

Aliaga Lordemann, Javier; Villegas Quino, Horacio

Working Paper

Articulación del mercado de las energías renovables en Bolivia

Documento de Trabajo, No. 11/11

Provided in Cooperation with:

Instituto de Investigaciones Socio-Económicas (IISEC), Universidad Católica Boliviana

Suggested Citation: Aliaga Lordemann, Javier; Villegas Quino, Horacio (2011) : Articulación del mercado de las energías renovables en Bolivia, Documento de Trabajo, No. 11/11, Universidad Católica Boliviana, Instituto de Investigaciones Socio-Económicas (IISEC), La Paz

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/72772>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



Instituto de Investigaciones Socio Económicas

Documento de Trabajo No. 11/11
Octubre 2011

**Articulación del Mercado de las
Energías Renovables en Bolivia**

por:
Javier Aliaga Lordemann
y Horacio Villegas Quino

1. Introducción

Durante la última década, a pesar de los enormes esfuerzos del Gobierno Nacional, la ausencia de datos de alta calidad, de recursos humanos altamente calificados y de una agenda de investigación respecto del sector energético nacional, ha convertido a este sector en una gran preocupación para el país – limitando la capacidad para construir escenarios económicos, de requerimientos energéticos y de balances de energía útil – en este sentido las políticas energéticas muchas veces se han construido buscando la optimización individual de un sistema energético y/o en su defecto la consecución de un objetivo de política nacional antes que la gestión integral de la matriz energética – los resultados muestran de manera contundente que el sistema energético de Bolivia presenta problemas en la estructura de sus agregados energéticos así como en el funcionamiento de sus diferentes sub-sectores.

En este marco, el presente trabajo busca contribuir con criterios y metodologías que permitan prospectar escenarios económicos-energéticos-ambientales-recursos humano con el objetivo de evaluar el desempeño de la Matriz Energética (ME) bajo diferentes criterios y cierres de política tecnológica.

El modelo ajustado está configurado en dos etapas – en la primera etapa se desarrolla mediante un esquema Bottom-Up el desempeño de mediano y largo plazo de la ME. Este esquema constituye un modelo de programación matemática que se centra en detalles sectoriales y tecnológicos y por lo tanto busca analizar los cambios específicos que se deben implementar sobre una tecnología en concreto para poder alcanzar un resultado deseado. En la segunda etapa, en base a estos resultados se simulan escenarios de requerimientos energéticos a nivel tecnológico y de recursos humanos.

El procedimiento para elaborar el modelo fue el siguiente: Primero se definió un modelo computable para la ME sin considerar ningún tipo de perturbaciones (escenario base). Luego se plantearon supuestos específicos que permitieron elaborar diferentes escenarios sobre los cuales se simuló el comportamiento de la ME de Bolivia hasta el año 2025. Posteriormente se calcularon los requerimientos de recursos humanos asociados, para finalmente arribar a una batería de conclusiones y recomendaciones de política.

El trabajo abordó en esencia dos escenarios - el primero denominado ES-1 se elaboró en base a información y estrategias oficiales del país – el segundo escenario denominado ES-2 comprende supuestos de mitigación y eficiencia energética. A partir de estos escenarios se definió el comportamiento contextual de los agregados energéticos de la ME boliviana y se calculó la cantidad de profesionales requeridos por tipo de energía hasta el 2025.

Finalmente, la estructura del documento es la siguiente: en la segunda sección se describe el Sistema Energético Boliviano. En la tercera sección se detalla el rol de las energías renovables en el país. En la cuarta sección se presentan los supuestos de las simulaciones, en la quinta los resultados del modelo y finalmente se muestran las principales conclusiones y recomendaciones del estudio.

2. El Sistema Energético Boliviano¹

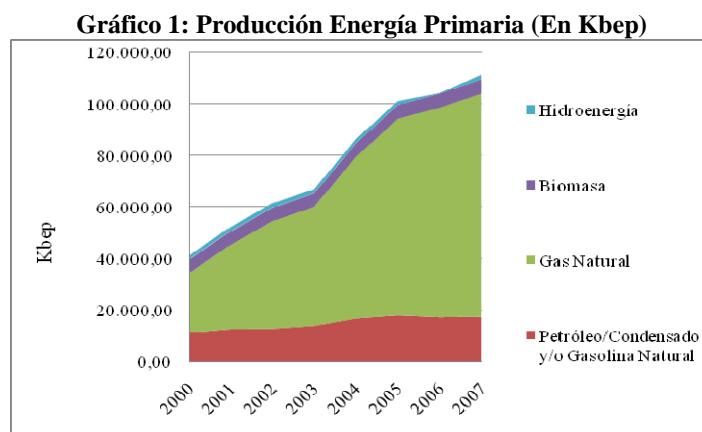
Para el desarrollo de este trabajo de investigación, se vio por conveniente realizar una aproximación metodológica al sistema energético a través del análisis del Balance Energético² Nacional (BEN) elaborado para el 2007.

