

Movilidad Eléctrica para Galápagos: Determinación de Parámetros Técnicos

A.A. Eras¹

C.B. Coronel¹

R.H. Chumbi²

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, MEER
E-mail: andrea.eras@meer.gob.ec, carlos.coronel@meer.gob.ec
Empresa Eléctrica Provincial Galápagos ELECGALAPAGOS,
E-mail: rene.chumbi@elecgalapagos.com.ec

Resumen

Una de las iniciativas del Gobierno Nacional en eficiencia energética es impulsar la movilidad eléctrica, la cual implica realizar cambios en los sistemas de transporte terrestre, con la introducción de tecnologías amigables con el medio ambiente.

Este tipo de medidas son de éxito cuando la matriz de generación de energía eléctrica cuenta con un aporte renovable importante, sin embargo, esto no ocurre en las Islas Galápagos, donde la participación térmica provincial alcanzó el 84,24% (2015) y el aporte renovable fue de 15,76%, lo que hace imperativa la planificación energética.

De esto surge la elaboración del presente trabajo, que considera la evaluación de la demanda, oferta de energía eléctrica y de los sistemas de distribución, para determinar al corto plazo la capacidad permitida de vehículos y motos eléctricas, para su ingreso hasta el 2020 al Archipiélago.

De cara al futuro, esta medida mejorará la calidad de vida de la población galapagueña, siendo el transporte una actividad relevante para su economía. Pero más allá, también contarán los beneficios generados para el medio ambiente, por la reducción de emisiones de CO₂.

Pero para que esto se cumpla, es necesario garantizar que la tecnología que estará a disposición del usuario tenga altos niveles de eficiencia, razón por la que este estudio determina, los parámetros mínimos permisibles para vehículos y motos eléctricas en Galápagos.

Palabras clave— Vehículo eléctrico, moto eléctrica, Galápagos, demanda, diésel, energía, política.

Abstract

One of the initiatives of the Ecuadorian government in energy efficiency is electric mobility, which implies changes in land transport systems, with the introduction of friendly environmental technologies.

Such measures are successful when the electricity production mix has an important renewable contribution. However, this is not the case of Galapagos Islands, where thermal provincial participation reached 84,24% (2015), while renewable energy obtained 15,67%, which makes energy planning mandatory.

This research is focused on this issue, which considers the assessment of the demand and supply of electricity and distribution systems in order to determine the allowed capacity of vehicles and electric motorcycles, at a short term, for their introduction in the Galapagos Islands until 2020.

Looking ahead, this measure will improve the quality of life of the population of the Galapagos, because transport is an important activity for its economy. But beyond that, the benefits for the environment will be evident by reducing CO₂ emissions.

In order to fulfill such purpose, it is necessary to ensure that the technology available for users meets high levels of efficiency, this being the reason why this study establishes the permissible minimum parameters for vehicles and electric motorcycles in Galapagos.

Index terms— Electrical vehicle, electrical motorcycle, Galapagos, demand, diesel, energy, policy.

Recibido: 27-08-2016, Aprobado tras revisión: 09-12-2016

Forma sugerida de citación: Eras, A.; Coronel, C.; Chumbi, R. (2017). "Movilidad Eléctrica para Galápagos: Determinación de Parámetros Técnicos". Revista Técnica "energía". No. 13, Pp. 213-221
ISSN 1390-5074.

1. INTRODUCCIÓN

El incremento del consumo de energía en las Islas Galápagos está altamente relacionado con la actividad del sector transporte, dada la importancia de la movilidad de las personas y mercancías dentro de las islas e inter islas. En el 2014, este sector consumió cerca del 77% de energía a nivel provincial [1], de donde el 40% correspondió solamente al transporte terrestre [1].

Las actividades en el sector transporte, están reguladas bajo las políticas que establece el Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos (CGREG) [2], el mismo que a mediados de 2016, emite una ordenanza vehicular para fomentar el ingreso de vehículos y motos eléctricas a las islas, bajo ciertos criterios sociales y técnicos.

Observando que esta nueva política implica garantizar el servicio eléctrico para su viabilidad, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), evalúa el impacto que tendrá el ingreso y operación de vehículos y motos eléctricas sobre los sistemas de generación y distribución en Galápagos.

En el 2015, el mix eléctrico provincial contaba con una participación del 15,76% de generación renovable [3], y del 84,24% de generación térmica (3 335 626 de galones de diésel 2) [3].

Es por esto importante, contar con un análisis a nivel de las etapas de generación y distribución, para planificar y garantizar el servicio de energía eléctrica en la provincia de Galápagos, por efecto de las nuevas cargas.

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo, se realizó un análisis descriptivo de estadísticas oficiales para determinar la situación actual del sector energético y eléctrico en las Islas Galápagos.

Se revisó de manera exhaustiva el marco normativo que regula la movilidad terrestre y la planificación del sector eléctrico en el Archipiélago, como literatura científica, informes técnicos y publicaciones de fuentes oficiales nacionales e internacionales.

Por otro lado, se ejecutaron pruebas técnicas a vehículos y motos eléctricas que oferta el mercado nacional, evaluando: su desempeño energético (autonomía y consumo de energía); regeneración energética; y, capacidad de carga¹. Durante este proceso, se utilizó formularios, equipos de medición GPS y analizadores de red.

