

DOCUMENTO DE DISCUSIÓN N° IDB-DP-01078

Transición energética en Galápagos 2050: evolución energética

José Ramón Gómez

Kenol Thys

María Julia Molina

Marcela Vega

Sisi Larrea

Andrés Pesca

Patricio Pesántez

Renato Cespedes

Darío Mayorga

Renato Oña Pólit

Banco Interamericano de Desarrollo
División de Energía

Diciembre 2024



Transición energética en Galápagos 2050: evolución energética

José Ramón Gómez

Kenol Thys

María Julia Molina

Marcela Vega

Sisi Larrea

Andrés Pesca

Patricio Pesántez

Renato Céspedes

Darío Mayorga

Renato Oña Pólit

Banco Interamericano de Desarrollo
División de Energía

Diciembre 2024



<http://www.iadb.org>

Copyright © 2024 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Transición energética en Galápagos 2050: evolución energética



Autores:

José Ramón Gómez

Kenol Thys

María Julia Molina

Marcela Vega

Sisi Larrea

Andrés Pesca

Patricio Pesántez

Renato Cespedes

Darío Mayorga

Renato Oña Pólit

Editora: Laura Cañón Paredes

Diciembre 2024

Contenido

I.	Resumen ejecutivo.....	1
II.	Introducción	2
III.	Estructura del Plan de Transición Energética	4
	i. Estrategia para transformar la matriz de generación eléctrica	5
	ii. Acciones para la optimización del uso final de energía	8
	iii. Estrategia para transformar la infraestructura eléctrica de las Islas, así como las apuestas en términos de digitalización y automatización para convertirlas en islas inteligentes	11
	iv. Participación de la ciudadanía con enfoque de género	15
	v. Oportunidades que se abren con la reducción de gases de efecto invernadero en los mercados de carbono	17
IV.	Recomendaciones de política pública.....	17
V.	Hoja de ruta y metas del Plan de Transición Energética de las islas Galápagos	20
VI.	Conclusiones	21
	Referencias.....	25

Figuras

Figura 1. Vista a nivel de sistema del proyecto de Conolophus para Santa Cruz y Baltra.....	6
Figura 2. Diseño esquemático y constructivo para que la isla Floreana alcance el 100 % de renovable	7
Figura 3. Balance entre oferta y demanda en el horizonte de 2030	12
Figura 4. Sistema de Comunicaciones de Refuerzo de las Galápagos	13
Figura 5. Esquema Conceptual de la Arquitectura del Sistema de Control	15
Figura 6. Emisiones Evitadas de CO ₂	17
Figura 7. Hoja de Ruta del Plan de Transición Energética.....	21

Agradecimientos

Este trabajo es parte de la agenda de conocimiento desarrollada por la División de Energía del Banco Interamericano de Desarrollo, la cual tiene por objetivo desarrollar conocimiento de vanguardia y programas de asistencia técnica para los países de América Latina y el Caribe. Los productos de conocimiento generados tienen la intención de informar, guiar y ofrecer un menú de recomendaciones a los hacedores de políticas y participantes en los mercados energéticos, incluidos los consumidores, las empresas de servicios públicos y los reguladores.

El informe fue elaborado bajo la dirección general de Marcelino Madrigal (Jefe de la División de Energía). El líder del equipo de trabajo es José Ramón Gómez. Los principales autores del informe son José Ramón Gómez, Kenol Thys, María Julia Molina, Marcela Vega, Sisi Larrea, Andrés Pesca, Patricio Pesántez, Renato Cespedes, Darío Mayorga, Renato Oña, y Laura Cañón quien apoyo la edición del Documento. El equipo agradece a Lenin H. Balza y a Wladimir Zanoni por sus comentarios y revisión.

El equipo agradece el apoyo financiero de la cooperación técnica “EC-T1478” (Apoyo a la Transición Energética en Ecuador).

I. Resumen ejecutivo

Esta nota técnica tiene el objetivo de presentar los principales aspectos contenidos en el Plan de Transición Energética de las Islas Galápagos – Evolución energética, elaborado por el Ministerio de Energía y Minas de Ecuador con el apoyo técnico del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), cuya principal apuesta es la reducción significativa del consumo de los combustibles fósiles para generación eléctrica en el corto (2026) y mediano plazo (2030); y lograr un consumo cero en el largo plazo (2050). Dichas metas se erigen como una oportunidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); disminuir el impacto fiscal de los subsidios, en particular a los combustibles líquidos y la energía eléctrica; empoderar a los usuarios de las Islas para lidera el proceso de transición energética; trabajar por lograr una mayor participación de la mujer en el sector eléctrico de las islas; y, asegurar la sostenibilidad en el largo plazo de este museo y laboratorio viviente de la evolución, como lo ha denominado la UNESCO.

Cinco ejes fundamentales viabilizarán el plan de transición energética:

1. Diversificación de la matriz de generación eléctrica con fuentes renovables y almacenamiento.
2. Optimización de la gestión eficiente del uso de energía.
3. Transformación de la infraestructura eléctrica de las Islas, así como las apuestas en términos de digitalización y automatización para convertirlas en islas inteligentes.
4. Participación de la ciudadanía con enfoque de género.
5. Aprovechamiento de los mercados de carbono para la financiación de programas en comunidades, ecosistemas y naturaleza.

Como parte de este Plan, se proyecta que la matriz de generación eléctrica de Santa Cruz – Baltra, San Cristóbal, Isabela y Floreana tendrá una expansión de 31,96 MW de capacidad fotovoltaica y 8,75 MW de turbinas eólicas, lo cual permitirá en 2030 atender la demanda de las dos primeras islas en un 85% a partir de fuentes renovables y las siguientes dos islas en un 100%. Así mismo, se prevé el ahorro de 13.169 MWh-año con las medidas activas de optimización de la demanda, tales como la sustitución de aires acondicionados, refrigeradores, y luminarias de alumbrado público ineficientes, la incorporación de colectores solares para el calentamiento de agua y la gestión energética en edificaciones del sector público. Adicionalmente, la transformación de la infraestructura, su digitalización y automatización, sentará las bases para consolidar un sistema energético inteligente en las islas. Esto será posible a través de un trabajo mancomunado, en el cual las comunidades habitantes de las islas se apropien del plan, y las entidades gubernamentales de Ecuador y de las Islas Galápagos se comprometan a impulsarlo.

La implementación de los proyectos presentados en el Plan de Transición Energética de las Islas Galápagos – Evolución energética, requiere una inversión estimada de \$ 147.000.000 dólares estadounidenses, y tiene el potencial de reducir 122.915 Toneladas de CO₂ en el periodo comprendido entre 2025 y 2030, lo que podría permitir de obtener recursos de financiación a partir de certificados de reducción carbono en los mercados voluntarios de carbono.

II. Introducción

El “Plan de Transición Energética de las Islas Galápagos: Evolución Energética”, fue elaborado por el Ministerio de Energía y Minas de Ecuador con el apoyo técnico del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), y contiene los lineamientos estratégicos de política pública para transformar las fuentes y usos de los recursos energéticos en el Archipiélago de las Islas Galápagos, a través de una hoja de ruta que promueva proyectos para el desarrollo sustentable y sostenible de las islas (Ministerio de Energía y Minas, 2023).

La elaboración de dicho plan fue posible gracias a la articulación de instituciones provinciales y nacionales, que incluye entre otros, el Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos (CGREG), ELECGALAPAGOS, la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR), el Operador Nacional de Electricidad (CENACE) y la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC-EP).

El reconocimiento del Parque Nacional Galápagos como Patrimonio Natural de la Humanidad en 1978 por el Comité de Patrimonios de la UNESCO y en 1985 como Reserva de la Biosfera es la confirmación de la relevancia histórica de las islas y de la importancia para la comunidad internacional, como museo y laboratorio viviente de la evolución, único en el mundo. Este distintivo pone en relevancia la implementación de acciones para la protección de su entorno natural, a través de la mitigación del cambio climático, promoviendo el desarrollo sostenible del archipiélago, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), y promoviendo el uso de energías renovables, la gestión de la demanda y la eficiencia energética.

En la actualidad la energía en las islas Galápagos depende mayoritariamente de los combustibles fósiles. En 2018 el consumo total de diésel fue de 11.613.341 galones, el 68,39% de este consumo corresponde al sector transporte, categoría dentro de la cual destacan la actividad naviera (57,7%) y el subsector automotriz (11,2%). Por otro lado, la generación eléctrica consumió el 30,68% del total (Fundación Bariloche, 2020).

Referente a la demanda de energía eléctrica, a diciembre de 2022, ELECGALAPAGOS servía a aproximadamente 14.022 clientes residenciales y comerciales en las islas Santa Cruz-Baltra, San Cristóbal, Floreana e Isabela, donde el 99,84% de la población tiene acceso al servicio. El consumo energético en 2022 ascendió a 52.840 MWh, el 57% de la energía consumida se dio en la Isla de Santa Cruz, seguido de San Cristóbal que consumió el 34%, Isabela el 9% y Floreana el 0,44%. Concerniente al consumo por usos finales, más del 50% del consumo de energía eléctrica en el sector residencial y comercial está concentrado en el uso de aires acondicionados y refrigeración (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2022).

En cuanto a la oferta de energía eléctrica, la provincia de las Galápagos cuenta con 15 centrales de generación, 11 a partir de fuentes renovables, de las cuales 9 son de tipo solar y 2 son eólica, y 4

centrales térmicas que generan a partir de combustibles fósiles. El total de potencia nominal instalada de 32,55 MW y la potencia efectiva de 29,40 MW. La matriz de generación de energía eléctrica en el Archipiélago está conformada por un 75% en generación con diésel, 14% eólica y el restante 11% por solar fotovoltaica.

Los recursos de generación se complementan principalmente con baterías que operan como carga o como suministrador de energía, según se programe su carga o descarga de energía como parte de la implementación del plan de transición. La descarga normalmente ocurre para compensar la disminución del aporte de energía solar al final del día o para compensar la variabilidad de la generación con energías renovables, y para prestar servicios de balance entre la generación y la demanda.

La red eléctrica de cada isla es independiente debido a que no es económicamente viable la interconexión, con excepción de la interconexión ya en funcionamiento entre Santa Cruz y Baltra. Por esta razón, se requiere que cada isla disponga de una red eléctrica que pueda garantizar que el sistema eléctrico propio opere en condiciones seguras garantizando la continuidad y calidad del servicio prestado a los usuarios finales.

Con este fin, se busca que cada sistema eléctrico sea robusto y resiliente ante fallas normales que pueden ocurrir como resultado de salidas no programadas de generación, descargas atmosféricas, salidas de cargas, etc., y que también permita realizar las maniobras necesarias, por ejemplo, para el mantenimiento programado de sus componentes, para la expansión de las redes de distribución, entre otras.

La calidad del servicio eléctrico, en cuanto a la continuidad, no cumple con los límites de indicadores estipulados en la regulación del Ecuador, en particular con respecto a la duración y frecuencia de interrupciones del suministro. Para atender esta condición, se requieren estudios técnicos complementario que permitan determinar las mejoras de infraestructura y regulatorias necesarias en el territorio para mejorar la confiabilidad del sistema.

El objetivo de este documento es identificar los principales retos y aspectos abordados por el Plan de Transición Energética de las Islas Galápagos¹ con miras a reducir el uso de combustibles fósiles para llegar al consumo cero en 2050. Esto se realiza a partir de la presentación de las medidas, estrategias y lineamientos establecidos en este Plan, con el fin de que este caso pueda servir de guía para los procesos de transición energética desarrollados en la región, y especialmente en zonas aisladas o insulares, en las cuales no sea viable tener interconexión con sistemas eléctricos nacionales, lo cual las dota de características particulares.

El documento se estructura mediante la presentación de los ejes fundamentales del Plan de

¹ El documento presenta un resumen del Plan de Transición Energética de Galápagos a 2050. Las estimaciones de inversión, así como de emisiones evitadas y reducción del consumo de energía, parten de los trabajos desarrollados por los consultores, autores de esta Nota Técnica en el marco de la construcción del mencionado Plan. El Plan de Transición Energética de las Islas Galápagos – Evolución energética (Ministerio de Energía y Minas, 2023).

Transición Energética: i) Estrategia para transformar la matriz de generación eléctrica, en donde se muestra el plan de generación y almacenamiento optimizado que combina la expansión de capacidad a partir de fuentes de energía renovable no convencionales; ii) Acciones para la optimización del uso final de energía, entre las que se encuentran medidas activas, correspondientes a la sustitución y/o incorporación de equipos eficientes; medidas pasivas que se pueden implementar en las edificaciones; y, medidas orientadas a la gestión de la demanda; iii) Estrategias para transformar la infraestructura eléctrica de las Islas, enfocadas en la digitalización y automatización de la infraestructura eléctrica; iv) Participación de la ciudadanía con enfoque de género, resaltando la importancia de un plan de comunicación y divulgación con enfoque de género; y v) Oportunidades que se abren con la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) en los mercados de carbono, en donde se presentan las emisiones evitadas derivadas de la implementación de las medidas propuestas. Por último, se presentan las (iv) recomendaciones de política pública complementarias para la implementación del Plan de Transición Energética, en pro de asegurar la sostenibilidad de este en el largo plazo, (v) la hoja de ruta propuesta para la implementación del Plan de Transición Energética de las islas Galápagos, y (vi) las conclusiones del análisis.

III. Estructura del Plan de Transición Energética

El Plan de Transición Energética denominado Evolución Energética es una oportunidad para los habitantes de las Islas Galápagos y para el Gobierno de Ecuador de reducir las emisiones de GEI, disminuir el impacto fiscal de los subsidios a los combustibles líquidos y a la energía eléctrica, empoderar a los usuarios en el liderazgo del proceso de transición, buscar una mayor participación de la mujer en el sector eléctrico de las islas y, asegurar la sostenibilidad en el largo plazo de este museo y laboratorio viviente de la evolución, como lo ha denominado la UNESCO.

El plan de transición energética busca reducir significativamente el uso de combustibles fósiles en el corto (2026) y mediano plazo (2030), y llegar al consumo cero en el largo plazo (2050) mediante la implementación de las siguientes líneas de acción estratégicas:

1. Incorporación de fuentes de energía renovable no convencionales - ERNC, el desarrollo de un programa de eficiencia energética y gestión de la demanda, y sistemas de almacenamiento de energía que aseguren la atención de la demanda en un 85% a partir de fuentes limpias en el 2030.
2. Desarrollo e implementación de un plan integral del transporte público que reduzca la demanda de gasolina y diésel en el sector automotriz con la inclusión de una flota de buses y movilidad eléctrica que sirva a los habitantes de las islas de Santa Cruz – Baltra y San Cristóbal; la introducción de instrumentos que permitan la micro movilidad de manera más sostenible; y generar los incentivos adecuados para realizar la sustitución del servicio público de taxis hacia vehículos eléctricos, así como la promoción de herramientas tecnológicas para minimizar los recorridos y con ello el consumo de combustible.
3. Evaluar el desarrollo e implementación de un plan integral de transporte marítimo, que en una primera etapa genere incentivos para hacer más eficiente el uso de diésel, y en una

segunda etapa, si la tecnología lo permite, sustituir las embarcaciones utilizando nuevos vectores energéticos.

La evolución energética en las Islas Galápagos se debe realizar de la mano de sus habitantes, tanto residentes como visitantes. La materialización de la visión sostenible del Archipiélago sólo es posible si cada habitante siente el plan como parte de sus derechos y responsabilidades.

El plan de Evolución Energética busca que el conocimiento y las decisiones que se plantean sean comunicadas e incorporadas en las actividades diarias de los habitantes, de tal manera que la implementación de soluciones tecnológicas y cambios de comportamiento en el uso de la energía se incorporen en la cultura y esta sea promovida a la población flotante que visita las islas.

A continuación, se presentan los ejes fundamentales del plan de transición energética:

i. Estrategia para transformar la matriz de generación eléctrica

Para cada isla se estructuró un plan de generación y almacenamiento optimizado, que combina: la expansión de capacidad a partir de fuentes de energía renovable no convencionales (ERNC), sistemas de almacenamiento de energía e inversores de red, que permiten asegurar que la demanda sea cubierta en al menos 85%, a partir de fuentes renovables de energía en el año 2030.

La evolución de la matriz energética de Santa Cruz – Baltra, San Cristóbal, Isabela y Floreana contempla una expansión de 31,96 MW de capacidad fotovoltaica y 8,75 MW de turbinas eólicas. El 46% del total de la capacidad fotovoltaica, corresponde al proyecto Conolophus, que ha sido declarado como de utilidad pública. A partir de la incorporación de este proyecto en la matriz eléctrica de San Cruz- Baltra, la expansión de su capacidad entre 2023 y 2030 será de 19,1 MW de tipo fotovoltaica y 4,75 MW de tipo eólica, considerando la entrada en operación de Conolophus. Para San Cristóbal se prevé una expansión de 8,5 MW de capacidad fotovoltaica y 1,6 MW eólica; para Isabela 4,1 MW de capacidad fotovoltaica y para Floreana 0,236 MW de capacidad fotovoltaica. Las inversiones necesarias para asegurar la transición de la matriz de generación eléctrica en las cuatro islas ascienden a USD \$81.298.715, sin incluir la inversión del sistema Conolophus.

Con el cambio en el portafolio de generación y la implementación de infraestructura soportada en recursos basados en inversores electrónicos (IBRs, por su nombre en inglés) que aproveche el potencial de las fuentes ERNC, se espera que a 2025 la atención de la demanda se realice a partir de energías renovables en un 67% en Santa Cruz – Baltra, un 44% en San Cristóbal, y un 100% en Isabela y Floreana, principalmente en horas con luz solar.

El cambio en la matriz de generación eléctrica tiene dos impactos positivos:

- Una reducción en el consumo de diésel para la generación eléctrica, que para el año 2025 sería de aproximadamente 1,7 millones de galones, equivalente a una reducción del 44% y para 2030 de alrededor de 2,8 millones de galones, equivalente a una reducción del 72%. Esta reducción en el consumo de diésel implica una reducción en las emisiones de GEI de 17,168 TonCO₂/año en

2025 y de 28,264 TonCO₂/año en 2030.