2.1 Evolución Histórica de los Agregados Energéticos

La producción de energía primaria ha ido creciendo a través de los años³, es así que la oferta total de energía primaria por habitante ha ido cambiando de 3,08 Bep/hab en 2000 a 4,54 Bep/hab a finales del 2007. Sin embargo la intensidad energética del país se mantenido casi estable denotando el lento avance tecnológico en el sector energético y el consumo de energía secundaria (electricidad) ha pasado de 0,10 Bep/hab en el año 2000 a 0,129 Bep/hab en el 2007. Este cuadro requiere ser complementado por un análisis detallado respecto de la evolución de los principales agregados energéticos.

- Producción y Oferta de Energía Primaria

En Bolivia la producción de energía primaria esta compuesta principalmente por cuatro energéticos: gas natural, petróleo condensado y/o gasolina natural, biomasa e hidroenergía. La producción de energía primaria entre 2000 y 2007, ha mantenido una tendencia creciente, acentuada en los años 2003 y 2004. En el Grafico 1, se puede observar además que la hidroenergía no ha crecido prácticamente nada en los últimos 10 años, mientras que la producción de Gas Natural casi triplicó su producción respecto al año 2000.



Fuente: Elaboración propia en base al BEN 2007

Según el Balance Energético Nacional 2007, elaborado por el Ministerio de Hidrocarburos y Energía (MHE), la producción total de energía primaria en Bolivia fue de

¹ La principal fuente de información utilizada para configurar el año base es el Balance Energético Nacional 2007, elaborado por el Ministerio de Hidrocarburos y Energía de Bolivia. Al mismo se le han efectuado algunos ajustes metodológicos menores a fin de adecuarlo al presente estudio.

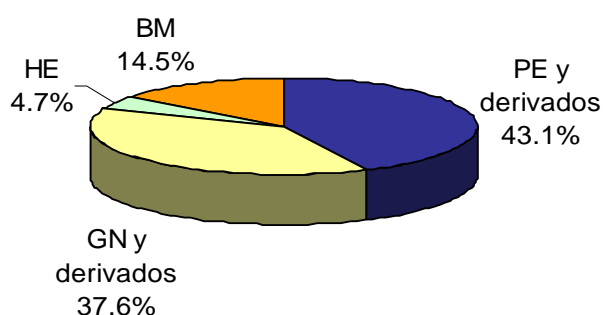
² Definimos un balance energético como un instrumento que busca convertir las fuentes y formas de energía a su equivalente energético del nivel primario hasta el consumo final de energía, no se cubren las pérdidas al nivel del consumidor final (la energía útil).

³ Este agregado ha pasado de 41.241 Kbp en el año 2000 a 111.451 Kbp en el 2007.

111,451 kBep. La estructura de esta producción principalmente por Gas Natural (78%), un 16% de Petróleo, un 5% de Biomásas y 2% restante de Hidroenergía. El balance se cierra con un saldo exportador sobre producción de 83%.

Según Aliaga (2008) la oferta interna bruta total (OIBT)⁴ en 2007 fue de 38,050 kBep, con una estructura de 43% de Petróleo (PE) y derivados; un 38% de Gas Natural y derivados; un 14% de Biomásas (BM) y el 5% de Hidroenergía (HE). Por origen el 97% fue producción nacional de fuentes primarias y el 3% corresponde a importación. Por destino fue a exportación el 66% y al abastecimiento de los centros de transformación, al consumo propio y al consumo final de los sectores un 33%⁵, donde el 94% de las exportaciones fue Gas Natural (Véase, Gráfico 2).

Gráfico 2: Estructura de la Oferta Interna Total – Año 2007



Fuente: Elaboración propia a partir del BEN 2007.

Donde:

BM = Biomasa; PE = Petróleo; GN = Gas Natural; HE = Hidro-energía

Por estructura de oferta el 81%, está compuesta por recursos no renovables y un 19% por renovables – con fuerte dependencia de fuentes no renovables – al mismo tiempo se evidencia un perfil energético exportador – de la producción primaria el 64% es Gas Natural que se destina a la exportación – así como una estructura energética doméstica poco diversificada – del la OIBT, el 43% depende del Petróleo y sus derivados y el 38% del Gas Natural – y dependiente de fuentes energética contaminantes como la biomasa que representa un 14,5% de la oferta.