¹ Estas pruebas se realizaron conforme lo sugiere la Regulación No. CONELEC 004/01 de Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución. Como resultado se obtuvieron las curvas de carga de los vehículos y motos eléctricas.

La proyección de la demanda de energía eléctrica “ Y_t ” hasta el 2020, se la realizó utilizando la metodología ARIMA “procesos autorregresivos integrados de medias móviles”, desarrollada por P. Box y G. Jenkins (1970). Un proceso autorregresivo (AR), indica que una variable Y_t está explicada en términos de sus valores pasados y un término de perturbación; y, en un proceso de medias móviles (MA), la variable Y_t está explicada en términos de la perturbación presente y las pasadas [4], [5]. La combinación de éstos procesos, influenciados por un comportamiento estacional (comportamiento periódico en el tiempo), llevó a utilizar modelos ARIMA con estacionalidad multiplicativa [4], [5]. La metodología ARIMA se utiliza como una herramienta de planificación a corto plazo debido a su bajo error de predicción [5], [6]. Para la modelación se hizo uso del paquete econométrico EVIEWS.

A los resultados de proyección de la demanda vegetativa, se suma la demanda de los vehículos y motos eléctricas, para determinar una proyección a corto plazo del consumo de energía. Este análisis comprende la identificación de la demanda a nivel de: centrales de generación, para determinar la oferta disponible; y, centros de transformación para evaluar el impacto en la distribución (en esta etapa se utilizó el software de análisis técnico Cymdist), cuyo procedimiento se escribe en el apartado 8.2.

Finalmente, se analiza la incidencia de los resultados técnicos sobre la política actual, y se establecen recomendaciones de aplicación futura.

3. SITUACIÓN ENERGÉTICA DE GALÁPAGOS

La oferta y demanda de energía secundaria (Fig. 1) está comprometida al incremento de la actividad económica, costumbres de consumo, crecimiento poblacional, entre otros factores. La oferta contabiliza la producción de electricidad y la importación de derivados de petróleo, incluida la variación por inventarios [1].

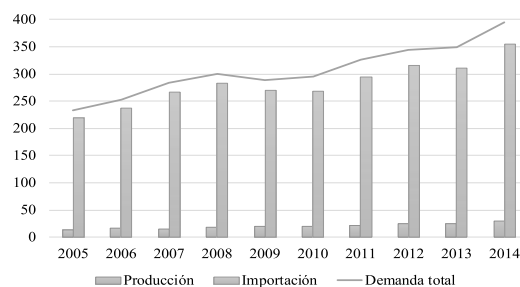


Figura 1: Oferta y demanda de energía secundaria – provincial. Datos anuales para el periodo 2005 – 2014 (kBep) [1]

Para el periodo que se muestra en la Fig. 1, la generación de electricidad a nivel provincial registra una tasa de crecimiento anual acumulativa de 7,72% [1], y la importación de combustible fósil (diésel y gasolina) una tasa anual acumulativa de 4,92% [1].

En el 2014, la demanda de energía provincial se dividió así: 77% en el sector transporte [1] (terrestre, marítimo y aéreo interisla), 7,17% en el sector comercial [1] y 6,63% en el residencial [1]. Para este año en particular, la participación del sector de la construcción fue del 9,40% [1], y al final se ubicó el sector industrial con el 0,08% [1].

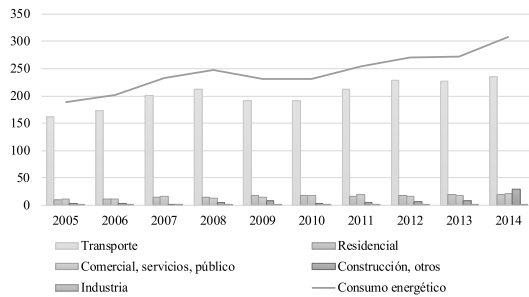


Figura 2: Consumo de energía sectorial – provincial. Datos anuales para el periodo 2005 – 2014 (kBep) [1]

El consumo de energía provincial, para el periodo observado en la Fig. 2, registró una tasa de crecimiento anual acumulativa de 5,38% [1].

4. OFERTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Galápagos tiene cuatro sistemas de generación, ubicados en las islas: San Cristóbal, Santa Cruz - Baltra, Isabela y Floreana. Estos sistemas cuentan con centrales de generación térmica para cada una de las islas, y centrales de energía renovable (solar fotovoltaica, eólica, y biocombustible) en algunas de ellas. Esto se detalla en la Tabla 1 [3] a continuación:

Tabla 1: Potencia nominal instalada

Isla	Térmica Diésel (kW)	Térmica Piñón (kW)	Eólica (kW)	Fotovoltaica (kW)	Baterías
San Cristóbal	9 450		2 400	12,5	
Santa Cruz - Baltra	14 950		2 250	1 567	Pb-ácido: 500 kW; 4 032 kWh Ion-litio: 500 kW; 268 kWh
Isabela	2 640				
Floreana	145	138		20,9	Pb-ácido: 36 kW; 96 kWh

La evolución de la producción de energía eléctrica durante se encuentra atada al comportamiento de la demanda. Como se observa en la Fig. 3 [3], la generación térmica ha sido y continúa siendo la principal componente de la matriz de generación de energía eléctrica provincial, y satisfactoriamente, existe una reducción en cuanto al crecimiento del uso de esta fuente, por la puesta en servicio de centrales que utilizan fuentes renovables de energía.