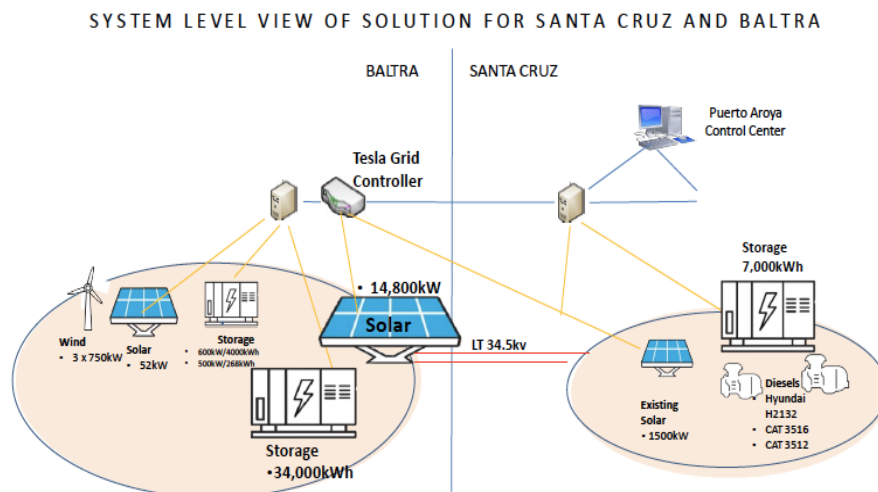
- Ahorros por la reducción en los subsidios al diésel para generación eléctrica por parte del Estado Ecuatoriano, equivalente a USD \$ 5 millones en 2015 y a USD \$ 8 millones en 2030. Estos recursos podrían ser orientados a otras prioridades, como el gasto social.

Los proyectos específicos mediante los cuales se pretenden lograr los objetivos planteados se detallan a continuación:

1. Proyecto Conolophus

“Conolophus” se trata de una Microrred que incluirá una central fotovoltaica de 14,8 MW de potencia, y 40,88 MWh de almacenamiento, una línea de transmisión de 44km, dos subestaciones, y los sistemas de control para los nuevos generadores y baterías, y para todo lo antiguo. El proyecto se desarrollará al suroccidente de la isla Baltra y la energía generada será entregada al sistema de subtransmisión que conecta las islas de Baltra y Santa Cruz.

Figura 1. Vista a nivel de sistema del proyecto de Conolophus para Santa Cruz y Baltra



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2023).

El proyecto cuenta con empresas líderes en su área, como: TESLA, JINKO SOLAR, HUAWEI, y TOTAL EREN. El Gobierno de Ecuador a través del Ministerio de Energía y Minas llevó cabo un proceso público de selección. El precio de adjudicación fue USD 0,45/kWh energizado, que será el valor de referencia de los contratos regulados de compraventa de energía con las empresas distribuidoras del continente.

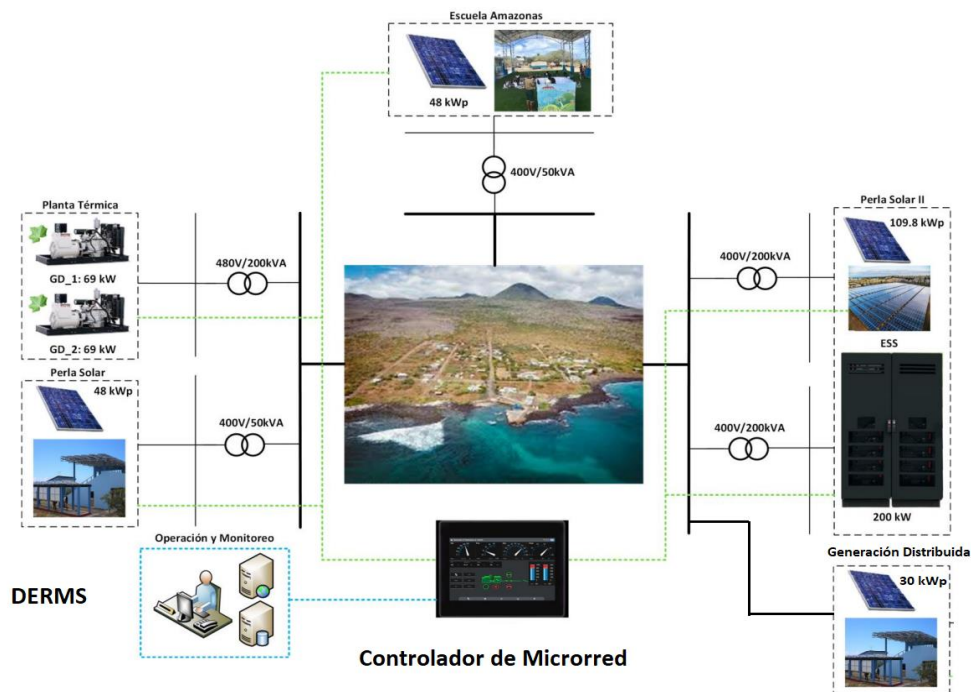
2. Proyecto Isla Floreana 100% Renewable

El Plan de Transición propone que la Isla Floreana sea la primera con servicio eléctrico con 100% energía renovable. El consumo de energía total de la isla en 2022 fue de 335 MWh, lo que requirió

un consumo de 31.192 galones de diésel, mientras que el sistema fotovoltaico Perla Solar generó 23.000 kWh, que representan aproximadamente 7% del consumo total de la isla.

Para el período 2022-2026, se planea cambiar la matriz energética de Floreana para alcanzar un 100 % de ERNC, para lo cual se requiere implementar un equipamiento de generación fotovoltaica y almacenamiento, que incluye: módulos fotovoltaicos, inversores, baterías, controlador de microrred, sistema DERMS, comunicaciones, infraestructura eléctrica, obra civil, manos de obra, entre otras actividades. El presupuesto referencial para lograr el 100 % de energía renovable en Floreana es de aproximadamente cuatro millones de dólares (USD \$4.000.000).

Figura 2. Diseño esquemático y constructivo para que la isla Floreana alcance el 100 % de renovable



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2023).

3. Generación distribuida

En el plan de expansión de se incluyen aproximadamente 6,56 MW de generación distribuida y alrededor de 7,1 MWh de capacidad en sistemas de almacenamiento de energía distribuidos, así como la generación requerida para dar solución al acceso al agua potable y programas de autogeneración en edificaciones públicas. La inversión estimada para el programa de generación distribuida es de USD \$7.917.409.

Dentro de la estrategia, se promoverá la implementación de sistemas solares fotovoltaicos en las edificaciones de entidades del sector público, para aportar a la descarbonización de la matriz eléctrica, reducir la generación térmica, optimizar el gasto energético y el subsidio asociado a la generación con combustibles fósiles en el archipiélago, de forma que sean promotoras de la

incorporación de las energías renovables. Contemplando que el 80% del 1 MW instalado para generación distribuida corresponda a techos solares en edificaciones del sector público, se podría evitar el consumo de 1.168 MWh/año, equivalente a aproximadamente 1.051 TonCO₂/año.

4. Almacenamiento de energía eléctrica

Para asegurar que la demanda de electricidad sea atendida en un 85% a través de recursos de generación renovable, se incluyó en el Plan de Transición la implementación de sistemas de almacenamiento de energía eléctrica. Para el año 2025 se incorporará en total aproximadamente 58,14 MWh, y para 2030 se proponen 39,32 MWh en Santa Cruz- Baltra, San Cristóbal, Isabela y Floreana.

ii. Acciones para la optimización del uso final de energía

Para la optimización del uso final de la energía eléctrica se establecen medidas desde tres enfoques:

- Medidas activas, correspondientes a la sustitución y/o incorporación de equipos eficientes;
- Medidas pasivas que se pueden implementar en las edificaciones;
- Medidas orientadas a la gestión de la demanda.

La implementación de las medidas que serán descritas a continuación requiere de una inversión total de USD \$ 19.975.835, y se espera que gracias a la implementación de las medidas activas se evite la generación de 7.280 tCO₂/año.

1. Medidas activas de optimización

Las medidas activas para la optimización de los usos finales de la energía en el archipiélago de las Galápagos se centran en 5 acciones concretas que se describen a continuación:

- 1) Sustitución de equipos de aire acondicionado: el uso de aire acondicionado en el sector residencial y comercial, dado el clima en la zona, genera un alto consumo de energía eléctrica. Por lo tanto, se propone sustituir 7.200 equipos por otros más eficientes energéticamente, los cuales cuenten con tecnología IOT (*internet of things*) como un mecanismo para gestionar la demanda de energía. En el período 2023 - 2025 se espera sustituir 694 equipos en Isabela, 2.016 en San Cristóbal, 4.320 en Santa Cruz y 170 en Floreana, sustituyendo cerca del 72% del total de aires acondicionados en el archipiélago, lo cual permitirá generar ahorros en el consumo de energía de 7.199.712 kWh/año.
- 2) Sustitución de refrigeradores y congeladores: Con el programa para la renovación de equipos de consumo ineficiente en el Ecuador, el Ministerio de Energía y Minas (MEM) ha impulsado estrategias de eficiencia energética, con este programa se sustituyeron entre 2012 y 2016 aproximadamente 1.109 refrigeradores en el archipiélago de Galápagos. En este sentido, se propone continuar con la sustitución de refrigeradores por otros de mayor eficiencia energética, reemplazando en total 13.204 equipos de refrigeración en el sector residencial y

comercial (1.408 en Isabela, 3.958 en San Cristóbal, 7.746 en Santa Cruz y 92 en Floreana), con una inversión requerida de USD \$4.185.668, lo cual llevará a un ahorro de 1.588.473 kWh/año en el consumo de energía en el archipiélago, ahorros económicos anuales para el Estado de aproximadamente USD \$540.000, y la reducción de emisiones de 1.223 TonCO₂ al año.

