



Situación y perspectivas de las Energías Renovables y de las medidas de Eficiencia Energética en la República del Ecuador

2022



Luis Hernán Álvarez Játiva

Situación y perspectivas de las Energías Renovables y de las medidas de Eficiencia Energética en la República del Ecuador

Luis Hernán Álvarez Játiva

Situación y perspectivas de las Energías Renovables y de las medidas de Eficiencia Energética en la República del Ecuador

Editor de la serie:

Diseño y Diagramación:
MSc. Mónica Acosta-Torres

Número de páginas:
86 páginas

ISBN: 978-9942-845-23-8

Revisores:

Ing. Iván Patricio Pazmiño Ordóñez M.Sc.
Docente / Investigador Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Ing. Mauricio Alberto Masache Heredia M.Sc.
Docente Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Publicación de la Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador.
Todos los derechos están reservados.
Se prohíbe la reproducción y venta.

Resumen

El desarrollo económico y social de un país está ligado al consumo de energía, por esta razón en la República del Ecuador, se ha establecido políticas para el potenciamiento del sistema eléctrico enfocándose principalmente en aprovechar los recursos naturales renovables. El presente trabajo presenta un análisis de los indicadores más representativos de la actual matriz eléctrica ecuatoriana, seguido de una recopilación de los principales proyectos de energías renovables con sistemas eólicos y fotovoltaicos construidos hasta la actualidad, y de todos los programas de eficiencia energética implementados en territorio continental e insular, para finalmente establecer recomendaciones técnicas basadas en la experiencia de un país pionero en la materia como es España. En Ecuador las centrales hidroeléctricas representan el 77,91% del total de generación eléctrica; los grupos térmicos participan con el 19,33% y el 1,46% le corresponde a la energía generada por sistemas eólicos, fotovoltaicos, biomasa y biogás, dejando un 1,15% a las importaciones de energía de Colombia. El objetivo del Ministerio es cubrir la demanda eléctrica en un 90% por hidroenergía hasta el año 2040. Sin embargo, la energía eléctrica generada en las islas Galápagos es cubierta en un 84% por sistemas térmicos diésel/biodiésel, 12% por sistemas eólicos y 4% por fotovoltaicos. El principal objetivo es cubrir la demanda al 100% por energías renovables eólicas, fotovoltaicas y generadores que operen con biodiésel. Por ello se hace un estudio más específico sobre la situación energética de estas islas, en donde se va desplazando de manera progresiva la generación eléctrica a diésel por biodiésel (aceite de piñón) y se incrementa el número de centrales eólicas y fotovoltaicas, dentro de un plan que llevará a las islas a un nivel mínimo de emisiones en los próximos años. Los sistemas eléctricos de las islas pobladas de San Cristóbal, Santa Cruz-Baltra, Isabela y Floreana operan como micro redes aisladas, en las cuales mediante simulaciones realizadas con el software Homer Pro, se analiza la penetración que las energías renovables han tenido en cada sistema eléctrico en el año 2015, con el objetivo de establecer recomendaciones que permitan obtener una matriz óptima a corto plazo teniendo en cuenta el

ahorro energético que significa la consecución de las medidas de eficiencia energética que se han implementado en las islas y el aumento de la carga eléctrica que significa el programa de cocinas de inducción.

Palabras clave: matriz eléctrica, sistemas eólicos, sistemas fotovoltaicos, micro redes aisladas, sistemas híbridos, energías renovables, eficiencia energética.

Índice general

1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Introducción	13
1.2 Fases del desarrollo	14
1.3 Estructura de la memoria	14
2. INTRODUCCIÓN AL SECTOR ENERGÉTICO EN ECUADOR	17
2.1 Historia de la evolución de la energía en Ecuador	17
2.2 Diagnóstico de la matriz energética	22
2.3 Oferta y transformación de energía	24
2.4 Demanda de energía	27
2.4.1 Consumo de energía por sector	29
2.5 Estado actual del Sistema Nacional de Transmisión	35
3. EFICIENCIA ENERGÉTICA	39
3.1 Avances recientes en el marco político, normativo e institucional	39
3.2 Organismos clave de la Eficiencia Energética y su rol efectivo	40
3.3 Recursos y mecanismos de financiación de los programas de Eficiencia Energética	41
3.4 Resultados de los programas de Eficiencia Energética hasta la fecha	42
3.4.1 Programa de Eficiencia Energética en el Sector Residencial	42
3.4.2 Programa de Eficiencia Energética en el Sector Industrial	45
3.4.3 Programa de Eficiencia Energética en el Sector Público	45
3.4.4 Programas de Eficiencia Energética en las Islas Galápagos	46
3.5 Lecciones aprendidas	48
4. ENERGÍAS RENOVABLES	51
4.1 Avances recientes en el marco político, normativo e institucional	51
4.2 Claves para el progreso de las Energías Renovables y su rol efectivo	52
4.3 Recursos y mecanismos de financiación de los programas de Energías Renovables	53
4.4 Resultados de los programas de Energías Renovables hasta la fecha	54
4.4.1 Energía Eólica	54
4.4.2 Energía Solar	57
4.5 Lecciones aprendidas	59
5. SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE LAS ISLAS GALÁPAGOS	63
5.1 Análisis de las Islas Galápagos	63
5.1.1 Potencia instalada por isla en Galápagos	64
5.1.2 Evolución y proyección de la demanda eléctrica	65
5.2 Simulación energética de las Islas Galápagos (sw HOMER PRO)	68
5.2.1 Simulación año base 2015 Isla San Cristóbal	69
5.2.2 Simulación año base 2015 Isla Santa Cruz-Baltra	70
5.2.3 Simulación año base 2015 Isla Floreana	70
5.2.4 Simulación año base 2015 Isla Isabela	71
6. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS	73
6.1 Conclusiones	73
6.2 Propuestas	76
7. GLOSARIO	79
8. REFERENCIAS	80

Índice de figura

Figura 1. Estructura Orgánica Funcional del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR, 2019)	21
Figura 2. Oferta de Energía Primaria 2020 (Instituto de Investigación Geológico y Energético - IIGE, 2021)	23
Figura 3. Generación energía eléctrica en Ecuador (Incl. Importaciones) en enero 2022	25
Figura 4. Generación de energía eléctrica en las Islas Galápagos año 2018 (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2019b)	27
Figura 5. Consumo de energía eléctrica – Ecuador (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2022)	28
Figura 6. Consumo de energía eléctrica – Islas Galápagos (Elecgalapagos S.A, 2017b)	29
Figura 7. Consumo de energía sector transporte (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016a)	29
Figura 8. Consumo de energía sector industria (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016a)	30
Figura 9. Consumo de energía sector residencial (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016a)	31
Figura 10. Consumo de energía sector comercial (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016a)	32
Figura 11. Consumo de energía Isla Santa Cruz – sector transporte (Calle, 2014)	33
Figura 12. Consumo de energía isla Santa Cruz – sector residencial (Calle, 2014)	34
Figura 13. Consumo de energía Isla Santa Cruz – sector no residencial (Calle, 2014)	35
Figura 14. Central Eólica de Generación Eléctrica Villonaco (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, n.d.-h)	56
Figura 15. Proyecto fotovoltaico en la Isla Baltra (Vélez Vega et al., 2016)	59
Figura 16. Evolución y proyección de la demanda - Isla San Cristóbal (Ronald & Chumbi, 2016)	66
Figura 17. Evolución y proyección de la demanda - Isla Santa Cruz (Ronald & Chumbi, 2016)	66
Figura 18. Evolución y proyección de la demanda - Isla Floreana (Ronald & Chumbi, 2016)	67
Figura 19. Evolución y proyección de la demanda - Isla Isabela (Ronald & Chumbi, 2016)	67
Figura 20. Simulación sistema eléctrico - Isla San Cristóbal año 2015	69
Figura 21. Simulación sistema eléctrico – islas Santa Cruz-Baltra año 2015	70
Figura 22. Simulación sistema eléctrico – Isla Florena año 2015	71
Figura 23. Simulación sistema eléctrico – Isla Isabela año 2015	71

Índice de tablas

Tabla 1. Potencia nominal en generación de energía eléctrica en enero 2022 (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2022)	24
Tabla 2. Potencia Instalada Islas Galápagos (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2019b)	27
Tabla 3. Potencial estimado Eólico - Eléctrico del Ecuador (Poveda Bonilla et al., 2013)	55
Tabla 4. Potencia instalada en la Isla San Cristóbal (Elecgalapagos S.A, 2017b)	64
Tabla 5. Potencia instalada en las islas Santa Cruz-Baltra (Elecgalapagos S.A, 2017b)	64
Tabla 6. Potencia instalada en la Isla Floreana (Elecgalapagos S.A, 2017b)	65
Tabla 7. Potencia instalada en la Isla Isabela (Elecgalapagos S.A, 2017b)	65





1 CAPÍTULO

➤ Introducción

Capítulo 1

Introducción

1.1 Introducción

Ecuador atraviesa una transición energética en la cual el principal objetivo es disminuir la histórica dependencia de los combustibles fósiles como fuentes primarias para la generación de electricidad, aprovechar mayoritariamente el abundante recurso hidrológico que cuenta el país en el continente y aumentar progresivamente los sistemas eólicos y fotovoltaicos de generación eléctrica (Peláez Samaniego et al., 2015).

Esta transformación energética también está enfocada en las Islas Galápagos, en las cuales la generación eléctrica ha dependido durante décadas del diésel, mismo que ha puesto en riesgo el ecosistema del Archipiélago por derrames cuando es transportado, además de las emisiones de gases contaminantes que provoca su uso, por lo cual se está trabajando para reemplazar en su totalidad este combustible por sistemas híbridos conformados por generadores eólicos, plantas fotovoltaicas y generadores térmicos a biodiesel para cubrir la demanda de electricidad en las cuatro islas habitadas ya que, a diferencia del continente, no se cuenta con recursos hidrológicos (Vélez Vega et al., 2016).

Una parte importante de los proyectos para diversificar la matriz energética tanto a nivel nacional como insular son los programas de eficiencia energética que se han desarrollado paralelamente en los últimos 15 años, los cuales contribuyen en la reducción de consumo eléctrico y costes en energía por lo que se ha fomentado la implementación de tecnología eficiente en todos los sectores (Albornoz Vintimilla & Vergara Ortiz, 2012).

Toda la información sobre los proyectos antes mencionados se encuentra distribuida en diferentes informes elaborados por las instituciones públicas del Ecuador, dada la importancia y el impacto positivo que dichos proyectos han causado en el desarrollo económico del país, ha sido una motivación plasmarlos de manera técnica y analítica en un solo documento, estudiando los mismos y proponiendo ideas para que éstos continúen desarrollándose analizando las experiencias que los países europeos pueden aportar.

Además, el reto que supone el abastecimiento de energía eléctrica al 100% por fuentes renovables en las Islas Galápagos motiva a estudiar el comportamiento actual del sistema eléctrico y observar los costes de la energía producida por los sistemas híbridos mediante el uso del software Homer Pro para poder establecer recomendaciones bases enfocadas hacia desarrollar una matriz óptima de generación a corto plazo.

1.2 Fases del desarrollo

El presente trabajo se ha desarrollado iniciando por la recopilación de informes elaborados por entidades públicas del Ecuador y privadas internacionales, luego se han estudiado dichos informes y se ha seleccionado la información más relevante y actualizada para luego plasmarla de manera técnica. Para la simulación de las micro redes de las Islas Galápagos se estudiaron informes de la empresa eléctrica de la provincia y se contó con información específica que permitió luego desarrollar las simulaciones usando el software Homer Pro.

1.3 Estructura de la memoria

Después de la lectura de la introducción en el presente capítulo 1, el desarrollo del trabajo continúa en el capítulo 2 Introducción al Sector Energético en Ecuador en el cual se inicia con la evolución histórica de la energía hasta la situación actual, diagnóstico de la matriz energética, oferta y transformación de energía, demanda de energía por sectores en el continente y en el Archipiélago y finaliza con una breve descripción del estado del Sistema Nacional de Transmisión.

Los capítulos 3 y 4 describen las políticas y regulaciones que se han establecido en Ecuador para permitir el desarrollo de la eficiencia energética y energías renovables, así como las principales instituciones u organismos que han permitido que esto sea posible analizando los convenios internacionales de financiación, seguido de los principales resultados de estos proyectos desarrollados hasta el presente y finalizan con un enfoque sobre lo que se ha aprendido de ellos en el transcurso de los últimos años.

En el capítulo 5 se analiza la situación actual de los sistemas eléctricos de las Islas Galápagos, la potencia instalada, la evolución y proyección de la demanda eléctrica con el crecimiento poblacional y finaliza con la simulación energética de cada isla determinando el porcentaje de penetración que tuvieron las energías renovables en el año 2015 y el LCOE de la energía eléctrica.

En el capítulo 6 se establecen las conclusiones y las propuestas obtenidas al finalizar todo el trabajo.

A scenic view of a valley with green hills, a cloudy sky, and a foreground of solar panels and flowers. The image is used as a background for the chapter title.

2 CAPÍTULO

➤ **Introducción al sector
energético en Ecuador**

Capítulo 2

Introducción al sector energético en Ecuador

Los combustibles fósiles han representado el 90% de la energía primaria del Ecuador durante varias décadas debido a la abundancia del recurso y la falta de previsión en diversificar la matriz energética; Ecuador ha invertido de manera importante en hidroelectricidad (Peláez Samaniego et al., 2015) y en menor medida en el desarrollo de las energías renovables no convencionales como la eólica y la fotovoltaica, aprovechando las fuentes energéticas naturales y manteniendo un cuidado ambiental, haciendo énfasis en las Islas Galápagos declarada Patrimonio Natural de la Humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), debido a que alberga especies únicas en el mundo que merecen especial atención, por lo cual el abastecimiento energético en las islas debe cumplir normas exigentes de tal manera que el impacto ambiental sea el mínimo posible.

2.1 Historia de la evolución de la energía en Ecuador

El sector energético en Ecuador históricamente ha sido caracterizado por la predominancia del petróleo, seguido de la hidroenergía. Las primeras reservas petroleras fueron descubiertas en la Costa ecuatoriana en el año 1911 (EP Petroecuador, 2012). Durante los años 40, las exploraciones petroleras continuaron hasta que en 1969 el consorcio CEPE-Texaco encuentra petróleo en la Amazonía y tres años más tarde lo empieza a extraer (EP Petroecuador, 2012), permitiendo que se reactive la economía y por ende los años siguientes la demanda energética empieza a crecer especialmente en el sector transporte y residencial.

En el año 1982, se empieza a extraer crudo en el campo Amistad en el Golfo de Guayaquil y se descubre además la existencia de importantes reservas de gas. Las reservas de petróleo que se encontraron en la década de los 60, han sido explotadas hasta el presente (EP Petroecuador, 2012).

En cuanto al sector eléctrico, nos remontamos a finales del siglo XIX, época en la cual, según información obtenida del estudio técnico llamado Energías Renovables en el Ecuador, se instalan las primeras centrales generadoras de electricidad en las ciudades de Loja, históricamente reconocida como pionera, y en Guayaquil, los años siguientes continúa la instalación de centrales en las ciudades de Quito y Cuenca (Peláez Samaniego et al., 2015).

Entre los años 1920 a 1930 se contratan los servicios de empresas de América del Norte para que provean de electricidad a las principales ciudades del país, pero en 1940 esta labor pasa a manos de los Municipios mediante la Ley de Régimen Municipal, lo cual desencadenó que para 1961 haya más de 100 organismos encargados del servicio eléctrico, los cuales trabajaban de manera centralizada sin permitir que dichos servicios puedan llegar a todas las zonas de su competencia correspondiente afectando de manera negativa el correcto desarrollo del sector (Albornoz et al., 2013).

En el año de 1961, nace el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), el cual asume el rol de planificación, operación, regulación y control del sistema eléctrico. Años más tarde en 1973, dicho organismo obtiene independencia administrativa y económica gracias a la aprobación de la Ley Básica de Electrificación, la cual propició que la industria eléctrica mejore notablemente (Albornoz et al., 2013) aplicando lo establecido en el plan maestro de electrificación.