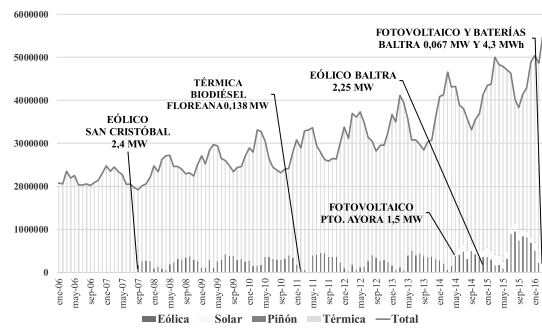


Figura 3: Producción de energía eléctrica mensual para el periodo 2006 - 2015 (kWh) [3]

A partir del 2007, con la entrada en operación del parque eólico “El Tropezón”, de 2,4 MW, ubicado en la isla San Cristóbal, se observa el primer aporte de la generación renovable y con ello la diversificación de las fuentes de energía para generación de electricidad.

Para el año siguiente (2008), y con el propósito de reducir el impacto ambiental en el Archipiélago de Galápagos, el Gobierno Nacional presenta la “Iniciativa Nacional Cero Combustibles Fósiles para Galápagos”.

En esta línea, se da inicio a la implementación paulatina de una serie de proyectos en energías renovables en el Archipiélago, que ha permitido que en estos últimos 9 años se deje de generar 33 574,88 MWh térmicos [3], y se consiga un ahorro de 2,9 millones de galones de diésel [3], evitando la emisión de aproximadamente 27 934,53 de T de CO₂ al ambiente [3]. El aporte renovable provincial en el 2015 fue de 15,64% [3].

La configuración actual de la generación es el reflejo de una política orientada a garantizar el desarrollo económico de la sociedad galapagueña, coadyuvando a la preservación del único y frágil ecosistema de Galápagos.

5. DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En el periodo 1999 – 2016, la demanda provincial (Fig. 4) presentó una tasa de crecimiento promedio anual del 9%.

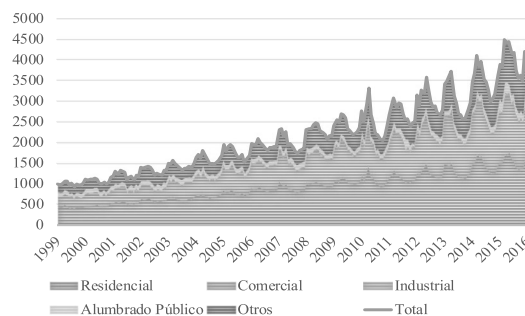


Figura 4: Demanda de energía eléctrica en Galápagos. Datos mensuales para el periodo enero 1999 – enero 2016 (kWh) [3]

Esta demanda, como se muestra en la Fig. 4, se encuentra dividida en cinco grupos de consumo: el sector residencial con la mayor participación durante todo el periodo, alcanzando un 43,25% del total provincial [3], seguido del sector comercial con el 30,41% [3], el sector de otros consumos² con el 19,44% [3], alumbrado público con el 5,58% [3], y el industrial con el 1,32% [3].

Este comportamiento difiere para el caso específico de cada isla habitada, por ejemplo, durante el 2015, en San Cristóbal, el mayor consumidor fue el sector de otros consumos con el 40,66% [3], debido a la presencia de las administraciones públicas; en Santa Cruz y Floreana el sector de mayor consumo fue el residencial con el 42,94% y 52,28%, respectivamente [3]; mientras que en Isabela fue el sector comercial con el 43,37% del total [3].

6. MARCO NORMATIVO EN MOVILIDAD ELÉCTRICA

La movilidad de personas y mercancías es una de las principales actividades demandantes de energía, y, por ende, de la emisión de gases de efecto invernadero [7], en este sentido, ofrecer una alternativa eficiente y medidas de gestión de la energía, son parte de la consolidación de una política pública adecuada en materia de sostenibilidad energética.

En primera instancia se hace mención a la Constitución de la República, que en su art. 258 establece que la planificación y desarrollo de Galápagos se organizará con base a principios de conservación del patrimonio natural del Estado y del buen vivir [8].

Para mitigar los efectos del consumo de combustibles fósiles sobre el Archipiélago, el mismo que fue incluido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en la lista de Patrimonios Naturales de la Humanidad (2001), el Gobierno del Ecuador presenta la “Iniciativa Nacional Cero Combustibles Fósiles para Galápagos”, la cual se enfoca en los sectores de electricidad y transporte [9].

El Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, a través de su política 7.12: “Fortalecer la gobernanza ambiental del régimen especial del Archipiélago de Galápagos...” promueve el uso nulo de los combustibles fósiles con especial énfasis en el sector transporte [10].

Por parte de la Ley Orgánica de Régimen Especial de la Provincia de Galápagos -LOREG- (2015)

² El grupo de consumo “otros”, comprende: clientes especiales, asistencia social, autoconsumo, beneficio público, bombeo de agua, bombeo de agua a comunidades campesinas, cultos religiosos, entidades oficiales, vehículos eléctricos, escenarios deportivos y servicio comunitario [11].

se anuncia que será el CGREG, el responsable de planificar y regular el transporte y la movilidad en la provincia [2], situación que se esquematiza en el “Plan Galápagos: Plan de Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Régimen Especial de Galápagos 2015 – 2020” [12]. Bajo este amparo, el Consejo emite, en mayo 2016, la Ordenanza No. 01-CGREG-2016, que contiene el reglamento de ingreso y control de vehículos y maquinaria [13], que en su Capítulo IV, encuentra relación de pertinencia con el sector eléctrico.

Por otro lado, en abril 2014, se estableció el compromiso presidencial Nro. 21898, denominado: “Todo el apoyo para producción de vehículos eléctricos”, cuya coordinación está a cargo del Ministerio Coordinador de la Producción, Empleo y Competitividad (MCPEC) [14].

A través de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE) promulgada en mayo 2015, se establece que el MEER será quien planifique el sector eléctrico, las energías renovables y la eficiencia energética [15].

Para garantizar un uso eficiente de la energía en movilidad eléctrica, la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), en junio 2015, oficializa la Resolución 038/15 que establece la tarifa de vehículos eléctricos, su sistema de medición de energía y modo de carga [16]. Así también, emite la Resolución 041/16, en junio 2016, que establece un factor de corrección de demanda igual a 1, para los periodos de demanda punta, media y base para Galápagos [17].

7. PERSPECTIVAS DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA: DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS

Según el Plan Galápagos 2015 – 2020 del CGREG, hasta octubre 2013, se tenían 1 312 vehículos y 1 201 motocicletas matriculados en las islas, indicando que éstas últimas han incrementado su número debido a sus bajos costos, a las facilidades que tienen para un ingreso irregular, y a los limitados controles en los puertos de embarque del Continente [12]. Aclarando que, el CGREG, en su normativa, limita el ingreso de vehículos a combustión particulares, dando prioridad a aquéllos de transporte público y comercial [13].

Por tal motivo, el Consejo propone como una alternativa a la movilidad, la introducción de vehículos y motos eléctricas³ para satisfacer las necesidades de la colectividad.

³ “Un vehículo eléctrico es impulsado por uno o más motores eléctricos. Este tipo de vehículos se alimentan de energía eléctrica cuando no se encuentran en funcionamiento, la misma que es almacenada a través de sistemas recargables, y que se consume con el desplazamiento” [16].

Con esta base, se evaluaron en Puerto Ayora (mayo 2016), 5 vehículos y 2 motos eléctricas, para analizar su desempeño energético, regeneración y capacidad de carga de la batería, obteniendo los siguientes resultados:

- La ruta de pruebas Puerto Ayora – Baltra de 110 km fue superada por todos los autos a excepción de un ultracompacto.
- Un vehículo incorporaba una batería de 12 kWh con una autonomía de 57 km, e integraba un generador eléctrico con uso de gasolina, siendo su autonomía total de 880 km.
- La eficiencia promedio de los vehículos fue de 94%, con excepción del ultracompacto que alcanzó una eficiencia del 74% [18].
- La potencia máxima registrada del cargador fue de 6,6 kW (7 kW, valor próximo comercial).
- Gasto energético promedio por km recorrido de 0,20 kWh/km, excluyendo el auto ultracompacto.

Para el caso de las 2 motocicletas probadas, los resultados no fueron suficientes para realizar una proyección adecuada de la demanda. Por consiguiente, se revisó un análisis estadístico⁴ elaborado por la ARCONEL, que obtiene una potencia media del cargador de 0,78 kW, siendo 0,9 kW su valor próximo comercial [19].

Con estas consideraciones, se determina que: *las pérdidas de conversión en los cargadores deben restringirse a criterios de eficiencia energética; y, para la modelación de la demanda se empleará una potencia de cargador de hasta 7 kW (máxima) para vehículos y 0,9 kW (media) para motocicletas.*

Por otra parte, se realizó una revisión bibliográfica sobre la prestación de los tipos de baterías, las mismas que condicionan la autonomía, la aceleración y la velocidad, como el rendimiento energético de un vehículo o moto eléctrica [20].

De esto se concluyó que, el litio presenta mayores ventajas respecto de otros componentes como el plomo ácido o níquel, en cuanto a menor peso, alta capacidad de almacenaje de energía, alta eficiencia energética [21], y vida útil [20]. Su desventaja está relacionada con su alto costo [21], sin embargo, varios países han creado incentivos para la fabricación de baterías de litio como parte de la cadena de suministro del vehículo eléctrico [20].