- 3) Implementación de cocción eléctrica eficiente “Clean cooking”: El gobierno ecuatoriano estableció en 2014 el programa PEC, con el cual buscaba sustituir 3 millones de cocinas de GLP por cocinas de inducción para reducir el subsidio otorgado al GLP. Las cocinas de inducción eléctrica tienen una mayor eficiencia energética; sin embargo, la inversión inicial es mayor que para las cocinas con vitrocerámicas y de gas. En ese sentido, el programa “*Clean Cooking*” tiene el objetivo de sustituir cocinas de GLP por tecnologías eléctricas de cocción, como cocinas de inducción, ollas multifuncionales eléctricas y ollas con aire caliente (*airfryer*) eléctricas, como mecanismo de mitigación de consumo energético y emisiones de GEI en las Islas Galápagos. Con una inversión de USD \$ 4.615.000, se considera sustituir del 70% de las cocinas de GLP al 2030 y el 30% restante al 2040, para un total de aproximadamente 13.000 cocinas de GLP sustituidas por cocinas con tecnología eléctrica.
- 4) Calentamiento de agua sanitaria eficiente: el calentamiento de agua a partir de calefones eléctricos es uno de los medios menos eficientes, por lo cual se propone instalar sistemas de energía solar térmica entre los años 2025 y 2030 como una de las principales estrategias para disminuir el consumo de energía y las emisiones de GEI. La sustitución de calefones a gas y calefones eléctricos por colectores solares para el calentamiento de agua sanitaria requiere una inversión de USD \$915.600, e incluye la implementación de colectores solares que permitan sustituir 780 calentadores eléctricos de agua sanitaria generando ahorros en el consumo de energía de 41.015 kWh/año y ahorros económicos anuales para el estado de USD \$13.945.
- 5) Sustitución de iluminación pública: el alumbrado público requiere un consumo constante de energía en la noche, por lo cual una estrategia para reducir el consumo de energía es implementar y continuar con programas de renovación y sustitución de luminarias por lámparas más eficientes para el 2023 -2024. La estrategia consiste en la sustitución de 5.900 unidades de luminarias por iluminación tipo LED, con una inversión de USD \$1.475.000, los cual generará una reducción en el consumo de energía de 625.438 kWh/año en el archipiélago y ahorros para el estado anuales de USD \$212.649.

2. Medidas pasivas de optimización

- 1) Medidas de construcción sostenible en las edificaciones: promover en el corto plazo (2023-2025) la expedición de una Guía de construcción sostenible, que esté alineada con las medidas adoptadas por el gobierno ecuatoriano, adaptada específicamente a las características climáticas y ambientales del archipiélago de las islas Galápagos. Esta guía

considerará los diseños, materiales y medidas de eficiencia que mejor se adaptan a las condiciones de la zona en todo el año. A partir de la información disponible (BID, 2021 y Tecnalía, 2018), el ahorro de energía eléctrica anual sería de aproximadamente 20,1 MWh anuales que representan una reducción aproximada de emisiones de 18,1 TonCO₂/año.

- 2) Medidas en el sector turismo: se propone establecer un estándar de sostenibilidad que abarque: gestión sostenible, impactos socioeconómicos, impactos culturales, e impactos ambientales (incluido el consumo de recursos, la reducción de la contaminación y la conservación de la biodiversidad y los paisajes). Para la implementación de dicho estándar, se hace necesario que las organizaciones con enfoque turístico diseñen e implementen una Estrategia de Sostenibilidad en el corto plazo (2023-2025), con la cual se replantea el negocio de forma integral en clave sostenible, incluyendo tanto buenas prácticas, como medidas activas que pueden llevar a modificaciones en la infraestructura.

3. Otras medidas relacionadas

Como actividad previa a la implementación de la estrategia de gestión de la demanda se propone actualizar en el corto plazo (2023 – 2025) la línea base de los consumos energéticos del Archipiélago. Esta actualización partiría de los 14.022 usuarios con acceso a electricidad, identificando los consumos finales de energía de cada sector, para verificar los impactos de las medidas a ser implementadas. Se considera una inversión de USD \$200.000 para la construcción de la línea base.

Otras medidas propuestas, Son:

- a. Medidas de gestión de la demanda: establecer una tarifa horaria en los sectores residencial y comercial, con la cual se incentive el consumo de energía en los horarios que actualmente tienen menor demanda pero que tendrían una mayor generación con energías renovables (hacia el mediodía), y se desincentiven los consumos en las horas con mayores picos de demanda. Asimismo, es posible avanzar en la demanda desconectable, iniciando por la identificación de los clientes especiales que son sujetos de tele gestión, cuyos consumos de energía se pueden programar en horarios en los cuales se aprovechen los excedentes de energía generada en las horas de mayor radiación solar.
- b. Actualización del Reglamento de Etiquetado Energético: actualizar el etiquetado de eficiencia energética en el país de acuerdo con la situación tecnológica actual, definir un estándar mínimo de eficiencia energética (MEPS) especial para el archipiélago de las Galápagos, para impedir el ingreso y la comercialización de electrodomésticos ineficientes en las islas.
- c. Arenera regulatoria: establecer una arenera regulatoria en el archipiélago de manera transversal a las demás medidas propuestas, para armonizar las estructuras socioeconómicas y las necesidades de inversión para la transición energética. Una arenera regulatoria es un

espacio de flexibilización de la norma existente, que puede servir como una alternativa favorable entre 2023 y 2030 para validar la propuesta de valor de nuevas tecnologías y modelos de negocio. Dado que la disponibilidad de generación de la energía eléctrica no es constante, pues depende de las fuentes de energías renovables, la regulación existente referente a las tarifas no se ajusta a la realidad del suministro de energía de las islas. Por lo tanto, la arenera regulatoria se enfocaría, en primera instancia, en la determinación de la tarifa conforme a la disponibilidad de generación, y en la implementación de programas de respuesta a la demanda, demanda desconectable y microrredes.

- d. Oportunidades en movilidad eléctrica: desarrollar un Plan Integral de Transporte Público que considere una flota de buses eléctricos en las islas con los mayores centros poblados, el desarrollo de estaciones de carga al servicio de la flota de buses, la optimización de los períodos de carga y descarga, y los requerimientos necesarios en cuanto al incremento de la generación de energía, reforzamiento de la red y demás características técnicas. El costo de la estructuración del plan sería de aproximadamente USD \$ 180.000 y sería desarrollado en el corto plazo para su posterior implementación. En cuanto a movilidad alternativa, se propone establecer sistemas de bicicletas compartidas en las islas de San Cristóbal y Santa Cruz, con bicicletas eléctricas y estaciones de préstamo y recarga que funcionen con energía solar fotovoltaica. La inversión inicial requerida para poner en funcionamiento los dos sistemas es de aproximadamente USD \$ 533.767, logrando una reducción en el consumo de aproximadamente 3.285 galones de gasolina al año, lo cual equivale a 32,9 TonCO₂.

iii. Estrategia para transformar la infraestructura eléctrica de las Islas, así como las apuestas en términos de digitalización y automatización para convertirlas en islas inteligentes

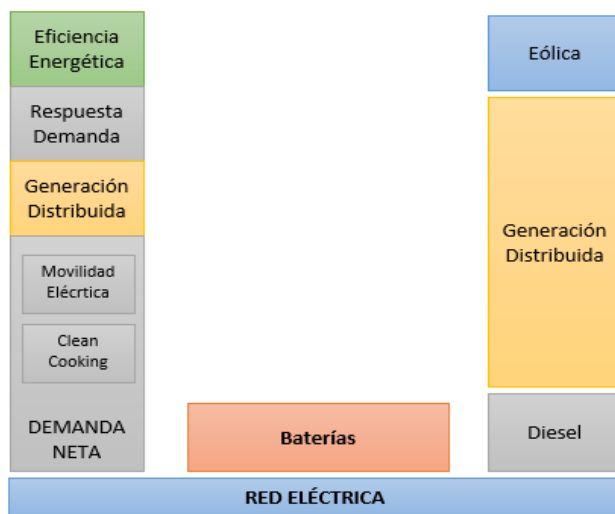
Como soporte del Plan de Transición se hace necesario fortalecer en el archipiélago la infraestructura que apalanque los otros componentes del Plan. Las inversiones requeridas para implementar el diseño de la infraestructura de red fundamental para soportar el Plan de Evolución Energética de las Galápagos alcanzan USD \$33.452.388, adicionalmente, los requerimientos de inversión para la implementación del plan de automatización alcanzan USD \$3.105.000. Las medidas que se hacen parte de la estrategia de digitalización, infraestructura y automatización de la infraestructura eléctrica se detallan a continuación:

1. Infraestructura eléctrica

Las medidas propuestas por el Plan al horizonte de 2030 generan un aumento de las exigencias a la red eléctrica con la entrada progresiva de nuevos elementos de la oferta y la demanda. Los recursos de generación se incrementan debido a la necesidad de aumentar la oferta energética, además de incorporar una cantidad apreciable de recursos renovables en su mayoría de tipo solar y eólico para lograr los objetivos de descarbonización. Estos recursos se complementan con un

aumento de la capacidad de las baterías, que pueden estar localizadas tanto como complemento de los parques solares o eólicos, o como complemento de la generación distribuida. En cuanto a la demanda, esta se reduce por las medidas de eficiencia energética propuestas, la respuesta a la demanda, y la generación distribuida, que también tiene impactos en la red de distribución.

Figura 3. Balance entre oferta y demanda en el horizonte de 2030



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2023).