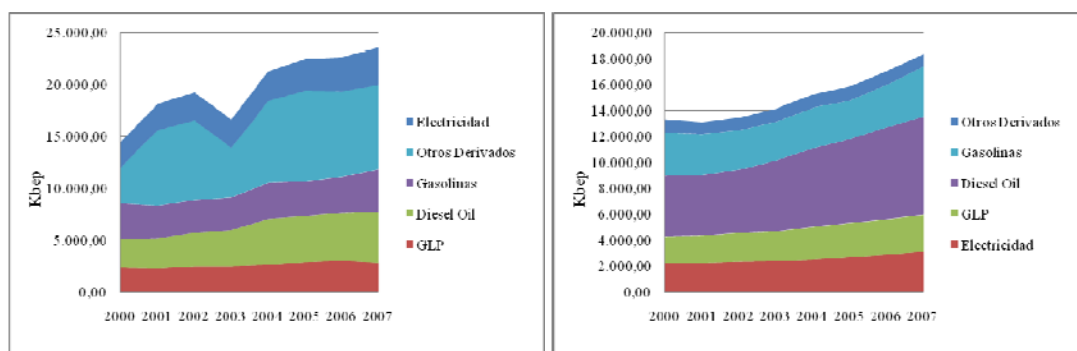
-Producción y Oferta de Energía Secundaria

Respecto a la energía secundaria, la producción se incrementó de 14.398 Kbep el año 2000 a 23.295 Kbep el año 2007. Lo que resalta de los Gráficos 3 y 4 es la evolución del consumo de diesel oil, el mismo que no vino acompañado por un incremento en su producción, esta brecha está siendo cerrada por la importación de dicho energético.

⁴ OIBT = oferta de energía primaria + oferta de energía secundaria - producción de energía secundaria.

⁵ El balance se completa con 109 kBep de aumento de inventarios y 458 kBep de Gas Natural no aprovechado que se restan a la OIBT.

Gráficos 3 y 4: Producción y Consumo Secundario por Energético (Kbep)

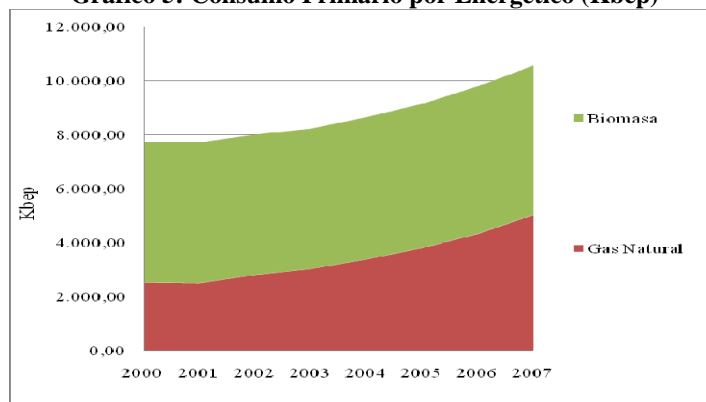


Fuente: Elaboración propia, BEN 2007

-Consumo de Energía Primaria

Por otra parte, el consumo de Gas Natural no mostró un crecimiento acompasado con su producción. A pesar que el consumo pasó de 2519.9 Kbep en el año 2000 a 5025,64 Kbep en el año 2007, la matriz energética boliviana todavía presenta un incipiente grado de incorporación de Gas Natural dentro de la estructura del sistema energético (Véase, Gráfico 5). Al mismo tiempo se estima – no se cuenta con cifras oficiales ni de producción ni de consumo de biomasa – que el consumo de biomasa pasó de cerca de 8.000 Kbep en el año 2000 a 10.700 Kbep en el año 2007.

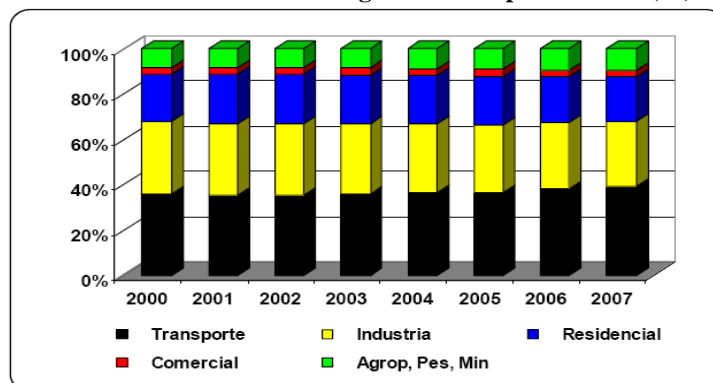
Gráfico 5: Consumo Primario por Energético (Kbep)



Fuente: Elaboración propia en base al Balance Energético Nacional 2007

Por sectores la energía primaria se destina al transporte, industria, residencial y comercial. De los mencionados los más significativos son el sector industrial y el residencial con 70% y 20% respectivamente (Véase, Grafico 6). Sin embargo por el lado del consumo secundario la figura cambia y los sectores de consumo - agropecuario-pesca-minería, comercial, residencial, industrial y transporte – cambian su importancia relativa. Es así que el sector transporte muestra una participación de 53% en promedio para el periodo 2000-2007.

Gráfico 6: Consumo de Energía Primaria por Sectores (%)

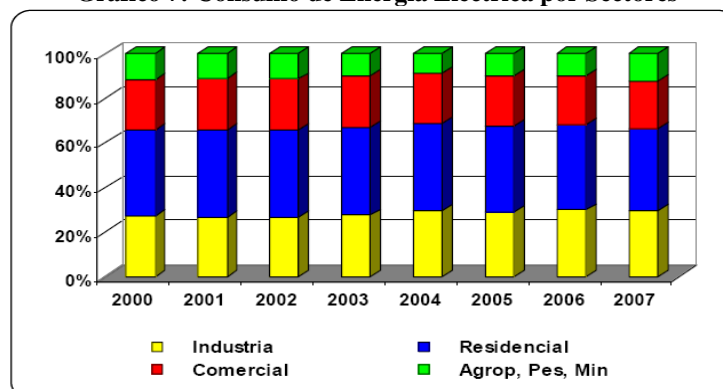


Fuente: Balance Energético Nacional 2007

- Consumo de Energía Secundaria

En promedio la generación eléctrica entre el año 2000 y el 2007 fue de 3.000 Kbep. La cantidad perdida por almacenamiento y distribución para el mismo periodo fue en promedio de 302 Kbep. Los principales consumidores de electricidad en Bolivia son el Sector Industrial, el Sector Comercial, el Sector Agropecuario y el Sector Residencial. De todos estos el mayor consumidor es el Sector Residencial con un promedio de 38% en este período, luego sigue el Sector Industrial con un promedio de 27% (Véase, Gráfico 7).

Gráfico 7: Consumo de Energía Eléctrica por Sectores



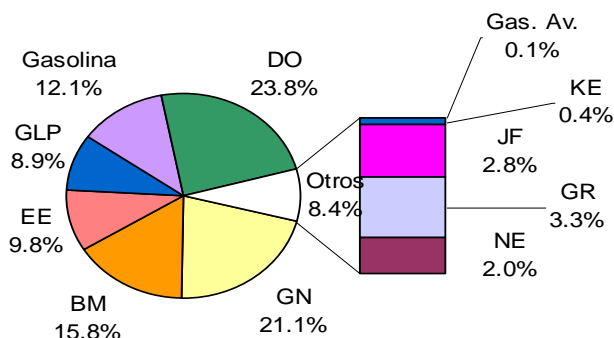
Fuente: Balance Energético Nacional 2007

A nivel de consumo neto total⁶, este fue en 2007 de 31,873 kBep – 24% Diesel, un 21% Gas Natural, un 16% Biomasa, un 12% Gasolinas, un 10% Electricidad y un 9% GLP el 9% - el conjunto de los Derivados de Petróleo representan el 47% del consumo final⁷, del consumo de GLP se incluye solo el obtenido del petróleo crudo (Véase, Gráfico 8).

⁶ Es igual al consumo final más el consumo propio.

⁷ Del consumo de GLP se ha incluido sólo el obtenido del Petróleo crudo.

Gráfico 8: Estructura del Consumo Neto Total por Fuentes – Año 2007



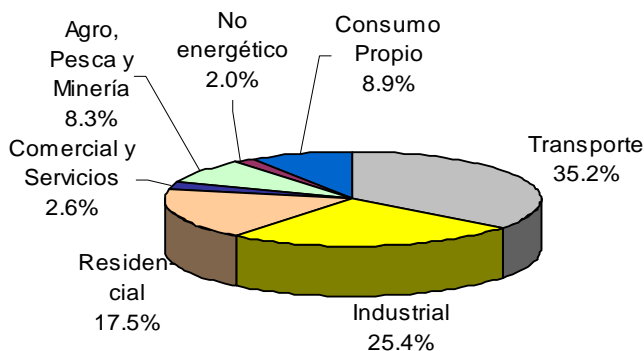
Fuente: BEN 2007.

Donde:

KE = Keroseno; EE = Energía eléctrica;

En el Gráfico 9, se muestra la distribución del consumo neto total por sectores para el años 2007 – 35% en Transporte, un 25% en Industria (25%), un 17.5% en el sector Residencial.