En esos años empieza la electrificación del Archipiélago de Galápagos hasta cubrir la demanda de ese entonces, en el año de 1998 finalmente se crea la Empresa Eléctrica Provincial Ga-

lápagos (Elecgalapagos S.A.) en Puerto Baquerizo Moreno - Isla San Cristóbal, con agencias en Puerto Ayora - Isla Santa Cruz, Puerto Villamil - Isla Isabela y Puerto Velasco Ibarra - Isla Floreana (Elecgalapagos S.A, 2017a), fortaleciendo los sistemas de generación y la transmisión de la energía eléctrica.

Para el año 1979, el INECEL se interesa por los recursos geotérmicos que existen en el territorio ecuatoriano y en convenio con la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y otras empresas extranjeras, se da inicio a estudios de exploración, encontrando varias zonas en la región Sierra con potencial energético, pero no se concretaron acuerdos para continuar con su desarrollo por falta de presupuesto. Después de más de 35 años, en ninguna de estas zonas identificadas se ha logrado superar la fase de factibilidad (Peláez Samaniego et al., 2015) y por ello lastimosamente la energía geotérmica no se ha desarrollado en el Ecuador.

Otro acontecimiento importante es la creación de la Ley de Régimen Eléctrico (LRSE) en el año de 1996 que entra en vigencia en 1999, en la cual se establecen normas para la generación, transmisión, distribución (Peláez Samaniego et al., 2015) y la introducción del sector privado en el sistema eléctrico, mediante el Mercado Eléctrico Mayorista en el cual se forma la actividad de competencia por generación (Albornoz et al., 2013).

En el año 2007, se divide el Ministerio de Energía y Minas en el Ministerio de Minas y Petróleos y en el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), el cual cumple con la función de establecer normativas, planes de desarrollo eléctrico y políticas sectoriales las cuales permitan que la demanda eléctrica en el país sea cubierta de manera segura, eficiente y con calidad (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, n.d.-g).

Con las reformas del año 2008 a la Constitución de la República del Ecuador, el sector eléctrico empieza a ser administrado nuevamente por el Estado (Albornoz et al., 2013), el cual en el año 2010 crea la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC E.P.), empresa pública que es la encargada de la generación, trans-

misión, distribución, comercialización, importación y exportación de energía eléctrica (Corporación Eléctrica del Ecuador, n.d.). Mediante Decreto Ejecutivo, en el año 2012 se crea el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), organismo anexo al MEER, cuyas funciones son principalmente la investigación científica, la innovación tecnológica, la eficiencia energética y la difusión del conocimiento en materia de energías renovables (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, 2012), permitiendo así que años más tarde se empiecen a consolidar proyectos para diversificar la matriz energética.

En el año 2013 se constituye la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL E.P.), la cual es la empresa pública estratégica más grande del país que presta los servicios de distribución y comercialización. Está comprendida por 12 Unidades de Negocio, 11 empresas eléctricas distribuidas en 10 provincias y una Unidad de Negocio de Eficiencia Energética (Corporación Nacional de Electricidad, n.d.), en el resto de provincias del país (24 en total), las empresas locales son las encargadas de la distribución y comercialización de la electricidad.

En el año 2015 se deroga la LRSE publicando el Tercer Suplemento de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE), la cual en el Artículo 1 establece que dicha ley “tiene por objeto garantizar que el servicio público de energía eléctrica cumpla los principios constitucionales de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad, calidad, sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia” (Ley Orgánica Del Servicio Público de Energía Eléctrica, 2015), es decir se establecen las normas de planificación, ejecución, regulación, control y administración de la energía eléctrica como servicio público, designando las responsabilidades de la energía eléctrica de servicio público a la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, n.d.), y las responsabilidades de Operador Técnico del Sistema

Nacional Interconectado (SNI) y Administrador Comercial de transacciones energéticas a la constituida, mediante la misma Ley, Corporación Centro Nacional de Control de la Energía (CE-NACE) (Corporación Centro Nacional de Energía, n.d.).

A través de Decreto Ejecutivo, en el año 2018, se fusionaron el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Ministerio de Minería y Secretaría de Hidrocarburos, formando el actual Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR), recibiendo todas las responsabilidades de estos anteriores ministerios (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2019b).

El mismo año se crea el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), que consistió en la unión de institutos de Investigación en eficiencia energética, energías renovables, geología, minería y metalurgia; este instituto se fortaleció para lograr un mayor alcance a sus actividades científicas, tecnológicas y de innovación (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2018).

La Estructura Orgánica Funcional del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables en la actualidad se observa en la siguiente figura:



Figura 1. Estructura Orgánica Funcional del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR, 2019)

2.2 Diagnóstico de la matriz energética

La matriz energética del Ecuador se ha dinamizado, pasando de una dependencia mayoritaria de petróleo como fuente primaria de energía, a fuentes hidrológicas, eólicas y fotovoltaicas. Ésta diversificación tiene como propósito aprovechar los recursos naturales de manera sostenible para garantizar un suministro energético eficiente, seguro y confiable a largo plazo, promoviendo el desarrollo económico del país.

La Agenda Nacional de Energía 2016-2040, un informe técnico elaborado por el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (MICSE), establece que el MEER plantea generar electricidad para abastecer la demanda energética del Ecuador al menos en un 70% por hidroenergía hasta el año 2040, enfocándose a mantener un porcentaje del 90% aprovechando el abundante recurso hidroeléctrico que tiene el país en las épocas con mejores condiciones climáticas, además de una mayor generación eléctrica mediante el uso de fuentes renovables no convencionales de acuerdo a las normativas nacionales e internacionales que fomentan el cuidado medioambiental y la reducción del cambio climático (Delgado Noboa & Dávalos Villacrés, 2016).

La biomasa en Ecuador, compuesta principalmente por leña y caña de azúcar como productos energéticos, a pesar de que se considera que es una fuente de energía abundante en el país ha sido poco explotada y no ha tenido crecimiento importante durante los últimos 17 años (Peláez Samaniego et al., 2015). En el año 2016 la generación de electricidad por biomasa fue de apenas el 1,96% (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2022) y con la gran apuesta por la energía hidroeléctrica estos valores seguramente no crecerán durante los siguientes años.

Es necesario analizar que en la región se presenta de manera cíclica el fenómeno climático llamado “El Niño” el cual varía en intensidad y duración pero que puede causar impactos importantes como sequías en los ríos del país haciendo que las cen-

trales hidroeléctricas reduzcan su producción. El depender de esta tecnología para la generación eléctrica puede tener riesgos que deben ser minimizados dinamizando la participación de otras tecnologías como las renovables no convencionales o las térmicas con biodiesel, todo esto comprende realizar un estudio de viabilidad técnica y económica que si bien no es parte del presente proyecto es muy importante recalcarlo ya que en Ecuador continental las energías eólica y fotovoltaica presentan bajos porcentajes de potencia instalada y el biodiesel está en desarrollo pero aún no existe una producción importante.

El Balance Energético Nacional 2020, muestra en la Figura 2, que la oferta energética primaria al año 2020 como base de estudio, estuvo compuesta principalmente por exportación de petróleo con 62.2%, seguido de las energías renovables (hidroenergía, leña, productos de caña, eólica y fotovoltaica) que suman 8.5% y gas natural con 4.3%. Además se analiza que la generación de energía por fuentes eólicas y fotovoltaicas creció un 2,4% respecto al año 2019 (Instituto de Investigación Geológico y Energético - IIGE, 2021).

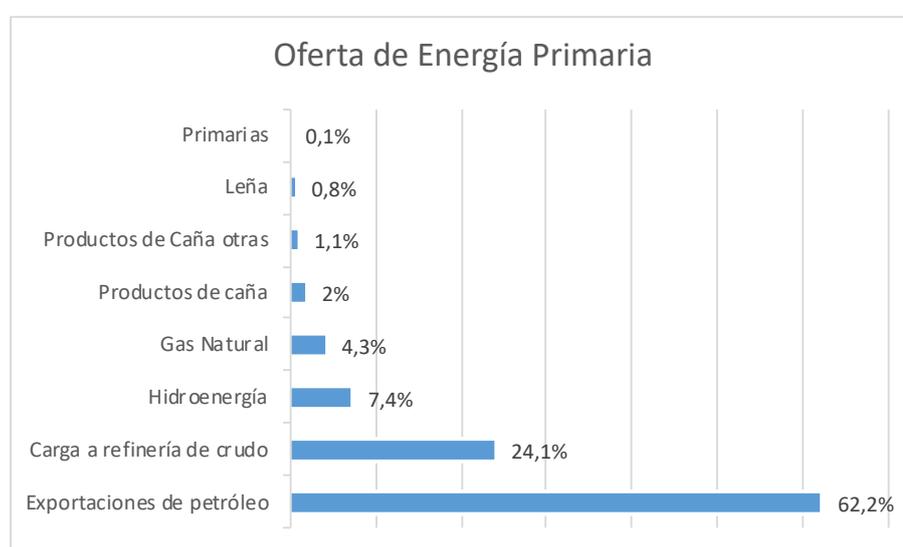


Figura 2. Oferta de Energía Primaria 2020 (Instituto de Investigación Geológico y Energético - IIGE, 2021)

2.3 Oferta y transformación de energía

Fruto de una fuerte inversión en el sector eléctrico ecuatoriano en los últimos años, el Balance Nacional de Energía a enero de 2022 de ARCONEL que incluye a Galápagos, Tabla 1, muestra que la energía hidroeléctrica representa el 58,47% de toda la potencia nominal del Ecuador, seguida por la energía térmica (MCI, turbogas y turbovapor) con el 23,13%, 10,81% y 5,29% respectivamente, dejando un 2,31% a las energías eólica, fotovoltaica, biomasa y biogás (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2022).

Se puede observar además, que la potencia instalada correspondiente a la energía renovable es superior a la energía no renovable con un 12,12% lo cual hace notar que a pesar de los esfuerzos por dejar de depender de derivados de petróleo para la generación eléctrica, el país aún necesita que se desarrollen más proyectos para aumentar esta diferencia energética.

ENERGÍA	POTENCIA INSTALADA (MW)	PORCENTAJE (%)
<i>Renovable</i>		
Hidráulica	5106,85	58,47%
Biomasa	144,30	1,65%
Fotovoltaica	27,65	0,32%
Eólica	21,15	0,24%
Biogás	8,32	0,10%
<i>No Renovable</i>		
Térmica (MCI)	2020,67	23,13%
Térmica (Turbogas)	943,85	10,81%
Térmica Turbopapor	461,63	5,29%
TOTAL POTENCIA NOMINAL	8734,81 MW	100%

Tabla 1. Potencia nominal en generación de energía eléctrica en enero 2022 (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2022)

La generación de energía eléctrica a nivel nacional (incluido Galápagos) detallada por tipo de fuente más las importaciones de Colombia y Perú, se puede observar en la Figura 3, teniendo en total 32667,90 GWh de energía eléctrica:

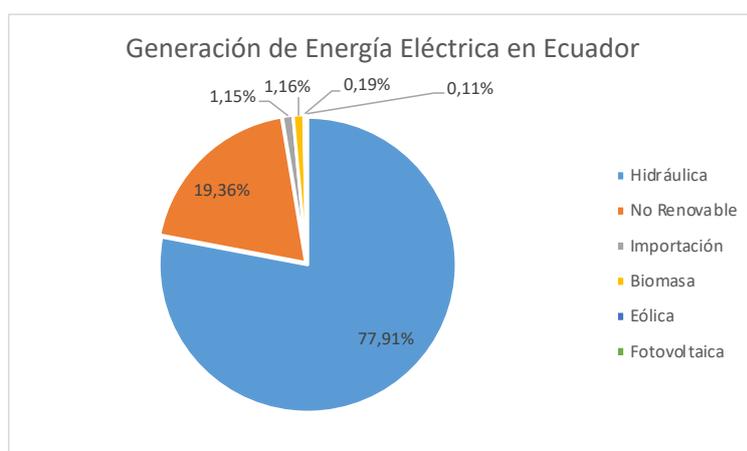


Figura 3. Generación energía eléctrica en Ecuador (Incl. Importaciones) en enero 2022 (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2022)

Ecuador tiene una capacidad de interconexión con Colombia de 540 MW muy superior respecto a la interconexión con Perú de 110 MW, los cuales representan el 83,08% y 16,92% respectivamente de la capacidad total de interconexión; a enero del 2022 la importación de energía fue de apenas 1,15% de Colombia y con Perú el intercambio energético fue nulo (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2022).

La carga en el SNI ha crecido un 5% en los últimos 10 años, las pérdidas en distribución de la electricidad ha decrecido notablemente hasta llegar a un 13% respecto a un 23% registrado en el 2003, beneficiando al sistema eléctrico nacional y a las empresas distribuidoras (Peláez Samaniego et al., 2015).

Ecuador cuenta con una de las reservas de gas natural más pequeñas de Sudamérica, la mayor parte de la producción de gas está vinculada a la extracción petrolera (Peláez Samaniego et al., 2015) en un 70% y el 30% restante, corresponde a la producción en el campo Amistad ubicada en el Golfo de Guayaquil (Albornoz Vintimilla & Vergara Ortíz, 2012), todo este gas producido es enviado directamente hacia la central de generación Termogas Machala con una capacidad de 130 MW (Peláez Samaniego et al., 2015).

Además, desde el año 2010 se ha fomentado el consumo de un

nuevo combustible llamado Ecopaís, el cual es fruto de proyectos a menor escala que pretenden aprovechar cada vez más los recursos bioenergéticos del Ecuador, este combustible está compuesto por 95% gasolina regular o más conocida como “extra” y 5% de etanol anhídrido obtenido en los ingenios azucareros. Lo mismo se pretende impulsar con el diésel, el cual deberá contener un 5% de biodiesel producto obtenido de plantas oleaginosas como soya, girasol, colza, jatropha o aceites de origen animal (Peláez Samaniego et al., 2015).

Por otra parte, en las Islas Galápagos, el abastecimiento eléctrico se ha caracterizado por alta participación de generadores térmicos a diésel, el transporte del combustible desde Ecuador continental hasta las islas supone riesgos ambientales que el Gobierno ecuatoriano desea minimizar, por lo cual se ha emprendido el programa “Cero Combustibles Fósiles en Galápagos” y con ello la implementación de generadores térmicos duales capaces de operar con biodiesel, aceite puro de piñón, el objetivo es que el diésel sea sustituido por este aceite vegetal obtenido de la jatrofra, sembrada en la cerca viva de la provincia de Manabí (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016b). Además se han construido varias centrales de generación eólica y fotovoltaica en diferentes islas, con lo cual ha aumentado la penetración de energías renovables en la red eléctrica del Archipiélago.

En la Tabla 2 se observa la potencia instalada en las Islas Galápagos, en donde ya existe una participación de energías renovables no convencionales en su matriz de capacidad instalada con cerca del 16%, teniendo en cuenta que dentro del grupo de generación térmica existen sistemas duales lo cual aumenta aún más el porcentaje de energía limpia generada.

ENERGÍA	POTENCIA INSTALADA (MW)	PORCENTAJE (%)
Eólica	4,65	16,25%
Fotovoltaica	2,58	9,05%
Térmica	21,38	74,70%
TOTAL POTENCIA NOMINAL	28,62 MW	100%

Tabla 2. Potencia Instalada Islas Galápagos
(Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2019)

La generación de electricidad en Galápagos por tipo de fuente se observa en la Figura 4, en la cual se observa que el mayor porcentaje de energía eléctrica es generada con sistemas térmicos con el 84%, seguido de sistemas eólicos 12% y en menor porcentaje fotovoltaicos 4%. Se puede analizar que, a pesar de tener una potencia instalada de energías renovables relativamente alta, su generación sigue siendo baja comparada con la térmica. La generación de energía eléctrica suma un total de 56,89 GWh:

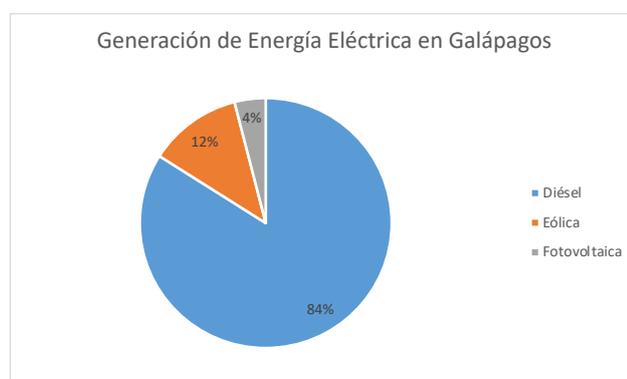


Figura 4. Generación de energía eléctrica en las Islas Galápagos año 2018
(Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2019)

2.4 Demanda de energía

Los estudios realizados en el Balance Energético Nacional 2020, muestran para el año 2018 que el sector residencial fue el principal consumidor de energía con el 37% del total, seguido de la industria con 25%, el sector comercial representa el 19%, Alumbrado Público y Otros 19% (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2019).

En cuanto al consumo de electricidad para servicio público, el Balance Nacional a enero de 2022 (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2022), como se puede observar en la Figura 5, muestra que el sector residencial consume el mayor porcentaje de energía eléctrica con 7943,07 GWh, seguido del sector industrial con 5707,40 GWh, se puede decir que el bajo costo de la electricidad en el Ecuador permite que las industrias se desarrollen productivamente en condiciones energéticas favorables, el sector comercial consume 3761,85 GWh, transporte, edificios de instituciones públicas, escuelas, etc. con 2447,75 GWh y finalmente alumbrado público con 1459,68 GWh (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2022).

Cabe mencionar que en el transporte a pesar de los esfuerzos por fomentar el uso de vehículos eléctricos no ha conseguido un impacto a gran escala, debido a que los precios de los vehículos eléctricos están muy por encima de los vehículos a gasolina o diésel. La suma total del consumo de electricidad en Ecuador asciende a 22972,55 GWh.

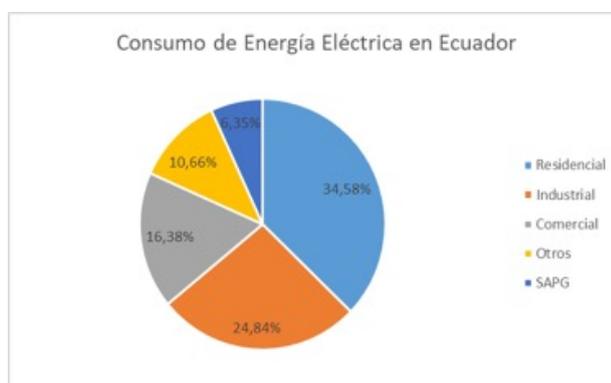


Figura 5. Consumo de energía eléctrica – Ecuador (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2022)

En cuanto a las Islas Galápagos, la demanda de energía eléctrica, Figura 6, está compuesta por el sector residencial con un 37,53%, seguido del sector comercial con 34,12%, otros (instituciones públicas, escuelas, colegios, centros de investigación, etc.) representan el 23,9%, alumbrado público 3,73% y sector industrial con menos del 1%. La suma total del consumo de energía eléctrica en las Islas Galápagos suma 52,6 GWh.

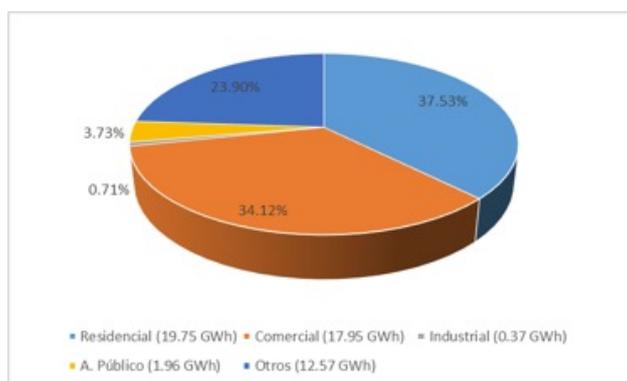


Figura 6. Consumo de energía eléctrica – Islas Galápagos (Elecgalapagos S.A, 2017b)

2.4.1 Consumo de energía por sector

En el sector transporte, como se observa en la Figura 7, el 45% de los transportistas usan diésel, principalmente vehículos de carga pesada y liviana, además de vehículos colectivos; el 43% de los transportistas usan gasolina, en especial vehículos de uso personal, seguido en menor porcentaje de vehículos de carga pesada y liviana; 6% Fuel Oil el cual es el principal derivado que se produce en el Ecuador pero que la mayoría de su producto se destina para la generación eléctrica, 6% Keroseno (combustible de aviones); 0,1% GLP y 0,01% Electricidad (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016a).

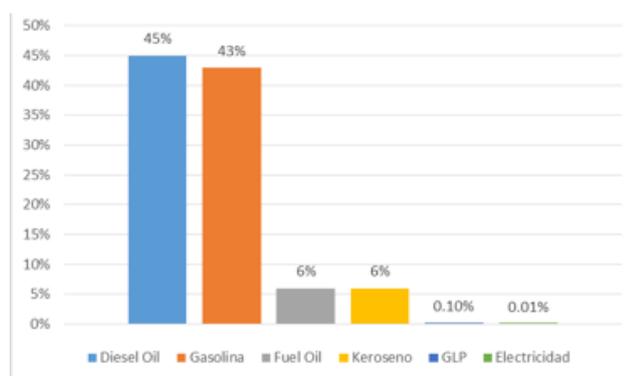


Figura 7. Consumo de energía sector transporte (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016a)

En el sector industrial, como se observa en la Figura 8, los consumos energéticos están más diversificados, aunque el diésel

sigue siendo el principal combustible energético utilizado en un 38%, seguido de la electricidad con un 31%, productos de caña con 13%, fuel oil con 10%, y por debajo de todos se ubican el GLP 4%, leña 2%, y gas natural y kerosene cada uno con 1% (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016a).

Se puede concluir que, como energía secundaria, principalmente se consumen para los procesos industriales, los derivados del petróleo y la electricidad, estos datos permiten tener una imagen clara de la matriz energética para a posterior poder analizar e implementar mecanismos que permitan un balance de los consumos energéticos a nivel industrial.

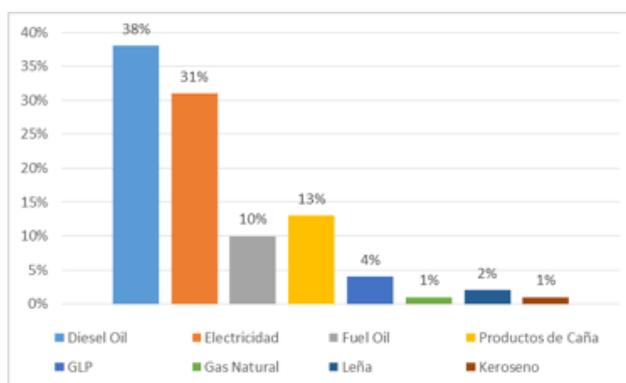


Figura 8. Consumo de energía sector industria (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016a)

En el sector residencial, se diferencian claramente el uso de 4 fuentes energéticas a diferentes escalas, se usa un 52% el GLP, seguido de 35% de electricidad, 13% de leña y 0,002% keroseno (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016a). Véase Figura 9.

El abundante uso de GLP en cocción y calentamiento de agua se debe a su reducido costo ya que el Gobierno subsidia esta energía secundaria representando aproximadamente 700 millones de dólares en subsidio al año (Peláez Samaniego et al., 2015), por esta razón este combustible se encuentra intrínsecamente ligado a las familias ecuatorianas, actualmente se pretende implementar el uso de la electricidad para estos fines y se están consiguiendo resultados importantes.

La electricidad es usada principalmente en refrigeración, iluminación, calentamiento de agua, ventilación, cocción, aire acondicionado, limpieza, audio y video, etc. (Peláez Samaniego et al., 2015).

La leña se usa principalmente para cocción y calefacción, pero su uso se ve cada vez más reducido con el pasar de los años a pesar de que en la actualidad está presente en un porcentaje importante sobre todo en ciudades en donde se venden alimentos típicos cocinados con este combustible.

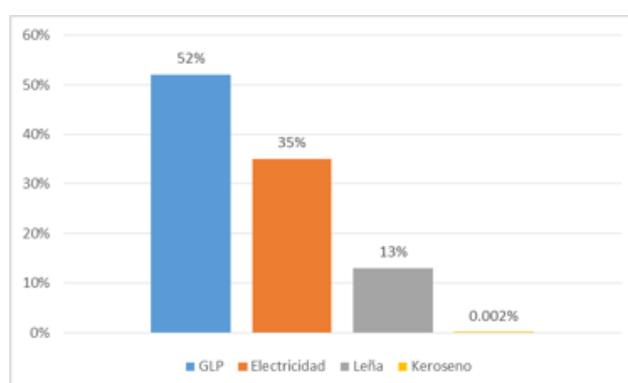


Figura 9. Consumo de energía sector residencial (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016a)

En el sector comercial, a diferencia de todos los sectores antes descritos, la electricidad representa el 54% de la energía consumida, y la otra mitad le corresponden a los derivados del petróleo como se puede ver en detalle en la Figura 10.

La electricidad se emplea mayoritariamente en la iluminación, el diésel es muy usado para calentamiento de agua en el caso de hoteles y restaurantes debido al turismo.

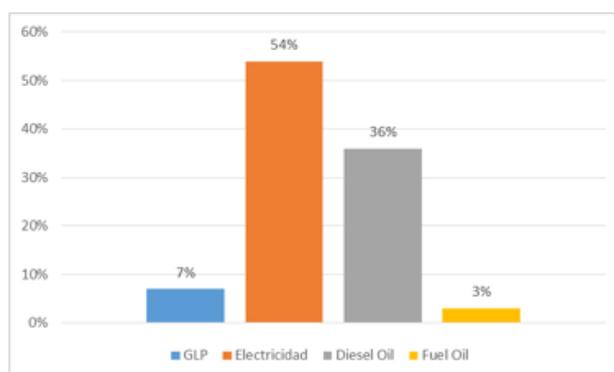


Figura 10. Consumo de energía sector comercial (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016a)

Se puede concluir de los análisis anteriores que a pesar de los esfuerzos por dinamizar la matriz energética del Ecuador, los combustibles fósiles siguen siendo la principal fuente energética consumida en el país hasta el momento; existe un plan a largo plazo, enfocado en que la hidroenergía sea el puntal de la generación eléctrica, que abastezca en mayor medida las necesidades energéticas de los ecuatorianos, esto implica también que debe existir un cambio tecnológico en los principales equipos usados a nivel residencial y comercial que consumen GLP como son la cocción, calentamiento de agua, calefacción, pasando a equipos que consuman electricidad.

Al aumentar la carga eléctrica a nivel nacional y al depender de la hidroelectricidad para su abastecimiento, es muy importante enfatizar en el criterio de que debe existir una mayor penetración de las energías renovables no convencionales al SNI, lo cual reduciría el riesgo de que las centrales hidroeléctricas no puedan abastecer al sistema, debido a una posible escasez del recurso hídrico producto de los impactos del fenómeno de El Niño mencionados anteriormente y del acelerado cambio climático que se atraviesa a nivel mundial.

En las Islas Galápagos la variedad de recursos energéticos es más limitado que en Ecuador continental, la principal diferencia es la ausencia de hidroenergía, además de productos derivados de petróleo que su ingreso a las islas está controlado. A continuación se analiza el consumo energético de los sectores transporte, residencial y no residencial de la Isla Santa Cruz, mediante

información extraída de un estudio técnico llamado “Sustainable energy strategies for Santa Cruz island”, con el cual se puede tener una base clara del comportamiento energético en el resto de islas (Calle, 2014).

El principal medio por el cual los residentes y los turistas se transportan hacia las islas es vía aérea, por tal motivo existe una planificación para que las aeronaves que salen desde el continente, lleven el tanque de combustible a máxima capacidad de tal manera que les permita realizar los viajes correspondientes sin complicaciones y que en las islas no haya reservas de combustible para este abastecimiento.

En la Figura 11 se observa que el diésel es usado en mayor porcentaje para transportarse vía marítima entre las islas, este grupo está comprendido por botes rápidos, transbordadores y cruceros turísticos de los cuales el 67,88% usan diésel y 7,03% gasolina; los medios de transporte terrestre están comprendidos por automóviles de uso personal, taxis, buses, camiones y motocicletas de los cuales el 21,47% consumen gasolina y solo el 3,62% diésel. Además, es importante señalar que existe un proyecto para que el transporte terrestre en las islas sea eléctrico teniendo en la actualidad un vehículo híbrido a cargo del Parque Nacional Galápagos, con proyección a que esta tecnología se introduzca en mayor porcentaje.

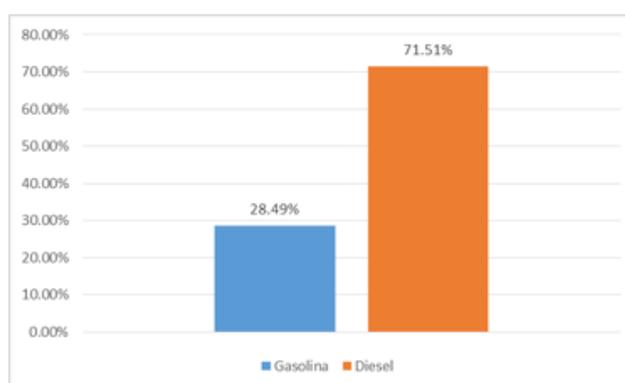


Figura 11. Consumo de energía Isla Santa Cruz – sector transporte (Calle, 2014)

La energía que se consume en el sector residencial, como se observa en la Figura 12, presenta similitud con Ecuador continental en que el mayor porcentaje de combustible que se consume corresponde al GLP con 55,72% y finalmente por electricidad con 44,28%, se diferencian por el consumo de leña y keroseno los cuales en Galápagos es nulo. En este análisis basado en la Isla Santa Cruz como se ha mencionado anteriormente, se ha añadido la carga energética que representan las cocinas eléctricas de inducción que se instalaron para el mismo año de estudio 2014 en la Isla Floreana (Araujo, n.d.) ya que se desconoce la cantidad para la isla en estudio pero se sabe que existe un programa, de esta manera se puede hacer una comparación de la carga energética que puede representar cada tecnología en el sistema eléctrico.

Del total del consumo eléctrico, el 66,97% corresponde a iluminación, muy por debajo con 17,82% el aire acondicionado, seguido de agua caliente 12,42% y cocción 2,78%, teniendo en cuenta en este último consumo que se asume que el 0,7% de las viviendas de la isla cuentan con cocinas de inducción.

El consumo del GLP está compuesto mayoritariamente 85% por cocción y 15% por agua caliente, con estos datos podemos concluir que al aumentar la cocción por sistemas eléctricos, el consumo de GLP se vería notablemente reducido y paralelamente los sistemas eléctricos deberían ser fortalecidos ya que representarían una carga importante.