Para fortalecer las redes eléctricas y subestaciones en cada isla se consideran las siguientes medidas:

- Refuerzo de Topología de las redes en Santa Cruz – Baltra y en San Cristóbal creando una subestación de maniobra a 13,8 kV conectada a la barra de la subestación actual por un circuito expreso (sin carga).
- Digitalización de las subestaciones actuales para modernizar los mecanismos de protección y control acordes a los IBRs s (Inverter Based Resource) que se incorporan al sistema eléctrico.
- Automatización de los circuitos de distribución por medio de reconectores adicionales que permitan aislar rápidamente segmentos menores de carga y realizar maniobras de aislamiento y reconexión de cargas en tiempos muy cortos.
- Determinación de la capacidad de alojamiento de generación distribuida (*hosting capacity*) para mantener la operación segura del sistema de distribución ante el impacto de los recursos distribuidos.
- Digitalización de las principales bahías en las subestaciones de Santa Cruz y San Cristóbal, en especial las que corresponden a los recursos de energía distribuida.

2. Medición avanzada (AMI)

Se contempla la implementación de infraestructura de medición avanzada (*Advanced Metering Infrastructure, AMI*, por sus siglas en inglés) como un elemento esencial para integrar el usuario en el uso eficiente de la energía y para su participación en servicios como respuesta a la demanda. Este sistema de medición, proporciona al usuario y a las empresas de distribución la información y los medios necesarios para implementar mecanismos como tarifas de tiempo de uso (Time of Use,

TOU) que pueden incentivar el desplazamiento y aplanamiento de la curva de carga, así como el soporte de mecanismos de desconexión y respuesta a la demanda. La implementación del AMI requiere el desarrollo de los siguientes elementos:

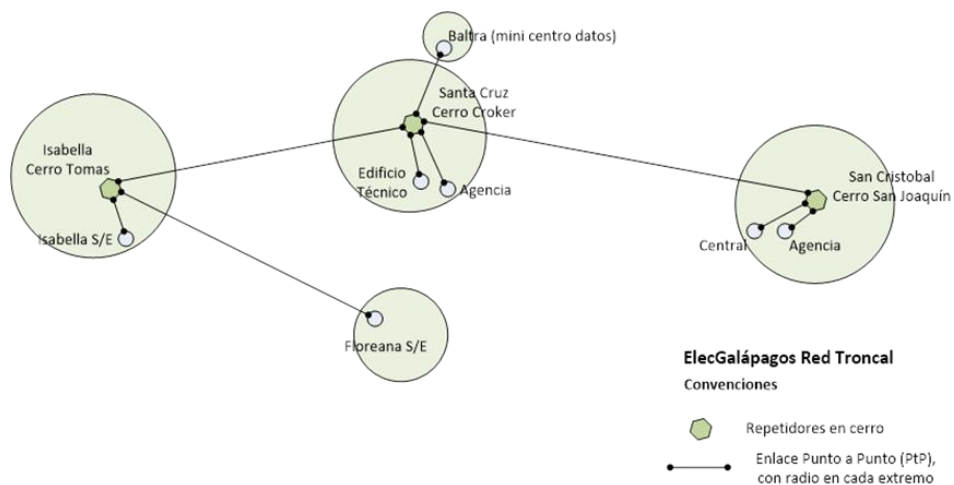
- Estandarización de las funcionalidades soportadas por el AMI y de los protocolos de comunicación.
- Definición de los medios de comunicación que soporten el AMI desde los medidores hasta el centro de recopilación de los datos.
- Implementación de los sistemas de recopilación y procesamiento de datos de AMI, en plataformas de gestión de datos de AMI (Head End System-HES, Meter Data Management-MDM).
- Desarrollo de las interfaces de AMI con los sistemas corporativos y operativos de la empresa distribuidora.

Se propone que el programa de implementación de AMI se lleve a cabo para las zonas que tengan los mayores consumos, de forma que se pueda monitorear por AMI, por ejemplo, un 75% de la demanda. Esto favorecería también el desarrollo de la generación distribuida al implementar mecanismos como el *Net Metering*.

3. Sistema de comunicaciones operativas

El refuerzo de las comunicaciones operativas entre las cuatro islas es requerido para contar con un funcionamiento confiable del sistema de control. Las comunicaciones permitirían enlazar los siguientes tipos de nodos: (i) centro de control principal en Santa Cruz; (ii) centrales térmicas; (iii) sitios con generación renovable y BESS; (iv) oficinas corporativas; y (v) sitios de automatización de distribución (reconectores). El sistema de comunicaciones de refuerzo requiere una disponibilidad de 99,99%, una estandarización de los equipos para un crecimiento flexible y uso de tecnologías robustas aplicables a las condiciones climatológicas imperantes en los sitios.

Figura 4. Sistema de Comunicaciones de Refuerzo de las Galápagos



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2023).

4. Plataforma computacional en nube (Cloud)

Para implementar el Plan Evolución Energética se requiere desarrollar una plataforma computacional que pueda soportar los sistemas informáticos que realicen las funciones no críticas de ELECGALAPAGOS, incluyendo la atención de usuarios con medición inteligente, la operación y mantenimiento de activos, la recopilación y registro histórico de datos (*big data*), aplicaciones de ingeniería, el análisis de datos con herramientas de inteligencia artificial y de *machine learning*.

Con la entrada en operación del cable submarino para telecomunicaciones proyectado para el 2023, se propone el uso de plataforma en nube (Cloud) como parte de la infraestructura de apoyo para la implementación del Plan de Transición. En caso de que no haya entrado en operación el cable submarino, se recomienda desarrollar una nube privada en las Galápagos, que podría cumplir todas las necesidades informáticas del archipiélago con el apoyo del gobierno local. Esta solución también requeriría reforzar las comunicaciones entre las islas en procura de fortalecer el enlace de comunicaciones entre ellas.

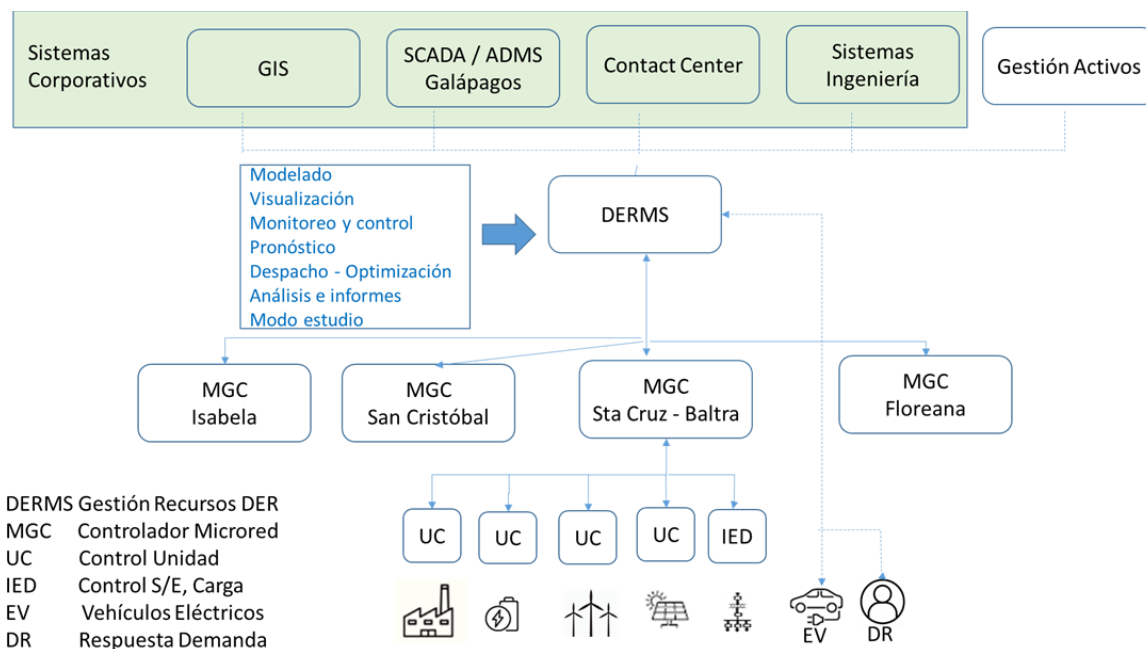
5. Sistemas de comunicaciones de ciudades inteligentes

Las ciudades inteligentes desarrollan soluciones transversales de comunicaciones que atiendan todos los usos derivados de implementación de infraestructura, como: medición inteligente, iluminación inteligente, control de estaciones de carga de movilidad eléctrica, etc. Desarrollar una comunicación de área amplia (WAN) en cada una de las islas del archipiélago aportaría a lograr la implementación del plan de transición energética. En este sentido, se propone que en cada una de las islas de las Galápagos converjan todos los servicios en una sola red de comunicaciones, y así disponer de servicios de comunicaciones entre los puntos de concentración de datos de AMI, de puntos de iluminación inteligentes, de comunicación con inversores de generación distribuida, etc., con los puntos de recolección de datos de ELECGALAPAGOS donde se procesen los mismos y se realicen las funciones de supervisión, monitoreo y control.

6. Automatización de la operación

La operación de los sistemas eléctricos con una alta componente de recursos renovables del tipo solar y eólico requiere mecanismos de automatización para el aprovechamiento óptimo de los recursos de generación tanto concentrados como distribuidos.

Figura 5. Esquema Conceptual de la Arquitectura del Sistema de Control



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2023).