Gráfico 9: Estructura del Consumo Neto Total por Sectores – Año 2007

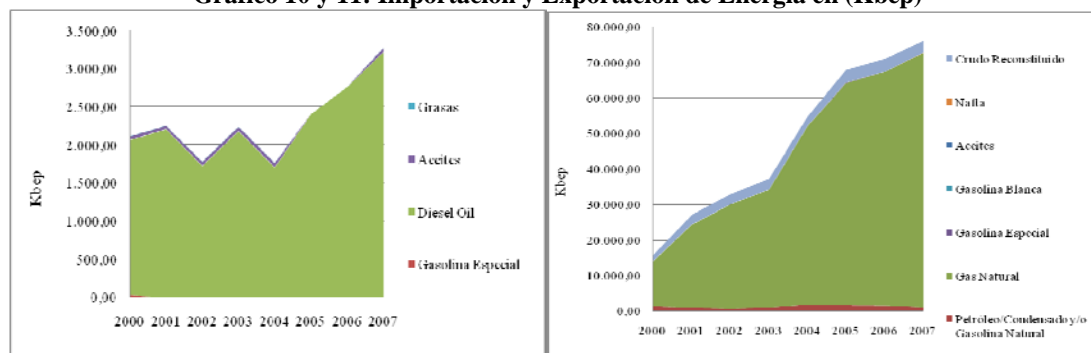


Fuente: BEN 2007

- Importación y Exportación de Energía

La importación de energía, estuvo constituida principalmente por Diesel Oil y en menor medida por otros energéticos como Gasolina especial, Aceites y Grasas, estos últimos importados esporádicamente y en cantidades pequeñas. Para el caso del Diesel Oil, se sabe que este combustible es demandado por las centrales termoeléctricas para cubrir los picos de altos de demanda de energía eléctrica en el día – 16% de la producción del diesel al año – de los aproximadamente 6.000 Kbep que se consumen en promedio por año, el 60% se destina al transporte, el 20% al sector agropecuario y 10% restante a la industria. Por el lado de la exportación, los mayores volúmenes de exportación corresponden al Gas Natural, producto que ha incrementado casi cinco veces su volumen de exportación entre el 2000 y el 2007 (Véanse Gráficos 10 y 11).

Gráfico 10 y 11: Importación y Exportación de Energía en (Kbep)



Fuente: Elaboración propia, BEN 2007

3. La Energía Renovable en Bolivia

Al año 2007, se estimó que más de 3 millones de habitantes rurales (unos 495.000 hogares) carecen de acceso a la energía eléctrica – cerca del 40% de los hogares radican en localidades donde presumiblemente existen redes eléctricas y por tanto su conexión corresponde a un proceso de densificación.

Cuadro 1: Escenario de Introducción de Energías Renovables - Área Rural

Tecnología	Impacto: Desplaza o sustituye	Observaciones
Al menos 150.000 sistemas fotovoltaicos domésticos	2,4 millones de litros de diesel/año (mecheros) 12 millones/año de velas 300.000 /GLP año (lámparas a GLP) 4,8 millones de pilas/ año (uso en radio / linterna)	Instalaciones fundamentalmente domésticas y sociales de pequeña potencia
Al menos 1.100 sistemas de bombeo Fotovoltaicos comunales	6,6 millones litros de diesel/año	Instalaciones en comunidades semi-nucleadas para el abastecimiento de agua potable y abrevaderos de ganado
500.000 cocinas eficientes de leña	1 millón de Toneladas de madera/año	Sustitución de fogones tradicionales de leña
50.000 biodigestores	215.000 Toneladas de CO2/año	Instalación en las zonas con potencial ganadero
300 micro centrales hidroelectricas	4.5 millones de litros diesel/año	En regiones de la cordillera con alto potencial hidroeléctrico. Posible interconexión a la red
2.500 aerogeneradores	60.000 litros diesel/año 300.000 velas/año	Sistemas aislados para abastecimiento doméstico y social prioritariamente.
4.000 sistemas termosolares (sociales)	4.241 Toneladas de CO2/año	Sistemas de uso social en escuelas y postas en comunidades aisladas para provisión de agua caliente para uso sanitario
1.000 sistemas híbridos en el norte del país	15 millones de litros diesel/año	Sistemas de microrredes que funcionan con diesel y serían sustituidos por aceite vegetal en combinación con solar/hidro

Fuente: Energética 2010

Dada la distancia del resto de las poblaciones menores analizadas se supone que el resto debería ser atendido por fuentes descentralizadas de suministro de energía (Energías Renovables), fundamentalmente sistemas fotovoltaicos o pequeños aerogeneradores y que entre 100.000 y 120.000 hogares puedan ser atendidos con sistemas aislados de mini-redes con diversas fuentes.

De los cerca 3 millones de habitantes rurales sin energía, la red eléctrica podría cubrir un 30% para su abastecimiento de electricidad – el 70% restante tendría como alternativa las energías renovables o recurrir a generadores a gasolina o diesel (opción logísticamente compleja y económicamente muy costosa). Un elemento adicional central es la necesidad de cocinas eficientes para unos 600 mil hogares que actualmente usan fogones tradicionales (Véase, Cuadro 1).

3.1. Generación Distribuida

En el área urbana el principal potencial está relacionada con los sistemas termosolares. Actualmente, el calentamiento de agua se realiza con electricidad, Gas Licuado de Petróleo o Gas Natural. Este último energético, a pesar de ser una opción económica por el sistema de precios del país, tiene una penetración cercana al 7%. Se estima que existe un potencial de entre 150.000 y 200.000 sistemas termosolares para el área urbana - actualmente se instalan cerca a 400 unidades/año - y se estima en poco más de 3000 unidades en funcionamiento en el país.

Además, la interconexión de las ER's a las redes eléctricas existentes es otra interesante oportunidad que permitiría que pequeños generadores se conecten directamente a los sistemas de distribución en rangos de 1 kW hasta 300 kW podrían inyectar directamente electricidad en baja tensión.

Cuadro 2: Escenario de Introducción de Energías Renovables - Área Urbana

Tecnología	Impacto: Desplaza o sustituye	Observaciones
Al menos 200.000 sistemas termosolares para calentamiento de agua	Desplaza 219.000 MWh/mes de electricidad	Instalaciones fundamentalmente domésticas y en menor cantidad aplicaciones en hoteles y escuelas.
Sistemas Fotovoltaicos conectados a la red, 30 MW	Desplazaría unos 54.000 MWh/año del SINt	Instalaciones en techos urbanos de ciudades y colas de red. El potencial se calcula con la intención de desplazar el consumo de diesel actual en el SIN

Fuente: Energética 2010

5. Formulación de Escenarios

5.1. Supuestos de los Escenarios

5.1.1. Crecimiento Poblacional

Para todos los escenarios se asumen las mismas pautas de crecimiento poblacional en base a proyecciones de la CEPAL (2007). El año 2007, Bolivia tenía 9.552.870 personas en 2.303.158 hogares - 65.1% en zonas urbanas y 34.9% en zonas rurales. Se estima que la tasa de crecimiento anual promedio es de 1.45%, por lo tanto la población estimada de Bolivia para el año 2025 sería de 12.368.347 personas, con un 71.4% urbano y un 28.6% rural, lo que muestra el dinamismo de la urbanización en Bolivia (Véase, Cuadro 3).

Cuadro 3: Proyección de la Población 2007-2025

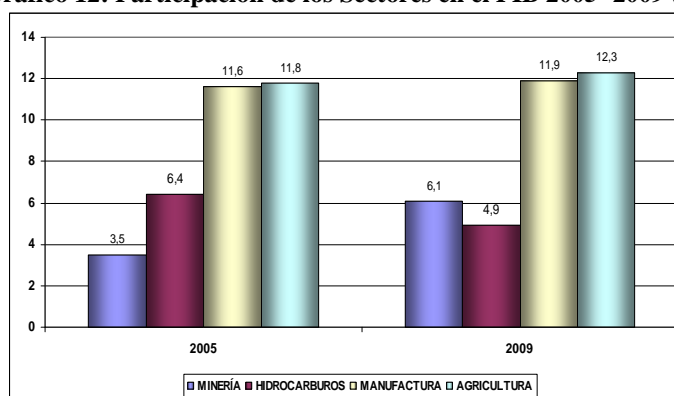
	2001 (*)		2007 (**)		2025 (**)	
Población	8,274,325	100.0%	9,552,870	100.0%	12,368,497	100.0%
Urbana	5,180,433	62.6%	6,218,918	65.1%	8,831,107	71.4%
Rural	3,093,892	37.4%	3,333,952	34.9%	3,537,390	28.6%
Hogares	1,978,144	hab./hogar	2,303,158	hab./hogar	3,092,124	hab./hogar
Urbana	1,214,902	4.26	1,480,695	4.20	2,207,777	4.00
Rural	763,242	4.05	822,463	4.05	884,348	4.00

Fuente: (*) Censo de población 2001; (**) elaboración propia a partir de proyecciones de CEPAL.

5.1.2. Evolución del PIB

A pesar de la crisis económica mundial, Bolivia mostró un crecimiento de 6,1% del PIB en 2008 y de 3,39% en 2009, desempeño que se explica en gran medida por una mayor dinámica de inversión pública en el país. Es importante destacar que la principal expansión de la economía en los últimos años ocurrió en el sector minero que pasó de un crecimiento de 3.5% en 2005 a 6.1% en 2009.