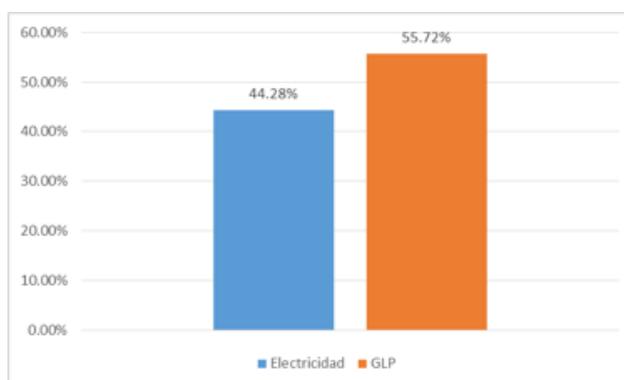


Figura 12. Consumo de energía isla Santa Cruz – sector residencial (Calle, 2014)

En el sector no residencial que comprende comercial e industrial, se puede analizar que el consumo de electricidad y GLP apenas presentan una diferencia del 10%, Figura 13, el consumo eléctrico está compuesto por equipos para la iluminación 68,89%, aire acondicionado 18,33% y agua caliente 12,78%; el consumo de GLP está compuesto por equipos para la cocción de alimentos 85% y también para agua caliente 15%. En este sector no existen planes de diversificación tecnológica como las cocinas eléctricas de inducción, que se estudiarán más adelante, que puedan disminuir este porcentaje.

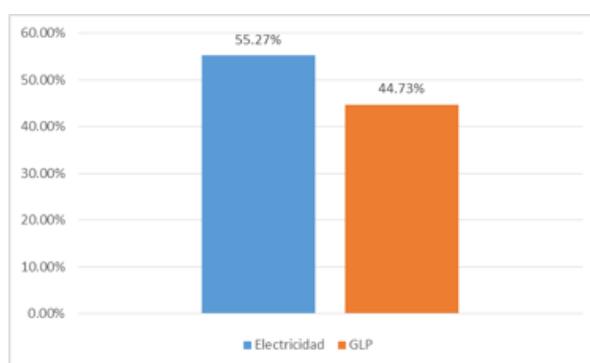


Figura 13. Consumo de energía Isla Santa Cruz – sector no residencial (Calle, 2014)

2.5 Estado actual del Sistema Nacional de Transmisión

El Sistema Nacional de Transmisión ecuatoriano opera con tensiones de 138kV, 230kV y debido al aumento de la potencia instalada en el sistema eléctrico nacional con la construcción de importantes centrales hidroeléctricas, se ha construido el Sistema de Extra Alta Tensión a 500kV (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2017), quedando el sistema de transmisión con 600 km de líneas a 500 kV, 2595 km de líneas a 230 kV y 2178 km de líneas a 138 Kv, 58 subestaciones a nivel nacional y 4567 km de cable fibra óptica para telecomunicaciones (Corporación Eléctrica del Ecuador E.P. - Transelectric, 2016).

Todos estos avances permiten que la energía generada se evacúe hacia el SNI de manera óptima y confiable, con miras además a reforzar la interconexión con los sistemas eléctricos de los países vecinos para que exista una mayor capacidad comercial, beneficios económicos y sociales bilaterales.

Los estudios técnicos realizados en el Plan Maestro de Electricidad, muestran que desde el año 2008 hasta el 2018 ha habido una demanda de potencia creciente en el Ecuador que equivale al 3,48%, por lo que se considera muy oportuno haber potenciado los sistemas de transmisión del Ecuador (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2019b).



An aerial photograph of a solar-powered boat on a large body of water. The boat's deck is covered with a grid of solar panels. The water is bright blue with sunlight reflecting off its surface. In the background, there are other smaller boats and a distant shoreline under a blue sky with scattered white clouds.

3 CAPÍTULO

➤ **Eficiencia Energética**

Capítulo 3

Eficiencia Energética

3.1 Avances recientes en el marco político, normativo e institucional

Los programas de eficiencia energética en el Ecuador, iniciaron hace 10 años aproximadamente por medio de la Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética (SEREE) perteneciente al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, actual Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, que es la entidad encargada de cumplir con nuevos programas acerca de eficiencia energética, como los establecidos en los siguientes artículos de la Constitución de la República del Ecuador de 20 de Octubre del 2008:

- Artículo 313 “El estado se reserva el derecho a administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia” (“Constitución de La República Del Ecuador,” 2008).

- Artículo 413 “El estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua” (“Constitución de La República Del Ecuador,” 2008).

Así mismo se establecen otros decretos adoptados posteriormente por las entidades públicas del país para profundizar la aplicación de las políticas de eficiencia energética.

Otro soporte legal para incentivar la eficiencia energética en el

país, es el establecido en el Artículo 74 de la LOSPEE, en el cual “La eficiencia energética tendrá como objetivo general la obtención de un mismo servicio o producto con el menor consumo de energía”, fomentando conductas que permitan el uso racional de los recursos, optimizar los costos de producción utilizando eficientemente la energía y disminuir el consumo de energía generada con derivados del petróleo (Ley Orgánica Del Servicio Público de Energía Eléctrica, 2015).

En el año 2009 se presenta el Decreto Ejecutivo N° 1681, estableciendo que todas las instituciones públicas deben usar iluminación eficiente, capacitar al personal en el consumo consciente de la energía y conformar un Comité de Eficiencia Energética en coordinación con la Dirección Nacional del MEER (Carpio et al., 2009).

En el año 2010, el Consejo de Comercio Exterior e Inversiones (COMEXI) en la Resolución 529, suspende la importación de focos incandescentes de 25W a 100W para uso residencial (Consejo de Comercio Exterior e Inversiones, 2010b), y en la Resolución 505 se establecen regulaciones arancelarias para las lámparas fluorescentes de alta eficiencia, para tubos fluorescentes y para aparatos de refrigeración de uso residencial de alta eficiencia (Consejo de Comercio Exterior e Inversiones, 2010a).

En el año 2019, se crea la Ley Orgánica de Eficiencia Energética, que tiene como objetivo establecer el marco legal del Sistema Nacional de Eficiencia Energética para promover el uso eficiente de la energía (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2019a).

3.2 Organismos clave de la Eficiencia Energética y su rol efectivo

Los principales organismos gestores de los proyectos de eficiencia energética en Ecuador son el Ministerio de Energía y Recursos No Renovables mediante su Plan Nacional de Eficiencia

Energética, que como se ha mencionado antes, son los encargados de implementar las diferentes políticas relacionadas a la eficiencia energética y al ahorro de energía eléctrica.

Además, las empresas eléctricas han desempeñado un papel muy importante, trabajando de forma organizada, planificada y muy bien orientada han obtenido resultados positivos que se encuentran detallados en el apartado 3.4 así como una breve reseña de los programas más importantes.

3.3 Recursos y mecanismos de financiación de los programas de Eficiencia Energética

Para el programa de focos ahorradores, detallado en el apartado 3.4.1.1, se invirtieron 20,3 millones de dólares (Peláez Samaniego et al., 2015) provenientes del presupuesto del Gobierno Central. Pero hay que señalar que cuando se atravesaba la primera etapa de la sustitución de focos incandescentes por focos fluorescentes, se estableció un “Contrato de Compra Venta de Reducción de Emisiones” con el Deutsche Bank AG London, por ser un proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) presentado a las Naciones Unidas, la cual se espera que emita a Ecuador Certificados de Reducción de Emisiones (CER) (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, n.d.-d), lo que significaría un ingreso económico en el orden de millones de dólares anuales durante diez años (Peláez Samaniego et al., 2015).

El programa “Renova”, detallado en el apartado 3.4.1.2, fue realizado por el MEER conjuntamente con el Ministerio Coordinador de la Producción Empleo y Competitividad (MCPEC), Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO), Ministerio de Finanzas, Ministerio del Ambiente, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda y el Banco Nacional de Fomento (Peláez Samaniego et al., 2015).

El financiamiento para facilitar que la ciudadanía adquiera cocinas de inducción, detallado en el apartado 3.4.1.3, para sus viviendas fue realizado por el MEER a través de las empresas

eléctricas de distribución, permitiendo que el pago se difiera hasta a 72 plazos y se lo haga por medio de la planilla eléctrica.

El programa de Eficiencia Energética orientado al sector Industrial, detallado en el apartado 3.4.2, requirió una inversión de 4'750000 dólares, de este monto 2'140000 dólares fueron financiados por el MEER, 975000 dólares financiados por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) y la Organización de Naciones Unidas para el desarrollo Industrial (ONUDI), y 1'635000 dólares financiados por la industria privada (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, n.d.-c).

3.4 Resultados de los programas de Eficiencia Energética hasta la fecha

Los programas y resultados de eficiencia energética que se han implementado en todo el Ecuador para optimizar el consumo de energía eléctrica son los siguientes:

- *Programa de Eficiencia Energética en el Sector Residencial.*
- *Programa de Eficiencia Energética en el Sector Industrial.*
- *Programa de Eficiencia Energética en el Sector Público*
- *Programas de Eficiencia Energética en las Islas Galápagos*

3.4.1 Programa de Eficiencia Energética en el Sector Residencial

La aplicación final de la electricidad en el sector residencial en el Ecuador es mayoritariamente en iluminación, refrigeración de alimentos, y aire acondicionado en las zonas costeras y tropicales, en base a esta información, nacen los proyectos de eficiencia energética dirigidos específicamente a las actividades antes mencionadas y además al calentamiento de agua (Albornoz Vintimilla & Vergara Ortíz, 2012).

3.4.1.1 Programa de “focos ahorradores”

Los llamados focos ahorradores son lámparas fluorescentes compactas (LFC’s), cuya principal característica es que consumen menos energía que las tradicionales lámparas incandescentes. En Ecuador, en el año 2008, el Gobierno Central suministró 6 millones de LFC’s de forma gratuita, en las viviendas con consumos por debajo de 200 kWh/mes a cambio de focos incandescentes y 10 millones de focos al sector público como se verá más adelante.

Como resultado de este programa, el Estado ahorra anualmente 104 millones de dólares, ya que por cada foco incandescente sustituido, se evita consumir 146 kWh/año, es decir se ahorra 6,5 dólares anuales por cada LFC’s implementado y se beneficia a 2 millones de personas (Peláez Samaniego et al., 2015).

3.4.1.2 Programa “Renova”

Las refrigeradoras antiguas (más de 12 años de antigüedad) son uno de los equipos que más energía consume en el sector residencial, se estima que pueden consumir más de 3 veces lo que consume una refrigeradora moderna (Albornoz Vintimilla & Vergara Ortiz, 2012), por esta razón en el año 2011 el MEER y otros organismos mencionados anteriormente, implementaron el Programa “Renova”, el cual consistió en renovar las refrigeradoras usadas más de 10 años, por nuevas que consuman menos energía. Fue enfocado a usuarios de consumo de energía eléctrica menor a 200kWh/mes, los cuales compraron una refrigeradora de clase A entregando como parte de pago su refrigeradora antigua y la diferencia mediante un crédito de hasta 3 años con el Gobierno, deuda que se pagaría en la planilla eléctrica (Peláez Samaniego et al., 2015).

Se desea sustituir 330000 refrigeradoras y ahorrar 215780MWh/año, lo cual en cifras económicas son 26´972.550 dólares anuales asumiendo un precio de la electricidad de 12,5cUSD/kWh. Los usuarios se evitarán pagar entre 6 a 8 dólares mensuales por

consumo eléctrico (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, n.d.-d), lo cual durante la vida útil promedio de una refrigeradora (10 años), significa un gran ahorro económico.

Hasta el año 2014 se sustituyeron 28251 equipos (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, n.d.-d), lo cual representa un ahorro de 2'309091,205USD/año al Estado asumiendo el mismo precio de la electricidad antes mencionado.

3.4.1.3 Programa de Cocinas de Inducción

En Ecuador 9 de cada 10 viviendas del país se utiliza GLP para la cocción de alimentos (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, n.d.-f), lo cual representa un gasto para el Estado debido al subsidio de este combustible el cual asciende a la cantidad de 700 millones de dólares al año como se ha mencionado en el capítulo 2.

El Programa de Cocinas de Inducción nace en el año 2010 con un plan piloto, después de obtener resultados positivos, en el año 2013 se establece el objetivo de sustituir 3 millones de cocinas que consumen GLP por cocinas de inducción (Moreno Díaz, 2016), este proyecto busca un ahorro para el Estado en el subsidio del GLP usado en la cocción de alimentos reemplazándolo por la energía eléctrica, sector que se ha fortalecido especialmente en generación y transmisión como se ha dado a conocer en el capítulo 2 del presente estudio.

Las cocinas de inducción son financiadas por la empresa eléctrica local de cada provincia cuando el usuario lo requiera, difiriendo el pago hasta 72 meses a través de la planilla de luz y se incentiva con 80 kWh de energía gratis al mes hasta el año 2018 (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, n.d.-a), hasta diciembre del 2016 se lograron sustituir 579637 cocinas, al ser ésta una cifra relativamente baja, el programa se ha extendido hasta el año 2023 (El Universo, 2017) cuando se espera que finalmente se consigan los objetivos planteados.

3.4.2 Programa de Eficiencia Energética en el Sector Industrial

Este programa se denominó “Eficiencia Energética para la Industria (EEI)” con el cual se ha mejorado el uso de la energía eléctrica en la industria de alimentos y bebidas, fabricación de productos minerales no metálicos, fabricación de papel y productos de papel, y fabricación productos textiles, implementando en todas estas industrias “Sistemas de Gestión de Energía y Optimización de Sistemas” aplicando la Norma ISO 50001 (Peláez Samaniego et al., 2015).

Se capacitó en “Sistemas de Gestión de Energía”, “Optimización de Sistemas Motrices y de Vapor” a 2000 Técnicos, obteniendo hasta el año 2016 un ahorro total de 13 GWh de energía eléctrica por parte de 39 industrias, 2 millones de galones de diésel anuales y 61 kg de GLP anuales (Moreno Díaz, 2016).

3.4.3 Programa de Eficiencia Energética en el Sector Público

El sistema de alumbrado público normalmente se activa a partir de las 18 horas todos los días del año, esta hora es muy cercana a las horas pico en donde la demanda eléctrica es la máxima, por lo cual se ha considerado que un programa de eficiencia energética en las luminarias públicas contribuirá notablemente a disminuir dicha carga y ahorrar energía eléctrica (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, 2015).

Por este motivo el MEER realizó el programa “Alumbrado Público Eficiente” buscando sustituir 61610 lámparas de vapor de mercurio de 175 W por lámparas de vapor de sodio de 100 W (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, n.d.-b). Este proyecto se desarrolló en las provincias de las 10 Unidades de Negocio de la CNEL EP (Peláez Samaniego et al., 2015).

Para el año 2013 se implementó casi la totalidad de las lámparas programadas, obteniendo un ahorro de 23,8 GWh/año invirtiendo aproximadamente 10 millones de dólares. Además,

en el año 2010 nuevamente se proporcionaron 10 millones de LFC's, esta vez al sector público, de salud y de educación (Pe-láez Samaniego et al., 2015).

3.4.4 Programas de Eficiencia Energética en las Islas Galápagos

Con el objetivo enfocado hacia el programa “Cero Combustibles Fósiles en Galápagos” se han iniciado varios proyectos de eficiencia energética en el Archipiélago, los cuales se explican a continuación:

3.4.4.1 Programa de focos LED en el sector residencial

Según el informe de rendición de cuentas del MEER del año 2016 (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016b), en dicho año se empezó la comercialización de focos LED, característicos por su bajo consumo energético obteniendo los siguientes resultados: la Isla San Cristóbal cuenta con 1000 unidades, la Isla Santa Cruz con 1800 y la Isla Isabela con 200; para el año 2017 se espera que 3000 unidades se distribuyan en las islas. La implementación de esta tecnología eficiente contribuirá a largo plazo, conjuntamente con los demás planes de eficiencia energética, a reducir los consumos eléctricos disminuyendo costos y a su vez con posibles sobrecargas en las redes eléctricas en horas de mayor demanda.

3.4.4.2 Programa Renova Islas Galápagos

Para inicios del año 2015, según el informe del Plan de Trabajo Anual de la empresa Elecgalapagos S.A. (Salao Bravo, 2015), se han entregado 1053 refrigeradoras de bajo consumo que han sustituido equipos de baja eficiencia, se asume que en los siguientes años esta cifra ha ido aumentando teniendo en cuenta que para el año 2015 el número de viviendas en todas las islas sumaron 8360, lo cual significa que para ese año se ha cubierto

el 13% de la totalidad, porcentaje variable ya que es posible que hayan hogares que ya contaban con refrigeradores de alta eficiencia energética y no necesitan remplazarlos.