4 Se evalúan varias potencias de cargador de motocicleta, hasta de 3 kW como máxima.

8. INCIDENCIA DE LA MOVILIDAD SOBRE LA GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

8.1. Crecimiento de la Demanda

La proyección de la demanda vegetativa⁵ se realiza hasta el 2020, y se consigue modelando los datos históricos a través de la metodología ARIMA con estacionalidad multiplicativa, para los cuatro sistemas aislados. La demanda proyectada indica un crecimiento promedio anual de energía eléctrica de: 19 798,39 MWh para San Cristóbal; 48 146,92 MWh para Santa Cruz; 8 171,27 MWh para Isabela y 349,57 MWh para Floreana.

8.2. Proyección de la Demanda de la Movilidad

Este análisis permite identificar la demanda de la movilidad, en número de vehículos y motos eléctricas, con base a las potencias de cargador antes mencionadas. Esto se lo realiza a través de dos etapas:

Una primera que se logra determinando un número de vehículos y motocicletas por la oferta de la generación disponible (energía y potencia). Los criterios empleados son: 15% de reserva para regulación de frecuencia; 20% de reserva en potencia y 10% en energía⁶; día de máxima demanda; pliego tarifario vigente; factores de coincidencia según la Westinghouse [22]; con esto se define el perfil de un vehículo eléctrico, adaptando la curva a la obtenida en el estudio: “Análisis para la implementación de redes inteligentes en el Ecuador”, elaborado por la Universidad Politécnica de Valencia.

Con los resultados previos, en *una segunda etapa* se reparte las cargas (vehículos y motos eléctricas) a nivel de alimentador, en específico a los usuarios residenciales con mayores consumos o de altos estratos sociales (hipótesis), evitando afectaciones a las redes de distribución. Con este análisis disminuye el cupo que se había determinado por la oferta. Los resultados finales se observan en la Tabla 2:

Tabla 2: Cupo de la movilidad eléctrica

Isla	Cupo	2016	2017	2018	2019	2020
San Cristóbal	Autos	317	309	290	280	271
	Motos	658	645	609	578	560
Santa Cruz	Autos	214	185	150	122	91
	Motos	515	453	389	305	226
Isabela	Autos	0	0	0	0	0
	Motos	0	0	0	0	0

5 La demanda vegetativa incluye las cargas presentes en cada sistema aislado, y aquellas planificadas al corto plazo.

6 Recomendación de buenas prácticas de planificación.

Dada la oferta disponible y capacidad del sistema de distribución, se podrá ingresar hasta el 2020: 362 vehículos y 786 motos⁷ eléctricas. Este cupo decrece con el aumento de la demanda vegetativa, y deberá actualizarse anualmente.

9. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y AMBIENTAL

Este apartado considera un escenario de sustitución de vehículos (gasolina y diésel premium) y motos⁸ (gasolina) a combustión, por equipamiento eléctrico (energía eléctrica) hasta el 2020.

Para un recorrido promedio anual de 15 000 km, un vehículo convencional consume 43 122 MJ mientras que uno eléctrico consume 29 919 MJ. Con un recorrido estimado al año de 10 000 km, el consumo de una moto a combustión es de 9 931 MJ y de una eléctrica es 8 865 MJ.

En el estudio económico – financiero, la inversión anual calculada tiene relación con el costo real del servicio de energía eléctrica en Galápagos⁹ [23] y consumo de energía eléctrica correspondiente al número vehículos y motocicletas de la Tabla 2.

Los beneficios para el Estado se obtienen de: la facturación de la energía eléctrica y potencia máxima registrada por los vehículos y motos eléctricas, al precio establecido en la normativa vigente¹⁰ [11]; el desuso de la gasolina y el diésel premium con precios consultados en fuentes oficiales [24], [25]. Los beneficios para el usuario, provienen de la diferencia de costos entre los combustibles consumidos por un vehículo convencional versus la energía demandada por un vehículo eléctrico.

También se internaliza los beneficios ambientales. Si se sustituye el cupo establecido para el 2020, se dejarían de emitir 768 T CO₂¹¹ [26]. Este dato es el resultado de la diferencia entre las emisiones de CO₂ producidas tras el uso de la tecnología a combustión vs. las emisiones de CO₂ por generación de energía eléctrica destinada para la recarga de los vehículos y motos eléctricos.

Con una tasa de descuento del 12%, se obtienen los siguientes indicadores: Valor Presente Neto de 2 298 860,73 USD, Tasa Interna de Retorno de 29%, y

7 El cupo de 786 motos está condicionado a la disponibilidad de la tecnología en el mercado nacional.

8 En Galápagos el recorrido promedio anual de un vehículo a combustión es de 15 000 km, y para una moto se estima un valor de 10 000 km (datos proporcionados por la Empresa Eléctrica Provincial Galápagos ELECGA-LAPAGOS).

9 Costo real de servicio de energía en Galápagos: 0,4095 USD/kWh. Este precio cubre los costos de toda la cadena del servicio, que incluye la compra de diésel 2 para producción de energía eléctrica [23].

10 0,05 USD/kWh en horas valle [11].

11 El factor de emisión es de 72 864 kg CO₂/TJ para la gasolina, 76 651 kg CO₂/TJ para el diésel premium, y 69 957 kg CO₂/TJ para el diésel 2 [26].

una relación Costo/Beneficio de 2, lo cual refleja la viabilidad económica y financiera de la introducción de vehículos eléctricos a Galápagos.