El sistema de control debe mejorar la operación de los sistemas de las cuatro islas en los siguientes aspectos:

- Pronóstico de la generación y la carga de cada isla considerando las condiciones climatológicas de cada una, con diferentes horizontes de tiempo.
- Despacho centralizado optimizado para disminuir el uso de combustible diésel de cada isla considerando mantenimientos programados, generación renovable concentrada y recursos energéticos distribuidos.
- Coordinación de recursos tales como carga de vehículos eléctricos y respuesta a la demanda como parte de la gestión del Sistema de Gestión de Recursos Distribuidos (DERMS).
- Control local por un Controlador de *MicroGrid* (MGC) del seguimiento del despacho en cada isla automatizando las maniobras de arranque y parada de recursos (diésel, BESS, corte de renovable).

iv. Participación de la ciudadanía con enfoque de género

La comunicación y la participación ciudadana en el proceso del Plan de Transición Energética son claves para garantizar el éxito en su implementación y sostenibilidad, por lo cual es necesario contar con un plan de comunicación en cada fase. Para la comunicación con las comunidades es importante que los delegados del Ministerio y ELEGALAPAGOS definan la información que van a divulgar para que haya homogeneidad en el mensaje, tono y lenguaje inclusivo.

Se propone implementar el Plan de Comunicaciones para Galápagos haciendo uso de canales disponibles como los medios tradicionales de comunicación y las redes sociales, canales orientados a la comunidad y canales interpersonales, para determinar aspectos cognitivos, actitudinales y participativos de los consumidores frente a lo pertinente al Plan de Transición Energética y a la conservación de los recursos naturales y energéticos de las islas. El Plan de Transición será también un vehículo para generar iniciativas de formación técnica en energías renovables y eficiencia energética, y para la educación formal a través de alianzas con las instituciones universitarias de las Galápagos, así como posibilidades de investigación y desarrollo en lo referente a la transición energética del archipiélago.

Dentro de las acciones a implementar en el Plan de Comunicaciones para Galápagos se consideran:

- I) Entrenamiento, capacitación y certificación de mujeres en trabajos operativos y técnicos;
- II) Capacitación en temas de eficiencia energética y cuidado del ambiente;
- III) Participación en congresos y seminarios;
- IV) *Newsletter*;
- V) Artículos científicos y artículos de divulgación; entre otros.

Adicionalmente, es importante articular acciones de apoyo y comunicación conjuntas con fundaciones que ya están trabajando en temas de sostenibilidad ambiental del archipiélago (EPI/ECOS, WWF, Galápagos Conservancy, Charles Darwin, entre otras), así como con líderes comunitarios reconocidos y la dirección del Parque Nacional de las Galápagos.

En el aspecto de género, para fortalecer la participación de las mujeres en el sector eléctrico de Galápagos, se elaboraron de manera conjunta con ELEGALPAGOS un diagnóstico, una estrategia de género y un plan de acción con actividades y metas concretas para impulsar mediante el plan de transición. Estas acciones están dirigidas a atraer más mujeres al sector, facilitar el acceso a los recursos energéticos para todas las mujeres, la participación de más mujeres en puestos de liderazgo en las instituciones y la formación y entrenamiento técnico en los aspectos de las energías. Como parte de las acciones se propone crear un programa de prevención de violencias y acoso laboral y sexual, un programa de sensibilización en la igualdad de género y no discriminación para todo el personal de ELECGALAPAGOS, pasantías en ELECGALAPAGOS para jóvenes mujeres que estén cursando últimos años de carreras de energía, y un programa de comunicación y sensibilización en unidades educativas sobre el uso de la energía con mensajes con lenguaje no sexista y no discriminatorio, entre otras. A su vez, se ha incluido ofrecer capacitaciones en energías renovables y eficiencia energética a mujeres y jóvenes de las islas. Estos cursos y programas educativos serán acreditados y coordinados con instituciones técnicas y académicas existentes en Ecuador y en las islas.

ELECGALAPAGOS, adicionalmente, liderará un programa enfocado en mujeres jóvenes de las islas, en colaboración con organizaciones de mujeres locales. Este programa incluirá la formación de mujeres linieras, capacitación en habilidades ejecutivas y entrenamiento para trabajar en alturas. Estas iniciativas generan empleos para mujeres en el mantenimiento de aerogeneradores, en la

reparación de líneas de distribución y en otras áreas relacionadas con el sector eléctrico. También se promoverá el desarrollo de proyectos comunitarios para el empoderamiento económico, con prioridad para mujeres a través del acceso a la energía.

v. Oportunidades que se abren con la reducción de gases de efecto invernadero en los mercados de carbono

La implementación de las acciones incorporadas en el Plan de Transición Energética de las Islas Galápagos genera la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que de manera agregada suma 122.915,55 TonCO2 entre 2025 y 2030. La reducción de emisiones de GEI abre la oportunidad para obtener certificados de reducción de emisiones en estándares tipo Gold Standard por su impacto en áreas de importancia ambiental estratégica. Los recursos obtenidos pueden orientarse a la financiación de programas de adaptación basada en ecosistemas, adaptación basada en comunidades y soluciones basadas en la naturaleza dentro de las islas del archipiélago.

Figura 6. Emisiones Evitadas de CO₂

Emisiones Evitadas	Toneladas CO ₂ a 2030
Generación	96.936,00
Eficiencia Energética	7.280,07
Clean Cooking	4.670,40
Oportunidades en Movilidad: Bicicletas eléctricas	32,85
Automatización & Digitalización	13.996,23
Total	122.915,55

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2023).

IV. Recomendaciones de política pública

A continuación se presentan recomendaciones complementarias para la implementación del Plan de Transición Energética de las Islas Galápagos, con el fin de asegurar la sostenibilidad del plan en el largo plazo.

1. **Construcción de un modelo operativo y económico sostenible en el largo plazo:**

Se recomienda que se implementen las mejores prácticas internacionales en la gestión de activos, usando como guía lo definido por el Instituto de Gestión de Activos (IAM, n.d), para asegurar la sostenibilidad del Plan de Transición en el largo plazo; para lo cual se presupuesta un acompañamiento técnico con un valor de USD \$300.000.

2. **Marco regulatorio especial para las Islas Galápagos:**

Se deben establecer mecanismos de promoción e incentivos en materia energética que permitan la generación de conductas que tiendan hacia la transición energética, así mismo, se establece la implementación de tarifas diferenciadas preferenciales y condiciones de financiamiento preferentes para los proyectos de eficiencia energética en el sector comercial

y residencial del archipiélago. También se debe velar por el cumplimiento por parte de ELECGALAPAGOS de la Regulación Nro. ARCERNNR 004/20 correspondiente a la Resolución Nro. ARCERNNR-001/2023 para llevar a cabo la planificación operativa, el despacho y la operación del sistema eléctrico en las Galápagos.

Para cumplir con las disposiciones establecidas en la LOSPEE y su Reglamento General, también es necesario cumplir con las disposiciones regulatorias sobre el funcionamiento comercial y la gestión de las transacciones comerciales en el sector eléctrico (ARCERNNR 001/23). En este contexto se deben identificar los subsidios existentes y trabajar en acciones hacia su mejor focalización. También es esencial colaborar con las instituciones sectoriales del país, lideradas por el Ministerio de Energía y Minas, para avanzar en propuestas regulatorias complementarias para las islas de acuerdo con los desafíos y oportunidades planteados. El nuevo régimen regulatorio deberá abordar aspectos como: el código de red para ELECGALAPAGOS, incentivos para la participación de la demanda, la promoción de sistemas de micro generación y tecnologías que aseguren la implementación del Plan en el largo plazo. Para la implementación de este plan se incorpora un acompañamiento técnico cuyo presupuesto se estima en USD\$100.000.

3. Desarrollo del código de red en las Islas de las Galápagos:

Es importante complementar el desarrollo del código de red en las Galápagos con base en la regulación existente y la propuesta de nueva regulación. Se debe contemplar los códigos de conexión a la red para sistemas de energía con altas proporciones de energía renovable variable (VER), como se espera en las islas Galápagos. Por parte del ARCERNNR se deben establecer los códigos de conexión a la red que cumplan los requisitos técnicos para conectar los DER (Recursos de Energía Distribuida) y tecnologías habilitadoras como almacenamiento, vehículos eléctricos (VE) o de demanda flexible. El operador del sistema debe asegurarse de que el sistema sea tanto flexible (capaz de adaptarse a los frecuentes desequilibrios entre la oferta y la demanda) como estable y resiliente (capaz de recuperarse ante cualquier contingencia).

Considerando que en las islas Galápagos el objetivo es alcanzar cerca del 100% de las energías renovables a largo plazo (2050), es primordial el desarrollo de un código de red para brindar acceso a los avances técnicos y sus ventajas. Un código de red alineado también podría permitir que las islas accedan a los beneficios de la importante ventaja de costos de VER. Si se implementa con éxito, puede ser un recurso valioso para el desarrollo futuro de códigos de red insulares armonizados internacionalmente en áreas como las Islas del Pacífico y el Caribe.

4. Fortalecimiento institucional de la empresa eléctrica de las Islas Galápagos:

ELECGALAPAGOS tiene un rol fundamental en la implementación del Plan de Transición Energética del Archipiélago. Los retos alrededor del desarrollo de las tareas en eficiencia energética, fortalecimiento de la infraestructura eléctrica y digitalización y automatización de la operación de los cuatro sistemas exige nuevas capacidades y conocimiento, así como una

estructura corporativa robusta e integrada que asegure la implementación del plan. Adicionalmente, como líder institucional local de la prestación del servicio eléctrico requiere la organización de una plataforma de comunicaciones, usando medios como los virtuales y otros socioculturalmente apropiados en las islas, que eduque e informe las etapas de implementación del Plan de Transición Energética.