3.4.4.3 Programa de cocinas de inducción en la Isla Floreana

Para el año 2014 la totalidad de las viviendas de la Isla Floreana se abasteció con cocinas eléctricas de inducción, el número ascendió a 49 equipos (Araujo, n.d.), los cuales al año 2017 se asume que no han variado debido a que el número de pobladores en esta isla no ha presentado crecimiento según el último censo realizado. Esta isla fue seleccionada para este plan con cierta prioridad ya que el transporte naviero era escaso y el GLP, con el cual se realiza principalmente la cocción de alimentos en todas las islas hasta el presente, era abastecido cada 45 días y empezó además a subir de precio, por lo cual las autoridades impulsaron este plan que en la actualidad se continúa en el resto de islas pero no se precisa con el número exacto de cocinas de inducción.

3.4.4.4 Programa de eficiencia energética en el transporte marítimo

Debido a que el principal transporte de turistas y residentes entre islas son las lanchas rápidas que usan combustibles fósiles, el INER conjuntamente con el MEER y la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), han desarrollado una embarcación eléctrica llamada “Génesis Solar”, alimentada con energía fotovoltaica, que presta el servicio de transporte desde la isla Baltra hacia Santa Cruz (Constante et al., 2015).

Esta embarcación tiene la capacidad de transportar a 42 personas, de esta manera se intenta impulsar la innovación tecnológica que permita el aprovechamiento del recurso solar en la zona y reducir del consumo de combustibles fósiles en el transporte marítimo.

3.5 Lecciones aprendidas

Los focos fluorescentes contienen mercurio el cual es un elemento químico muy contaminante, por ello se debe capacitar a la gente para que sepa destinar dichos focos a un reciclaje correcto cuando terminan su vida útil, lo cual es gestionado por el Ministerio del Ambiente mediante las empresas eléctricas locales (Peláez Samaniego et al., 2015).

Es muy importante que cada proyecto tenga un soporte legal técnico y regulatorio que permita la importación o fabricación de la tecnología que se desea implementar, como lo son los Reglamentos Técnicos del apartado 3.1. Es muy importante incentivar a la empresa privada a invertir en la fabricación de los equipos que están dentro de los planes de desarrollo del Estado contribuyendo de dos formas, con la fabricación de dicho equipo y a la vez generando empleo.

Todos los programas de eficiencia energética que se han implementado y algunos que continúan en implementación han requerido principalmente de profesionales cualificados, estudios técnicos a nivel nacional y planteamiento de objetivos a largo plazo. La financiación de estos proyectos ha sido principalmente por el Gobierno ecuatoriano el cual busca además de reducir gastos en subsidios, crear una cultura de ahorro en los consumidores finales y el uso de equipos eficientes que sustituyan a los antiguos de mayor consumo.





4 CAPÍTULO

➤ Energías Renovables

Capítulo 4

Energías Renovables

4.1 Avances recientes en el marco político, normativo e institucional

Las energías renovables han pasado a ser parte fundamental en el cambio de la matriz energética del Ecuador, por esta razón se han establecido políticas y normativas que incentivan el aprovechamiento de recursos hídricos, eólicos y solar para generar energía eléctrica.

La Constitución de la República del Ecuador, promueve las energías renovables como se mencionó en el Capítulo 3.

La LOSPEE en el artículo 2.5 establece que el Estado debe promocionar la explotación de los recursos naturales renovables. En el artículo 3.9 define a las energías renovables como recursos que no disminuyen por su utilización, mencionando a la hidráulica, eólica, solar y otras (Ley Orgánica Del Servicio Público de Energía Eléctrica, 2015).

El Código Orgánico del Ambiente, establece en el artículo 5 el derecho a vivir en un ambiente sano y equilibrado.

El Reglamento General de la LOSPEE, en el artículo 15 establece que dentro de los proyectos de expansión se considerará la generación distribuida; en el artículo 24 indica que los usuarios finales podrán instalar tecnologías de energías renovables no convencionales para autoabastecimiento y vender los excedentes a las empresas comercializadoras.

Y uno de los avances más importantes en cuanto a regulación a favor del desarrollo de las energías renovables, es la regulación

ARCONEL 003/18 aprobada en el año 2019, referente al autoabastecimiento por medio de generación fotovoltaica, que establece las condiciones técnicas para la instalación de paneles fotovoltaicos y generar energía limpia para el autoconsumo, entregando los excedentes a la red eléctrica mediante un sistema de balance neto (ARCONEL, 2020)

4.2 Claves para el progreso de las Energías Renovables y su rol efectivo

Las energías renovables tienen un importante potencial en Sudamérica, pero su desarrollo ha sido muy bajo en comparación con América del Norte y Europa; en base a países en donde la investigación, el desarrollo y la integración de energías fotovoltaica y eólica ha sido considerable, se puede analizar cuales serían las claves para que las energías renovables progresen en el Ecuador.

Establecer políticas como el compromiso 20-20-20 de la Unión Europea, es un claro modelo para la disminución de emisiones de efecto invernadero, aumentar la penetración de energías renovables y ahorrar en el consumo de energía por objetivos establecidos.

Este compromiso establece que los países de la Unión Europea para el año 2020 deberán reducir las emisiones de CO₂ en un 20%, ahorrar en el consumo de energía mediante planes de acción de eficiencia energética en un 20% y que el porcentaje de energía renovable en el sistema eléctrico sea del 20%.

Convenios internacionales con países considerados potencias en energías limpias por su desarrollo tecnológico como lo son España, Alemania, Japón y Estados Unidos entre los más importantes que fomenten programas de apoyo y permitan a Ecuador aprovechar sus recursos naturales de manera económicamente factible, como ya se ha venido haciendo en los proyectos específicamente de las islas Galápagos.

La investigación que se desarrolla a nivel nacional tanto en los organismos públicos como en las universidades ha sido muy importante para el progreso de las energías renovables, los estudios de los recursos naturales y el análisis de emplazamientos potenciales han permitido que proyectos muy importantes puedan ser desarrollados.

4.3 Recursos y mecanismos de financiación de los programas de Energías Renovables

Los proyectos de energías renovables construidos en Ecuador continental como insular fueron realizados con capital estatal, seguido de convenios internacionales y privados como se verá a continuación:

La central eólica de generación eléctrica en la Isla San Cristóbal, detalle técnico en el apartado 4.4.1, con un costo de aproximadamente 10 millones de dólares fue financiado principalmente por fondos donados de las compañías miembros de Global Sustainable Electricity Paternship (GSEP), además de aportaciones de la Fundación de las Naciones Unidas (UNF), donaciones de impuestos a la renta y del Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal (FERUM) por medio de Elecgalapagos S.A (Global Sustainable Electricity Paternship, 2013).

La central eólica de generación eléctrica Villonaco, apartado 4.4.1, ubicado en la ciudad de Loja, que constituye el proyecto eólico más importante de Ecuador continental construida en el año 2011, fue financiada por el MEER con un costo de 48 millones de dólares.

El proyecto eólico Baltra Santa Cruz, apartado 4.4.1, tuvo un costo de aproximadamente 27,6 millones de dólares financiados mayoritariamente por el MEER con el 85%, seguido del Global Environment Facility (GEF) por medio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) con el 12%, United Nations Foundation (UNF) por medio del PNUD con el 2% y finalmente por el PNUD con el 1% (Vélez Vega et al., 2016).

El éxito en el desarrollo de los proyectos de energías renovables en las Islas Galápagos llama la atención a los Gobiernos de Alemania, Japón y Corea quienes conjuntamente con el MEER financian el resto de proyectos construidos hasta la fecha como los fotovoltaicos y los sistemas híbridos, apartado 4.4.2, llegando a montos de 57 millones de dólares administrados por el PNUD y fideicomisos mercantiles creados para estos fines (Vélez Vega et al., 2016).

4.4 Resultados de los programas de Energías Renovables hasta la fecha

4.4.1 Energía Eólica

La tecnología de los aerogeneradores se ha fortalecido de manera notable los últimos años, a tal punto que los fabricantes, después de evaluar el recurso y las condiciones técnicas en el lugar del emplazamiento, garantizan la producción de electricidad, su disponibilidad, seguridad y calidad de energía.

La presencia de la Cordillera de los Andes y la salida al Océano Pacífico hacen que existan diferencias de presiones y temperaturas, dando las condiciones necesarias para que se formen vientos en diferentes zonas del país (Albornoz Vintimilla & Vergara Ortíz, 2012), que han sido localizadas mediante la elaboración del “Atlas Eólico del Ecuador” (Poveda Bonilla et al., 2013), el potencial eólico más importante del país se muestra en la Tabla 4.

La generación de energía fue estimada utilizando una densidad media de ocupación del terreno de 3 MW/km², se consideró un factor de disponibilidad típico para parques eólicos (0,98), no se consideraron zonas protegidas y zonas cubiertas por agua, se usó una densidad de aire a 3500 m.s.n.m. igual a 0,87 Kg/m³ (Poveda Bonilla et al., 2013).

PROVINCIA	ÁREA [km ²]	POTENCIA INSTALABLE (MW)	ENERGÍA ANUAL [GWh/año]
Carchi	4,60	13,80	23,69
Imbabura	6,32	18,95	32,54
Pichincha	40,81	122,42	210,18
Cotopaxi	5,99	17,98	30,87
Tungurahua	0,86	2,58	4,43
Bolívar	2,42	7,27	12,49
Chimborazo	30,60	91,80	157,62
Cañar	23,95	71,85	123,36
Azuay	98,25	294,75	506,07
Loja	293,40	880,19	1511,26
Zamora Chinchipe	4,71	14,12	24,24
El Oro	45,08	135,25	232,22
TOTAL ESTIMADO (Viento > 7 m/s) [MW]	556,99	1670,96	2868,98

Tabla 3. Potencial estimado Eólico - Eléctrico del Ecuador (Poveda Bonilla et al., 2013)

Como resultado se puede observar, el potencial bruto total es de 1670,96 MW para una velocidad media anual igual o mayor a 7 m/s.

Por otra parte, la velocidad media en los últimos años en la Isla San Cristóbal oscila entre 5,5 m/s y 6,4 m/s, al tener velocidades bajas, los estudios para la selección de emplazamientos ocupan un tiempo relativamente alto.

Mediante estudios específicos en zonas de interés, en el año 2011 empieza la construcción en la ciudad de Loja, la primera central eólica de generación eléctrica de Ecuador continental llamada Villonaco con una potencia instalada de 16,5 MW, compuesta por 11 aerogeneradores Goldwind GW70/1500 de 1,5 MW a una altura de 2700 m.s.n.m. y velocidad promedio anual de 12,7 m/s., aportando al SNI, desde enero del 2013 que entra en operación a diciembre del 2016, 295,35 GWh de energía eléctrica (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, n.d.-h).

Esta central eólica en el año 2015 obtuvo un factor de planta de 63,97%, el cual sería hasta el momento el más alto de todos los aerogeneradores instalados por la empresa China fabricante

Goldwind en todo el mundo, por lo cual ha recibido un reconocimiento por parte de dicha empresa (Corporación Eléctrica del Ecuador E.P., n.d.). El factor de planta es el cociente entre la potencia media y la potencia máxima del aerogenerador (Poveda Bonilla et al., 2013).



Figura 14. Central Eólica de Generación Eléctrica Villonaco
(Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, n.d.-h)

En la actualidad, se están construyendo los proyectos Villonaco II y III, que son las siguientes etapas para aumentar la generación de energía eólica en la ciudad de Loja, este proyecto ha sido adjudicado a la empresa española Cobra Zero (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020)

De igual manera en las islas Galápagos se ha impulsado la generación eléctrica por fuentes renovables, reemplazando el consumo de combustibles fósiles, ya que es una zona protegida y delicada por su flora y fauna; en el año 2007, en la isla San Cristóbal en el Cerro Tropezón empieza la operación de la central eólica de generación eléctrica de 2400 kW de potencia instalada, consta de 3 turbinas de 800 kW marca MADE (actualmente GAMESA fabricante español) y ha recibido reconocimientos internacionales importantes por el World Energy Forum y Energy Globe (Global Sustainable Electricity Paternship, 2013).

Otro de los proyectos más importantes es la construcción de la central eólica de generación eléctrica Baltra - Santa Cruz, la cual lleva este nombre debido a que en la isla Baltra se encuentra el parque eólico y se interconecta con la isla Santa Cruz abasteciendo así energía a las dos islas, todo este diseño representa la mejor alternativa técnica, económica y ambiental para realizar este proyecto inaugurado en el año 2014 (Energías Renovables para Galápagos ERGAL, n.d.). Cuenta con una potencia instalada de 2,25 MW, comprendido por 3 aerogeneradores de 750 kW (Elecgalapagos S.A, 2017c) y se estima que generen 6000 MWh/año de energía eléctrica (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, n.d.-e).

4.4.2 Energía Solar

La posición de Ecuador en el globo terrestre (línea ecuatorial), permite que haya un recurso solar abundante y homogéneo a lo largo del año, según el “Atlas Solar con Fines de Generación Eléctrica”, elaborado en el año 2008 por la Corporación para la Investigación Energética, la insolación global promedio en un año mínima es de 3,634 kWh/m²/día y máxima de 5,748 kWh/m²/día (Consejo Nacional de Electricidad. Corporación para la Investigación Energética, 2008). Debido a que este atlas no presenta información sobre las Islas Galápagos, se presenta información del Atlas de climatología solar elaborado por la OLADE (Organización Latinoamericana de Energía, 1987), la insolación global en la isla Santa Cruz mínima es de 3,582 kWh/m²/día y la máxima es de 5,699 kWh/m²/día y en la isla San Cristóbal la mínima es 4,955 kWh/m²/día y la máxima es de 5,525 kWh/m²/día. Como se puede observar tanto en territorio continental como insular la radiación es alta y se considera un recurso que debe ser aprovechado.

Las centrales fotovoltaicas Salinas y Tren Salinas constituyen un proyecto importante en Ecuador continental con esta tecnología, entre otros proyectos que suman una potencia importante indicada en el capítulo 2, fueron construidas en el año 2014, están ubicadas en un mismo emplazamiento en la ciudad de Ibarra al

norte del Ecuador y tienen una potencia instalada de 3,6 MW. La construcción del proyecto duró 6 meses, la primera etapa de 2,4 MW cubre 4 hectáreas de terreno y la segunda etapa de 1,2 MW ocupa 2 hectáreas. La planta genera sobre los 5 millones de kWh al año evitando 3724 toneladas métricas de CO₂ (Yingli Solar, 2014).

Hay que destacar los proyectos que se han desarrollado en las islas Galápagos por su importancia dentro del plan “Cero Combustibles Fósiles en Galápagos” que ha emprendido el Gobierno ecuatoriano para preservar el entorno ambiental de las islas, para ello, en el año 2011 se instala un sistema Híbrido en la Isla Floreana mediante apoyo del Gobierno de Alemania, el cual consta de una planta térmica dual que tiene la capacidad de funcionar con diésel o biodiésel (aceite puro de piñón) con una capacidad de 138 kW, una planta solar fotovoltaica de 20,9 kWp y un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías de ion-litio de 192 kWh de capacidad (Victor, 2016).

En el año 2014 se inaugura el proyecto Fotovoltaico “Puerto Ayora” en la isla Santa Cruz, con una potencia instalada de 1,5 MWp, el cual fue desarrollado mediante un acuerdo entre el MEER y el Gobierno de Corea (Vélez Vega et al., 2016). El sistema se compone de 6006 paneles que entregan su energía a la Subestación Puerto Ayora a 13,8 kV.

En el año 2016 se inaugura la central Fotovoltaica de Generación Eléctrica Isla Baltra, la cual fue desarrollada mediante un acuerdo entre el MEER y el marco de Cooperación no Reembolsable de Japón. Dicha central cuenta con una potencia instalada de 67 kWp y dos sistemas de almacenamiento, baterías de Ión Litio de 300 kWh de capacidad y baterías de Plomo Ácido de 4 MWh de capacidad (Vélez Vega et al., 2016), todo este sistema se conecta a la Subestación Baltra a 13,8 kV (Victor, 2016).