Sin embargo, esta valoración se deberá ir actualizando de la mano con el cupo de equipos eléctricos.

10. PERCEPCIÓN SOCIAL

En cumplimiento a uno de los objetivos del Plan Nacional de Eficiencia Energética (PLANEE), cuya elaboración está a cargo del MEER, se levantó información correspondiente a la percepción social en la provincia (500 encuestados, clasificados por estrato de consumo kWh/mes) de los vehículos eléctricos¹² [27].

Los resultados preliminares indican que, el 47% de los encuestados mostraron interés en adquirir o cambiar su actual vehículo de combustión interna por un vehículo eléctrico. El 53% de los encuestados no tiene interés en la nueva tecnología por las siguientes razones: costo elevado; no la necesita; desconfianza en la tecnología y trabajos de mantenimiento; falta de información; baja funcionalidad; entre otros [27].

Como son resultados preliminares, a través de este trabajo se recomienda socializar y educar a la población sobre la movilidad eléctrica y la importancia del uso adecuado de la energía.

11. GESTIÓN E INFRAESTRUCTURA

Para viabilizar la movilidad eléctrica a nivel nacional, mediante disposición ministerial No. 30443 “Normativa vehículos eléctricos”, se conforma un Comité Intersectorial que preside el MEER [28], el mismo que cuenta con la participación del MCPEC y entidades del sector eléctrico.

Este equipo técnico trabaja para establecer requerimientos normativos y de infraestructura, como es el caso de la Resolución 038/15, que especifica que se asignará al usuario, un medidor independiente con registrador de demanda horaria con tecnología de infraestructura de medición avanzada (AMI)¹³, debiendo utilizar cargadores con modo de carga 3¹⁴ [16].

Sobre el modelo de gestión, se trabajó en una propuesta, que establece que los concesionarios de los vehículos y motocicletas eléctricas nacionales son los encargados de gestionar a través de las empresas de distribución, la instalación de la infraestructura:

12 Las encuestas realizadas por el MEER concluyen el 2 de diciembre de 2016.

13 Red altamente integrada para medir, recopilar, almacenar y analizar el consumo de los usuarios.

14 El modo de carga 3, consta de un toma-corriente especial Wall Box, de recarga inteligente con función de control y protección instalada [31].

acometida y medidor, aclarando que el costo del medidor deberá ser cubierto por el usuario final [29].

Adicionalmente, en la Ordenanza No. 01-CGREG-2016 se escribe el procedimiento y requisitos de ingreso de un vehículo o moto eléctrica en Galápagos, donde se aclara que cada familia puede disponer de un solo vehículo terrestre en la provincia [13].

12. REPERCUSIONES DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA SOBRE EL MARCO NORMATIVO

Las políticas públicas en un país tratan de articular objetivos en función de las necesidades de la sociedad y los costos que están dispuestos a asumir para satisfacer estas necesidades [30]. Además de, integrar los diferentes planes sectoriales para infraestructura y servicios, atendiendo la oferta y demanda del mercado, a través de la cual se garantice una competencia justa entre proveedores de tecnología [7].

Para el caso de Galápagos, la política sectorial en movilidad debe considerar y analizar sus posibles efectos sobre la matriz energética local. En el 2014, el consumo provincial del transporte terrestre fue de 95,4 kBep de energía (27% en diésel y 73% en gasolina) [1], mientras que la matriz de generación de energía eléctrica (2015) tuvo una participación térmica del 84,24% (diésel) [3].

Con esto se puede inferir que, la introducción de vehículos eléctricos a las islas, permitirá disminuir el consumo de combustible en el sector transporte y provocará un incremento en el consumo de diésel para producción de electricidad. No obstante, el consumo de energía de un vehículo a combustión en Galápagos es 1,44 veces más que el de un vehículo eléctrico.

Esta es la justificación de una política local que deberá garantizar el ingreso de una tecnología eficiente, que coadyuve el cumplimiento de los cero combustibles fósiles y la conservación ambiental en Galápagos.

Por el lado de la distribución de energía eléctrica, se podrá asegurar el servicio conforme la capacidad disponible del sistema, y la planificación anual y procedimientos de la Empresa Eléctrica Provincial Galápagos ELECGALAPAGOS para el reforzamiento de redes, apegándose a la normativa vigente relacionada a la provisión, garantía del servicio de energía y financiación correspondiente [32].

A nivel normativo, se ve necesaria la adaptación de la “tarifa general en baja tensión con registrador de demanda horaria para vehículos eléctricos”, a la curva de demanda máxima de las islas, la cual presenta picos de consumo en horas de la mañana, tarde y noche; y, a la situación de sus sistemas eléctricos de potencia.

Dadas las conclusiones precedentes, y como lo sugiere Kreuzer y Wilmsmeier (2014), la política en movilidad debería estructurarse bajo un enfoque *A (avoid) – S (shift) – I (improve)*: (*A*) evitar los viajes motorizados; (*S*) cambiar a modos de transporte eficientes; (*I*) mejorar la eficiencia del combustible [7], esto con la respectiva evaluación técnica y económica, sabiendo que se deberá seguir impulsando acciones arancelarias y tributarias que faciliten la inserción de la movilidad ecoeficiente.