En este sentido, se recomienda que el Ministerio de Energía y Minas, CENACE y ELECGALAPAGOS trabajen en colaboración para crear una propuesta de reestructuración de la compañía. Dicha propuesta deberá basarse en un análisis que contemple las necesidades técnicas, institucionales, económicas y financieras asociadas con la transición energética, incluyendo el uso de energías limpias, el almacenamiento, la digitalización, y una mayor participación ciudadana con perspectiva de género. Para la ejecución de esta actividad se presupuestan recursos por USD \$ 300.000 para apoyar el acompañamiento técnico del proceso de fortalecimiento institucional.

5. Capacitación:

Se propone el desarrollo de una agenda de conocimiento, información y actualización de todos los actores involucrados en la gestión de la energía en las islas, para superar el obstáculo que puede tener el Plan en la capacidad de absorción de las personas y entidades directamente relacionados, así como de los usuarios de estos sistemas. En el marco de esta agenda, se deberá diseñar cursos de capacitación, presenciales y virtuales para el personal del Ministerio de Energía y Minas, ELECGALAPAGOS, las autoridades sectoriales nacionales en áreas relacionadas con la transición energética, sobre cada componente contenido en el plan. Para el público general se diseñarán e implementarán seminarios abiertos, donde podrán asistir las personas interesadas en este plan y la ejecución y evolución de sus componentes, dando énfasis especial a la participación de la mujer en el territorio. Para la implementación de este proyecto se estiman recursos por USD\$100.000.

6. Otras recomendaciones de política:

- Establecer políticas públicas que permitan promover la inversión privada y pública en el archipiélago en apoyo de la cooperación internacional y nacional. Esto podrá generar en las Galápagos el desarrollo de nuevas industrias y la expansión de las existentes, así como el fomento de la innovación y el desarrollo tecnológico con énfasis en la generación de empleo, en pro del consumo racional y eficiente de la energía. Es responsabilidad del Estado ecuatoriano incentivar la inversión privada y pública por medio de acciones concretas como el establecimiento de incentivos fiscales, la promoción de inversión en energías renovables que permitan contribuir a la sostenibilidad ambiental, y el establecimiento de alianzas público-privadas para la transición energética del archipiélago.

- Promover incentivos que fomenten la electrificación del uso final de energía, que hoy en día se realiza a partir de combustibles fósiles (transporte, procesos de calor, cocción). En el

transporte eléctrico, promover el establecimiento de tarifas diferenciadas preferenciales como incentivos que fomenten el uso de la movilidad eléctrica en Ecuador, en ese sentido, el Comité Nacional de Eficiencia Energética (CNEE) es el encargado de apoyar al gobierno de las Galápagos en el cumplimiento de dicha meta, de acuerdo con lo establecido en la Ley Orgánica de Eficiencia Energética (LOEE).

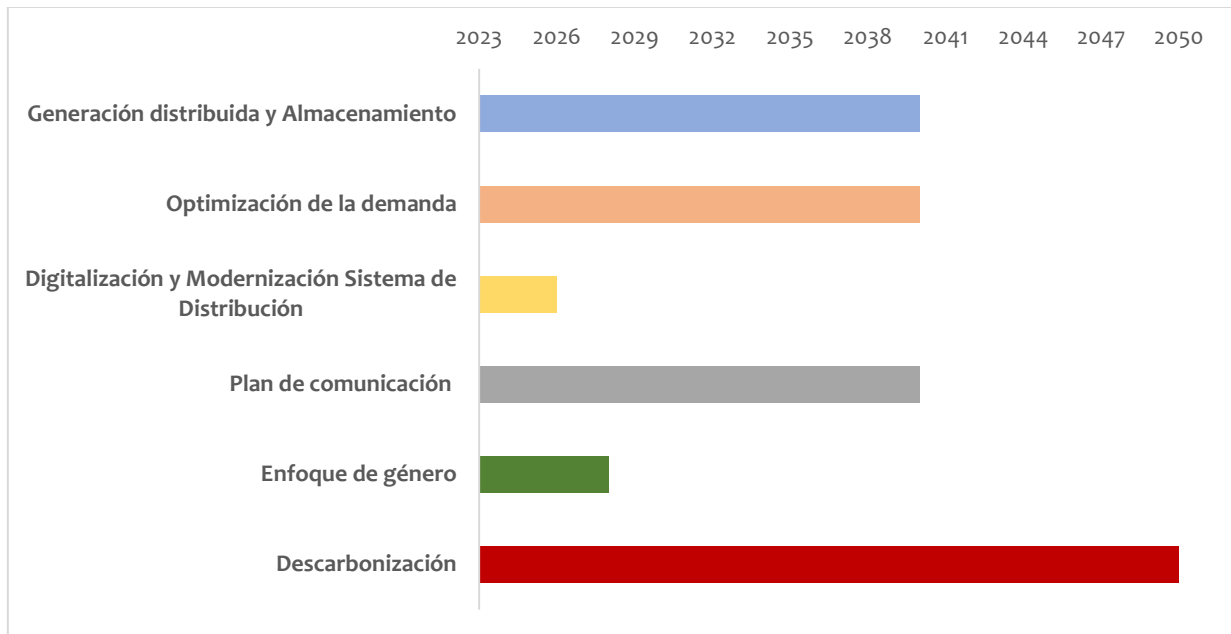
- Implementar a mediano plazo programas con base en hidrógeno verde en la producción de energía eléctrica, el transporte terrestre y marítimo y usos intensivos de la energía. Al ser producido a partir de energías renovables, el hidrógeno verde no emite GEI ni otros contaminantes durante su proceso de producción y uso, razón por la cual es una alternativa más sostenible para mitigar el uso de combustibles fósiles en las islas.
- Incentivar a mediano plazo la biomasa como fuente de energía para abordar los desafíos energéticos en los diferentes sectores, incluyendo la industria, la agricultura y el transporte.
- Fortalecer a mediano plazo la sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles para mejorar la eficiencia y la calidad de los biocombustibles, así como garantizar su disponibilidad en el largo plazo. En el contexto de las Galápagos, la sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles ha sido una experiencia positiva en términos de sostenibilidad ambiental y reducción de la huella de carbono, gracias a la planta de generación con biodiesel en Floreana, la cual utiliza aceite de piñón como materia prima.
- Implementar un proyecto de cocción eléctrica eficiente *Clean Cooking*, sustitución de refrigeración y optimización de sistemas de bombeo para la Isla de Floreana 100% renovable.

V. Hoja de ruta y metas del Plan de Transición Energética de las islas Galápagos

El Plan de Transición Energética en las Islas Galápagos, busca alcanzar la transición energética a partir de la diversificación de la matriz de generación de energía eléctrica, con la meta de que el 85% de la energía eléctrica consumida provenga de fuentes de energía renovables a 2030, y que esta participación llegue el 100% en 2050.

Considerando las medidas y estrategias planteadas en el documento, se presenta a continuación la Hoja de Ruta del Plan de Transición Energética, en la cual se pueden observar los plazos estimados para la implementación de las distintas áreas de acción que conforman el Plan, cuyo valor total de inversiones asciende a USD \$ 146.667.372 de diciembre de 2022.

Figura 7. Hoja de Ruta del Plan de Transición Energética



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2023).

Si bien las líneas de Acción del Plan de Transición Energética comprenden varios aspectos relacionados con el funcionamiento del sector en las islas Galápagos, algunos de los actores contemplados en la hoja de ruta para la implementación de las acciones, son: el Ministerio de Energía y Minas, ELECGALAPAGOS, el Instituto de Investigación Geológico y Energético – IIGE, el Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, CENACE, y las organizaciones de mujeres y organizaciones sociales.

VI. Conclusiones y recomendaciones

Este documento presentó la estructura del “Plan de Transición Energética de las Islas Galápagos: Evolución Energética”, con el fin de identificar los principales retos y aspectos abordados con miras a reducir el uso de combustibles fósiles para llegar al consumo cero y la descarbonización en 2050, con un hito relevante al 2030. Considerando la estructura del Plan de Transición Energética de las Islas Galápagos, se pudo identificar cómo en el camino a la descarbonización son diversos los retos que se deben considerar en el funcionamiento eléctrico de una zona aislada. Si bien las dos principales medidas que se suelen considerar en este proceso son la reducción del consumo de combustibles fósiles por medio del uso de la energía eléctrica, y la generación de energía eléctrica partir de fuentes renovables par contar con una matriz energética más limpia, al partir de una generación de energía centrada mayoritariamente en combustibles fósiles, se deben considerar varios retos.

Como elemento inicial, partimos de que con una matriz energética que depende de los combustibles fósiles principalmente, no es viable iniciar la implementación de un plan de transición

energética con cambios tecnológicos que permitan llevar usos como el transporte o la cocción hacia el consumo de energía eléctrica, dado que, al generar la energía eléctrica con combustibles fósiles, no se estaría avanzando realmente hacia la descarbonización del sistema. Asimismo, para transformar la matriz energética a partir de una mayor generación de energía con recursos renovables y almacenamiento, se deben considerar aspectos como la disponibilidad de los recursos renovables con respecto a los hábitos de consumo de la energía, y la infraestructura eléctrica que responda a estas transformaciones. Y, finalmente, la sostenibilidad de la implementación de un plan que implique tantas transformaciones, sólo se puede lograr contando con una ciudadanía que conozca y participe en el desarrollo del Plan de Transición de corto, mediano y largo plazo.