En la Isla Isabela también se construyó un sistema híbrido en el año 2016, compuesto por una planta fotovoltaica de 922 kWp, almacenamiento por baterías de Ion-litio de 258 kWh y genera-

dores térmicos duales (diésel/biodiésel) de 1625 KW. Este proyecto está siendo ejecutado por Siemens S.A. y Siemens Aktiengesellschaft, a diciembre del 2016 este proyecto estaba en un 20% de avance físico (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016b).



Figura 15. Proyecto fotovoltaico en la Isla Baltra (Vélez Vega et al., 2016)

En el año 2020 junto con la adjudicación del proyecto Villonaco II y III se firma la adjudicación del proyecto fotovoltaico de 200MW El Aromo a la empresa Solarpackteam a desarrollarse en Manabí.

Estos proyectos permiten que exista una penetración aún mayor de las energías renovables dentro del sistema eléctrico de Ecuador Continental y de las islas Galápagos, con un objetivo futuro de eliminar el uso de combustibles fósiles, por ello en el siguiente capítulo se realiza un análisis técnico sobre posibles soluciones para conseguir estos objetivos.

4.5 Lecciones aprendidas

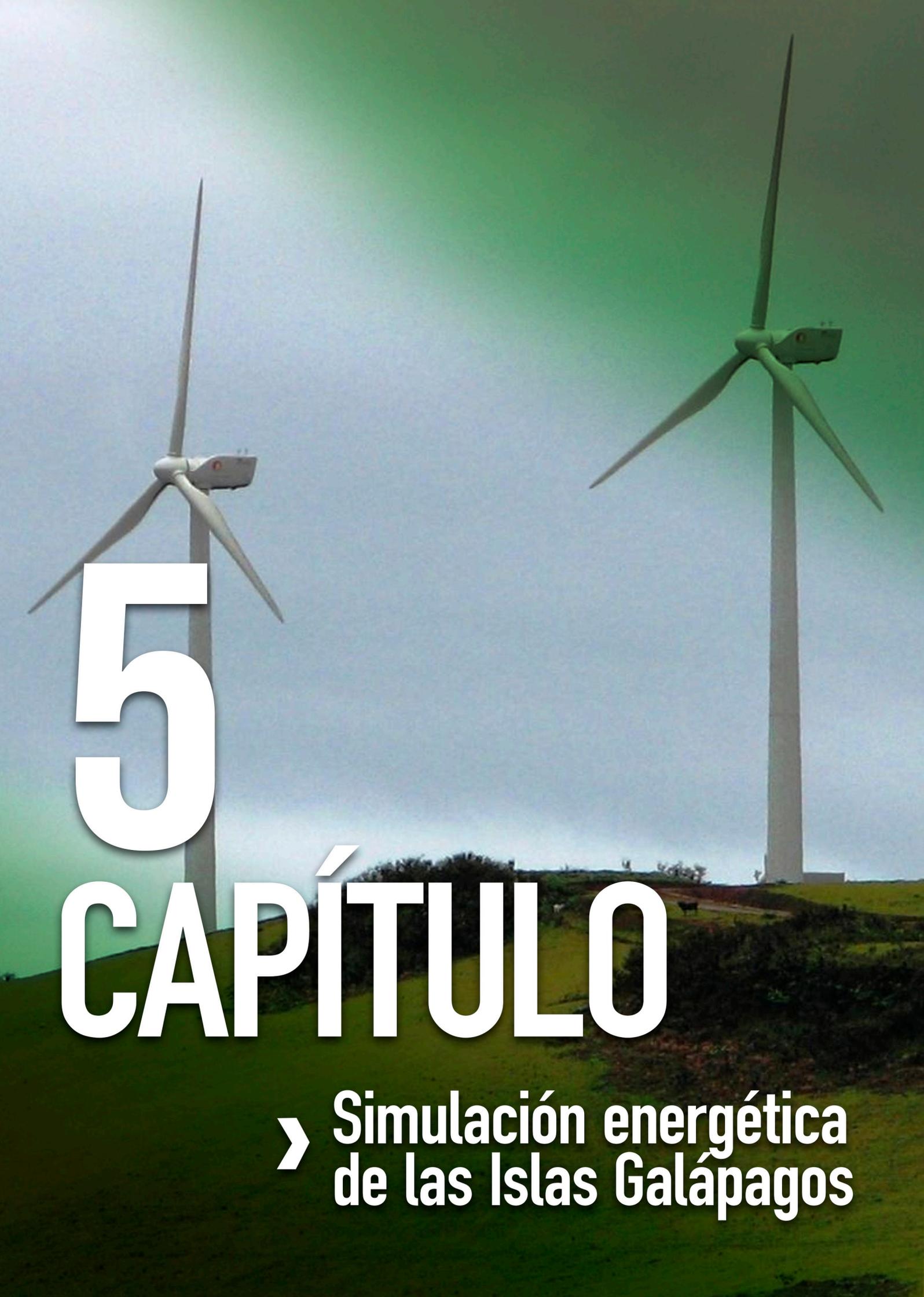
La apuesta del Gobierno ecuatoriano en aumentar el índice de penetración de energías renovables no convencionales en el SNI y el programa “Cero Combustibles Fósiles en Galápagos” ha llamado la atención de organismos y gobiernos internacionales quienes han participado en el financiamiento de los proyectos que se han desarrollado.

Un factor muy importante para que los programas tengan éxito

han sido las políticas del Estado ecuatoriano enfocadas hacia el cambio de la matriz energética aprovechando los recursos naturales, el planteamiento claro de los objetivos por parte del MERNNR y su consecución ha creado un ambiente de confianza gracias al cual se han podido establecer convenios internacionales que no solo han beneficiado en la ejecución de esta tecnología limpia en los sistemas eléctricos como tal sino también ha tenido un impacto positivo en la población mejorando las condiciones de vida y propiciando un entorno de desarrollo económico y social.

Se ha aprendido que es fundamental que se siga estableciendo cooperaciones con otros países y organizaciones para continuar desarrollando estos proyectos ya que afrontar los altos costes que implica la construcción de centrales eólicas y fotovoltaicas solamente por el Estado, a pesar de que se ha hecho inversiones importantes en los últimos años, representa montos que requieren de una planificación presupuestaria coordinada por varios organismos estatales y que puede tomar varios años ya que existen también prioridades económico-sociales propias de un país en vías de desarrollo como lo es Ecuador.





5 CAPÍTULO

➤ Simulación energética
de las Islas Galápagos

Capítulo 5

Simulación energética de las Islas Galápagos

El abastecimiento eléctrico en las Islas Galápagos representa un verdadero reto para el Gobierno ecuatoriano ya que todo proyecto de generación que se quiera llevar a cabo debe tener muy en cuenta el impacto ambiental que puede causar; la variedad de especies de plantas y animales hacen que este Archipiélago sea considerado único en el mundo y su conservación depende principalmente del equilibrio ambiental, por tal razón la implementación de tecnologías generadoras que aprovechen los recursos naturales renovables con menor impacto posible para cubrir el mayor porcentaje de la demanda, se ha convertido en el principal objetivo durante los últimos años.

5.1 Análisis de las Islas Galápagos

El Archipiélago de Galápagos está compuesto por 15 islas principales, un gran número de rocas e islotes, tiene 25244 habitantes que se distribuyen en 4 islas, según indica el Censo de Población y Vivienda del año 2015 del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2015), la tasa de crecimiento es del 1,8%, existen 8360 viviendas con un promedio de 3 personas por hogar y el 99,7% de estas viviendas cuenta con acceso a la red pública de energía eléctrica.

En este apartado se identifican los actuales sistemas generadores de electricidad térmicos (diésel y biodiésel), eólicos, fotovoltaicos y almacenamiento por baterías, y a continuación se hace una simulación del año 2015 de tal manera que se obtenga el porcentaje de penetración de las energías renovables en el sistema eléctrico en dicho año.

Este análisis se basa en el año 2015 debido a que se cuenta con la información base y necesaria para la simulación.

Y finalmente en el capítulo 6 se establece una serie de recomendaciones de todo el estudio y propuestas para fortalecer los programas de eficiencia energética y proyectos de energías renovables, y para que en el corto plazo el abastecimiento de las islas Galápagos sea sostenible, tenga mayor generación renovable y se aumente el uso del biodiesel por el diésel obteniendo una matriz óptima.

5.1.1 Potencia instalada por isla en Galápagos

Isla San Cristóbal

Tecnología	Descripción	Potencia instalada (kW)
Térmica (Diésel/Biodiesel)	Caterpillar 67Z00896	650
Térmica (Diésel/Biodiesel)	Caterpillar 67Z01041	650
Térmica (Diésel/Biodiesel)	Caterpillar 67Z00895	650
Térmica	Perkins 401246TWG2A	1000
Térmica	Hyundai	1100
Eólica	MADE AE59	800
Eólica	MADE AE59	800
Eólica	MADE AE59	800
TOTAL		6450 kW

Tabla 4. Potencia instalada en la Isla San Cristóbal (Elecgalapagos S.A, 2017b)
 Precio del diésel 0,511 €/litro, biodiesel 0,396 €/litro
 (Rebollal Jordán, 2016).

Isla Santa Cruz-Baltra

Tecnología	Descripción	Potencia instalada (kW)
Térmica	Caterpillar 67Z00896	650
Térmica	Caterpillar 67Z01044	650
Térmica	Caterpillar 67Z01048	650
Térmica	Caterpillar 67Z01042	650
Térmica	Caterpillar 73Z00552	1100
Térmica	Caterpillar SXC05017	1050
Térmica (Diésel/biodiesel)	Hyundai BF0839	1700
Térmica (Diésel/biodiesel)	Hyundai BF0840	1700
Fotovoltaica		67
Fotovoltaica	BJ Power	1500
Almacenamiento baterías (300kWh+4000kWh)	Ion-litio + Plomo ácido	1000
Eólica	Unison U5X	750
Eólica	Unison U5X	750
Eólica	Unison U5X	750
TOTAL		12967 kW

Tabla 5. Potencia instalada en las islas Santa Cruz-Baltra (Elecgalapagos S.A, 2017b)
 Precio del diésel 0,532 €/litro, biodiesel 0,417 €/litro
 (Rebollal Jordán, 2016).

Isla Floreana

Tecnología	Modelo	Potencia instalada (kW)
Térmica (Diésel/biodiésel)	Deutz BF4M1013E	69
Térmica (Diésel/biodiésel)	Deutz BF4M1013E	69
Fotovoltaica	Isofoton I-100/12	20,9
Almacenamiento baterías (192kWh)	Ion-litio	36
TOTAL		194,9 kW

Tabla 6. Potencia instalada en la Isla Floreana (Elecgalapagos S.A, 2017b)
 Precio del diésel 0,556 €/litro, biodiésel 0,441 €/litro
 (Rebollal Jordán, 2016).

Isla Isabela

Tecnología	Modelo	Potencia instalada (kW)
Térmica	Caterpillar 67Z01040	650
Térmica	Caterpillar EGE00350	545
Térmica	Caterpillar EGE00351	545
Térmica	Iveco 779441	510
Térmica	SDMO 779441	900
Fotovoltaica		922
Almacenamiento baterías (258kWh)	Ion-litio	660
TOTAL		4732 kW

Tabla 7. Potencia instalada en la Isla Isabela (Elecgalapagos S.A, 2017b)
 Precio del diésel 0,519 €/litro, biodiésel 0,404 €/litro
 (Rebollal Jordán, 2016).

5.1.2 Evolución y proyección de la demanda eléctrica

La proyección de la demanda de todas las islas que se muestra a continuación, fue realizado con el software estadístico EViews por parte de Elecgalapagos S.A., analizando los datos históricos hasta el año 2016 y proyectando la demanda hasta el año 2020 (Ronald & Chumbi, 2016). Además todos los datos estadísticos han sido obtenidos del último censo realizado por el INEC en el año 2015.

Isla San Cristóbal

La Isla San Cristóbal es la segunda isla más poblada del Archipiélago, tiene 7088 habitantes y la tasa de crecimiento es del 0,8% (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2015). Cuenta con atractivos turísticos que llama la atención de miles de personas en el transcurso del año, lo cual se ve reflejado en las fluctuaciones de la demanda y su crecimiento anual.

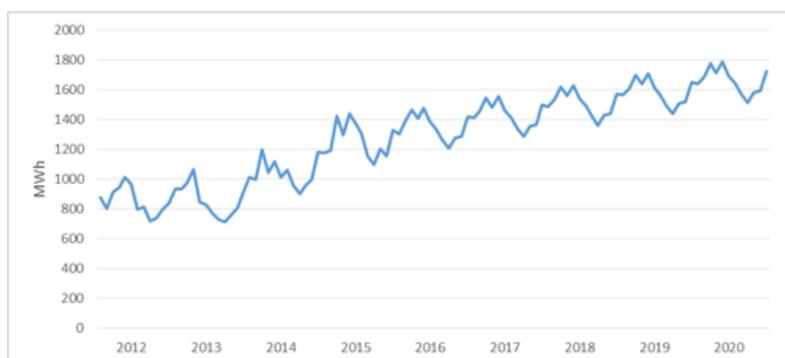


Figura 16. Evolución y proyección de la demanda - Isla San Cristóbal (Ronald & Chumbi, 2016)

Isla Santa Cruz

La Isla Santa Cruz tiene la mayor cantidad de habitantes sumando 15701 personas, de las cuales la mayor parte, 11822 habitantes, vive en Puerto Ayora, en menor cantidad 3384 en Bellavista y 495 en Santa Rosa, la tasa de crecimiento poblacional llega al 2,4% (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2015), y se considera que es la isla más activa en turismo y actividades investigativas.

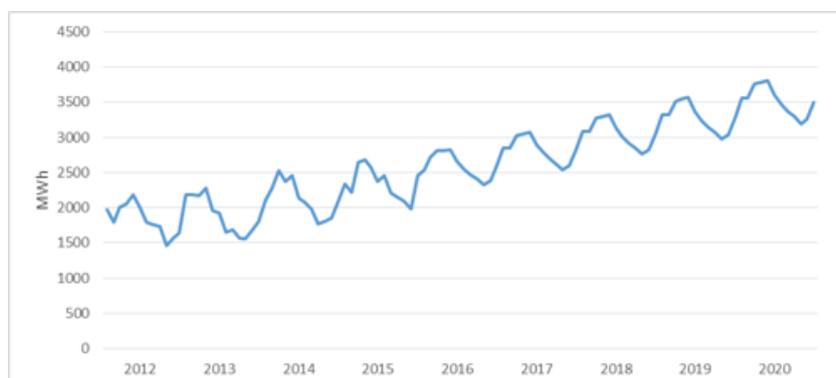


Figura 17. Evolución y proyección de la demanda - Isla Santa Cruz (Ronald & Chumbi, 2016)

Isla Floreana

La Isla Floreana cuenta con apenas 111 habitantes y el turismo es bastante regular, lo cual hace que la demanda energética no presente fluctuaciones importantes a lo largo del año, pero en la Figura 13 se observa un descenso brusco de la demanda en los años 2012-2013, al parecer el acopio de la semilla de piñón decreció de manera importante por factores climáticos, teniendo repercusiones en la generación de electricidad con los sistemas instalados, a partir de entonces los centros de acopio aumen-

taron progresivamente de manera planificada.