En efecto, la política en movilidad tiene un verdadero reto a futuro para consolidar de manera integral la situación social, económica, financiera, ambiental y humana en las Islas Galápagos, para que sus objetivos logren cumplirse.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El ingreso de vehículos eléctricos influirá directamente sobre la matriz de generación de energía eléctrica provincial.

La metodología ARIMA utilizada para proyección de la demanda, constituye una herramienta recomendable para pronóstico de ésta y otras variables energéticas.

Respecto de la tecnología recomendable a introducir, se comenta cada uno de los parámetros definidos:

Potencia de cargador: las recargas residenciales deben ser lentas, alineándose a la resolución ARCONEL 038/15, con una potencia máxima de 7 kW como adecuada para el cargador de vehículos eléctricos y de 3 kW para motocicletas.

Batería: de acuerdo a las mejores prestaciones que tiene el litio, se determina que las baterías de las motocicletas y vehículos eléctricos que ingresen a Galápagos, deberán ser fabricadas con este componente.

Gasto energético por km recorrido: hasta 0,20 kWh/km en autos con las más altas prestaciones¹⁵. Para el caso de motocicletas, se determinará este parámetro con aquellas que vayan ingresando a Galápagos, que cumplan el resto de variables.

Eficiencia de carga: la eficiencia mínima del cargador de un vehículo o moto eléctrica será del 90%.

A nivel de generación y distribución, el cupo disponible de vehículos eléctricos hasta el 2020 es de 362, y para motocicletas eléctricas es de 786, valor que está condicionado a la situación de los sistemas eléctricos de generación y distribución.

Un vehículo eléctrico es más eficiente que uno a combustión (consume 1,44 menos veces de energía).

¹⁵ Capacidad de carga y rapidez similar o superior a un auto convencional.

La motocicleta eléctrica consume 1,12 veces menos de energía que la convencional.

La sustitución de vehículos de combustión por vehículos eléctricos presenta una viabilidad económica - financiera, dados los indicadores del apartado 9.

La nueva tecnología también favorece al medio ambiente, evitando el consumo de 270 mil galones de combustible al último año de implementación.

Se recomienda al Consejo de Gobierno, como entidad responsable de la planificación del sector transporte, evaluar escenarios de sustitución de vehículos a combustión por eléctricos, con el apoyo institucional del sector eléctrico y gobiernos autónomos.

Es necesaria una coordinación interinstitucional, para que los objetivos planteados en las políticas que fomentan la movilidad eléctrica en Galápagos logren articular: factores socioeconómicos, humanos, técnicos y ambientales.

ELECGALAPAGOS como responsable del servicio de energía eléctrica en la provincia, deberá hacer cumplir la Regulación 001/15 de marzo 2015, correspondiente al punto de entrega y condiciones técnicas y financieras para la prestación del servicio.

La aplicación tarifaria será la que consta en el Pliego tarifario vigente, Resolución 038/15 y Resolución 041/16. Se recomienda que la ARCONEL proponga y oficialice una tarifa para vehículos eléctricos en baja tensión, considerando los picos de consumo de Galápagos, en época de verano e invierno.

Para mejorar la percepción social de la población galapagueña sobre vehículos y motos eléctricas, se recomienda realizar charlas educativas y campañas de socialización, que consideren el tema de uso eficiente de la energía en movilidad.

Finalmente, es aconsejable que el Gobierno considere incrementar, en cada isla, la participación renovable en la generación, con el objeto de atenuar el consumo de combustibles fósiles para cubrir la demanda de la movilidad eléctrica y demás cargas presentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INER, “Balance energético de la provincia de Galápagos 2015,” En edición, Quito, 2015.
- [2] Asamblea Nacional, Ley Orgánica de Régimen Especial de la Provincia de Galápagos -LOREG-, Registro Oficial No. 520, Quito, Jun. 2015.
- [3] ELECGALAPAGOS, “Balance eléctrico provincial,” Galápagos, 2015.
- [4] L. A. Fernández, “Modelos avanzados para la predicción a corto plazo de la producción eléctrica en parques eólicos,” disertación de Doctorado, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de la Rioja, Logroño, 2007.
- [5] A. Eras, “Política para el desarrollo de las energías renovables en Ecuador,” tesis de Máster, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España, 2015.
- [6] E. Gutiérrez, “La demanda residencial de energía eléctrica en la Comunidad Autónoma de Andalucía: un análisis cuantitativo,” disertación de Doctorado, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Sevilla, Sevilla, 2003.
- [7] F. Kreuzer, G. Wilmsmeier, “Eficiencia energética y movilidad en América Latina y el Caribe. Una hoja de ruta para la sostenibilidad,” Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, Oct. 2014, pp. 21-22.
- [8] Asamblea Constituyente, Constitución de la República del Ecuador, Registro Oficial No. 449, Quito, Oct. 2008.
- [9] ELECGALAPAGOS, “Reforzamiento de la generación de las islas Santa Cruz y Baltra, como actualización al recambio tecnológico 2014,” Galápagos, Dic. 2015, pp. 4.
- [10] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES, “Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017,” Quito, 2013, pp. 240.
- [11] ARCONEL, “Pliego tarifario para las empresas eléctricas. Servicio público de energía eléctrica. Periodo enero – diciembre 2016,” Ene., 2016.
- [12] CGREG, “Plan Galápagos: Plan de Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Régimen Especial de Galápagos 2015 – 2020,” Galápagos, 2015, pp. 170 – 198.
- [13] CGREG, Ordenanza provincial: 01-CGREG-2016, Registro Oficial No. 578, Quito, May. 2016, pp. 170 – 198.
- [14] R. Correa, Compromiso presidencial No. 21898: Todo apoyo para producción de vehículos eléctricos, Quito, Abr. 2014.
- [15] Asamblea Nacional, Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica -LOSPEE-, Quito, May. 2015, pp. 8.
- [16] ARCONEL, Resolución No. ARCONEL-038/15, Jun. 2015.