Es en este contexto, en el cual el Ministerio de Energía y Minas de Ecuador con el apoyo del BID, decide abordar simultáneamente cuatro ejes principales que podrán permitir la implementación de las medidas propuestas:

1. La transformación de la matriz de generación eléctrica.
2. Las acciones para optimizar el uso de la energía.
3. La transformación de la infraestructura eléctrica, con medidas de digitalización y automatización.
4. La participación de la ciudadanía con enfoque de género.

Respondiendo a los retos mencionados anteriormente, estos ejes permiten superar las barreras establecidas por las características de la situación actual de las islas Galápagos. Con el primer eje, se logra que la matriz energética sea más limpia, lo que poco a poco permitirá que los usos actuales de combustibles fósiles puedan migrar a energía eléctrica reduciendo las emisiones de GEI. El segundo eje, permite, tanto migrar en el mediano y largo plazo a tecnologías que funcionen con base en energía eléctrica, como optimizar los usos actuales de la energía con tecnologías y prácticas más eficientes que reduzcan los consumos totales de energía. El tercer eje, contiene los mecanismos que harán viables las transformaciones en oferta y demanda de energía, además de viabilizar medidas que contribuyen a los dos ejes anteriores, como la generación distribuida, la demanda desconectable y las tarifas horarias. Y, el cuarto eje, logra que la implementación de todas las medidas técnicas propuestas sea viable, gracias a la correcta comunicación e inserción del Plan de Transición Energética en la conciencia colectiva de las islas Galápagos.

Retomando los cuatro ejes, algunos de los principales aspectos comprendidos en la hoja de ruta del mencionado Plan, son:

- Producto de la estrategia para transformar la matriz de generación eléctrica se prevé una expansión de 31,96 MW de capacidad fotovoltaica y 8,75 MW de turbinas eólicas como parte de la evolución de la matriz energética de Santa Cruz – Baltra, San Cristóbal, Isabela y Floreana. A partir de la incorporación del proyecto Conolophus en la matriz eléctrica de San Cruz- Baltra, se ha determinado que la expansión de su capacidad entre 2023 y 2030 será de 19,1 MW de tipo fotovoltaica y 4,75 MW de tipo eólica. Para la isla de San Cristóbal se prevé una expansión de 8,5 MW de capacidad fotovoltaica y 1,6 MW eólica. La isla de Isabela y Floreana tendrán adiciones

de capacidad de 4,1 MW y 0,2361 MW de capacidad fotovoltaica. Este análisis se da considerando la entrada en operación del proyecto Conolophus. Las inversiones necesarias para asegurar la transición de la matriz de generación eléctrica en las cuatro islas ascienden a USD \$ 81.298.715, sin la inversión del sistema COLONOPHUS.

- Para la optimización del uso final de la energía eléctrica se establecen medidas desde tres enfoques orientados a impactar el balance de energía útil. Como parte de estas medidas se encuentran: medidas activas, correspondientes a la sustitución y/o incorporación de equipos; medidas pasivas que se pueden implementar en las edificaciones; y, medidas orientadas a la gestión de la demanda. Dentro de las medidas activas de planea la sustitución de 7.200 equipos de aire acondicionado, 13.204 equipos de refrigeración, 13.000 cocinas de GLP por cocinas con tecnología eléctrica, 793 calefones a gas y calefones eléctricos por colectores solares, y 5.900 luminarias públicas de vapor de sodio por tecnología LED. Las medidas pasivas comprenden la promoción de una Guía de Construcción Sostenible y el establecimiento de un estándar de sostenibilidad en el sector hotelero. Por su parte, las medidas relacionadas con la gestión de la demanda involucran actualizar la línea base a partir de los 14.022 usuarios con acceso a electricidad para cada uno de los sectores, establecer una tarifa horaria en los sectores residencial y comercial, la actualización del Reglamento de Etiquetado Energético, el establecimiento de una arenera regulatoria y un plan integral de transporte público basado en una flota de buses eléctricos y movilidad alternativa (bicicletas eléctricas). La implementación de estas medidas requiere de una inversión total de USD \$ 19.975.835, además se espera que gracias a la implementación de las medidas activas se evite la generación de 7.280 tCO₂/año.
- La transformación del sector transporte tendrá como base la transición de la matriz de energía eléctrica basada en fuentes de generación renovable, de tal manera que la construcción de un plan integral de transporte público esté sustentada en flotas de buses eléctricos, sustitución hacia vehículos eléctricos y herramientas tecnológicas que minimicen y optimicen los recorridos, y en primera instancia el consumo de diésel. Finalmente, es fundamental la construcción de un plan integral de transporte marítimo que en una primera etapa genere los incentivos que permitan optimizar el uso de diésel en las distintas actividades y, en una segunda etapa, en la medida que la tecnología lo permita, sustituir las embarcaciones utilizando nuevos vectores energéticos.
- Concerniente a la estrategia para transformar la infraestructura eléctrica de las Islas, así como las apuestas en términos de digitalización y automatización para convertirlas en islas inteligentes, se prevé la implementación del refuerzo de Topología de las redes en Santa Cruz – Baltra y en San Cristóbal; digitalización de las subestaciones actuales; automatización de los circuitos de distribución por medio de reconectores adicionales; determinación de la capacidad de alojamiento de generación distribuida; digitalización de las principales bahías en las subestaciones de Santa Cruz y San Cristóbal; la implementación de infraestructura de medición avanzada (AMI); el refuerzo de las comunicaciones operativas entre las cuatro islas objetivo; desarrollo de una plataforma computacional que pueda soportar los sistemas informáticos que realicen las funciones no críticas de ELECGALAPAGOS; desarrollo de soluciones transversales de comunicaciones; y mecanismos de automatización para el aprovechamiento óptimo de los recursos de generación. Las inversiones requeridas para implementar el diseño de la infraestructura de red fundamental para soportar el Plan de Evolución Energética de las Galápagos alcanzan USD \$33.452.388, adicionalmente, los requerimientos de inversión para la implementación del plan de automatización alcanzan USD

\$3.105.000.

- Transversal a las medidas previamente mencionadas, es importante implementar un plan de comunicaciones de tal manera que haya homogeneidad en el mensaje, tono y lenguaje inclusivo. Dicho plan de comunicaciones tiene el objetivo de educar e informar sobre prácticas eficientes del uso y el consumo de energía en el archipiélago. Entre las acciones a implementar en el Plan de Comunicaciones para Galápagos se destacan: I) Entrenamiento, capacitación y certificación de mujeres en trabajos operativos y técnicos; II) Capacitación en temas de eficiencia energética y cuidado del medio ambiente; III) Participación en congresos y seminarios; IV) *Newsletter*; V) Artículos científicos y artículos de divulgación; entre otros. Adicionalmente se propone articular acciones de apoyo y comunicación conjuntas con fundaciones que ya están trabajando en temas de sostenibilidad ambiental del archipiélago tales como EPI/ECOS, WWF, Galápagos Conservancy, Charles Darwin, así como también con líderes comunitarios reconocidos y la dirección del Parque Nacional de las Galápagos. Se planea que el Plan de Comunicaciones pueda atraer más mujeres al sector, facilitar el acceso a los recursos energéticos para todas las mujeres, la participación de más mujeres en las instituciones y la formación y entrenamiento técnico en los aspectos de las energías.

La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, que se deriva de la transformación de la matriz energética y de la optimización de los consumos energéticos, se estima en 122.915,55 tCO₂ a 2030, como producto de las acciones y medidas a implementar definidas en este plan. Esta reducción de emisiones abre la oportunidad para que se considere la obtención de certificados de reducción de emisiones en estándares tipo Gold Standard, por su impacto en áreas de importancia ambiental estratégica. Los recursos obtenidos pueden orientarse a la financiación de programas de adaptación basada en ecosistemas naturales, adaptación basada en comunidades y soluciones basadas en la naturaleza dentro de las islas del archipiélago; lo cual permitiría seguir haciendo frente al cambio climático.

En conclusión, el análisis de este ejercicio y de su resultado, permite evidenciar cómo en la construcción de un Plan de Transición Energética se deben considerar las particularidades locales relacionadas con la oferta de recursos naturales, los usos de la energía, los inventarios tecnológicos, las características de la red eléctrica, y la participación ciudadana, entre otras.

Referencias

ARCERNNR. (2021). Pliego Tarifario del Servicio Público de Energía Eléctrica. Disponible en:
https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/Anexo_1_pliego_tarifario_spee_2021.pdf.

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (2022). Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Disponible en:
<https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/estadisticas-del-sector-electrico-ecuatoriano-buscar/>

BID. (2021). Plan de Inversión para la Eficiencia Energética, Difusión del Conocimiento y Fortalecimiento Institucional para las islas de Galápagos.

Fundación Bariloche. (2020). Prospectiva Energética de Galápagos 2040.

IAM. (n.d.). Subject Specific Guidelines (SSG) of the Institute of Asset Management. Disponible en:
<https://theiam.org/knowledge/subject-specific-guidelines-ssg/>

Ministerio de Energía y Minas (2023). Plan de Transición Energética de las Islas Galápagos – Evolución energética. Elaborado con el apoyo del BID. Disponible en:
<https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2023/11/BID-GALAPAGOS-PUBLICACION-v7-fotos-comprimido.pdf>

República de Ecuador. (2023). Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE).

Tecnalia. (2018). Consultoría para el levantamiento y desarrollo de Estándares de comportamiento sostenible de edificaciones del Archipiélago de Galápagos