnicos de cumplimiento obligatorio.

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

27. Falta de un apoyo gubernamental: El gobierno no ve prioritario la expansión de estas nuevas tecnologías lo que genera falta de interés y propuestas de proyectos.

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

28. Falta de un fortalecimiento institucional: Falta de institutos o centros de estudios enfocados a las energías renovables y eficiencia energética.

Marca solo un óvalo por fila.

	Nada Importante	Poco Importante	Neutral	Algo Importante	Totalmente Importante
Energía Eólica	<input type="radio"/>				
Energía Solar FV	<input type="radio"/>				

29. Conoce alguna barrera que obstaculice la implementación de la energía eólica y solar fotovoltaica que no haya sido mencionada en la encuesta anterior, de ser así menciónela a continuación:

