



ANÁLISIS DE LA MATRIZ ENERGÉTICA ECUATORIANA

Jorge Patricio Muñoz Vizhñay

Email: jorgemunozv@yahoo.com

CAPÍTULO I MATRIZ ENERGÉTICA

1. ANTECEDENTES

El capítulo presenta un breve análisis de la situación energética mundial, oferta y demanda por tipo de fuente, perspectivas del uso de fuentes de energías renovables, todo esto dentro del marco de los mejores aspectos socio ambientales.

Además, presenta las alternativas y perspectivas de desarrollo del sistema energético ecuatoriano, realizando un análisis de la matriz energética actual y las posibilidades de mejorarla en el horizonte del corto plazo (hasta el 2020), con énfasis en la energía eléctrica, en las prioridades y en el papel de las fuentes energéticas renovables, destacándose, en particular, la hidroelectricidad, por la importancia de la misma en el abastecimiento de las demandas energéticas del país.

Estas alternativas y perspectivas son establecidas por el Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017, siendo su ejecutor principal el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) en el ámbito de las energías renovables y eficiencia energética, así como también el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER).

El planeamiento centralizado fue retomado en el Ecuador a partir del 2007 con el cambio de modelo económico del denominado Socialismo del Siglo XXI. El modelo neoliberal que estuvo vigente desde los inicios de la década de los noventa, eliminó este tipo de planeamiento, pretendiendo que las fuerzas del mercado sean las que optimicen la oferta y la demanda energética. Este propósito aplicado al sector eléctrico a través de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico promulgada en octubre de 1996 resultó ser a la larga un verdadero fracaso.

La energía se encuentra ligada al crecimiento económico, en este sentido, se puede observar que el Producto Interno Bruto (PIB) de los países está íntimamente acoplado al crecimiento energético. Entre 1980 y 2000, el PIB real mundial creció a una media ligeramente inferior al 3% anual, y el crecimiento mundial de energía creció a una media ligeramente inferior al 2% anual, por lo



que el crecimiento del PIB superó en más de un 1% anual al consumo de energía. A partir del año 2000, el consumo de energía ha crecido tan rápido como el PIB real mundial, ambas variables han experimentado un crecimiento medio del 2.5% anual (Ventura, 2009).

Con base en información del World Economic Outlook 2010 (WEO), del Fondo Monetario Internacional (FMI), durante el 2009 la economía mundial decreció en - 0.6%. Como resultado de la crisis económica internacional de ese año, las economías de los países desarrollados sufrieron una recesión que en conjunto representó una caída de - 3.2%, efecto que estuvo más acentuado en países como Japón, Alemania, Italia y Reino Unido, en los cuales el decrecimiento del PIB fue de alrededor de - 5.0%. En el caso de las economías emergentes, las mayores caídas del PIB se presentaron en Rusia y México con - 7.9% y - 6.5%.

En sentido opuesto, aunque con una desaceleración de su crecimiento económico observado durante los últimos años, China, India y los países de Medio Oriente registraron crecimientos del PIB de 9.1 %, 5.7% y 2.4%, respectivamente.

El PIB del Ecuador en el 2012 fue de USD 63.293 millones constantes, una cifra que significa un crecimiento del 5.0% respecto al 2011 y se ubica en quinto puesto entre Suramérica y el Caribe, cuyo promedio de crecimiento fue 3.1% ¹.

El PIB del Ecuador en la última década tuvo un crecimiento medio del 4.7% ² anual, en tanto que el crecimiento energético fue del 4.8% ³ anual, y el crecimiento del sector eléctrico del 7.5% ⁴.

2. CONTEXTO ENERGÉTICO MUNDIAL

El mundo utiliza mayoritariamente como productor de energía, las fuentes energéticas primarias no renovables, en particular, los combustibles fósiles como el petróleo, el carbón mineral y el gas natural.

Estos combustibles son grandes emisores de CO₂ al ambiente, uno de los principales gases responsables del calentamiento global del planeta o del denominado también “efecto estufa o invernadero”, causante de los cambios climáticos.

¹ Este valor del PIB tiene como resultado del cambio de año base al 2007, un emprendimiento realizado por el Banco Central del Ecuador que actualiza los datos a la nueva estructura productiva del Ecuador. En cuatro ocasiones Ecuador ha cambiado de año base para actualizarse a nuevas condiciones. La primera fue en 1975, que modificó las condiciones por la actividad petrolera; luego en 1993, tras la crisis de la sucretización; en el 2000, con la dolarización de la economía ecuatoriana; y en el 2007 cuya estructura y origen de precios es actual.

² <http://www.bce.fin.ec/frame.php?CNT=ARB0000019>

³ <http://www.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/indice.htm>

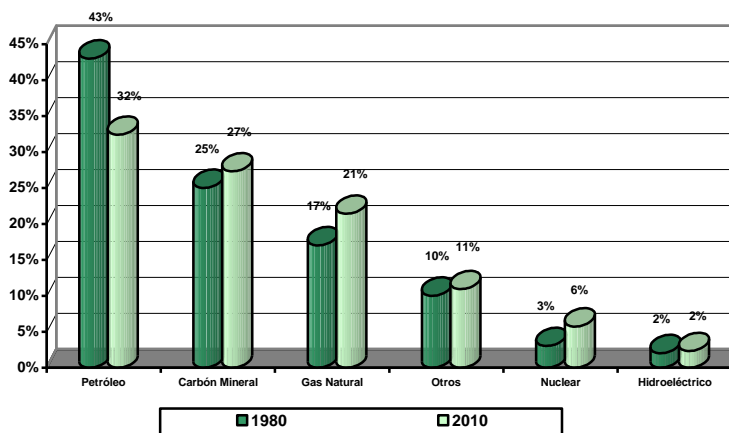
⁴ http://www.conelec.gob.ec/enlaces_externos.php?l=1&cd_menu=4223

Este tema ha sido ampliamente discutido en eventos nacionales e internacionales relacionados con la preservación del medio ambiente y de los recursos naturales del planeta, estando entre las prioridades y las preocupaciones actuales de la comunidad mundial.

La 15ª Conferencia Internacional sobre el Cambio Climático celebrada en Copenhague, Dinamarca, en diciembre de 2009. Denominada COP 15 (“Quinceava Conferencia de las partes”), fue organizada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Esta cumbre analizó los temas relacionados con las emisiones en el planeta de gases de efecto estufa o invernadero, estableciendo políticas y orientaciones para todos los países del mundo, para el período posterior al año 2012, cuando concluyó el horizonte temporal del Protocolo de Kioto.

En la Figura 1.1 se presenta la matriz energética mundial considerando la oferta y las participaciones de las diferentes fuentes de energías primarias, de 1980 y de 2010. La oferta pasó de 7.183 millones de toneladas equivalentes de petróleo (TEP), en 1980, para 12.717 millones de TEP, en el 2010, con una tasa anual media de crecimiento del 1.9%, en el periodo (1980 – 2010).

Figura 1.1: Matriz de Energía Mundial (años 1980 y 2010)



Fuente: Agencia Internacional de Energía (AIE)

Nota: Otros Incluye Biocombustibles, Geotermal, Solar, Eólico, etc.

Como se observa en la Figura 1.1, el mundo utiliza, mayoritariamente, los combustibles fósiles, el 85% en 1980 y el 81.1% en 2010 de la oferta total.

En el 2010, fueron registradas participaciones del 32.4% del petróleo y derivados, el 27.3% de carbón mineral y el 21.4% de gas natural, totalizando el 81.1% referido anteriormente, con tan solo el 2.3% de hidroelectricidad.

En este período, de 30 años, el mundo aumentó el consumo de combustibles fósiles, a pesar del esfuerzo realizado por los gobiernos para reducir la dependencia en la “era energética del carbono”. Sin embargo, en este período,

ocurrió una “pequeña mejora” en el perfil del uso de estos combustibles, cambiando el petróleo (de 43% para 32.4%) por el gas natural (de 17% para 21.4%), considerado este último más favorable desde el punto de vista ambiental en lo relacionado a que emite menos CO₂.

La energía nuclear, ha doblado su participación, en el periodo analizado (5.7% en el 2010), contribuyendo a reducir el consumo de los combustibles fósiles, particularmente del petróleo y sus derivados en la producción de energía eléctrica, no obstante, el alto riesgo asumido por este tipo de combustible (nuclear).

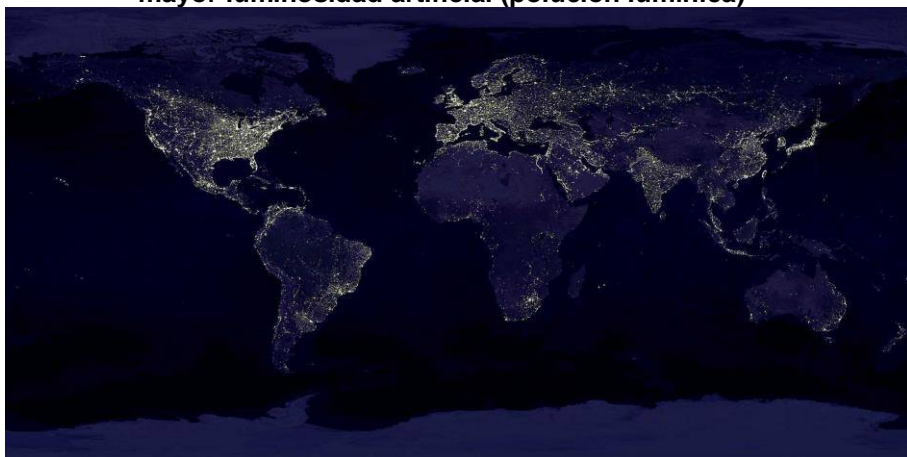
La hidroelectricidad, fuente energética renovable, mantuvo una participación constante y discreta de apenas el 2%, evidenciando ser una fuente inapreciable, en términos globales.

La matriz de energía mundial, en este período de 30 años, no presentó modificaciones estructurales significativas en lo que se refiere a la utilización de fuentes primarias de energía.

Desde la revolución industrial, para abastecer la demanda de energía, la sociedad humana utiliza intensamente los combustibles fósiles. En el siglo XIX, la prioridad fue el carbón mineral, en el siglo XX fue el petróleo y sus derivados mientras que en siglo actual se suma a los tres tipos de combustibles fósiles las energías renovables (biocombustibles, eólica, solar, geotermia, etc.).

La participación de fuentes energéticas renovables es de apenas el 13.1% en el abastecimiento actual de la demanda mundial de energía.

Figura 1.2: Fotografía Satelital de la Tierra con regiones y países con mayor luminosidad artificial (polución lumínica)



Fuente: National Aeronautics and Space Administration (NASA).

En la primera década del nuevo milenio se han tomado decisiones que han cambiado el mapa energético mundial, lo que conlleva consecuencias potenciales de largo alcance para los mercados y el comercio de la energía.



El panorama energético se está redibujando como resultado del resurgimiento de la producción de petróleo y gas en Estados Unidos, depende del éxito de Irak en la revitalización de su sector petrolero, la retirada de la energía nuclear en ciertos países, al rápido crecimiento sostenido del uso de las tecnologías eólica y solar, y a la propagación de la producción de gas no convencional globalmente, sin dejar de citar a los intentos de la reducción del consumo de energía mediante la aplicación de programas de uso eficiente dirigidos a los diferentes sectores económicos.