Gráfico 12: Participación de los Sectores en el PIB 2005- 2009 (%)



Fuente: Banco Central de Bolivia

Por su parte el sector de hidrocarburos bajó su participación de 6.4% a 4.9% durante este período, situación que se explica por la crisis económica mundial. Mientras que el sector

manufacturero mantuvo un crecimiento estable de 11.6% en 2005 a 11.9% en 2009 y el sector agrícola disminuyó de 11.8% a 10.4% durante 2008, aunque para el tercer trimestre de 2009 ya registra una tendencia ascendente (Véase, Gráfico 12).

En base a esta información oficial se estimó que el PIB de Bolivia crecerá a una cercana al del 4 %, entre el año 2007 y el 2025⁸. Esta proyección se basa también en perspectivas de crecimiento sectorial para la Industria, el Transporte, el Comercio y Servicios, la Agricultura, la Pesca y la Minería (Véase, Cuadro 4).

Cuadro 4: Proyección del PIB por Sectores 2007-2025

(A precios básicos, en miles de Bolivianos de 1990)

Sectores	2007		Tasa 07-25	2025	
Agro, Pesca y Minería	7,091,144	27.6%	3.50%	13,171,723	25.3%
Industria Manufacturera	4,929,111	19.2%	4.30%	10,516,861	20.2%
Transporte	3,066,342	11.9%	4.20%	6,430,423	12.3%
Comercial y Servicios	10,158,460	39.5%	4.15%	21,120,044	40.5%
Otros Sectores	468,833	1.8%	3.38%	852,572	1.6%
Total	25,713,890	100.0%	4.00% (*)	52,091,623	100.0%

Fuente: Elaboración propia.

(*) Tomado de “Plan de Desarrollo Energético – Análisis de escenarios 2008-2027”, Ministerio de Hidrocarburos y Energía.

En resumen se asumieron los siguientes criterios en este ejercicio:

- a) Las proyecciones de crecimiento están basadas en el comportamiento medio que los principales agregados macroeconómicos han mostrado en los últimos 10 años.
- b) No se contempla la ejecución de mega proyectos por considerarse que dichos emprendimientos tienen una incierta probabilidad de ocurrencia durante el período de simulación.
- c) Se supone una continuidad en los volúmenes de ventas de gas natural al Brasil y Argentina.
- d) Para el período 2010-2015 se estima una recuperación de la economía, apoyada en la recuperación de la economía mundial y la expansión doméstica de la actividad minera.
- e) Se supone un desempeño en el resto de los sectores similar al nivel promedio de los últimos 4 años.
- f) La Inversión Extranjera Directa muestra un comportamiento descendiente durante el período 2005-2009 y después se mantiene constante. No se contempla una dinamización importante en las inversiones de capital en el sector hidrocarburos y de electricidad, aunque si se espera un crecimiento gradual de las inversiones del proyecto Mutún para el 2015 en adelante.
- g) Por construcción del modelo, el gasto público es una variable exógena con una tasa de crecimiento natural de 2.5 %. Sin embargo para el horizonte de simulación consideramos un comportamiento tendencial de 4%.
- h) La relación de los precios internacionales se mantiene en su nivel promedio de los últimos 4 años al igual que el nivel de donaciones del exterior.

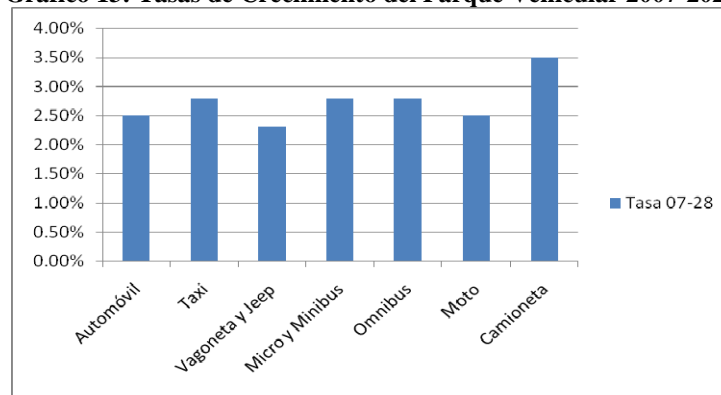
⁸ UDAPE (2010), Plan de Desarrollo Energético y al Análisis de escenarios 2008-2027 del Ministerio de Hidrocarburos y Energía.