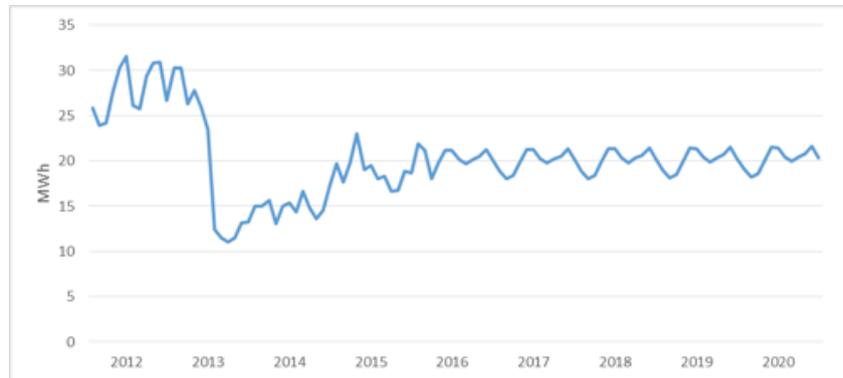


Figura 18. Evolución y proyección de la demanda - Isla Floreana (Ronald & Chumbi, 2016)

Isla Isabela

La Isla Isabela tiene una población de 2344 personas distribuidas en Puerto Villamil y en Tomas de Berlanga con 2164 y 180 personas respectivamente, la tasa de crecimiento es del 1,6% (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2015). Es la isla más grande de todas y abarca una gran cantidad de turistas a lo largo del año, por lo cual además de la población nativa hay que tener en cuenta la carga eléctrica que representan los visitantes, la cual no crece de manera importante con el pasar de los años ya que por políticas ambientales existe un límite de turistas que pueden visitar las islas cada año.

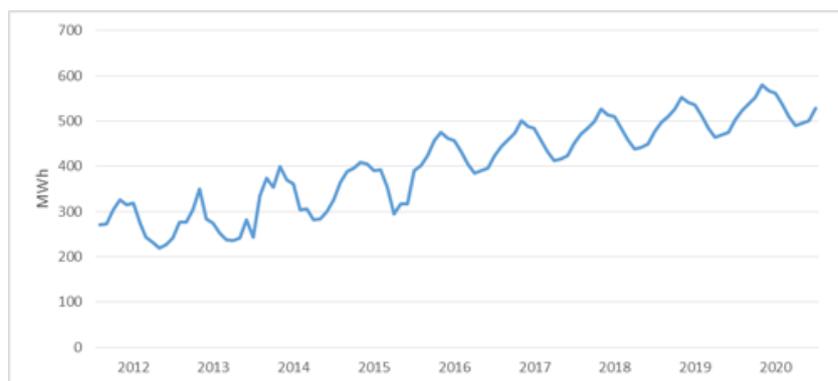


Figura 19. Evolución y proyección de la demanda - Isla Isabela (Ronald & Chumbi, 2016)

5.2 Simulación energética de las Islas Galápagos (sw HOMER PRO)

SOFTWARE HOMER PRO

Este software está dirigido a la simulación de sistemas híbridos para energías renovables, (HOMER Hybrid Optimization Model for Electric Renewables). Es un programa de optimización, puesto en marcha por el laboratorio nacional de energía renovable de Estados Unidos (NREL), utilizado para realizar evaluaciones económicas y ambientales de sistemas que utilizan diversos modos de generación de energía, los llamados “sistemas híbridos”.

De un conjunto de alternativas posibles, diferentes sistemas de generación y parámetros, el programa identifica qué combinación produce el mínimo coste simulando el comportamiento del sistema de manera horaria durante un año y clasificando las soluciones en orden creciente de acuerdo al Costo Presente Neto (NPC), el cual se define como el valor presente de todos los costos que el sistema incurre a lo largo de su vida útil, capital inicial, repuestos, operación y mantenimiento, combustibles, penalidades por emisiones y costos por comprar energía de la red eléctrica, menos el valor presente de todos los ingresos a lo largo del mismo tiempo.

Homer Pro calcula hora por hora a lo largo de un año la potencia renovable disponible, la capacidad del resto de generadores y del almacenamiento comparándolos con la demanda y selecciona el punto de operación de cada equipo que satisface la demanda con el mínimo coste manteniendo una reserva de operación requerida. Una vez se ha completado la simulación el software determina si se han cumplido las restricciones que el usuario ha impuesto, proporciona el dato de cantidad de energía generada, qué porcentaje de ésta viene de fuentes de energías renovables, la emisión de gases contaminantes, realiza una evaluación económica, etc.

Para poder realizar la simulación se debe introducir el emplazamiento, los datos de recursos naturales (eólicos, solares, de temperatura), los datos de la demanda y los componentes del sistema de generación, conversión y almacenamiento de energía con sus parámetros y diferentes costes actuales y futuros, etc. Por ello está limitado a áreas pequeñas ya que no simula el sistema eléctrico.

5.2.1 Simulación año base 2015 Isla San Cristóbal

Con la información establecida en el presente capítulo, potencia instalada, tecnología, demanda eléctrica horaria, precios del diésel y biodiesel se realiza la primera simulación generación – demanda del sistema eléctrico de la isla San Cristóbal y luego del resto de islas. Otro de los parámetros seleccionados para las simulaciones es el despacho de la energía denominado Load Following (LF), con el cual se establece que es prioridad abastecer la demanda con la energía de los generadores renovables y luego con los generadores a diésel hasta cubrir la demanda instantánea.

En la siguiente Figura 20 se observa que la generación de electricidad procedente del parque eólico de la isla San Cristóbal en el año 2015 corresponde al 20% del total de energía generada, este porcentaje refleja concordancia con los despachos realizados en dicho año por la empresa Elecgalapagos S.A. que son del 20,29% (Elecgalapagos S.A, 2017b). También se puede observar que el Costo Normalizado de la Electricidad (LCOE) el cual corresponde al coste medio de la energía eléctrica producida por el sistema es de 0,220 €/kWh.

Architecture										Cost				System	
AE59 800kW	Cater650kW (kW)	Cater650 (kW)	Cater650kW (1) (kW)	Perkins1000kW (kW)	Hyun1100kW (kW)	CP900kW (kW)	Dispatch	CCE (€)	NPC (€)	Operating cost (€)	Initial capital (€)	Ren Frac (%)	Hours		
3	650	650	650	1,000	1,100	900	LF	€0.220	€48.4M	€2.99M	€9.68M	20	6,636		
3	650	650	650		1,100	900	LF	€0.220	€48.5M	€3.04M	€9.18M	20	8,099		
3	650	650	650	1,000		900	LF	€0.221	€48.5M	€3.05M	€9.13M	20	7,019		
3	650	650	650	1,000	1,100		LF	€0.221	€48.6M	€3.04M	€9.23M	20	7,533		
3	650	650			1,100	900	LF	€0.221	€48.6M	€3.08M	€8.85M	20	6,950		
3	650		650		1,100	900	LF	€0.221	€48.6M	€3.08M	€8.85M	20	6,950		

Figura 20. Simulación sistema eléctrico - Isla San Cristóbal año 2015

5.2.2 Simulación año base 2015 Isla Santa Cruz-Baltra

En la Figura 21 se observa que la participación de las energías renovables en el mix de generación en el año 2015 en Santa Cruz-Baltra es del 14%. Se cuenta en estas dos islas con un sistema híbrido compuesto por generación térmica a diésel y biodiésel, eólica y fotovoltaica con almacenamiento por baterías.

Este porcentaje concuerda con los datos de despacho de la empresa Elecgalapagos S.A. que fue del 14,24% (Elecgalapagos S.A, 2017b). El LCOE es de 0,223 €/kWh.

The image shows two screenshots from a simulation software. The top screenshot displays a table of system architectures with columns for different power generation technologies and their capacities. The bottom screenshot provides a detailed cost and production analysis for the C650kW system, including COE, NPC, operating costs, initial capital, and fuel consumption.

Architecture	F67kW (kW)	F67kW-Inv. (kW)	F1500kW (kW)	F1500kW-Inv. (kW)	U750kW	C650kW (kW)	C650kW (1) (kW)	C650kW (2) (kW)	C650kW (3) (kW)	C1100kW (kW)	C1050 (kW)	H1700kW (kW)	H1700kW (1) (kW)
	67.0	67.0	1,500	1,500	3	650	650	650	650	1,100	1,050	1,700	1,700
	67.0	67.0	1,500	1,500	3	650	650	650	650	1,100	1,050	1,700	1,700
	67.0	67.0	1,500	1,500	3	650	650	650	650	1,100	1,050	1,700	1,700
	67.0	67.0	1,500	1,500	3	650	650	650	650	1,100	1,050	1,700	1,700
	67.0	67.0	1,500	1,500	3	650	650	650	650	1,100	1,050	1,700	1,700

Architecture	Converter2000 (kW)	Dispatch	COE (€)	NPC (€)	Operating cost (€)	Initial capital (€)	Ren Frac (%)	System	Hours	Production (kWh)	Fuel (L)	O&M Cost (€)	Fuel Cost (€)	Hours	Production (kWh)	Fuel (L)	O&M Cost (€)	Fuel Cost (€)
Bat Ion-Litio	2,000	LF	€0.223	€107M	€6.78M	€19.1M	14	5,920	3,828,412	988,005	115,440	525,618	4,186	2,688,405	694,063	81,627	369,242	
4,300	2,000	LF	€0.223	€107M	€6.85M	€18.3M	14	7,678	4,968,598	1,282,208	149,721	682,135	5,876	3,787,486	977,618	114,582	520,093	
4,300	2,000	LF	€0.223	€107M	€6.85M	€18.3M	14	7,678	4,968,598	1,282,208	149,721	682,135	5,876	3,787,486	977,618	114,582	520,093	
4,300	2,000	LF	€0.223	€107M	€6.81M	€18.8M	14	5,039	3,258,600	840,953	98,260	447,387	3,128	2,012,358	519,480	60,996	276,363	
4,300	2,000	LF	€0.223	€107M	€6.81M	€18.8M	14	5,039	3,258,600	840,953	98,260	447,387	3,128	2,012,358	519,480	60,996	276,363	
4,300	2,000	LF	€0.223	€107M	€6.81M	€18.8M	14	5,039	3,258,600	840,953	98,260	447,387	3,128	2,012,358	519,480	60,996	276,363	

Figura 21. Simulación sistema eléctrico – islas Santa Cruz-Baltra año 2015

5.2.3 Simulación año base 2015 Isla Floreana

La Isla Floreana compuesta por un mix térmico y fotovoltaico con almacenamiento por baterías, similar a la Isla Isabela pero con menor potencia instalada, muestra como resultado de la simulación, Figura 22, que en el año 2015 los sistemas fotovoltaicos + almacenamiento con baterías representaron el 9% del total de generación con un LCOE de 0,32 €/kWh.

Optimization Cases: Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.															
Architecture							Cost			System					
F20.9kW (kW)	Deutz69kW (kW)	Deutz69kW (1) (kW)	Bat192kWh	Converter36 (kW)	Dispatch	COE (€)	NPC (€)	Operating cost (€)	Initial capital (€)	Ren Frac (%)	Hours	Production (kWh)	Fuel (L)	O&M Cost (€)	Fuel Cost (€)
20.9	69.0	69.0	192	36.0	LF	€0.320	€1.55M	€98.656	€276.900	9.0	8,181	332,378	99,897	16,935	55,543
	69.0	69.0	192	36.0	LF	€0.325	€1.58M	€105,275	€214,200	0.0	8,407	365,277	108,657	17,402	60,414

Figura 22. Simulación sistema eléctrico – Isla Florena año 2015

5.2.4 Simulación año base 2015 Isla Isabela

La Isla Isabela ha sido simulada con los sistemas generadores incorporados hasta la actualidad en donde el mix está comprendido por generadores térmicos a diésel y biodiésel y fotovoltaicos con almacenamiento por baterías. Se diferencia del resto de simulaciones ya que en el año 2015 aún no existían los sistemas renovables en esta isla.

Se observa en la siguiente Figura 23 que el porcentaje de energía eléctrica que se hubiese generado con los sistemas fotovoltaicos + almacenamiento por baterías actuales corresponde al 17% del total. Y el LCOE sería igual a 0,214 €/kWh.

Optimization Cases: Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.														
Architecture							Cost							
F922kW (kW)	C650kW (kW)	C545kW (kW)	C545kW (1) (kW)	I510kW (1) (kW)	I510kW (1) (kW)	SDMO900kW (kW)	B258kWh	Converter 660 (kW)	Dispatch	COE (€)	NPC (€)	Operating cost (€)	Initial capital (€)	Ren Frac (%)
650	545	545	545	2,200	510	900	258	660	LF	€0.214	€26.8M	€1.63M	€5.79M	17
922	650	545	545	2,200	510	900	258	660	LF	€0.215	€26.9M	€1.65M	€5.54M	17
922	650	545	545	2,200	510	900	258	660	LF	€0.215	€27.0M	€1.67M	€5.44M	17
922	650	545	545	2,200	510	900	258	660	LF	€0.216	€27.0M	€1.67M	€5.47M	17
922	650	545	545	2,200	510	900	258	660	LF	€0.216	€27.1M	€1.69M	€5.19M	17
922	650	545	545	2,200	510	900	258	660	LF	€0.217	€27.2M	€1.70M	€5.21M	17

Optimization Cases: Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.																		
C650kW				C545kW				C545kW (1)				I510kW						
Ren Frac (%)	Hours	Production (kWh)	Fuel (L)	O&M Cost (€)	Fuel Cost (€)	Hours	Production (kWh)	Fuel (L)	O&M Cost (€)	Fuel Cost (€)	Hours	Production (kWh)	Fuel (L)	O&M Cost (€)	Fuel Cost (€)	Hours	Production (kWh)	Fuel (L)
17	1,907	1,161,140	300,672	37,186	156,049	3,319	1,777,101	458,937	54,266	238,188	523	256,327	66,534	8,551	34,531	0	0	0
17	2,057	1,259,539	326,046	40,112	169,218	5,108	2,601,806	673,815	83,516	349,710	2,842	1,108,993	292,276	46,467	151,691	0	0	0
17	2,195	1,351,836	349,822	42,802	181,558	3,829	2,016,202	521,169	62,604	270,487	763	318,988	83,655	12,475	43,417	0	0	0
17						3,431	1,855,513	478,924	56,097	248,561	853	440,113	113,896	13,947	59,112	0	0	0
17	2,371	1,466,226	379,335	46,234	196,875	6,003	2,984,893	774,117	98,149	401,767	3,313	1,057,946	283,417	54,168	147,093	2	3,839	1,029
17						5,421	2,852,498	737,372	88,633	382,696	3,143	1,366,676	357,450	51,388	185,517	0	0	0

Figura 23. Simulación sistema eléctrico – Isla Isabela año 2015



6 CAPÍTULO

➤ Conclusiones y
Propuestas

Capítulo 6

Conclusiones y Propuestas

6.1 Conclusiones

A continuación se presentan las conclusiones a las que se ha llegado luego del desarrollo del presente trabajo:

Ecuador es un país petrolero que ha dependido de este recurso desde hace varias décadas, evolucionando su consumo hasta el presente en donde es la principal fuente para la producción de energía primaria con el 86,3% y sólo el 8% aproximadamente corresponde a los recursos naturales renovables.

La matriz eléctrica en Ecuador incluyendo las Islas Galápagos, tiene una potencia instalada que suma 8,73 GW; está encabezada por la energía hidroeléctrica con una potencia instalada equivalente al 58,47% del total, seguida de la energía térmica con 39,23% y de las energías renovables no convencionales: biomasa, eólica y fotovoltaica principalmente con 2,21%.

La dependencia energética en la hidroenergía puede ocasionar problemas de abastecimiento y aumentos en el precio de la electricidad, no se han encontrado estudios acerca de los impactos del fenómeno de “El Niño” en la reducción de la producción por parte de las centrales hidroeléctricas debido a posibles sequías y la repercusión en los precios de la electricidad.

En el sector transporte el diésel y la gasolina son los principales combustibles consumidos, en el sector industrial se consume mayoritariamente diésel y electricidad, en el sector residencial predominan el GLP y la electricidad, y en el sector comercial se consume electricidad y diésel en menor porcentaje.