El abandono de la energía nuclear para la generación de electricidad es una opción política consistente. La idea incluye en algunos países el cierre de las centrales nucleares existentes. Suecia fue el primer país donde se propuso (1980). Siguieron Italia (1987), Bélgica (1999), Alemania (2000) y Suiza (2011) y se ha discutido en otros países europeos. Austria, Holanda, Polonia, y España promulgaron leyes que paralizaron la construcción de nuevos reactores nucleares, aunque en algunos de ellos esta opción se está debatiendo en la actualidad. Nueva Zelanda no utiliza reactores nucleares para la generación de energía desde 1984.

Alemania decidió acelerar el abandono de la energía nuclear hasta el 2022 siendo decisivo el hecho que no pueda descartarse por completo un riesgo residual en el uso de este tipo de energía. El accidente de Fukushima en Japón, ocurrido en marzo de 2011 en un país tecnológicamente muy avanzado, ha puesto de manifiesto que siempre puede haber estimaciones falsas. El hecho que las centrales nucleares alemanas sean seguras con arreglo a los estándares internacionales de seguridad no altera esta valoración básica.

Teóricamente el abandono de la energía nuclear debería promover el uso de fuentes de energía renovables a gran escala.

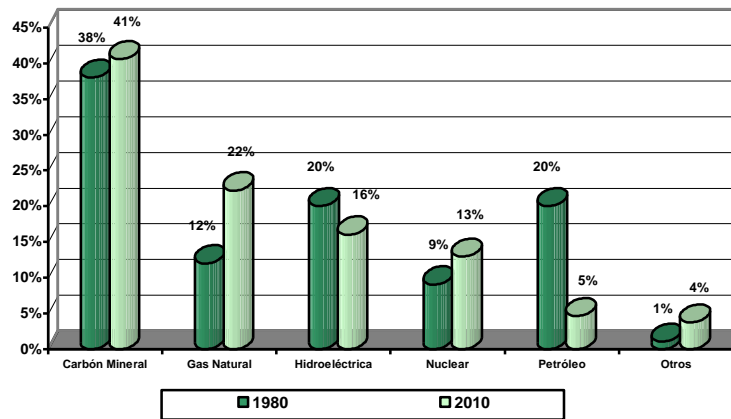
Si se amplían e implementan nuevas iniciativas o políticas en un esfuerzo conjunto por mejorar la “eficiencia energética” mundial, podríamos estar ante un verdadero punto de inflexión.

3. CONTEXTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MUNDIAL

Con relación a la electricidad, en particular, la dependencia mundial de los combustibles fósiles es también elevada. La Figura 1.3 muestra la matriz de energía eléctrica mundial, con las diferentes fuentes, para los años 1980 y 2010.

La oferta de energía eléctrica cambió de 8.269 TWh, en 1980, para 21.431 TWh, en 2010, con una tasa media anual de crecimiento de 3.2%, significativamente superior a la oferta total de energía, de 1.9%, en similar periodo.

Figura 1.3: Matriz de Energía Eléctrica Mundial (años 1980 y 2010)



Fuente: Agencia Internacional de Energía (AIE)

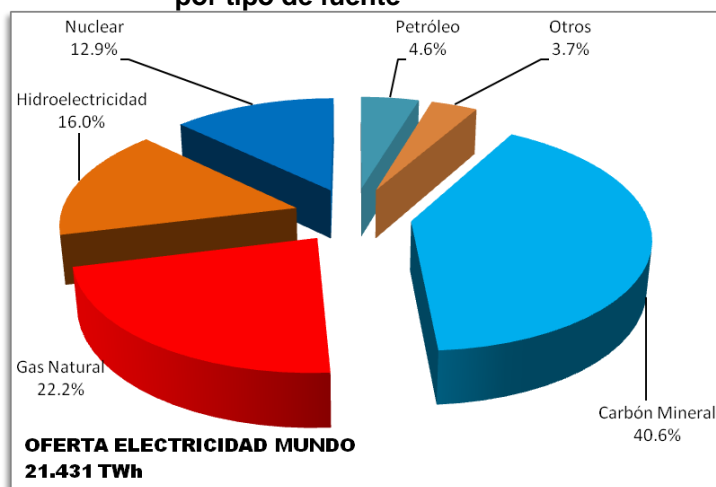
Nota: Otros Incluye Biocombustibles, Geotermal, Solar, Eólico, etc.

Analizando periodos recientes, durante 1998 al 2010, el consumo mundial de energía eléctrica tuvo un crecimiento promedio anual de 3.3%, ubicándose al final de este periodo la producción en 21.431 TWh. Este ritmo de crecimiento ha sido impulsado principalmente por los países asiáticos en transición, en los que el crecimiento económico de los últimos años ha propiciado un efecto de urbanización y un cambio estructural en el consumo. En el caso de China, por ejemplo, los patrones de consumo en el sector residencial continuarán reflejando la migración de la población del medio rural al urbano y con ello, la demanda de energía eléctrica y el uso de combustibles para transporte y uso residencial seguirá creciendo; mientras que en el sector industrial, la dinámica del consumo de electricidad seguirá vinculada a la expansión económica de ese país.

En la Figura 1.4 se observa que el carbón mineral es el energético que más se destaca en el mundo para la generación de electricidad, alcanzando el 40.6%, esto debido a que el carbón tiene un alto grado de penetración en las principales economías del orbe, mientras que la energía nuclear que alcanza el 12.9% es ampliamente utilizada en países como Francia, Rusia, Corea del Sur, EUA y Japón. Luego está el gas natural con el 22.2%, la hidroelectricidad, con el 16.0%, el petróleo y derivados, con 4.6%, y finalmente otros que incluye a biocombustibles, geotermal, solar, eólico, etc., con el 3.7%.

De esta manera la participación de las energías renovables en la matriz eléctrica es del 19.7%, con tendencia a superar ampliamente este valor en los próximos años.

Figura 1.4: Producción mundial de energía eléctrica por tipo de fuente



Fuente: Agencia Internacional de Energía (AIE)

4. ESCENARIO MUNDIAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

La inversión total en el mundo en energías renovables, que en el año 2004 fue de USD 22,000 millones, ascendió en el 2012 a USD 244,000 millones, habiendo crecido de manera espectacular. Aproximadamente la mitad de los 194 GW, estimados de nueva capacidad eléctrica añadidos en el mundo en 2010, corresponde a energías renovables, manteniéndose este crecimiento sostenido en lo posterior, 80 GW de nueva generación en el 2011 y 85 GW en el 2012 (ver Tabla 1.1).

Tabla 1.1: Principales Indicadores de las Energías Renovables en el Mundo

	Unidad	2010	2011	2012
Inversión en incrementar capacidad en energía renovable	Millones USD	227,000	279,000	244,000
Total de capacidad instalada en energía renovable (*)	GW	315	395	480
Total de capacidad instalada en hidroeléctricas	GW	935	960	990
Generación con biocombustibles	GWh	313	335	350
Total de capacidad instalada en centrales fotovoltaicas	GW	40	71	100
Total de capacidad instalada en plantas termo solares	GW	1.1	1.6	2.5
Total de capacidad instalada en centrales eólicas	GW	198	238	283
Total de capacidad instalada de calentamiento solar agua	GW th	195	223	255
Producción anual del etanol	Millones l	85.0	84.2	83.1
Producción anual del biodiesel	Millones l	18.5	22.4	22.5
Países con políticas a energías renovables		109	118	138

Fuente: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century
(*) No incluye generación hidroeléctrica

A principios de 2011 al menos 118 países y en el 2012 un total de 138 países en el mundo tenían políticas de apoyo a las energías renovables o algún tipo de objetivo o cuota a nivel nacional, muy por encima de los 55 países que los tenían en 2005.

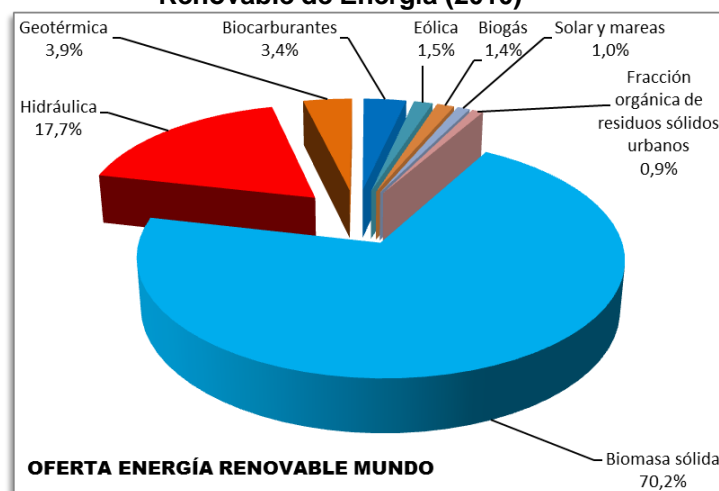
Las energías renovables han sustituido parcialmente a los combustibles fósiles y a la energía nuclear en cuatro mercados distintos: generación de electricidad,

aplicaciones térmicas (calor para procesos industriales, calefacción, refrigeración y producción de agua caliente en el sector doméstico), carburantes para transporte y servicios energéticos sin conexión a red en el ámbito rural en los países en vías de desarrollo.

El creciente interés por las energías renovables especialmente la fotovoltaica y eólica se debe a que estas fuentes energéticas contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, así como las emisiones de otros contaminantes locales, permiten disminuir la dependencia energética y contribuyen a la creación de empleo y al desarrollo tecnológico.

De acuerdo con la International Renewable Energy Agency (IRENA), en el 2010 la oferta total de energía primaria en el mundo fue de 12.717 millones de TEP, de la cual el 13.1% fue producida a partir de fuentes renovables. En la Figura 1.5 se presentan los porcentajes correspondientes a cada fuente energética renovable.

Figura 1.5: Porcentaje de participación del Recurso Renovable de Energía (2010)



Fuente: International Renewable Energy Agency (IRENA)

Debido al amplio uso de la biomasa tradicional de tipo no comercial (para cocinar y calentar las viviendas), en los países en vías de desarrollo la biomasa sólida es, con mucha diferencia, el recurso renovable más utilizado, representando el 9.2% de la oferta de energía primaria total (OEPT) en el mundo y el 70.2% de la oferta de energía renovable global. La energía hidráulica ocupa la segunda posición, con el 2.3% de la OEPT en el mundo, el 17.7% en el ámbito de las energías renovables. La energía geotérmica alcanza el 0.5% de la OEPT y el 3.9% de las energías renovables. Los biocarburantes le siguen de cerca, con el 0.4% de la OEPT y el 3.4% de las renovables. Entre la eólica, la solar y energía mareomotriz cubren el 0.3% de la OEPT, o el 2.5% de las energías renovables.



Países como China, India, Japón y Brasil son países clave en la implementación de energías renovables. China es líder en inversiones en nuevas energías desde el 2010, y también planea serlo en las próximas décadas. Más de 130 millones de hogares chinos ya están provistos de agua caliente proveniente de centrales solares, y más de la mitad de los paneles solares en todo el mundo se encuentran sobre los techos de casas chinas.

Se estima que hasta el 2030, el 30% de la generación de electricidad en función de la oferta de energía primaria total (OEPT) en el mundo será producida con fuentes renovables (en el 2010 el 13.1% fue producida a partir de fuentes renovables).

