

## **Análisis del impacto del programa de eficiencia energética PEC en Ecuador**

Pedro Luis Castro Verdezoto<sup>1</sup>, María Pilar Castro<sup>2</sup>, Jaqueline Litardo<sup>3</sup>, Marcelo Cunha<sup>1</sup>, Guillermo Soriano<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Planificación de Sistemas Energéticos, Universidad Estatal de Campinas, São Paulo, Brasil  
E-mail: ing.pedrocastro@hotmail.com ; mpcunha@unicamp.br

<sup>2</sup> Centro de Investigación para el Desarrollo Económico Energético y Medioambiente, Guayaquil, Ecuador. E-mail: mpcastro.CIDEEM@gmail.com

<sup>3</sup> Centro de Energías Renovables y Alternativas, Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL, Guayaquil, Ecuador. E-mail: jlitardo@espol.edu.ec ; gsorian@espol.edu.ec

### **Abstract**

In 2014, the Ecuadorian Government began the execution of the Energy Efficiency Program (PEC), which constitutes the substitution of 3 million LPG stoves for electric stoves, to reduce the LPG subsidies. In this context, LEAP model and economics estimations were developed, both the base year 2015, to the aim of analyzing the impacts of the PEC Program. The PEC program would imply energy saving of 29%, as well as, a reduction of 69% in GHG emissions by 2030 in the household sector. Also, the residential consumption curve would be stable during the model period, being the urban sector most benefited from these reductions. In addition, there would be a slight increase in GDP, linked to a creation of new direct and indirect jobs throughout of the production chain.

**Index terms**— Energy Efficiency, LEAP model, Energy forecast, Ecuadorian PEC Program.

### **Resumen**

El Gobierno Ecuatoriano en el año 2014 comenzó la ejecución del Programa de Eficiencia Energética PEC, que principalmente busca la sustitución de 3 millones cocinas de GLP por cocinas de inducción, con la finalidad de reducir el subsidio al GLP. En este contexto, el presente estudio consta un modelo LEAP y una estimación económica, ambos con año base 2015, con el objetivo de evaluar los impactos del Programa. Como resultados de la implementación del Programa PEC, se tendría un ahorro energético del 29% y una reducción del 69% en las emisiones GEI para 2030 en el sector residencial, así como, una curva estable de consumo en este mismo sector durante el período de estudio, siendo el sector urbano mayormente beneficiado de estas reducciones. Como respuestas económicas, existiría un leve incremento del PIB, vinculado a un crecimiento en la generación de empleos directos e indirectos en toda la cadena productiva.

**Palabras clave**— Eficiencia Energética, Modelo LEAP, Prospectiva energética, Programa PEC.

## 1. INTRODUCCIÓN

El gas licuado de petróleo (GLP) es comúnmente utilizado por el sector residencial ecuatoriano para la cocción de alimentos y el calentamiento de agua de uso sanitario. Según el Balance Energético Nacional (BEN) del 2016, dicho sector es el tercer mayor consumidor de energía, con el 13,94% del total nacional, donde el 51,23% de ese total corresponde al consumo de GLP. En el año 2007, el consumo de este recurso superó los 7,29 millones de BEP (Barriles Equivalentes de Petróleo), correspondiendo al 12,28% del consumo energético nacional, con una tendencia creciente vinculada a una tasa anual del 1,79% durante el periodo de 2007 - 2017. Por otra parte, el 78,78% del GLP consumido en el año 2016 correspondieron a las importaciones del mercado internacional relacionados a un costo de importación de 32 USD/Bbl [1]

El GLP además de ser mayoritariamente importado es subsidiado por el Estado ecuatoriano, de allí que, en 2015, el costo total del subsidio a este recurso superó los 300 millones USD, de los cuales, aproximadamente el 77,16% fueron focalizados al sector residencial, mientras que, el 6,42% correspondió a un segmento *no identificado* (fugas por la frontera, actividades informales, entre otros.), valor equivalente a 22,26 millones de USD. Adicionalmente, se menciona que el costo total de los subsidios a los derivados del petróleo en 2015 fueron equivalentes al 2,51% del PIB nominal [2].

Además de los aspectos económicos, presentados anteriormente, existen implicaciones medioambientales vinculadas al consumo de GLP, debido a que su combustión genera gases de efecto invernadero (GEI). En el 2012, estas emisiones superaron los 80.000 Gg de CO<sub>2</sub>-eq [3]. Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), dentro de su serie histórica, el sector Energía ha sido uno de los mayores responsables durante este periodo, con una participación del 46,63% de las emisiones del país [4].

Teniendo en cuenta este antecedente, el Estado ha propuesto dos principales acciones de mitigación, entre las que se encuentran: la construcción de centrales hidroeléctricas y el programa de eficiencia energética en el sector residencial [3], [5], [6]. Se prevé que la operación de las actuales y futuras centrales hidroeléctricas contribuya a reducir las toneladas de CO<sub>2</sub>-eq que se generan por año.

En la última década, el Estado ecuatoriano ha puesto en marcha sus planes de acción para reducir el impacto ambiental y promover la eficiencia energética, centrado principalmente en la expansión de un parque de generación eléctrica basado en fuentes renovables, con énfasis en generación hidroeléctrica. Con respecto a este último punto, Ecuador dispone de 71 centrales en operación (5 con embalse y 66 sin embalse), implicando una capacidad instalada de 5.066 MW en el año 2018, equivalentes al 62,58% de la potencia nominal y al 70,45% de la producción bruta de energía eléctrica del mismo año [7]. Adicionalmente, es de resaltar que la producción bruta de energía eléctrica está concentrada en 03 Provincias: Azuay (27,47%), Napo (22,21%) y Guayas (8,59%) [8].

De forma complementaria se conoce que el potencial hidroeléctrico económicamente factible es 22.000 MW, de los cuales sólo es aprovechado el 20,21% y que, al implementar los nuevos proyectos hidroeléctricos se podría incrementar hasta alcanzar el 24,55% [5]. Implicando, oportunidades significativas para el aprovechamiento de esta fuente de energía, focalizando su uso final en tecnologías más eficientes.

Respecto al uso eficiente de la energía en el sector residencial, el Gobierno Nacional del Ecuador impulsó el Programa de Cocción Eficiente (PEC) en el 2014. El objetivo de esta iniciativa fue sustituir el uso del GLP por electricidad, para la cocción de alimentos y el calentamiento de agua para uso sanitario en el sector residencial. Como propuesta inicial, se planificó la sustitución de alrededor de 3 millones de cocinas de GLP por cocinas de inducción, así como también 750 mil calefones

de GLP por sistemas eléctricos de calentamiento de agua [9]. Para esto, el Gobierno ofreció ciertos incentivos a los ciudadanos, entre los que destacaron: el financiamiento para compra de cocina y/o calentador hasta 3 años plazos, tasa preferencial y cobro a través de la planilla eléctrica; y, un incentivo tarifario correspondiente a 80 kWh/mes para cocinas y 20 kWh/mes para duchas o calentadores [10]. A través de la implementación del programa PEC, se planteó la disminución de importación de GLP, traducándose esto a un ahorro en subsidios al GLP de aproximadamente 116 millones USD al año [9]. Además, se estimó reducir las emisiones promedio de CO<sub>2</sub> cerca de 1,85 millones de tCO<sub>2</sub> por año. En consecuencia, hasta finales del año 2018, se registraron 642 mil beneficiados de este programa. De los cuales: el 82,37% fueron clientes exclusivos del sistema de cocinas de inducción, el 3,03% exclusivos de ducha eléctrica y el 14,60% clientes de ambos sistemas [7].

Programas similares al PEC se han implementado alrededor del mundo, con el objetivo de migrar hacia tecnologías menos contaminantes para uso doméstico. En India, el programa de “Acceso a energías limpias para cocción en zonas rurales”, introdujo, en primera instancia, cerca de 1.000 cocinas de inducción en hogares rurales en Himachal Pradesh. Como resultado, el 84% de las viviendas reemplazó el uso de GLP por electricidad. Sin embargo, se concluyó que el programa estaría limitado a regiones que poseen altos niveles de electrificación [11].

Actualmente, los beneficios del programa PEC se encuentran en evaluación, teniendo en cuenta que el incentivo tarifario que asignaba el Estado a los beneficiarios concluyó a finales del 2018<sup>1</sup>, siendo el mismo extendido por una año más<sup>2</sup>, sin exponer una planificación o continuidad del programa. Además, según lo indicado en la rendición de cuentas del

Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER), en el 2017, el total de cocinas vendidas no sobrepasaron las 800 mil [12]. Esto, indica que no se logró cumplir con la meta planteada por el Gobierno, pues las ventas sólo representaron cerca del 25% de lo esperado.

Expuesto lo anterior, se propone estructurar un modelo de proyección, que permita evaluar los resultados de la implementación del programa PEC y contribuir en el debate de políticas de eficiencia energética en Ecuador. Adicionalmente, con la información obtenida del modelo de proyección, se plantea realizar estimaciones macroeconómicas y medio ambientales para complementar el análisis.

## 2. METODOLOGÍA

Considerando que el objetivo del presente estudio es evaluar el impacto de una política pública, como es el caso del programa PEC, se plantea el uso de modelos bajo el enfoque de planificación integral de recursos, sin duda alguna existe una amplia variedad de modelos disponibles [13]. No obstante, se priorizan modelos que permitan realizar esta evaluación considerando aspectos energéticos, económicos y medio ambientales, es decir aspectos alineados a los resultados esperados de la implementación del programa PEC.

En este contexto, se plantea el uso del modelo *Long-range Energy Alternatives Planning Systems* (LEAP) para las evaluaciones energético-medioambientales y el uso de una estimación macroeconómica para las evaluaciones económica-sociales, destacando la disponibilidad y adaptabilidad de la información oficial a este tipo de modelos, además de la existencia de estudios previos para Países con características semejantes a la realidad ecuatoriana [14]–[16].

### 2.1. Modelo LEAP y estimaciones macroeconómicas

El modelo LEAP, el cual fue desarrollado por el SEI<sup>3</sup> y actualmente es empleado en

<sup>1</sup> Según Registro Oficial N° 359 del 22 de octubre de 2014.

<sup>2</sup> Según Registro Oficial N°410 del 21 de enero del 2019 suplemento

<sup>3</sup> SEI corresponde a las siglas del Instituto de Medioambiente de Estocolmo

estudios para la mitigación de los gases de efecto invernadero, tiene como característica principal la estructura de escenarios [17], lo que permite evaluar la implementación de la política considerando diferentes niveles de intensidad, así como su comparación con escenarios alternativos [18].

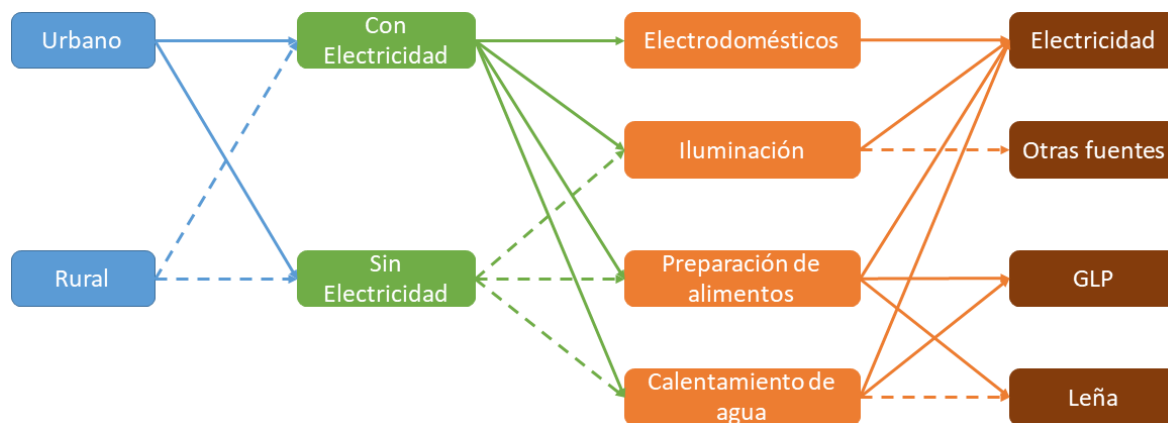
Autores como Morales y Sauer [19], Cárdenas [20] y Castro [21] utilizaron el modelo LEAP para evaluar escenarios de reducción del consumo de combustibles fósiles y gases de efecto invernadero en Ecuador. Morales y Sauer analizan el impacto de las políticas prestando especial atención al sector residencial, lo que resulta en una posible reducción del consumo total de energía del 6% [19]. Por otro lado, Cárdenas define políticas energéticas en todos los sectores consumidores y productores de la sociedad ecuatoriana, obteniendo una reducción potencial de 35 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> [20]. Mientras que Castro *et al* evalúan escenarios de crecimiento de consumo de energía considerando políticas de eficiencia energética, obteniendo ahorros significativos en el transporte individual de pasajeros [21].

Como instituciones gubernamentales tenemos que el Instituto Nacional Ecuatoriano de Eficiencia Energética y Energía Renovable (INER) realizó un estudio de prospectiva para el consumo de energía en Ecuador, en el que se analizaron diferentes escenarios utilizando el modelo LEAP; este estudio evaluó los cambios en la matriz energética local y estimó un consumo final de energía de 300 millones de BEP en 2050 [22]. Mientras que Espinoza *et al* evaluaron escenarios de eficiencia energética obteniendo un ahorro estimado en 216 millones de BEP entre 2015 y 2035 [23]. Adicionalmente, es de resaltar el uso del

modelo LEAP en la definición de los escenarios para la Contribución Tentativa Nacionalmente Determinada de Ecuador (INDC), permitiendo cuantificar la contribución ecuatoriana en la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero [24].

Frecuentemente los modelos macroeconómicos son empleados para evaluar los impactos de las políticas públicas [25], [26]. No obstante, el uso de los mismos para evaluar aspectos energéticos en Ecuador son escasos, como referencia tenemos el desarrollo de un modelo de equilibrio general para evaluar el impacto del cambio de la matriz de refinación ecuatoriana [27] y el empleo del modelo MIP para estimar la demanda de carga del sector transporte [28].

Para la estimación macroeconómica se considera la información del Sistema de Cuentas Nacionales del Banco Central del Ecuador con año base 2015 desagregada en los 71 sectores productivos que conforman la economía ecuatoriana, así como sectores consumidores [29]. Para el caso del modelo LEAP se considera una estructura que permita estimar el consumo de energía para cada uno de los sectores mediante parámetros tecnológicos o relaciones económico-energéticas. La estructura paramétrica para el sector residencial desarrollada por Kumar *et al* [30] es considerada por el modelo propuesto ya que es adaptable a la realidad ecuatoriana, así como los aspectos tecnológicos y criterios económico-energéticos de prospectiva propuestos por Castro *et al* [21], resaltando que este último plantea un modelo LEAP para Ecuador con año base 2010.



**Figura 1: Estructura paramétrica del sector residencial – Modelo LEAP**

Fuente: Adaptado de Castro (2019).

Considerando que el Programa PEC está focalizado exclusivamente al sector residencial, el modelo presenta una mayor desagregación de este, mientras que para los demás sectores de consumo se presenta un menor nivel de desagregación. Nótese en la Fig. 1 que en el último nivel de desagregación existe una concurrencia entre las diferentes fuentes de energía, lo que permitiría evaluar el comportamiento de los otros sectores de consumo ante posibles excedentes o escasez de recursos.

En este contexto, el consumo final de energía sería la sumatoria de los consumos sectoriales, definidos en el Balance Nacional de Energía: Residencial, Transporte, Comercio, Servicio, Agricultura y Construcción [1]. Para los dos primeros sectores se considera una estructura paramétrica, mientras que para los demás sectores se considera una relación económico-energética estimada mediante una regresión lineal con datos históricos obtenido de los balances de energía y de sistema de cuentas nacionales, de forma que el consumo de energía del sector  $i$  es calculado mediante el consumo vinculado a su crecimiento económico ( $\alpha * E$ ) y al consumo constante no relacionado con factores económicos  $k$ . Todo lo anterior se resume en (1).

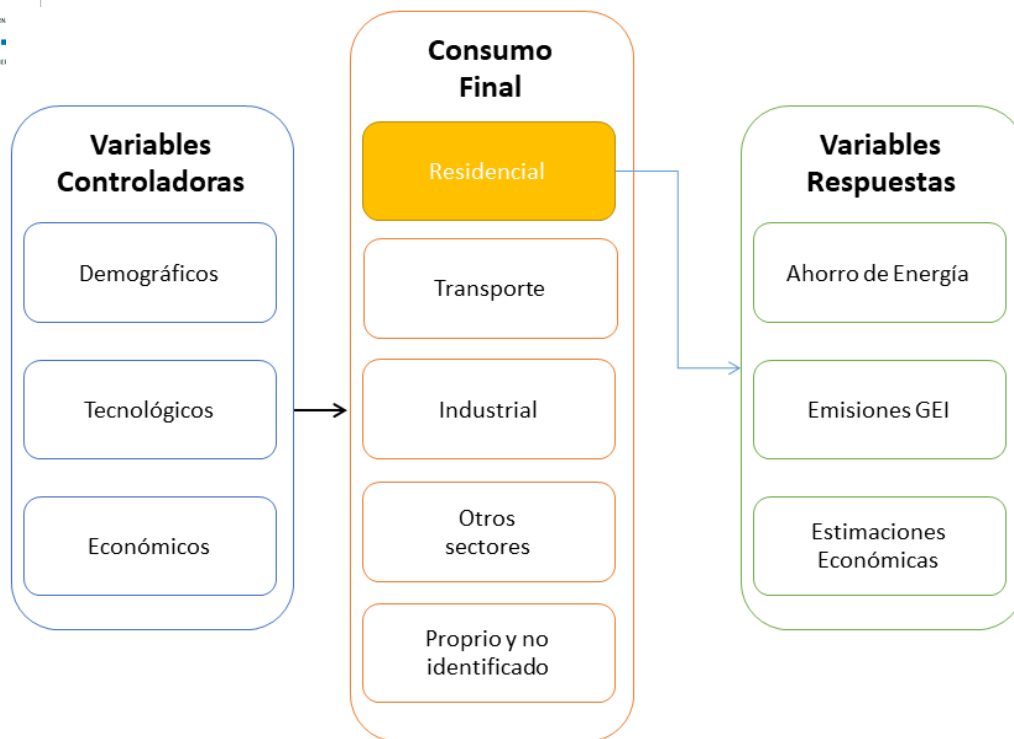
$$CE_i = k + \alpha * E \quad (1)$$

Por otro lado, para la estimación macroeconómica se consideran todas las

transacciones existentes de todos los sectores económicos. De tal forma que la producción de cada sector es demandada por todos los sectores intermediarios y consumidores finales como: hogares, gobierno, formación de capital fijo y exportaciones netas. Considerando los 71 sectores de la economía ecuatoriana conforme al sistema de cuentas nacionales.

Por lo tanto, la presente propuesta permite evaluar el programa PEC considerando los aspectos técnicos y económicos. Para esta evaluación se plantea como año base 2015 con un horizonte de 15 años, es decir una proyección hasta 2030, considerando que dentro de este plazo la propuesta tecnológica estará dentro de un mercado maduro y competitivo, además de considerar el horizonte petrolero no favorable [31], lo que implicaría la necesidad de cambios tecnológicos para reemplazar la dependencia de derivados del petróleo.

Para evaluar el impacto de la política en el modelo LEAP se definen parámetros base para el crecimiento del consumo final de energía (Tabla 1), parámetros que están relacionados con aspectos económicos, demográficos y tecnológicos [32]–[35]. Resaltando la importancia del crecimiento del parque vehicular, el cual es principal consumidor de energía, además de la reducción significativa de la producción petrolera.



**Figura 2: Estructura del modelo para estimación del consumo final**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 1: Condiciones para el escenario Base**

Variable	Inicial (2015)	Futura (2030)	Unidades
Población	16,3	19,8	Millones de personas
Residencial	4,5	5,9	Millones de hogares
Vehículos	118,0	173,0	Vehículos por mil habitantes
Producto Interno	70,2	92,0	Mil millones de \$2010
Producción petrolera	200,0	127,0	Millones de Barriles
Exportación petrolera	150,0	70,0	Millones de Barriles

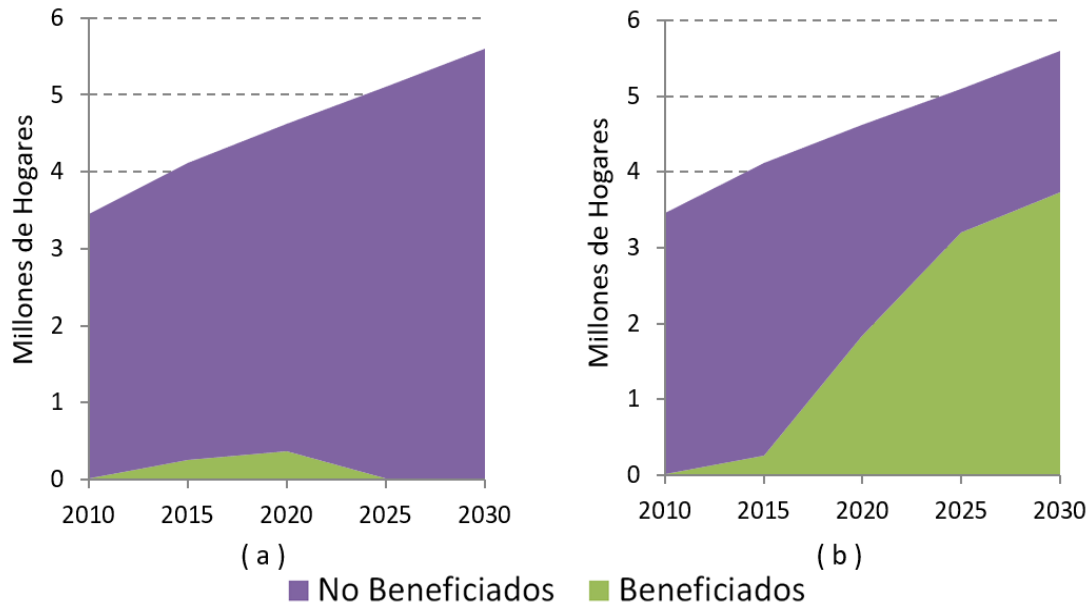
Fuente: [32]–[35]

En consecuencia, el modelo LEAP realiza la proyección del consumo de energía para el 2030 considerando los parámetros base y comparando 2 escenarios: uno considerando exclusivamente el crecimiento del consumo de energía (BASE) y otro considerando la implementación del programa PEC en las condiciones base de crecimiento (PEC). Para este último escenario se considera la introducción de 3 millones de cocinas a inducción y 750.000 calentadores eléctricos, los cuales son objetivos del Plan Maestro de Electricidad [5], tal como se mencionó anteriormente.

Como se muestra en la Fig. 2, las variables controladoras del modelo LEAP están relacionadas a los aspectos demográficos, económicos y tecnológicos, este último sería el considerado para la creación del escenario PEC, ya que la sustitución de cocinas de GLP por inducción es considerada como un recambio tecnológico. Como referencia, para 2030 se estima que la población ecuatoriana esté próxima a los 20 millones de habitantes vinculada a un PIB de 92.000 millones USD en moneda constante del año 2010.

El criterio principal en la definición de los escenarios BASE y PEC, es el número de hogares beneficiados del programa PEC, el cual consiste en hogares que harán uso de electricidad para cocción de alimentos y calentamiento de agua en remplazo del uso del

presente año el programa entró en incertidumbre debido al término de la vigencia del incentivo tarifario. Esta realidad es considerada por el modelo, de forma que se plantea la reducción significativa de beneficiados del escenario BASE,



**Figura 3: Número de beneficiados por escenario (a) BASE y (b) PEC**  
Fuente: Elaborado con datos del Plan Maestro de Electricidad 2016-2025

GLP, es de resaltar que desde antes del inicio del programa PEC existían hogares que empleaban electricidad para estos fines. Como respuesta del modelo, principalmente tendremos el ahorro de energía caracterizado, así como una estimación de las emisiones evitadas.

De forma complementaria, se realizan estimaciones económicas para determinar los ahorros existentes producto de la disminución de la importación de GLP, autosuficiencia energética en el sector residencial y aproximaciones de los impactos económicos producto de la implementación del programa

Conforme al Plan Maestro de Electricidad para el año 2016 existieron un total de 579 mil beneficiados del programa PEC implicando un ahorro para el estado ecuatoriano de más de 556 millones USD [5], tendencia en crecimiento hasta el año 2018 con más de 788 mil beneficiados del programa. No obstante, como se mencionó anteriormente, para el

considerando los niveles de consumo en años previos al programa PEC de los usuarios de esta tecnología eléctrica para cocción de alimentos (Fig. 3a); mientras que el escenario PEC considera la planificación del programa con 3 millones de hogares beneficiados hasta 2030 (Fig. 3b).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tal como se observa en la Fig. 4, al aplicar la política de las cocinas de inducción se consigue un ahorro de energía equivalente a 4,61 millones de BEP en el sector residencial para el 2030. Además, según las proyecciones, los principales beneficiarios de este programa serían los hogares ubicados en áreas urbanas del país. Esto, producto de la mayor concentración de habitantes, así como la mayor cobertura eléctrica, lo cual implica la existencia de una infraestructura eléctrica previa, facilitando la penetración de la tecnología propuesta. Algo similar fue observado por Banerjee *et al.* en [11], donde

concluyeron que la introducción de cocinas de inducción sería más factible en zonas altamente electrificadas.

La Fig. 5 presenta las proyecciones correspondientes al consumo final por tipo de fuente. Según los resultados, para el 2030 el

Si bien es cierto, el programa PEC implicaría ahorros significativos de GLP en el sector residencial, los cuales estarían estimados en 10,66 millones de barriles de GLP. En el caso de la no implementación del programa, se tendría un incremento del 56% el

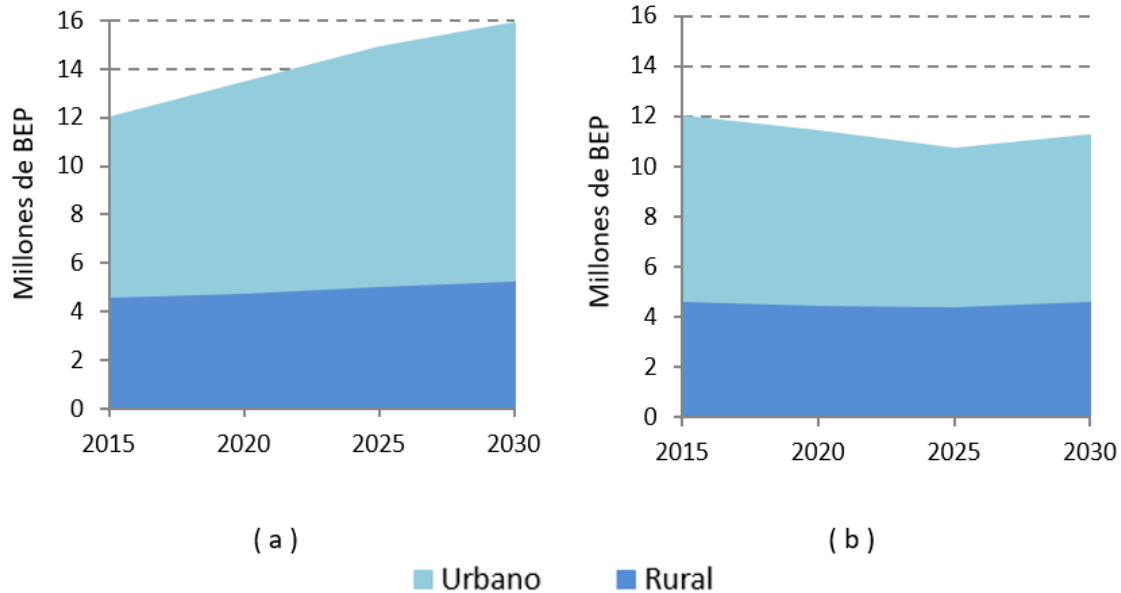


Figura 4: Proyección del consumo final de energía por localización. Escenario a) BASE y b) PEC

escenario BASE refleja que el consumo de energía alcanzaría los 15,86 millones de BEP (Fig. 5 (a)). Por otra parte, la implementación del programa PEC implicaría reducciones significativas en la proyección del consumo de energía para el 2030 con respecto al año 2015, llegando a los 11,25 millones de BEP (Fig. 5 (b)). En consecuencia, basado en los resultados de la proyección, se puede manifestar que existiría una estabilización en la curva de la demanda eléctrica hasta el 2030 en el escenario PEC, donde el incremento que se observa en el 2015 es producto de la implementación del programa; mientras que, la reducción en el 2025 es producto de la sustitución de GLP por electricidad.

Para ambos escenarios, el uso de la leña, la cual es empleada principalmente para cocción de alimentos en sectores marginales, mantiene una tendencia decreciente, llegando a consumos inferiores a 144 miles de toneladas de leña para el 2030.

consumo de GLP al 2030, tomando como referencia el 2015 (Fig. 6 (a)). Por otro lado, como resultado de la implementación del Programa PEC, existiría un incremento del consumo de energía eléctrica en el mismo sector. En consecuencia, el consumo de energía eléctrica incrementaría en un 91% en el 2030, tomando como referencia el año base (Fig. 6 (b)).

Como se mencionó en la introducción de este trabajo, una problemática de la sociedad ecuatoriana es la alta dependencia de GLP para satisfacer la demanda local, implicando una baja autosuficiencia en la producción de este producto. Tal es el caso que, en el 2030, para satisfacer esta demanda se requeriría una importación de GLP equivalente a 10 millones de BEP. Mientras que, la ejecución del programa PEC implicaría una reducción del 61% de las importaciones, requiriendo importar 3,90 millones de BEP para el 2030, tal como se muestra en la Fig. 7.

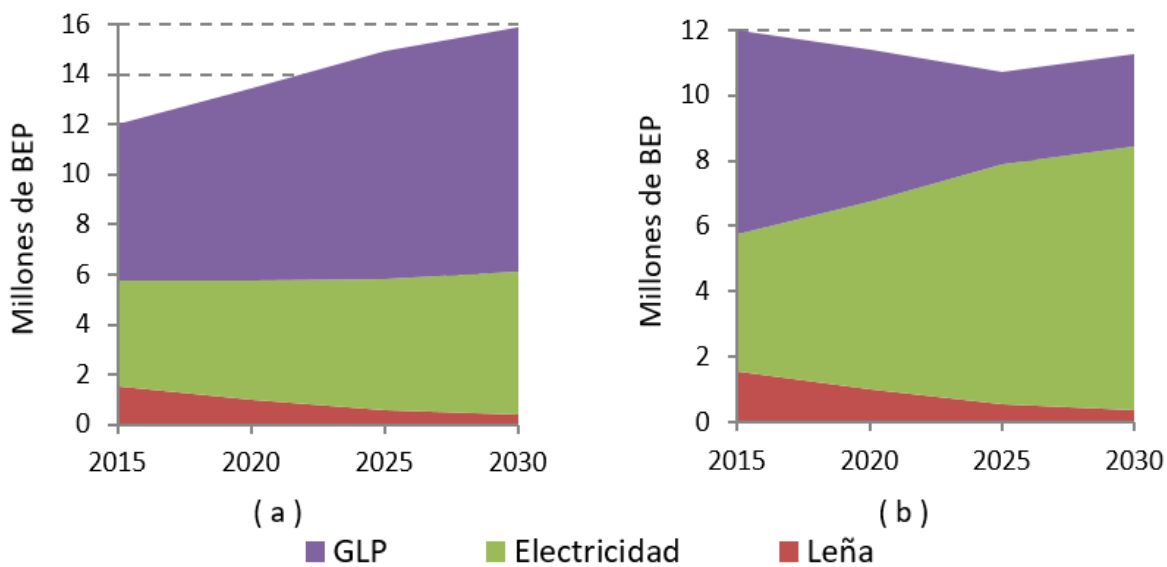


Figura 5: Proyección del consumo final por tipo de fuente en el sector residencial. Escenario a) BASE y b) PEC

En consecuencia, dada la reducción de las importaciones de GLP y siendo la producción doméstica de GLP equivalente a 1,87 millones de BEP estaría próxima a satisfacer la demanda local residencial de GLP.

Por otra parte, considerando las condiciones económicas del año 2015, el ahorro del consumo de GLP estimada en 10 millones de Bbl implicaría una reducción de 388 millones de USD para el Estado ecuatoriano, siendo preponderante el destino de esta reducción entre el consumo final o consumo intermediario. Además, es de resaltar que el consumo eléctrico estaría subsidiado.

demandando por el sector residencial; un sector económico que no genera valor agregado a la sociedad, es decir es un sector exclusivamente de consumo. Como referencia el consumo de energía eléctrica para el año 2015 fue de 1387 millones de USD, es decir que esta cifra sería prácticamente doblada con la implementación del programa PEC.

Con estas principales consideraciones y determinando crecimiento del Producto Interno Bruto por el enfoque de la producción, se estimaría un crecimiento del 2,69% con respecto al año base 2015. Proponiendo como interés de estudio futuro ampliar el análisis de los sectores productivos principalmente

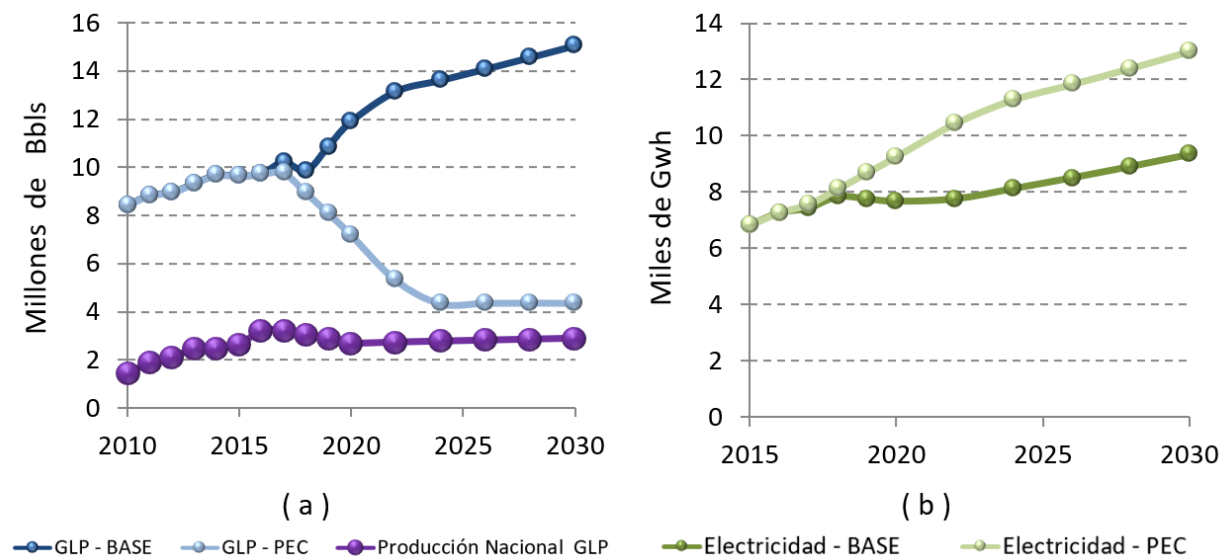


Figura 6: Proyección del impacto de la política en el consumo de energía, a) GLP y b) Electricidad

Respecto al incremento del consumo de energía eléctrica, el mismo se estimaría en 1.262 millones de USD, valor que es

beneficiados de la implementación de este programa. En esta misma línea, realizando una relación entre el crecimiento económico y generación de empleo, se estima una creación

de 173 miles de nuevas plazas de trabajo, es decir un incremento del 2,38% del número de empleados del año 2015.

En el aspecto medioambiental, se tiene que la reducción del consumo de GLP implicaría una reducción de 3,40 millones de TON CO<sub>2</sub>-eq en 2030, valor equivalente a una reducción del 69,46% de las emisiones de GEI en el sector residencial para el mismo año en el escenario BASE. Reducción que estaría principalmente concentrada en las emisiones de dióxido de carbono y metano, que sería estimada en 35 mil Toneladas.

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El programa PEC presenta ciertas limitantes, pues la masificación del uso de cocinas de inducción en el sector residencial ecuatoriano implicaría un incremento significativo en la carga del sistema eléctrico nacional, además de la necesidad de una infraestructura eléctrica más robusta y confiable, desembocando en inversiones significativas por parte del Estado.

Cabe recalcar que este programa podría ser aplicado tanto en el área urbana, como rural del país. Esta última requeriría de mayor inversión, debido a factores de cobertura eléctrica, calidad de la transmisión y distribución inherentes a la distancia de los centros de generación eléctrica.

Sin duda alguna la implementación del programa PEC, contribuiría a la reducción de las emisiones anuales de GEI, relacionadas con el uso de los métodos de cocción de alimentos tradicionales del país (i.e. GLP). Además de resaltar la disminución de los riesgos a la integridad física de los usuarios debido a su manipulación (i.e. incendios e intoxicaciones). Asimismo la reducción del consumo doméstico de GLP, se reducen también los costos relacionados con la importación de este recurso y *per sé* el subsidio destinado a este energético llegando a niveles cercanos de autosuficiencia, ya que, los niveles demandados estarían próximos a la producción local.

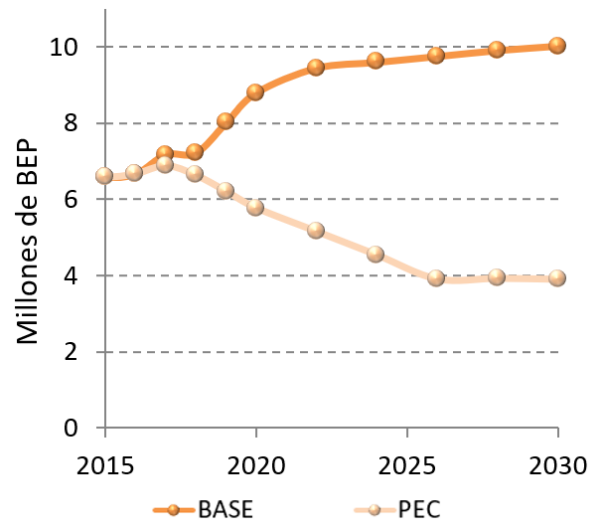


Figura 7: Proyección de la importación de GLP

Una de las principales barreras de la implementación de la eficiencia energética son los aspectos económicos, sobresaliendo las dudas sobre la factibilidad económica o altos costes de implementación. Como se ha presentado anteriormente, la implementación de este programa implicaría un crecimiento del PIB y la generación de empleo, es decir respuestas muy favorables. No obstante, se propone para estudios futuros el desarrollo de modelos económicos más específicos que permitan evaluar en detalle estos resultados.

Los hábitos en la preparación de los alimentos y aspectos culturales son temas a considerar, ya que al ejecutar este cambio tecnológico se modificaría las costumbres de las familias de más de cuatro décadas con el uso intensivo de GLP.

El impacto en la balanza comercial sería otro tópico para evaluar, ya que la implementación del programa implicaría la importación de toda la tecnología asociada a las cocinas de inducción, en desmedro de la producción local de cocinas a GLP y toda la tecnología desarrollada alrededor de esta.

La participación activa del estado, mediante la regulación de mercados o capacidad compulsoria son fundamentales para el éxito de la implementación del programa, una visión *laissez faire, laissez passer* no necesariamente

garantizaría el éxito del programa, ya que la competitividad de precios y madurez del mercado son grandes ventajas de la tecnología tradicional, como es el caso del consumo de GLP.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento a las instituciones que han permitido el financiamiento de las actividades y levantamiento de información. Secretaría Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación del Ecuador (SENESCYT) y Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Nivel Superior de Brasil (CAPES).