En las Islas Galápagos la potencia instalada es igual a 24,24 MW, la matriz eléctrica está compuesta principalmente por generadores térmicos que operan a diésel o biodiésel con una potencia instalada del 56,14% del total, generadores eólicos 19,10% y generadores fotovoltaicos con almacenamiento por baterías 17,29%.

La energía eléctrica generada en las islas es de 53,56 GWh, de la cual el 85,35% la generan los sistemas térmicos diésel/biodiésel, el 11,25% los sistemas eólicos y el 3,4% los fotovoltaicos. La demanda de energía suma 52,6 GWh. El principal objetivo es cubrir la demanda al 100% por energías renovables eólicas y fotovoltaicas y generadores que operen con biodiésel.

El consumo de combustible en el sector transporte en la Isla Santa Cruz y se asume que en el resto de islas es similar, predomina el diésel y la gasolina, en el sector residencial el GLP seguido de electricidad y en el sector no residencial (comercial e industrial) la electricidad y el GLP son los combustibles consumidos.

En Ecuador continental la potencia instalada de energías renovables eólica y fotovoltaica con almacenamiento por baterías suman 38,77 MW y en las Islas Galápagos 8,86 MW.

El sistema eléctrico ecuatoriano se encuentra evolucionando en capacidad y tecnología por tal razón se han fortalecido las políticas regulatorias y se han establecido nuevas para el desarrollo de proyectos con sistemas eólicos y fotovoltaicos de generación eléctrica pero existen aún vacíos regulatorios que permitan al sector privado invertir en la construcción de centrales con estas tecnologías.

El programa de eficiencia energética de “focos ahorradores” representa un ahorro para el Estado de 104 millones de dólares anuales; el programa “Renova” ha permitido un ahorro de 2,3 millones de dólares anuales; el programa de cocinas de inducción se encuentra en proceso y se espera que termine en el año 2023 y permitirá al Estado un ahorro de aproximadamente 700

millones de dólares al año.

El programa “Eficiencia Energética para la Industria” ha representado a la industria ahorros de 2 millones de galones de diésel y 61 kg de GLP anuales. El programa “Alumbrado Público Eficiente” evita el consumo de 23,8 GWh al año.

La potencia instalada de energía eólica no ha aumentado en Ecuador continental desde la construcción de la Central Villonaco en el año 2011 con 16,5 MW y se está desarrollando Villonaco II y III que tendrán una potencia instalada de 110MW; las islas San Cristóbal y Baltra cuentan con un parque eólico cada una que suman 4,65 MW y se espera que esta potencia aumente progresivamente en los próximos años.

En cuanto a la energía fotovoltaica se considera que el recurso es abundante por lo cual se ha desarrollado más que la eólica, Ecuador continental cuenta con una potencia instalada de 24,27 MW y las islas Galápagos con 4,21 MW, contando con el almacenamiento por baterías en ambos casos. Se prevé que esta tecnología continúe implementándose especialmente en las islas dentro del plan “Cero Combustibles Fósiles en Galápagos” que incluye a la energía eólica.

La potencia instalada de generadores térmicos a diésel o biodiésel en las islas Galápagos asciende a 15,48 MW, de los cuales se planea que el 100% operen a biodiésel en los próximos años.

Como resultado de las simulaciones usando el software Homer Pro, se ha obtenido que la penetración de las energías renovables en los sistemas eléctricos de las islas en el año 2015 ha sido del 20% del total de energía generada en la Isla San Cristóbal, en Santa Cruz-Baltra el 14%, en la Isla Floreana el 9% y en la Isla Isabela, asumiendo que en el 2015 se tenía la potencia instalada actual, hubiese sido del 17%.

6.2 Propuestas

Establecer políticas tributarias que reduzcan los aranceles en las importaciones de los equipos con tecnologías eficientes que se utilizan en el sector residencial y comercial, ya que el principal limitante por el cual no ha aumentado masivamente el uso de equipos eficientes en el Ecuador es el alto costo de los mismos al importarlos, de esta manera se incentiva a la ciudadanía a renovar y así disminuir el consumo energético en el país.

A pesar de que los programas de eficiencia energética han sido a nivel nacional y han tenido respaldo económico suficiente, no se han conseguido los objetivos planteados; al parecer la ciudadanía se muestra reacia a una evolución tecnológica y desconfiada de los precios de la energía eléctrica a largo plazo, por ello se considera que el Gobierno debe emprender campañas de incentivo mostrando los beneficios que supondrán dichos programas tanto para el Estado como para los ciudadanos en la reducción de costes.

Una política similar al compromiso 20-20-20 entre los países de la región, permitiría a Ecuador que incentive por medio de sus sectores estratégicos la penetración de energías renovables, especialmente la eólica y fotovoltaica que aún representa un aporte de apenas menos del 1% en el sistema eléctrico nacional; esto además ayudaría a reducir emisiones de gases de efecto invernadero de forma que mediante un análisis de recursos e inversión, se pueda avanzar en fortalecer también los sistemas de control y transporte que permitan manejar la fluctuación energética normal de estas tecnologías.

Establecer un fondo de ayudas a la eficiencia energética, como se lo hace en España; el propósito es que se brinde apoyo económico, técnico y formativo por parte del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables o la Unidad de Negocio de Eficiencia Energética, que permita aumentar la eficiencia energética en el país enfocándose en mejorar los equipos tecnológicos de los sectores que más consumen energía sean públicos o privados.

Debido a que el factor más limitante para que se puedan desarrollar las energías renovables es el económico, se propone que el Estado cree un “Programa de fomento a las energías renovables” orientado a la industria privada y a las universidades que hagan investigación y desarrollo de proyectos piloto, de esta manera se pueden introducir más los sistemas de energías renovables en este medio que no ha tenido participación importante aplicando esta tecnología.

Hacer un estudio sobre los impactos que el fenómeno de “El Niño” puede tener en la reducción de la producción de las centrales hidroeléctricas del país y analizar los impactos que puede tener el precio de la energía bajo diferentes escenarios de mayor penetración de energía eólica y fotovoltaica en el SNI en épocas de sequías.

Aumentar la investigación y transferencia de conocimiento mediante vínculos académicos internacionales, es decir que la investigación que se hace en las universidades del Ecuador pueda ser integrada con investigaciones realizadas en los países pioneros en desarrollo tecnológico sistemas de energías renovables, permitirá que haya de la misma manera desarrollo de tecnología y estar actualizados con los avances más recientes.

Continuar con la aplicación de los programas de eficiencia energética en las Islas Galápagos es fundamental para que el abastecimiento de la energía eléctrica sea segura y de calidad.

Para obtener una matriz óptima a corto plazo en las Islas Galápagos, se recomienda simular en Homer Pro la generación - previsión de la demanda, teniendo en cuenta que el aumento de las cocinas de inducción representa una carga al sistema y que los programas de “focos ahorradores” y “Renova” al contrario representan una reducción de esta carga; con esta simulación se puede conocer además si con la potencia instalada actual, está garantizado el abastecimiento a la demanda eléctrica a futuro y tomar medidas a partir de los resultados.

Para seleccionar la mejor opción es importante analizar el NPC menor posible resultante de las simulaciones y el coste de la energía, ya que estos indicadores ayudan a la toma de decisiones en proyectos de gran inversión.

Glosario

INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
MERNNR	Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
LRSE	Ley de Régimen Eléctrico
MEER	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
CELEC	Corporación Eléctrica del Ecuador
INER	Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables
CNEL	Corporación Nacional de Electricidad
LOSPEE	Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica
ARCONEL	Agencia de Regulación y Control de Electricidad
SNI	Sistema Nacional Interconectado
CENACE	Centro Nacional de Control de la Energía
MICSE	Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos
SEREE	Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética
PNBV	Plan Nacional del Buen Vivir
COMEXI	Consejo de Comercio Exterior e Inversiones
INEN	Instituto Nacional de Normalización
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
CER	Certificados de Reducción de Emisiones
MCPEC	Ministerio Coordinador de la Producción Empleo y Competitividad
MIPRO	Ministerio de Industrias y Productividad
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
ONU DI	Organización de Naciones Unidas para el desarrollo Industrial
LFC	Lámpara Fluorescente Compacta
E EI	Eficiencia Energética para la Industria
GSEP	Global Sustainable Electricity Partnership
SENESCYT	Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación
UNF	Fundación de las Naciones Unidas
FERUM	Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal
GEF	Global Environment Facility
PNDU	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
UNF	United Nations Foundation
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
HOMER	Hybrid Optimization Model for Electric Renewables
NREL	National Renewable Energy Laboratory
NPC	Net Present Cost
LCOE	Levelized Cost of Electricity

Referencias

- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (n.d.).
Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2022). Balance Nacional de Energía Eléctrica.
- Albornoz, E., Argüello, G., Molina, M., Medina, J., Urquillas, G., Novoa, F., Chimborazo, L., & Nieto, M., Mejía, J. (2013). Testimonios de sueños y realidades.
- Albornoz Vintimilla, E., & Vergara Ortíz, F. (2012). Plan Maestro de Electrificación 2012-2021.
- Araujo, A. (n.d.). 100% de las cocinas en la isla Floreana en Galápagos son de inducción.
- ARCONEL. (2020). Marco Normativo para La participación de la Generación Distribuida. Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 36. <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/>
- Calle, P. (2014). GALAPAGOS, sustainable energy strategies for Santa Cruz Island. Delft University of Technology.
- Carpio, C., Manlio, F., M., P., Augusto Horta, L., Peña, J., Gamarra, A., & B., S. (2009). Situación y perspectivas de la eficiencia energética en América Latina y El Caribe.
- Consejo de Comercio Exterior e Inversiones. (2010a). Resolución 505.
- Consejo de Comercio Exterior e Inversiones. (2010b). Resolución 529.
- Consejo Nacional de Electricidad. Corporación para la Investigación Energética. (2008). Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica.
- Constante, J., Guerrón, G., & Cordovez, M. (2015). Eficiencia Energética en Transporte Marítimo. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Montecristi.
- Corporación Centro Nacional de Energía. (n.d.).
- Corporación Eléctrica del Ecuador. (n.d.). CELEC EP - La Empresa.
- Corporación Eléctrica del Ecuador E.P. (n.d.). Central eólica Villonaco la de mayor producción por turbina en el mundo.
- Corporación Eléctrica del Ecuador E.P. - Transelectric. (2016). Infraestructura del Sistema Nacional de Transmisión.

Corporación Nacional de Electricidad. (n.d.). Quienes Somos - CNEL EP.

Delgado Noboa, D., & Dávalos Villacrés, B. (2016). Agenda Nacional de Energía 2016-2040.

El Universo. (2017). Hasta mayo se colocarían unas 700 mil cocinas de inducción.

Elecgalapagos S.A. (2017a). Nuestra Historia.

Elecgalapagos S.A. (2017b). Potencia instalada, generación, consumo y despachos del año 2015.

Elecgalapagos S.A. (2017c). Proyectos.

Energías Renovables para Galápagos ERGAL. (n.d.). Islas Baltra - Santa Cruz.

EP Petroecuador. (2012). 40 Años Construyendo El Desarrollo Del País 1972-2012.

Global Sustainable Electricity Paternship. (2013). Proyecto Eólico Isla San Cristóbal - Galápagos 2007-2013.

Instituto de Investigación Geológico y Energético. (2018). <https://www.geoenergia.gob.ec/el-instituto/#:~:text=El Instituto de Investigación Geológico,%2C geología%2C minería y metalurgia.>

Instituto de Investigación Geológico y Energético - IIGE. (2021). Balance Energetico Nacional 2020. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 180. www.rekursosyenergia.gob.ec

Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables. (2012). Creación del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables.

Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables. (2015). Eficiencia Energética en Alumbrado Público.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2015). Censo de Población y Vivienda Galápagos.

MERNNR. (2019). Estructura Orgánica Funcional del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (Issue 02).

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (n.d.-a). Ecuador cambia.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (n.d.-b). Eficiencia Energética en el Sector Público.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (n.d.-c). Eficiencia Energética Sector Industrial.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (n.d.-d). Eficiencia Energética Sector Residencial.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (n.d.-e). Inauguración proyecto eólico Baltra y parque fotovoltaico Puerto Ayora.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (n.d.-f). Programa de eficiencia energética para cocción por inducción y calentamiento de agua con electricidad en sustitución del gas licuado de petróleo (GLP) en el sector residencial.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (n.d.-g). Valores / Misión / Visión – Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (n.d.-h). Villonaco.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2016a). Balance Energético Nacional 2016.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2016b). Rendición de Cuentas.

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2017). Sistema de Transmisión 500kV.

Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2019a). Ley Orgánica de Eficiencia Energética. 8. www.registroficial.gob.ec Al

Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2019b). Plan Maestro de Electricidad 2019-2027. In Plan Maestro de Electricidad 2019-2027. <https://www.recursosyenergia.gob.ec/plan-maestro-de-electricidad/>

Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2020). Dos empresas españolas asumirán la concesión de los proyectos eólico Villonaco II y III y fotovoltaico El Aromo. <https://www.recursosyenergia.gob.ec/dos-empresas-espanolas-asumiran-la-concesion-de-los-proyectos-eolico-villonaco-ii-y-iii-y-fotovoltaico-el-aromo/>

Moreno Díaz, A. (2016). Eficiencia Energética en el Ecuador.

Organización Latinoamericana de Energía. (1987). Atlas de climatología solar. II.

Peláez Samaniego, M. R., Espinoza Abad, J. L., & García Renté, M. (2015). Energías Renovables en el Ecuador. Situación Actual, Tendencias y Perspectivas.

Poveda Bonilla, R., Albornoz Vintimilla, E., Cadena Mosquera, M., Samaniego Burneo, A., Manzano Villafuerte, L., Carvajal

-
- Sarzosa, P., Rojas Idrovo, E., Dávalos, S., Moreno Pallo, P., & Ortiz Salazar, C. (2013). Atlas Eólico del Ecuador, con fines de generación eléctrica. 53.
- Rebollal Jordán, D. (2016). Análisis y recomendaciones para el incremento del índice de penetración de energías de origen renovable en microrredes aisladas. Caso de estudio: Islas Galápagos, Ecuador. Universidad Carlos III de Madrid.
- Ronald, G., & Chumbi, R. (2016). Modelamiento de la demanda de energía con EViews.
- Salao Bravo, M. (2015). Plan de Trabajo Anual 2015.
- Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, 1 (2015).
- Vélez Vega, V., Cedeño Gómez, M., & Almeida Chingal, O. (2016). Energía Verde para Galápagos - Inagotable, Limpia y Segura.
- Victor, V. (2016). Informe de Centrales y Proyectos. In Elecgalapagos S.A.
- Yingli Solar. (2014). Parques solares Salinas y Tren salinas.

Referencias de imágenes de capítulos

Capítulo 1

Fotografía: Cuenca. Telmo. Título: Monumento Conmemorativo al inicio de operaciones de Luz Eléctrica erigido por el Municipio de Loja. Lugar: Ciudad de Loja. Imagen tomada de: Jaramillo, Jorge (2010). Loja, pionera de la generación de energía eléctrica en el Ecuador.

Capítulo 2

Fotografía: Archivo personal

Capítulo 3

Fotografía: Anónimo. Título: Transporte Marítimo “Catamarán”. Lugar: Islas Galápagos. Imagen tomada de: islasgalapagos.org. Disponible: <http://islasgalapagos.org/galapagos/islas-galapagos-tiene-el-primer-transporte-maritimo-electrico-solar-catamaran/> (Consulta: 2022, marzo 15).

Capítulo 4

Fotografía: Archivo personal

Capítulo 5

Fotografía: Archivo personal

Capítulo 6

Fotografía: Archivo personal



AUTOR

LUIS HERNÁN ÁLVAREZ JÁTIVA

Ingeniero en Mecatrónica
Magíster en Energías Renovables en Sistemas Eléctricos
Docente de la Carrera de Ingeniería en Energías Renovables
Universidad Técnica del Norte

Email: lhalvarezj@utn.edu.ec



ISBN: 978-9942-845-23-8