Brasil presenta una matriz de generación eléctrica de origen predominantemente renovable, siendo que la generación hidráulica representa el 74% de la oferta. Sumando las importaciones, que esencialmente también son de origen renovable, se puede afirmar que 89% de la electricidad en el Brasil es originada por fuentes renovables; actualmente se continúa instalando nuevos generadores eólicos, y se contará con una capacidad de 16 GW hasta el 2020.

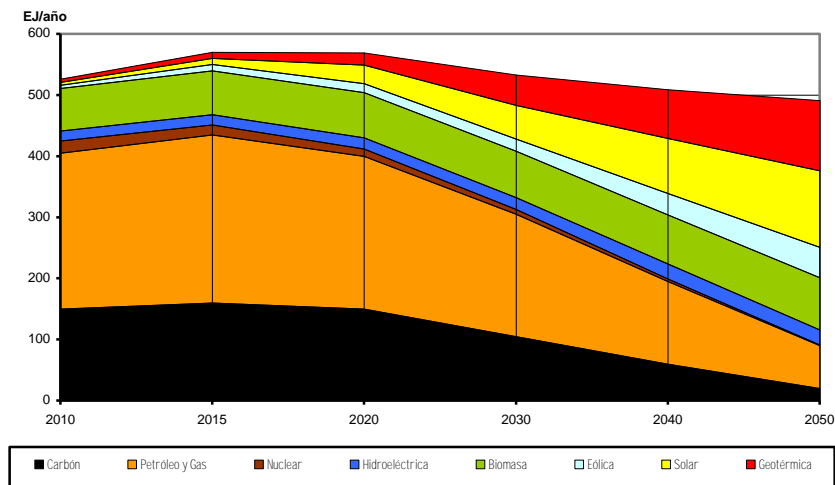
El avance de las energías renovables también recibe gran respaldo por la ventaja económica que éstas representan. Sobre todo, la eólica y la solar, mucho más baratas en comparación con la energía fósil y la atómica. Para los expertos, la fotovoltaica podría producir en el año 2050 ochenta veces más electricidad que hoy en día.

La energía eólica, actualmente la más económica, marcha a pasos agigantados. Especialistas pronostican se alcance unos 1.000 GW en el 2020, es decir, tres veces más que hoy.

En la Figura 1.6 se presenta el escenario mostrando la tendencia de las energías renovables para el año 2050.

El futuro del carbón es muy incierto, ya que dependerá de las opciones energéticas en Asia, y de su competitividad respecto a las demás fuentes de energías en la producción de electricidad, en esta razón se prevé una disminución sostenida a partir del 2020.

Figura 1.6: Escenario Mundial. Giro energético hacia energías renovables hasta el 2050



Fuente: International Renewable Energy Agency (IRENA)

Nota: Energía primaria para electricidad, calefacción, industria y transporte en Exajoules por año en el mundo

5. MATRIZ ENERGÉTICA - CONTEXTO ENERGÉTICO ECUATORIANO

Al cabo de 40 años de explotación petrolera en la Amazonía, la economía ecuatoriana se mantiene altamente dependiente de los hidrocarburos, que representaron el 57% de las exportaciones entre el 2004 y 2010 y aportaron con el 26% de los ingresos fiscales entre el 2000 y 2010.

La relativa abundancia del petróleo en las décadas anteriores ha generado distorsiones en la oferta energética del Ecuador, que no solamente han limitado el aprovechamiento de fuentes renovables de energía, sino que son insostenibles en el mediano plazo, en la medida en la que las reservas petroleras comiencen a agotarse.

La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), cuya misión es contribuir a la integración, al desarrollo sostenible y la seguridad energética de los países latinoamericanos, asesorando e impulsando la cooperación y la coordinación entre sus miembros, ha consensuado las equivalencias energéticas comúnmente utilizadas en los miembros. OLADE ha adoptado el barril equivalente de petróleo (BEP) como unidad común para expresar los balances energético, basado en las siguientes consideraciones:

- Es coherente con el sistema internacional de unidades (SI).
- Expresa aceptablemente una realidad física de lo que significa.
- Está relacionada directamente con el energético más importante en el mundo actual y por lo tanto presenta facilidad en su utilización.
- Su valor numérico resulta representativo para la disimilitud en tamaño de las cifras de los diferentes energéticos entre los países Miembros.

Los productos petroleros como petróleo, gas licuado de petróleo, gasolinas, kerosene/jet fuel, diesel oil y fuel oil, se expresan en barriles americanos que se representan como bbl. Sobre la base del poder calorífico de 1 kg de petróleo que es de 10.000 Kcal, se tienen las siguientes equivalencias (Tabla 1.2):

Tabla 1.2: Equivalencias Energéticas

1 BEP	= 0.13878 toneladas equivalentes de petróleo (TEP)
1 TEP	= 7.205649 barriles equivalentes de petróleo (BEP)
1 barril americano (bbl)	= 42.0 Galones americanos
	= 158.98 Litros
	= 0.15898 Metros cúbicos
1 galón (Fuel Oil)	= 0.003404736 TEP = 0.024533332553664 BEP
1 galón (Disel 2)	= 0.003302303 TEP = 0.023795236309647 BEP
1 galón (Nafta)	= 0.002907111 TEP = 0.020947621470039 BEP
1 pie ³ (Gas natural)	= 0,022278869 TEP = 0.160533710130981 BEP
1 galón (Residuo)	= 0,003302303 TEP = 0.023795236309647 BEP
1 galón (Crudo)	= 0,003404736 TEP = 0.024533332553664 BEP
1 galón (LPG)	= 0,002046800 TEP = 0.014748522373200 BEP
1 Tonelada (Bagazo caña)	= 0.181997480 TEP = 1.311409959764520 BEP
10 ³ kWh electricidad	= 0.61968581 BEP

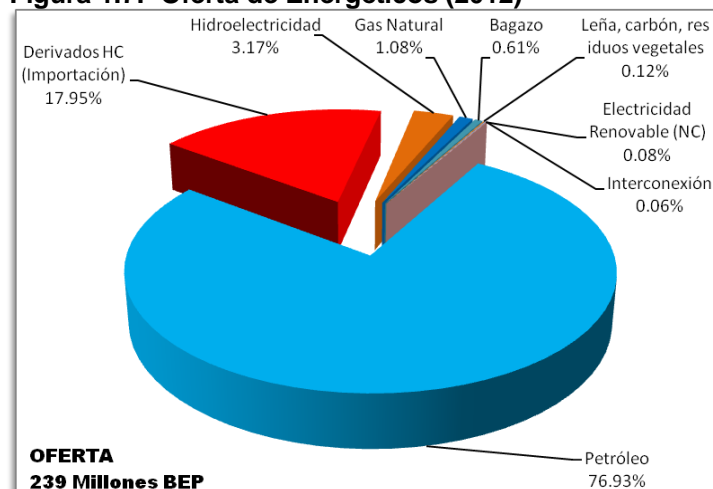
Fuente: Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)
Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC)

5.1. Oferta Energética

La oferta de energía en el Ecuador proveniente de diferentes fuentes, en el 2012 alcanzó el valor de 239.5 millones de barriles equivalentes de petróleo (BEP), de lo cual el petróleo tiene la mayor participación con el 76.9%; seguido de los derivados del petróleo, en su mayoría importados, con el 17.9%; generación hidroeléctrica con el 3.2%; gas natural 1.1%; y, otros con el 0.9% (ver Figura 1.7).

La oferta de energía renovable (hidroelectricidad, bagazo, leña, carbón vegetal y electricidad renovable) en el Ecuador en relación a la oferta total de energía en el 2012 alcanzó el 4.0%.

Figura 1.7: Oferta de Energéticos (2012)



Fuente: Cifras del Sector Petrolero Ecuatoriano. Banco Central del Ecuador. Cálculos del Autor.

Como se mencionó anteriormente, el petróleo es el que mayor aporta en la matriz oferta, en el 2012 la producción ecuatoriana alcanzó a 184.3 millones de BEP (ver Tabla 1.3) lo que significa una producción media de 505 mil barriles diarios, valor inferior al récord registrado en la última década de 536 mil barriles diarios, registrado en el 2006.

Tabla 1.3: Balance Petrolero y sus Derivados (2000 - 2012) (miles de BEP)

Año	Extracción	Exportaciones (Ex)			Importación Derivados	Consumo Interno	Exportaciones Netas (Ex - Im)	PIB ⁵ Millones USD
		Crudo	Derivados	Exportación Total				
2000	146,209	86,197	15,802	101,999	5,832	50,042	96,166	37,632
2001	148,746	89,907	14,332	104,240	8,693	53,199	95,547	38,686
2002	143,759	84,263	13,268	97,531	6,153	52,381	91,378	40,311
2003	153,518	92,442	11,632	104,074	15,759	65,203	88,315	41,762
2004	192,315	129,409	13,556	142,966	17,348	66,697	125,618	45,103
2005	194,172	131,595	12,799	144,394	22,173	71,951	122,221	47,809
2006	195,523	136,634	13,615	150,249	25,932	71,206	124,317	49,915
2007	186,547	124,098	15,160	139,258	29,329	76,618	109,929	51,008
2008	184,706	127,352	15,074	142,426	27,859	70,139	114,567	54,250
2009	177,408	119,558	12,334	131,892	32,179	77,696	99,713	54,558
2010	177,422	124,146	10,259	134,405	41,004	84,020	93,401	56,112
2011	182,357	121,732	11,527	133,259	37,435	86,533	95,824	60,279
2012	184,317	129,516	10,038	139,554	43,015	85,226	96,539	63,293

Fuente: Cifras del Sector Petrolero Ecuatoriano. Banco Central del Ecuador
<http://www.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cspe201375.pdf>

En lo relacionado a la oferta de energías renovables, en el 2007, tres aerogeneradores se instalaron en la isla San Cristóbal, para dotar de 2.4 MW. Este parque eólico permite cubrir el 30% de la demanda de electricidad en la isla. Desde el 2005 también funciona un parque fotovoltaico en Floreana, que cubre el 30% de la energía eléctrica requerida.

⁵ El PIB esta expresado en valores contantes resultado del cambio de año base al 2007, los valores son presentados por el Banco Central del Ecuador (<http://www.bce.fin.ec/frame.php?CNT=ARB0000019>).

5.2. Importación de Energéticos

La importación de energéticos en el Ecuador está constituido en su gran mayoría por los derivados de petróleo entre los que se encuentra el diesel, nafta y gas licuado de petróleo, alcanzando en el 2012 el valor de 43.1 millones de BEP, de esta cantidad 0.1 millones de BEP se debe a la importación de electricidad.

La importación de energéticos representó el 18.0% de la oferta total de energía.

Analizando la matriz de la Tabla 1.3, el consumo interno de los derivados del petróleo, en la última década, tiene una tasa media de crecimiento del 3.2%, valor inferior a la tasa del PIB que fue del 4.7%.

En lo relacionado a la importación de derivados, notable es la tasa de crecimiento que debe ser tomada en cuenta sobre todo cuando se considera que el Estado los subsidia; la tasa media en la última década fue del 12.5%. El crecimiento de la importación es alto en relación a la importación de derivados.

Según la Agencia Pública de Noticias Los Andes ⁶, el subsidio de combustibles costó al Ecuador USD 3,405.66 millones en el 2012, siendo el diesel el derivado de petróleo de mayor importación con el 39.44% (ver Figura 1.8).

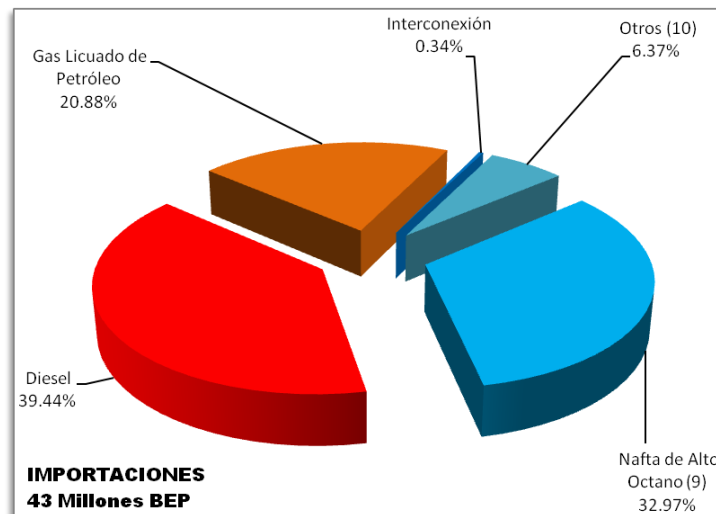
En el 2012 se importaron 16.95 millones de barriles de diesel, utilizado especialmente por el transporte público, camiones y para generación termoeléctrica. El costo de la importación fue USD 2,317.5 millones y se vendió en el mercado local en USD 717.16 millones.

El subsidio a las naftas de alto octano, utilizadas para producir gasolinas extra y súper, especialmente de uso en vehículos particulares, costó USD 1,282.14 millones y representó el 32.97% de la importaciones. En 2012 se importaron 14.23 millones de barriles, con un precio de USD 2,048.15 millones, y se vendió en el país USD 766 millones.

El gas licuado de petróleo (GLP) representó el 20.88% de las importaciones, utilizado para la preparación de los alimentos en forma mayoritaria en el país, tuvo subsidios de USD 522.36 millones; importando 9 millones de BEP a un costo de USD 643.75 millones, que se vendieron en el mercado interno a USD 121.40 millones.

Figura 1.8: Importación de Derivados y otros energéticos (2012)

⁶ <http://www.andes.info.ec/es/econom%C3%ADa/subsidios-combustibles-ecuador-costaron-usd-3405-millones-2012.html>



Fuente: Cifras del Sector Petrolero Ecuatoriano. Banco Central del Ecuador. Cálculos del Autor.

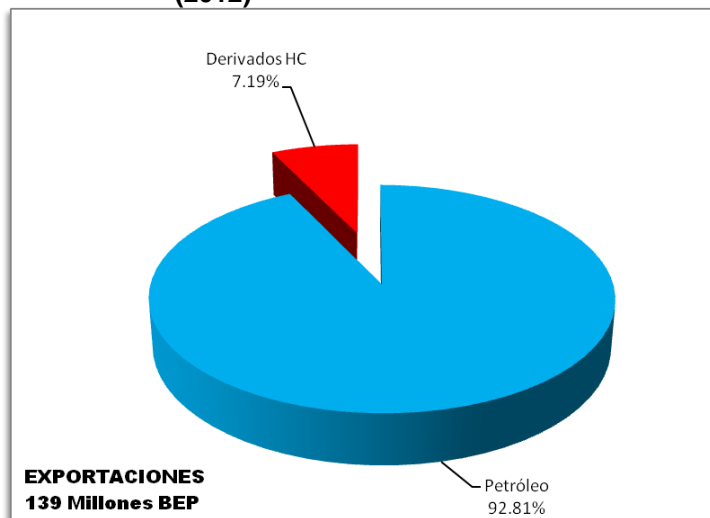
La importación mediante la interconexión eléctrica con los países vecinos (Colombia y Perú) alcanzó el equivalente de 148 mil de BEP (238.2 GWh), siendo éste el valor más bajo en la última década.

5.3. Exportación de Energéticos

Como se mencionó anteriormente, la oferta energética del Ecuador en el 2012 fue de 239.5 millones de BEP. La cantidad de exportaciones fue de 139.5 millones de BEP (ver Figura 1.9), de lo cual, el 92.8% correspondió a crudo y el 7.2% a derivados como el fuel oil y nafta bajo octano. Las exportaciones significaron el 58.2% de la oferta energética.

El 79.8% de las exportaciones petroleras fueron destinadas a Petrochina, ello implicó un incremento cercano al 16% respecto al dato registrado en el 2011, cuando el 64% de las exportaciones de crudo llegaron a manos chinas. Las transacciones se han llevado a cabo bajo los contratos de venta anticipada de petróleo con el gigante asiático que arrancaron en julio del 2009.

Figura 1.9: Exportación de Petróleo y Derivados (2012)



Fuente: Cifras del Sector Petrolero Ecuatoriano. Banco Central del Ecuador. Cálculos del Autor.

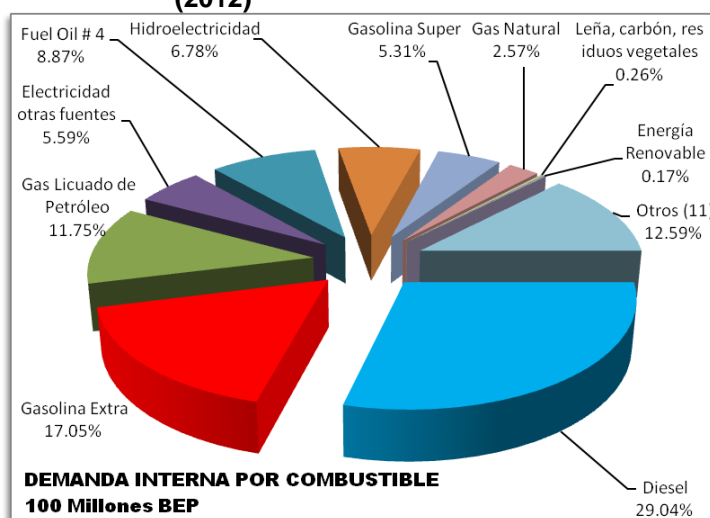
Ecuador cuenta con reservas de crudo de más de 6.000 millones de barriles lo que significa que al ritmo de explotación actual, el tiempo de duración sería de 30 años aproximadamente, aunque sus pozos están considerados como "maduros", esto requiere de nuevas inversiones para mantener y aumentar la producción. No obstante, hay que desarrollar tecnologías adecuadas para cumplir con el menor daño ambiental.

5.4. Demanda de Energéticos

La demanda de los energéticos en el Ecuador durante el 2012 alcanzó a 100.7 millones de BEP. Analizando la demanda, el diesel es el mayor con el 29.0%, usado principalmente para el transporte y la generación termoeléctrica; seguido de la gasolina extra con el 17.0%; gas licuado de petróleo (GLP) con el 11.7%, utilizado esencialmente para la preparación de alimentos; fuel oil # 4 con el 8.8%; hidroelectricidad con el 6.7%; electricidad mediante otras fuentes con 5.5%; gasolina súper con el 5.3%, usado primordialmente en el transporte; entre los principales (ver Figura 1.10).

El Ecuador es un país deficitario en varios de los derivados del petróleo como el gas licuado de petróleo, diesel 2 y naftas; en el país no se logra cubrir la demanda interna con la producción de las refinerías locales, por lo se importan grandes volúmenes de derivados para atender dicha demanda.

Figura 1.10: Demanda Interna por tipo de Energético (2012)



Fuente: Cifras del Sector Petrolero Ecuatoriano. Banco Central del Ecuador. Cálculos del Autor.

El 7.21% de la demanda total de energía en el Ecuador es abastecida por fuentes de energía renovable (ver Tabla 1.4), entre estas se encuentra la hidroelectricidad, leña carbón vegetal, residuos vegetales, fotovoltaica y eólica.

Tabla 1.4: Demanda Interna por tipo de Energético (2012)

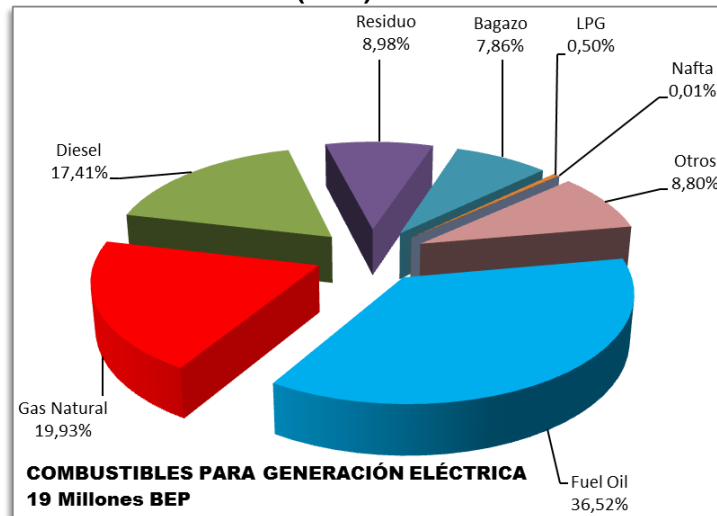
CONSUMO DE ENERGÉTICO	Miles BEP	Participación (%)
Diesel	29,253	29.0%
Gasolina Extra	17,177	17.0%
Gas Licuado de Petróleo	11,838	11.7%
Fuel Oil # 4	8,930	8.9%
Gasolina Súper	5,346	5.3%
Otros (11)	12,682	12.6%
Subtotal	85,226	84.5%
Hidroelectricidad	6,825	6.8%
Electricidad otras fuentes	5,633	5.6%
Gas Natural	2,591	2.6%
Leña, carbón, residuos vegetales	277	0.3%
Energía Renovable	167	0.2%
TOTAL	100,719	15.5%

Fuente: Cifras del Sector Petrolero Ecuatoriano. Banco Central del Ecuador. Cálculos del Autor.

5.5. Derivados para Generación Eléctrica

El sector eléctrico ecuatoriano en el 2012 utilizó 18.7 millones de BEP en combustibles para la generación de electricidad a través de su parque termoeléctrico (ver Figura 1.11). Este valor representa el 7.8% de la oferta total de energía en el Ecuador o el 18.6% de la demanda de energéticos en el país.

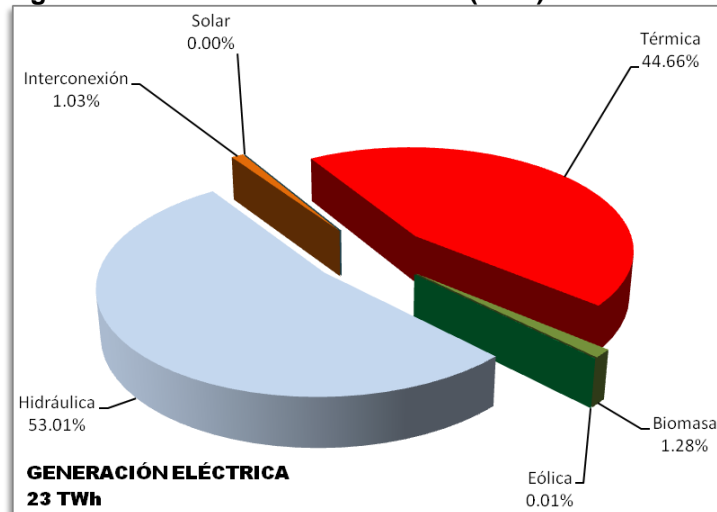
Figura 1.11: Demanda de Derivados para Generación Eléctrica (2012)



Fuente: Cifras del Sector Petrolero Ecuatoriano. Banco Central del Ecuador. Cálculos del Autor.

La producción de energía eléctrica en Ecuador durante el 2012 alcanzó el valor de 23.085 GWh (23.08 TWh) (ver Figura 1.12), mismo que expresado en su equivalente fue de 26.6 millones de BEP.

Figura 1.12: Generación Eléctrica (2012)



Fuente: Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC). Cálculos del Autor.

La producción de energía eléctrica representó el 11.1% de la oferta de energía, así como también el 26.4% del consumo interno de energía (100.7 millones de BEP).

La generación hidroeléctrica representó el 53.0% de la generación eléctrica total. De manera similar, la generación de fuentes renovables de energía representó el 54.3% de la generación total, lo que se puede decir que la

energía no renovable fue del 45.7%, proveniente principalmente de los derivados del petróleo.

6. PERSPECTIVAS FUTURAS

El Ecuador a través del su Plan del Buen Vivir 2013 – 2017 tiene establecidos objetivos en los que señala que la participación de las energías renovables debe incrementarse en la producción nacional. Para el cumplimiento de este objetivo, los proyectos hidroeléctricos del Plan Maestro de Electrificación deben ejecutarse sin dilación; y, adicionalmente, debe impulsarse los proyectos de utilización de otras energías renovables: geotermia, biomasa, eólica y solar.

En este contexto el Ecuador ha logrado avances significativos en materia de energías renovables no convencionales. Proyectos de generación eólica en varios sectores del país y otros de tipo como la solar lo ratifican.

Las instituciones del Estado se centran en el aprovechamiento del potencial hídrico que llega aproximadamente a los 20 GW de lo cual se encuentra instalado solamente 2.25 GW (2012) con grandes proyectos e inversiones en marcha como por el caso de Coca Codo Sinclair (1.5 GW).

En la Tabla 1.5 se presentan los principales proyectos hidroeléctricos del Ecuador, algunos en proceso de construcción, el potencial asciende a 10.33 GW, energía de 55.46 TWh al año equivalente a 34.36 millones de BEP; la inversión para su desarrollo alcanza a USD 14,110.47 millones.

Tabla 1.5: Principales Proyectos Hidroeléctricos en el Ecuador

Proyecto	Inversión (Millones USD)	Capacidad (MW)	Energía (GWh/año)	Equivalente (Miles BEP)	Provincia
Río Zamora	2,245.00	2,000	10,512	6,514	Morona Santiago
Coca Codo Sinclair (*)	1,979.70	1,500	8,731	5,410	Napo
Delsi Tanisagua (*)	230.00	115	904	560	Zamora Chinchipe
Manduriacu (*)	120.00	60	315	195	Pichincha e Imbabura
Quijos (*)	118.28	50	355	220	Napo
Verdeyacu Chico	1,293.00	1,140	5,992	3,713	Napo
Naíza	1,148.00	1,039	5,461	3,384	Morona Santiago
Gualaquiza	892.00	661	3,474	2,153	Morona Santiago
Sopladora (*)	735.19	487	2,800	1,735	Azuay
San Miguel	798.00	686	3,606	2,234	Morona Santiago
Catachi	758.00	748	3,931	2,436	Napo
Chespi – Palma Real	747.00	460	2,418	1,498	Pichincha
Cardenillo	690.00	400	2,102	1,303	Morona Santiago
Toachi – Pilatón (*)	517.00	253	1,120	694	Pichincha
El Retorno	480.00	261	1,372	850	Zamora Chinchipe
Minas – San Francisco (*)	477.30	270	1,290	799	Azuay
Macabelí	462.00	163	857	531	El Oro
Baba	420.00	42	221	137	Los Ríos
TOTAL	14,110,47	10,335,00	55,460,96	34,368,37	

Fuente: CBC (Corporación de Desarrollo Tecnológico de Bienes de Capital). Mayo de 2012

(*) Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Cálculos el Autor.

En lo relacionado al potencial hidroeléctrico presentado en la Tabla 1.5 (10.33 GW), éste representa aproximadamente el 50% del potencial total estimado en el Ecuador, así mismo este valor representa el 181% de la potencia efectiva

(capacidad) instalada hasta el 2012 en el Ecuador (5.8 GW) o el 322% de la demanda máxima registrada en diciembre de 2012 (3.2 GW)

La mayor parte de los proyectos hidroeléctricos tienen como vertiente el río Amazonas, en tanto que en una menor cantidad la vertiente del Océano Pacífico.

En lo relacionado al equivalente energético, los proyectos hidroeléctricos de la misma Tabla 1.5 aportarán a la matriz energética ecuatoriana con 34.4 millones de BEP, este valor es el 14.4% de la oferta energética cifrada en el Ecuador para el 2012.

En la ciudad de Loja, Ecuador, el Parque Eólico Villonaco ubicado a 2.720 metros sobre el nivel del mar; es actualmente el más grande en su clase en el país. Once (11) aerogeneradores instalados en el cerro Villonaco tienen una capacidad instalada de 16.5 MW, producen energía limpia desde inicios del 2013 (ver Figura 1.13).

Figura 1.13: Fotografía del Parque Eólico Villonaco
Loja - Ecuador



Fuente: El Autor

Los principales cambios en la matriz energética a través de las energías renovables se han consolidado en las provincias de Loja, Carchi y Galápagos, con proyectos avanzados en energía eólica, fotovoltaica y biocombustibles.

En octubre del 2012 se inició la construcción de un nuevo parque eólico en Baltra con capacidad de 2.1 MW. Además, están en estudios los proyectos de otros dos parques eólicos, en Salinas, entre Carchi e Imbabura (15 MW), Minas de Huascachaca y el hidroeléctrico Mira.

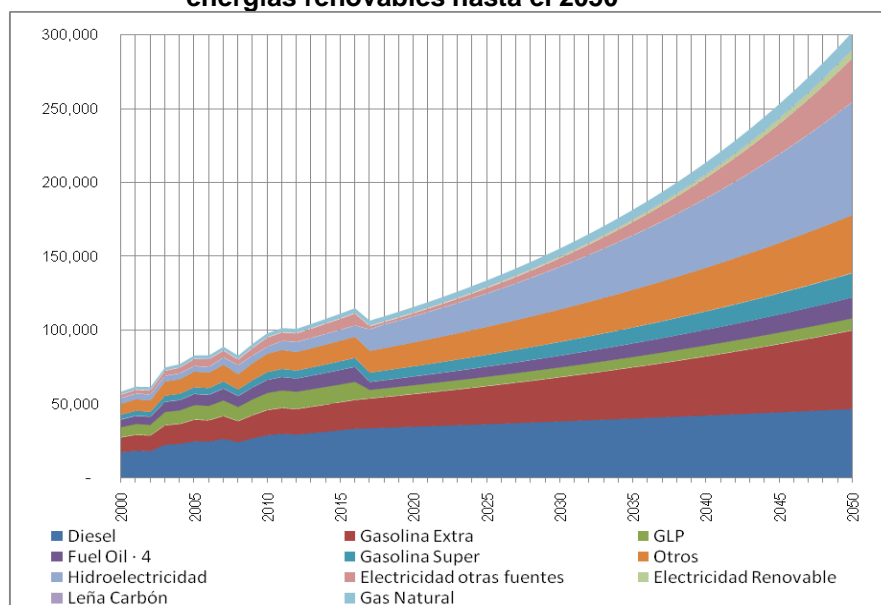
Desde el 2004, la Agencia Alemana de Energía en convenio con el Gobierno Ecuatoriano lanzó el programa Cubiertas Solares para promover proyectos piloto de energía renovable en regiones de alta radiación solar ⁷.

Con los paneles de techo solar, Ecuador se ha puesto a tono con lo último en tecnología fotovoltaica y térmica. Como ejemplo, el Gobierno implementa paneles solares fotovoltaicos en ocho comunas del Golfo de Guayaquil. El proyecto Eurosolar pretende dotar de electricidad a 91 comunidades aisladas con ayuda de la Unión Europea.

Entre 2013 y 2016 se incorporarán al sistema nacional interconectado 3.223 MW esencialmente de energía renovable con inversión pública. Hasta el 2018 se estima se incorporarán 394 MW de inversión privada. Esta inversión mediante la construcción de ocho (8) centrales hidroeléctricas con una inversión de USD 4,983 millones, casi que duplicará la capacidad instalada que actualmente es de 5.8 GW.

La demanda de energía en el Ecuador que en el 2012 fue de 100.7 millones de BEP, se estima crecerá hasta el 2016 llegando a 114.7 millones de BEP, con la incorporación de las nuevas fuentes hidroeléctricas, la demanda en el 2017 se reducirá a 106.2 millones de BEP, esto como consecuencia del mejor uso de los energéticos (ver Figura 1.14). A partir del 2018 hasta el 2050 se prevé un crecimiento sostenido de la demanda de energía del 3.2%, anual algo menor al PIB estimado en 4.6% anual.

Figura 1.14: Escenario Ecuatoriano. Giro energético hacia energías renovables hasta el 2050



Fuente: Cifras del Sector Petrolero Ecuatoriano. Banco Central del Ecuador. Cálculos del Autor.

⁷ http://www.elcomercio.com.ec/tecnologia/radiacion-energia-renovable-Colegio-Aleman_0_711528909.html



De mantenerse estas tendencias, la demanda de energía en el 2050 será de 301.4 millones de BEP. La composición sería de la siguiente manera: gasolinas 23.1%; diesel 15.4%; fuel oil # 4 de 4.7%; GLP; 2.7%; hidroelectricidad 25.4%; electricidad proveniente de otras fuentes 9.8%; electricidad renovable 1.8%; leña y carbón vegetal 0.2%; gas natural 3.8%; y otros 13.1%. De esta manera la participación de energía renovable dentro de la matriz energética será del 27.4%.

Siendo el sector transporte el responsable de algo más del 50% de la demanda de energía, debe tomarse especial atención para la implementación de programas de uso eficiente de energía como los siguientes:

- a) Reducir la cantidad de viajes/desplazamientos de los habitantes. Las reducciones se darían en base a la implementación de nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's)
- b) Usar instrumentos de planificación urbana o planificación del uso de suelo. De esta manera, la planificación urbana puede establecer espacios exclusivamente destinados al transporte público y/o al transporte no motorizado. Además, la planificación urbana puede crear espacios mixtos de zonas residenciales con zonas comerciales y/o industriales, reduciendo la necesidad de largos viajes/desplazamientos.
- c) Incrementar el transporte no – motorizado como el caso del uso masivo de bicicletas para lo cual deben construirse así mismo ciclo vías.
- d) Establecer normas que regulen la organización del transporte, por ejemplo, i) Límites de velocidad; ii) organización del espacio para estacionamiento lo que podría desincentivar el uso de vehículos particulares en zonas urbanas; iii) ordenar el tránsito a fin de mejorar la seguridad en otros modos de transporte (peatones, bicicletas); y, iv) sistemas de restricción vehicular.
- e) Incrementar el transporte colectivo en lugar del transporte de vehículos particulares, para el desarrollo de esta estrategia se debe desarrollar sistemas de transporte cómodos y rápidos como por ejemplo la construcción de trenes rápidos o de la metro vía en las ciudades de Quito y Guayaquil y sistemas de trolebús en el resto de las principales ciudades ecuatorianas.
- f) Usar combustibles o energéticos alternos como el caso de electricidad o biocombustibles, o el cambio de combustibles como por ejemplo, de diesel a gas natural, o a biocombustibles.
- g) Incrementar la eficiencia energética del transporte. Esto significa que los vehículos serán más eficientes en el uso de la energía pudiendo usarse tecnologías híbridas de combustibles fósiles y electricidad. Dentro de



este mismo aspecto está la construcción de carrocerías con materiales livianos (aceros más fuertes, aluminio, magnesio, plásticos) reduciendo el peso del vehículo y su requerimiento energético.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las diferentes fuentes de energías primarias en el mundo, de 1980 y de 2010, la oferta pasó de 7.183 millones de toneladas equivalentes de petróleo (TEP), en 1980, para 12.717 millones de TEP, en el 2010, con una tasa anual media de crecimiento del 1.9%, en el periodo (1980 – 2010).

La oferta de energía eléctrica cambió de 8.269 TWh, en 1980, para 21.431 TWh, en 2010, con una tasa media anual de crecimiento de 3.2%, significativamente superior a la oferta total de energía, de 1.9%, en similar periodo.

En el 2010 la oferta total de energía primaria en el mundo fue de 12.717 millones de TEP, de la cual el 13.1% fue producida a partir de fuentes renovables.

De esta manera la participación de las energías renovables en la matriz eléctrica mundial es del 19.7%, con tendencia a superar ampliamente este valor en los próximos años.

La oferta de energía en el Ecuador proveniente de diferentes fuentes, en el 2012 alcanzó el valor de 239.5 millones de BEP. La oferta de energía renovable en el Ecuador en relación a la oferta de energía en el 2012 alcanzó el 4.0%.

La importación de energéticos en el Ecuador está constituido en su gran mayoría por los derivados de petróleo, alcanzando en el 2012 el valor de 43.1 millones de BEP, de esta cantidad 0.1 millones de BEP se debe a la importación de electricidad. La importación de energéticos representó el 18.0% de la oferta total de energía.

La cantidad de exportaciones fue de 139.5 millones de BEP, de lo cual, el 92.8% correspondió a crudo y el 7.2% a derivados como el fuel oil y nafta bajo octano. Las exportaciones significaron el 58.2% de la oferta energética.

La demanda de los energéticos en el Ecuador durante el 2012 alcanzó a 100.7 millones de BEP, constituyéndose el diesel en el mayor con el 29.0%, usado principalmente para el transporte y la generación termoeléctrica.

El sector eléctrico ecuatoriano en el 2012 utilizó 18.7 millones de BEP en combustibles para la generación de electricidad. Este valor representa el 7.8%



de la oferta total de energía en el Ecuador o el 18.6% de la demanda de energéticos en el país.

La generación eléctrica a través de fuentes renovables de energía (hidroeléctrica y no convencional) en el 2012 representó el 54.3% de la generación eléctrica total, lo que se puede decir que la energía no renovable fue del 45.7%.

El potencial hidroeléctrico de los principales proyectos asciende a 10.33 GW, lo que representa aproximadamente el 50% del potencial total estimado en el Ecuador, así mismo este valor representa el 181% de la potencia efectiva (capacidad) instalada hasta el 2012 en el Ecuador (5.8 GW) o el 322% de la demanda máxima registrada en el Sistema Nacional Interconectado en diciembre de 2012 (3.2 GW)

Se estima que el consumo energético en el Ecuador crecerá hasta el 2016 llegando a 114.7 millones de BEP, con la incorporación de las nuevas fuentes hidroeléctricas, la demanda en el 2017 se reducirá a 106.2 millones de BEP, consecuencia del mejor uso de los energéticos. A partir del 2018 hasta el 2050 se prevé un crecimiento sostenido de la demanda de energía del 3.2% anual algo menor al PIB proyectado de 4.6% anual.



CAPÍTULO II ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL USO DE COCINAS ELÉCTRICAS DE INDUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

El Estado representante de la sociedad ejerce una serie de funciones que influyen en la mejoría de la eficiencia. Los órganos gubernamentales responsables de la formulación e implementación de políticas deben tener una articulación adecuada con las instituciones que promueven la eficiencia energética. Los órganos de mayor incidencia en el Ecuador son el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable y el Instituto de Eficiencia Energética y Energías Renovables.

La Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo – SENPLADES en coordinación con diferentes instancias gubernamentales elaboró el Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV) 2009 – 2013 al que deben sujetarse en forma obligatoria las instituciones y órganos del Gobierno. Dentro de este Plan en forma específica en la *Estrategia 6.7*, que se refiere *al Cambio de la Matriz Energética*, indica lo siguiente: ***El programa de sustitución de cocinas a gas (GLP) por cocinas de inducción deberá ejecutarse tan pronto como exista la factibilidad de la generación eléctrica para este plan.***

Con miras a preparar el programa de implementación de sustitución de cocinas a gas licuado de petróleo (GLP) por cocinas eléctricas de inducción, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) hizo conocer que se encuentra desarrollando el **Plan Nacional de Cocción Eficiente**, razón por la cual se mantienen reuniones entre representantes del sector energético, eléctrico y productivo del país, con el objeto de establecer los requerimientos técnicos del proyecto y definir acciones de corto y mediano plazo para la implementación del mismo, acciones que permitirán estar plenamente preparados para la sustitución tecnológica.

Bajo este contexto, las universidades como actores sociales que impulsan el conocimiento deben verter sus opiniones coadyuvando para que los programas de uso eficiente de energía se lleven a cabo de la mejor manera en beneficio de la sociedad.

2. USO DEL GLP COMO ENERGÉTICO EN EL ECUADOR

Según informes de los organismos gubernamentales, el 96% de la demanda del Gas Licuado de Petróleo (GLP) se destina al sector doméstico o residencial y el restante 4% se destina para uso industrial y comercial. No obstante, se estima en forma real que el 59% se destina para el sector doméstico, 11% al

uso industrial y comercial, 8% al vehicular y el **22% hacia el contrabando** por las fronteras.

Los precios de producción e importación del GLP son altamente superiores a los precios de venta interna, por lo que el gas tiene un subsidio muy alto; pues el cilindro de 15 kg se vende a USD 1.60 mientras que el costo real es alrededor de USD 12.00, lo que equivale a un subsidio del 650% frente a su precio real. En Colombia el cilindro de 15 kg su valor se quintuplica a USD 7.65, y en Perú su valor asciende a USD 15.30.

En el cuadro siguiente (Tabla 2.1) se presenta el uso del GLP en función de los estratos socioeconómicos, donde se aprecia que el estrato más pobre usa el GLP mayoritariamente (97.65%) para la preparación de los alimentos en tanto que el más rico para otros propósitos como el negocio (9.23%, vehículo 0.28%, calefón 12.46%).

Tabla 2.1: Quintiles del uso del GLP en hogares en el Ecuador

Quintiles	Cocinar	Negocio	Vehículo	Calefón	Total
20% más pobre	97.65%	2.32%	0.00%	0.03%	100%
2do. Quintil	94.04%	3.08%	2.71%	0.17%	100%
3er. Quintil	93.12%	6.11%	0.00%	0.77%	100%
4to. Quintil	92.61%	5.74%	0.00%	1.65%	100%
20% más rico	78.03%	9.23%	0.28%	12.46%	100%
País	88.99%	6.10%	0.53%	4.39%	100%

Fuente: INEC-ECV

Analizando las cifras del sector petrolero ecuatoriano y específicamente el GLP, se determina que en el 2012 el volumen importado fue de 9.01 millones de Barriles (Bls), la producción nacional fue de 2.67 millones de Bls y el consumo interno de 11.83 millones de Bls. El precio medio de importación fue de USD 71.84 por Bl y el precio medio de venta fue de USD 13.47 por Bl considerando el precio oficial de venta de un cilindro de 15 kg en USD 1.60 (ver Tabla 2.2).

Tabla 2.2: Balance económico y energético del GLP en el Ecuador

	TOTAL
Volumen Importado (miles Bls)	9,011.60
Producción Nacional (miles Bls)	2,674.00
Consumo interno (miles Bls)	11,835.50
Precio Importación (USD/Bl)	71.84
Costo Importación (miles USD)	643,759.80
Precio Venta Interna (USD/Bl)	13.47
Ingreso Venta Interna (miles USD)	121,400.90
Diferencia Ingreso y Costo (miles USD)	(522,358.90)

Fuente: BCE – Cifras del Sector Petrolero Ecuatoriano 2012

Debido a la diferencia de precios, el Estado subsidió en el 2012 el valor de USD 522.3 millones que corresponde a la diferencia entre USD 643.7 millones por concepto de pago en la importación y USD 121.4 millones que el Estado recibió por la venta del GLP.

Analizando las cifras del Censo del 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC, se determinó que de 3,810,548 hogares

ecuatorianos, el 90.98% usa el GLP como combustible para cocinar, en tanto que el 9.02% usa otros tipos de combustibles (ver Tabla 2.3).

Tabla 2.3: Uso del GLP y otros energéticos en los hogares del Ecuador

Principal combustible o energía para cocinar	Casos	(%)	Acumulado (%)
Gas (tanque o cilindro)	3,454,776	90.66%	90.66%
Gas centralizado	11,961	0.31%	90.98%
Electricidad	16,223	0.43%	91.40%
Leña, carbón	259,216	6.80%	98.21%
Residuos vegetales y/o de animales	515	0.01%	98.22%
Otro (ej. Gasolina, kerex, disesel, etc.)	445	0.01%	98.23%
No cocina	67,412	1.77%	100.00%
TOTAL	3,810,548	100.00%	100.00%

Fuente: INEC – CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2010

Con la información de los cuadros anteriores, se puede determinar que el consumo medio y aproximado de GLP de cada uno de los hogares en el Ecuador es de 3.41 Bls al año, equivalente a 447.45 kg o expresado en números de cilindros de 29.83 al año. Este último valor a su vez equivale a 2.49 cilindros mensuales (de 15 kg).

Sin embargo, considerando el uso real del GLP para cocción, en el sentido que el 59% del consumo interno se lo destina para uso doméstico, el consumo promedio de GLP de cada uno de los hogares en el Ecuador es de 2.01 Bls al año, equivalente a 263.99 kg o expresado en números de cilindros de 17.60 al año o 1.47 cilindros mensuales (de 15 kg), valor calificado como real en razón del alto porcentaje de contrabando.

Analizando el consumo de los hogares **urbanos** del Ecuador, el INEC en el Censo de 2010 determinó que 2,359,523 usan GLP, esto representa el 68.1% del total de los hogares ecuatorianos que usan GLP (ver Tabla 2.4).

Tabla 2.4: Uso del GLP y otros energéticos en los hogares urbanos del Ecuador

Principal combustible o energía para cocinar	Casos	(%)	Acumulado (%)
Gas (tanque o cilindro)	2,347,562	96.24%	96.24%
Gas centralizado	11,961	0.49%	96.73%
Electricidad	14,356	0.59%	97.32%
Leña, carbón	17,924	0.73%	98.05%
Residuos vegetales y/o de animales	46	0.00%	98.05%
Otro (ej. Gasolina, kerex, disesel, etc.)	260	0.01%	98.06%
No cocina	47,253	1.94%	100.00%
TOTAL	2,439,362	100.00%	100.00%

Fuente: INEC – CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2010

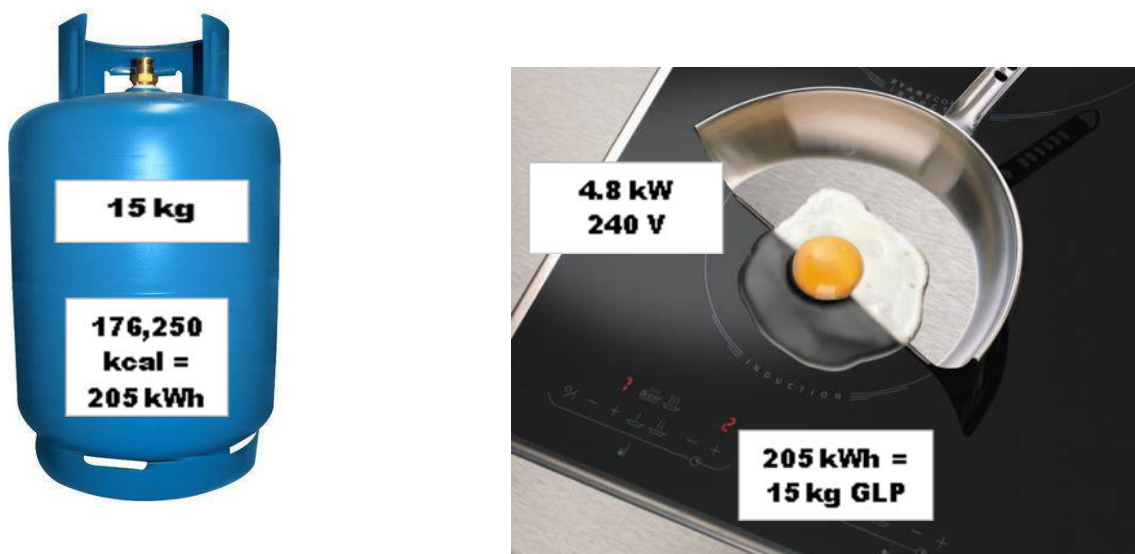
3. EQUIVALENTE ENERGÉTICO ELECTRICIDAD – GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)

La equivalencia entre combustibles comienza con la consideración de los contenidos caloríficos de la electricidad y del gas licuado de petróleo (GLP). Por ejemplo, si la electricidad y el GLP fueran utilizados al 100% de eficiencia, 1 kilogramo de GLP equivale a 13.66 kWh de electricidad.

Tanto la electricidad como el GLP poseen diferentes eficiencias de aprovechamiento, por tanto las comparaciones entre ellos no pueden ser realizadas solamente con el contenido calorífico.

Con la consideración antes mencionada en la Figura 2.1 se presenta el equivalente de un cilindro de 15 kg de GLP que es el más utilizado en la cocción doméstica.

Figura 2.1: Equivalente energético entre GLP y electricidad



Fuente: El Autor

A continuación se presenta en forma resumida el principio de funcionamiento de la cocina eléctrica de inducción.

La cocina de inducción está constituida básicamente por una bobina de hilos de cobre ancha y plana que es el corazón de la cocina. La corriente eléctrica que circula por esta bobina genera un campo electromagnético de tal intensidad que, al atravesar sobre un material adecuado, como una cazuela de hierro, genera en él un exceso de energía tal que se transforma en calor. El incremento de la temperatura es más rápido que en una cocina eléctrica convencional y el control de la temperatura es instantáneo, como el de apagar una llama de gas.

Los únicos recipientes adecuados para una cocina de inducción son los de hierro fundido. Este material está compuesto de una infinidad de microimanes que responden a los campos magnéticos variables, incluso débiles, reorientando sus cargas eléctricas e incluso moviéndose físicamente si los trozos de hierro son lo bastante pequeños. El intenso campo alterno creado por la bobina de inducción de la cocina provoca reorientaciones continuas de los microimanes del hierro, que se transforman en calor. Ningún otro material (cobre, aluminio o cerámica) responde así al campo, aunque se venden adaptadores que permiten usarlos en este tipo de cocinas, si bien perdiendo de paso buena parte de su eficiencia.

4. EFICIENCIA DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN Y DE GLP

Un estudio realizado en la Facultad de Ingeniería de la Escuela Politécnica Nacional a través de la realización de una tesis de grado en mayo de 2010 [1], determinaron experimentalmente la eficiencia de las cocinas de inducción y las de GLP.

Definiendo la eficiencia de cocción:
$$\eta_{Coc} = \frac{E_A + E_O + E_T}{E_C} * 100$$

η_{Coc} = Eficiencia de Cocción

E_A = Energía suministrada al agua ($m * C_p * \Delta T$)_A

E_O = Energía suministrada a la olla ($m * C_p * \Delta T$)_O

E_T = Energía suministrada a la tapa ($m * C_p * \Delta T$)_T

E_C = Energía total consumida (medida para cocina de inducción y calculada para cocina de GLP)

ΔT = (T₂ – T₁) temperatura final del sistema – temperatura inicial de cada elemento

De esta manera, la cocina de inducción tiene una eficiencia del 80.6% (incertidumbre del $\pm 1.93\%$) en tanto que la cocina de GLP del 51.26% (incertidumbre del $\pm 3.36\%$).

5. RENDIMIENTO DE LA CADENA ENERGÉTICA PARA EL USO DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN Y DE GLP

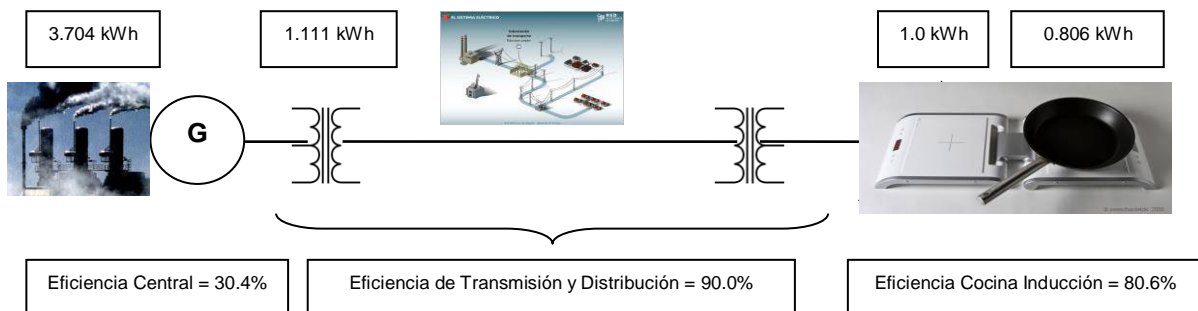
Analizando la cadena energética que contempla desde la generación hidroeléctrica hasta el uso final de la cocina de inducción se determina que el rendimiento del conjunto, para usar 0.806 kWh en el uso final debe tenerse un potencial hidroeléctrico de 1.424 kWh. Esto representan un rendimiento total del 56.6% (ver Figura 2.2).

De la información anterior se determina que el rendimiento de las centrales termoeléctricas ecuatorianas desde el punto de vista energético es del 30.4%.

El subsidio de los combustibles para la generación eléctrica en el 2012 se estima en USD 954.9 millones; valor que dejaría de gastarse por parte del Estado en caso de cambiarse la matriz eléctrica usando mayoritariamente energías renovables. De manera similar, aplicando los valores antes señalados, el subsidio por cada kWh generado es de 10.1 cUSD.

Analizando la cadena energética de termoelectricidad hasta el uso final de energía en cocinas de inducción se determina que el rendimiento total es del 21.8%. En la figura siguiente se detalla el proceso (Figura 2.3).

Figura 2.3: Cadena de eficiencia con central termoeléctrica



Fuente: El autor

Analizando la eficiencia energética desde la refinación del GLP hasta el uso final de energía en cocinas de GLP se determina que el rendimiento total es del 42.99%. En la figura siguiente se detalla el proceso (Figura 2.4).

Figura 2.4: Cadena de eficiencia con GLP



Fuente: [2] y el Autor

La diferencia entre las eficiencias en el uso de la electricidad y del GLP para cocción es muy significativa. Esta diferencia se debe principalmente a la etapa de generación de electricidad que usa como combustibles los derivados del



petróleo con una eficiencia de conversión calorífica de aproximadamente el 30.4% para el parque termoeléctrico ecuatoriano.

Sin embargo, asumiendo que la generación de electricidad sea eminentemente hidroeléctrica se determina una eficiencia del 68.91% (generación 95.0%; transmisión y distribución 90.0%; y, cocinas de inducción 80.6%) hasta el uso final de la energía, en tanto que, la eficiencia para la cadena del GLP es del 42.99%. Esto representa una relación de 1.6 que coincide con la literatura de American Gas Association ⁸.

6. CAMBIO DE ELECTRICIDAD POR GLP COMO ENERGÉTICO DE COCCIÓN

La implementación de programas de uso eficiente de energía requiere conocer las necesidades de los consumidores para gestionar en forma razonable la manera de satisfacer tales necesidades en términos de costos. Así mismo es necesario capacitar a los consumidores energéticos la adopción de las nuevas tecnologías o el uso de los energéticos alternativos.

La utilización de la energía eléctrica en forma más eficiente podría disminuir la dependencia de las importaciones de los combustibles como el GLP. El costo de aumentar esta eficiencia debe ser considerada en el balance de las estrategias.

El subsidio de combustibles costó en Ecuador 3.405,66 millones de dólares en 2012, reporta el Banco Central, que indica que la mayor parte (47%) se debe a la comercialización de diésel. De esta cantidad, el 26.6% representaron los subsidios a los combustibles para la generación eléctrica.

El año anterior se importaron 17 millones de barriles de diésel, combustible utilizado especialmente por el transporte público, camiones y para la generación termoeléctrica. El costo de la importación fue USD 2.317,5 millones de dólares, que se comercializaron en el mercado local en USD 717,16 millones.

6.1. ASPECTOS SOBRE LA DEMANDA DE ENERGÍA

Considerando que el consumo medio de los hogares ecuatorianos es de 1.47 cilindros de 15 kg al mes y que todos entrarían al programa de uso eficiente de energía, el consumo de electricidad se incrementaría en 7,800.45 GWh al año (la demanda de energía facturada en el 2012 fue de 16,090.02 GWh al año), lo que representa el crecimiento del 48.5%.

Por otro lado, bajo la consideración que el consumo medio de los hogares urbanos ecuatorianos es de 1.47 cilindros de 15 kg al mes y que todos

⁸ http://www.asge-national.org/Content/Library/Flue_Gas_Analysis.pdf



entrarían al programa de uso eficiente de energía, aplicando la mejora en el rendimiento (de 42.99% a 68.91%) y el equivalente energético, cada uno de los hogares urbanos incrementaría su consumo eléctrico en 187.51 kWh por mes o 5,309.13 GWh al año a nivel de país lo que representa el crecimiento del 33.0%.

Los costos de la energía eléctrica para las empresas eléctricas distribuidoras, según estudio del CONELEC, tiene un valor de 8.265 cUSD/kWh (sin tasas e impuestos para el 2012); por tanto, cada uno de los hogares insertos en el programa de uso eficiente de energía pagará mensualmente USD 15.50 adicionales por el consumo de electricidad (valor equivalente a 1.47 cilindros de 15 kg).