- [17] ARCONEL, Resolución No. ARCONEL-041/16, Jun. 2016.
- [18] ARCONEL, “Informe de las pruebas de vehículos y motocicletas eléctricas en Galápagos,” Quito, Jun. 2016.
- [19] ARCONEL, “Cargador de motocicletas,” Quito, Jul. 2016.
- [20] Instituto Tecnológico de Canarias, “Estudio para la implantación del Vehículo Eléctrico en Canarias,” Canarias, Nov. 2013, pp. 31-33.
- [21] S. Manzetti y F. Mariasiu, “Electric vehicle battery technologies: From present state to future systems,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 51, Jul. 2015, pp. 1005 – 1006.
- [22] The Westinghouse Electric Utility Engineers. “Electric Utility Engineering Reference Book: Distribution Systems,” Westinghouse Electric Corporatio, Pennsylvania, 1965, pp. 35.
- [23] ARCONEL, “Costo del servicio eléctrico en Galápagos,” Jun. 2016.
- [24] EP PETROECUADOR, “Precios de venta a nivel de terminal para las comercializadoras calificadas y autorizadas a nivel nacional,” Jul., 2016.
- [25] GlobalPetrolPrices.com, “Ecuador precios de la gasolina, diésel,” Jul., 2016.
- [26] Organización Latinoamericana de la Energía, “Manual de estadísticas energéticas. Factores de emisión de dióxido de carbono,” 2011.
- [27] MEER, “resultados preliminares de encuestas sobre vehículos eléctricos,” Dic. 2016
- [28] MEER, “Conformación Comité Normativa Vehículos Eléctricos,” Ago., 2015.
- [29] MEER, “Propuesta de modelo de negocio para vehículos eléctricos,” Oct., 2016.
- [30] D. Mares, “Resource Nationalism and Energy Security in Latin America: Implications for a global oil supplies,” Baker Institute Scholar for Latin American Energy Studies. James A. Baker III Institute for public policy Rice University, Ene. 2010, pp. 13.
- [31] Schneider Electric, “Soluciones de carga para vehículos eléctricos,” Barcelona, Abr. 2014.
- [32] ARCONEL, Regulación No. ARCONEL-001/15, Mar. 2015.
- [33] Universidad Politécnica de Valencia, “Análisis para la implementación de redes inteligentes en el Ecuador,” Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Quito, Jul. 2015.
- [34] CONELEC, Regulación No. CONELEC-004/01, Mayo. 2001.



Andrea Eras Almeida.- Nació en Loja, Ecuador en 1985. Recibió su título de Ingeniera Eléctrica de la Universidad de Cuenca en 2010; de Máster en Energía Renovable y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid en 2012; y su título de Máster

Universitario en Desarrollo Económico y Políticas Públicas de la Universidad Autónoma de Madrid, Madrid en 2015. Sus campos de investigación están relacionados con la planificación energética, energías renovables, eficiencia energética, economía de la energía y políticas públicas. Actualmente se desempeña como especialista en energía del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, brindando asesoría a la Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética.



Carlos Coronel Zhingre.- Nació en Loja, Ecuador en 1985. Recibió su título de Ingeniero Eléctrico de la Universidad Politécnica Salesiana en 2013. Su experiencia laboral incluye actividades dedicadas a la investigación, reglamentación y normalización. Actualmente

labora como especialista técnico de eficiencia energética del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Sus campos de interés están relacionados con la eficiencia energética, la ingeniería eléctrica, reglamentación nacional e internacional.



René Chumbi Quito.- Nació en Cuenca, Ecuador en 1989. Recibió su título de Ingeniero Eléctrico de la Universidad de Cuenca en 2013. En la actualidad, labora como analista técnico en la Jefatura de Planificación de la Empresa Eléctrica Provincial Galápagos

ELECGALAPAGOS S.A. Sus actividades están relacionadas con análisis de operación, fiabilidad y previsiones de los sistemas aislados de Galápagos con la variedad tecnológica de fuentes de electricidad. Sus temas de interés son la eficiencia energética, gestión de la demanda, energías renovables, operación de centrales de generación y el mejoramiento de fiabilidad en redes de distribución.