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador, “Balance Energético Nacional 2017,” 2017.
- [2] S. Espinoza and V. Guayanlema, “Balance y proyecciones del sistema de subsidios energéticos en Ecuador,” Quito, Ecuador, 2017.
- [3] Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), “Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático,” Quito, Ecuador, 2017.
- [4] Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), “Resumen del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Ecuador. Serie temporal 1994-2012,” Quito, Ecuador, 2016.
- [5] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador, “Plan Maestro de Electricidad 2016-2025,” Quito, Ecuador, 2017.
- [6] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador, “Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035 (PLANEE),” Quito, Ecuador, 2016.
- [7] ARCONEL, “Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano,” Quito, 2018.
- [8] ARCONEL, “Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano,” Quito, 2018.
- [9] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador, “Guía Práctica para el Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en el Ecuador,” Quito, Ecuador, 2017.
- [10] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador, “Programa de Eficiencia Energética para Cocción por Inducción y Calentamiento de Agua con Electricidad en sustitución del GLP en el sector residencial,” Quito, Ecuador, 2014.
- [11] M. Banerjee, R. Prasad, I. H. Rehman, and B. Gill, “Induction stoves as an option for clean cooking in rural India,” *Energy Policy*, vol. 88, pp. 159–167, 2016.
- [12] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador, “Informe de Rendición de Cuentas 2017,” Quito, Ecuador, 2017.
- [13] S. Jebaraj and S. Iniyar, “A review of energy models,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 10, no. 4, pp. 281–311, 2006.
- [14] J. A. Vidoza and W. L. R. Gallo, “Projection of fossil fuels consumption in the Venezuelan electricity generation industry,” *Energy*, vol. 104, pp. 237–249, 2016.
- [15] M. McPherson and B. Karney, “Long-term scenario alternatives and their implications: LEAP model application of Panama’s electricity sector,” *Energy Policy*, vol. 68, pp. 146–157, May 2014.
- [16] J. Islas, F. Manzini, and O. Masera, “A prospective study of bioenergy use in Mexico,” *Energy*, vol. 32, no. 12, pp. 2306–2320, Dec. 2007.
- [17] C. Heaps, “Long-range Energy Alternatives Planning System,” Stockholm Environment Institute, 2018. [Online].

- Available:  
<https://www.sei.org/people/charles-heaps/>.
- [18] N. Di Sbroiavacca, “El Modelo LEAP , principales características y especificación para la prospectiva energética,” Fundación Bariloche. Bariloche, 2014.
- [19] A. C. Morales and I. L. Sauer, “Mitigation of greenhouse gas emissions originating from energy consumption by the residential sector in Ecuador,” *Energy Sustain. Dev.*, vol. 5, no. 3, pp. 47–59, Sep. 2001.
- [20] J. Cárdenas, “ESTUDIO DE LA REDUCCION DE EMISIONES DE CARBONO EN EL ECUADOR,” Escuela Politécnica Nacional, 2008.
- [21] P. Castro Verdezoto, J. A. Vidoza, and W. L. R. Gallo, “Analysis and projection of energy consumption in Ecuador : Energy e ffi ciency policies in the transportation sector,” *Energy Policy*, vol. 134, no. August, 2019.
- [22] INER, *Escenarios de Prospectiva Energética para Ecuador a 2050*. Quito, 2016.
- [23] V. S. Espinoza, V. Guayanlema, and J. Martínez-gómez, “Energy Efficiency Plan Benefits in Ecuador : Long-range Energy Alternative Planning Model,” *Int. J. Energy Econ. Policy*, vol. 8, no. 4, pp. 42–54, 2018.
- [24] INDC, “Contribución Tentativa Nacionalmente Determinada de Ecuador (INDC),” *Conv. Marco Nac. Unidas sobre Cambio Climático*, pp. 1–14, 2015.
- [25] M. Acosta and W. Pérez, “Modelo Ecuatoriano de Equilibrio General Aplicado (MEEGA),” *Cuest. Económicas*, vol. 22, no. 2, pp. 5–46, 2005.
- [26] J. Ramirez, “Modelo de Equilibrio General Aplicado Tributario,” *Cuest. Económicas*, vol. 23, no. 3, pp. 128–169, 2007.
- [27] P. Castro, C. Graßmann, and M. Cunha, “Evaluation of the socio economic impacts in Ecuador due to refinery matrix change using a General Equilibrium Model,” in *21st Annual Conference on Global Economic Analysis*, 2018.
- [28] CEPAL, “Estimación de la demanda de transporte mediante el método insumo producto: casos de Brasil, Chile, Ecuador y Nicaragua,” *Boletín FAL*, vol. 6, pp. 1–11, 2017.
- [29] BCE, “Matriz Insumo Producto 2015.” Banco Central del Ecuador, Quito, 2018.
- [30] A. Kumar, S. . Bhattacharya, and H. . Pham, “Greenhouse gas mitigation potential of biomass energy technologies in Vietnam using the long range energy alternative planning system model,” *Energy*, vol. 28, no. 7, pp. 627–654, Jun. 2003.
- [31] V. S. Espinoza, J. Fontalvo, J. Martí-Herrero, P. Ramírez, and I. Capellán-Pérez, “Future oil extraction in Ecuador using a Hubbert approach,” *Energy*, vol. 182, pp. 520–534, 2019.
- [32] BCE, “Previsiones macro económicas del Ecuador, 2015 - 2018,” 2014.
- [33] INEC, “¿Cómo crecerá la población del Ecuador?,” 2010.
- [34] INEC, “Anuario de Estadísticas de Transporte 2015,” 2015.
- [35] Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, “Informe de Rendición de Cuentas 2018,” Quito, Ecuador, 2018.