Escenario 1

Se elimina el subsidio al GLP (precio del cilindro USD 12.00) y no se contempla un subsidio a la electricidad, el usuario con una cocina de inducción pagaría el 11.9% más bajo que con una cocina de GLP (relación de pago mensual entre USD 15.50 y USD 17.60).

Escenario 2

Baja el precio de la electricidad por la puesta en operación de las nuevas centrales hidroeléctricas en construcción, el pago adicional a realizar por un hogar ecuatoriano inserto en el programa de uso eficiente será de USD 9.87 por mes (sin tasas e impuestos), lo que representa el 43.9% más bajo que el uso del GLP (USD 17.60 sin subsidio).

El estudio de costos realizado por el CONELEC determinó que el costo de la energía eléctrica para el 2012 fue de 8.265 cUSD/kWh y el precio medio de venta de 7.746 cUSD/kWh, lo que significa que el déficit tarifario es de 0.519 cUSD/kWh equivalente a USD 81.63 millones en el año 2012.

No obstante, debe tomarse en cuenta que actualmente el cilindro tiene subsidio y su precio al público es de USD 1.60. Los hogares ecuatorianos siempre tomarán como referencia este valor, razón por la cual debe considerarse un subsidio al GLP dirigido a los sectores socioeconómicos más desfavorecidos económicamente.

Funcionarios del CONELEC han manifestado la idea de subsidiar 100 kWh mensuales a los hogares que usen las cocinas de inducción, esta cantidad de energía representa aproximadamente el 53.3% del consumo mensual de un hogar (187.51 kWh por mes).

El programa será efectivo cuando el servicio energético con electricidad pueda ser abastecido con menor costo que el costo real del cilindro de GLP (en caso de eliminarse el subsidio).



6.2. ASPECTOS SOBRE LA DEMANDA DE POTENCIA

Usando la información de la referencia [2] se determina que la demanda máxima de cada una de las cocinas de inducción sería de 1.81 kW para la preparación de los alimentos (desayuno, almuerzo o merienda). La capacidad instalada de la cocina de inducción es de 4.8 kW.

Escenario Pesimista

Asumiendo la probabilidad de simultaneidad en el uso de las cocinas de inducción del 69.9% para la preparación del desayuno, del 77.7% para el almuerzo y del 88.2% para la merienda, el valor unitario de demanda máxima sería el siguiente: 1.26 kW; 1.40 kW; y, 1.59 kW, respectivamente. De esta manera el crecimiento de la demanda del sistema eléctrico ecuatoriano entre las 06h00 a 08h00 sería de 2,979 MW, entre las 11h00 a 13h00 de 3,311 MW y entre las 18h00 a 20h00 de 3,759 MW, esto en caso de implementación del programa dirigido exclusivamente al sector urbano.

El incremento en la demanda de 3,759 MW representa el 117.1% en relación a la demanda máxima registrada en diciembre de 2012 (3,209.2 MW)

Tomando valores de los estudios de costos marginales a largo plazo, el valor para la transmisión y distribución es de USD 148.50 por kW-año o USD 1,164.71 por kW en el tiempo de la vida útil, esto significa que deberán realizarse inversiones por USD 4,378.13 millones en estas etapas funcionales para suplir la nueva demanda por la aplicación del programa de uso eficiente de energía. Este valor no considera la inversión en las instalaciones internas del usuario final.

Escenario Optimista

Asumiendo la probabilidad de simultaneidad en el uso de las cocinas de inducción del 48.9% para la preparación del desayuno, del 54.4% para el almuerzo y del 61.7% para la merienda, el valor unitario de demanda máxima sería el siguiente: 0.88 kW; 0.98 kW; y, 1.12 kW, respectivamente. De esta manera el crecimiento de la demanda del sistema eléctrico ecuatoriano entre las 06h00 a 08h00 sería de 2,085 MW, entre las 11h00 a 13h00 de 2,318 MW y entre las 18h00 a 20h00 de 2,631 MW, esto en caso de implementación del programa dirigido exclusivamente al sector urbano.

El incremento en la demanda de 2,631 MW representa el 82.0% en relación a la demanda máxima registrada en diciembre de 2012 (3,209.2 MW)

Tomando valores de los estudios de costos marginales a largo plazo, el valor para la transmisión y distribución es de USD 148.50 por kW-año o USD 1,164.71 por kW en el tiempo de la vida útil, esto significa que deberán



realizarse inversiones por USD 3,065.02 millones en estas etapas funcionales para suplir la nueva demanda por la aplicación del programa de uso eficiente de energía. Este valor no considera la inversión en las instalaciones internas del usuario final.

7. AHORROS PARA EL ESTADO ECUATORIANO

De la información anteriormente presentada se determina que el subsidio del Estado al uso del GLP en el 2012 fue de USD 522.3 millones y el subsidio por déficit tarifario de USD 81.63 millones lo que suma USD 603.9 millones.

En caso de eliminarse el subsidio al GLP, implementarse el programa de uso eficiente en el sector urbano, el Estado deberá reconocer por concepto de déficit tarifario el valor de USD 109.2 millones, es decir se habrá ahorrado el valor de USD 494.7 millones al año.

En caso que se otorgue el subsidio total a los 100 kWh de los hogares insertos en el programa, el Estado deberá reconocer por este concepto el valor de USD 234.0 millones que sumado al déficit tarifario de USD 109.2 millones resulta el valor total de USD 343.2 millones. Existiendo un ahorro para el Estado de 260.7 millones al año.

Por otro lado, como consecuencia del cambio de la matriz eléctrica en donde la generación sería mayoritariamente con energías renovables, el Estado se ahorraría el valor de USD 954.9 millones al año.

8. CONCLUSIONES

De lo anterior se desprende que al eliminar el subsidio al GLP y tratar de implementar un programa de sustitución de este combustible por electricidad, necesariamente deberá haber un subsidio directo a la electricidad especialmente al quintil más pobre de los hogares urbanos ecuatorianos.

El cambio a cocinas de inducción en todos los hogares ecuatorianos hará crecer la demanda de energía facturada en 7,800.45 GWh al año. Considerando los hogares urbanos, el crecimiento de la demanda de energía será de 5,309.13 GWh al año lo que representaría un crecimiento del 33.0% (valor comparable con la producción del proyecto Coca Codo Sinclair estimada en 10,000 GWh/año y 1,500 MW de capacidad). Mientras que la demanda de potencia por la implementación del programa en el sector urbano tendría un crecimiento de 3,759 MW equivalente al 117.1% (Escenario Pesimista) o 2,631 MW que representa un crecimiento del 82.0% (Escenario Optimista).

El sector de la transmisión y distribución requiere una inversión aproximada de USD 4,378.13 millones para poder suplir el incremento de la demanda



producida por el programa de las cocinas eléctricas de inducción en el Escenario Pesimista y de USD 3,065.02 millones en el Escenario Optimista.

De lo expuesto se estima que el proyecto de cambio de cocinas de inducción estará dirigido a ciertos segmentos o estratos de la población ecuatoriana sin que se conozca mayores detalles al respecto por parte de los organismos rectores del sector energético.

El uso de las cocinas de inducción tiene su mayor impacto en los “picos” de la curva de carga dado que las horas de cocción coinciden con la misma, perjudicando al factor de carga y al óptimo operacional del sistema eléctrico de potencia.

Con los antecedentes citados es necesario direccionar adecuadamente las políticas para la aplicación del programa ya que los ahorros para el Estado por la eliminación del subsidio al GLP, pueden significar grandes inversiones en el sector eléctrico para suplir el crecimiento de la demanda de potencia y energía.

La implementación del programa de cocinas de inducción y del cambio de la matriz eléctrica usando mayoritariamente energías renovables puede significar al Estado ahorros anuales entre de USD 1,167.2 millones y USD 1,401.2 millones.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] BCE (BANCO CENTRAL DE ECUADOR). Cifras del Sector Petrolero Ecuatoriano. (<http://www.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/indice.htm>). Acceso junio de 2013.
- [2] BCE (BANCO CENTRAL DE ECUADOR). Estadísticas Macroeconómicas, Presentación Coyuntural. (<http://www.bce.fin.ec/frame.php?CNT=ARB0000019>). Acceso junio de 2013.
- [3] BANCO INTERNACIONAL DE RECONSTRUCCIÓN Y FOMENTO/OBANCO MUNDIAL (2010): *Desarrollo y Cambio Climático*. Coedición del Banco Mundial, Mundi-Prensa y Mayo I Ediciones.
- [4] CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD, *Análisis de Costos para Empresas Eléctricas Sujetas a Regulación de Precios*, CONELEC, Quito, 2012.
- [5] CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD, *Estadísticas y Mapas. Indicadores de Energía Eléctrica Anuales*, CONELEC, Quito, 2013.
- [6] Gas Appliance Engineers Handbook. (http://www.asge-national.org/Content/Library/Flue_Gas_Analysis.pdf). Acceso mayo de 2013.
- [7] HERRERA HERRERA, Alfonso, *Tesis Gerenciamento da Demanda Mediante Substituição Energética na Cocção Residencial*, Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidades de São Paulo, São Paulo, 1996.
- [8] HUBENTHAL, Andrés, *Artículo, Evaluación del sector transporte en Ecuador con miras a plantear medidas de mitigación al Cambio Climático* (<http://web.ambiente.gob.ec/sites/default/files/users/dhermida/trasnporte.pdf>). Acceso julio de 2013.
- [9] IEA (International Energy Agency) (2010): *World Energy Outlook 2010*, OECD/IEA, Paris.
- [10] IEA (International Energy Agency) (2011a): *World Energy Outlook 2011*, OECD/IEA, Paris.
- [11] IEA (International Energy Agency) (2011b): *Deploying Renewables. Best and Future Policy Practice*, OECD/IEA, París.



- [12] IEA (International Energy Agency): *Key World Energy Statistics*, OECD/IEA, París, 2012.
- [13] IEA (International Energy Agency) (2011d): *Renewables Information 2011 with 2010 data*, OECD/IEA, París.
- [14] IEA (International Energy Agency) (2012): *Energy Policies of IEA Countries- Denmark-2011 Review*, OECD/IEA, París.
- [15] IRENA (International Renewable Energy Agency) (2012): *Renewable Energy Country Profiles*. Latin America. Junio 2012 (www.irena.org).
- [16] OLADE (Organización Latinoamericana de Energía): *Metodología de Conversión de Unidades. Guía M-5*, Quito, 2004.
- [17] PEÑA IDROVO, Adrián, Tesis *Estudio Técnico-Comparativo para la Introducción de Cocinas Eléctricas de Inducción Magnética en el Ecuador*, Escuela Politécnica Nacional, Quito, mayo de 2010.
- [18] REN 21 (Renewable Energy Policy Network) (2012): *Renewables 2013 Global Status Report*. (ISBN 978-3-9815934-0-2). París Francia. 2012.
- [19] VENTURA FILHO, Altino, *O Brasil no Contexto Energético Mundial*, Vol. 6, Nova Serie, Núcleo de Análise Interdisciplinar de Políticas e Estratégias da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, novembro de 2009.



LISTA DE ABREVIATURAS

MEER	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
INER	Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables
PIB	Producto Interno Bruto
TEP	Toneladas Equivalentes de Petróleo
AIE	Agencia Internacional de Energía
OEPT	Oferta de Energía Primaria Total
GLP	Gás Licuado de Petróleo
BEP	Barril Equivalente de Petróleo

Loja, agosto de 2013