- i) Las exportaciones mantienen el nivel promedio de los últimos 4 años – se asume además que el proyecto Mutún comenzará gradualmente su actividad exportadora en 2015.
- j) Se asume que el consumo privado crece al 4% durante los primeros años de proyección y luego se ajusta el 5%.

5.1.3. Crecimiento del Sector Transporte

Para todos los escenarios se asumió la misma pauta de evolución del sector transporte en base a información del Registro Único Automotor (RUA). En cuanto a las proyecciones del parque vehicular, está se realizó aplicando modelos de extrapolación (Véase, Gráfico 13).

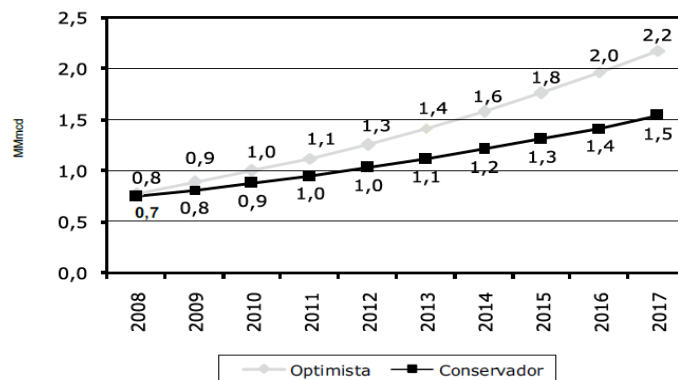
Gráfico 13: Tasas de Crecimiento del Parque Vehicular 2007-2025



Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento del parque automotor nacional muestra una tasa anual de crecimiento de 7,03%. Se estimó que al año 2025, el 17% del parque automotor nacional estará convertido a GNV – suponiendo la remoción de cuellos de botella en esta cadena del sector energético. Según el Ministerio de Hidrocarburos, el volumen diario consumido por vehículo convertido a GNV para el año 2017 se estima en 1,5 millones de metros cúbicos diarios (Véase, Gráfico 14).

Gráfico 14: Escenario Conservador: Volumen Diario de Gas Natural (en MMmcd)



Fuente: ME 2007

5.2. Escenarios Energéticos

En este capítulo se describen los escenarios y los supuestos que se usarán en el modelo para realizar comparaciones y recomendaciones de política. Se tienen dos escenarios: el escenario de parsimonia (ES-1) y el escenario de mitigación y ahorro energético (ES-2).

5.2.1. Escenario de Parsimonia (ES-1)

El escenario “ES-1” describe la evolución del sistema energético boliviano en el futuro, en ausencia de políticas energéticas. Esto significa que dicho escenario incorpora innovaciones tecnológicas y de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) endógenas (no son medidas de política).

A continuación se presentan los supuestos sobre los que se basa este escenario, ordenados por sectores de consumo.

Sector Residencial:

- a) La electrificación de los hogares urbanos pasará de 86,7% a 97% en 2025, mientras que los hogares rurales pasan de 33% al 97%, según lo indicado en el “Plan de Desarrollo Energético del Ministerio de Hidrocarburos y Energía. Se realiza una sensibilización urbano 90% y rural 60%.
- b) Las intensidades energéticas (kep/hogar), como se modela habitualmente crecerán acorde a la evolución del PIB/hogar (al aumentar el nivel de ingreso de las personas, también aumenta el consumo energético).
- c) Se mantiene la tendencia de penetración de Gas Natural y sustitución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) y a la Leña y Kerosene del período 1999 - 2007.
- d) Se supone una mejora en los rendimientos de los artefactos que consumen leña y en el uso de electricidad de entre 5% y 10% para una población de 95.000.
- e) Las intensidades energéticas se reducirán hasta alcanzar un 5% menos en 2025 respecto a 2007 tanto en hogares urbanos como rurales.

Sector Comercial y Servicios:

- a) Se considera una reducción de la intensidad energética de un 5% en todo el periodo.
- b) Disminuye la participación de la electricidad en el consumo neto como consecuencia de cambios estructurales de las actividades del sector (se mantiene la tendencia de los últimos 10 años).
- c) Se supone una penetración moderada a lenta del Gas Natural sustituyendo a GLP.

Sector Industrial:

- a) Se supone una mejora en la intensidad energética de un 5% en todo el periodo.
- b) Una penetración moderada del Gas Natural debido a que la mayoría de las nuevas industrias utilizarán esta fuente - la sustitución del Diesel también incide.
- c) También habrá un aumento de participación de la electricidad, debido a cambios en la estructura productiva del sector.

Sector Transporte:

- a) Se supone una mejora entre 5 y 8% de la intensidad energética como consecuencia de la lenta renovación del parque vehicular.
- b) Continuarán las tendencias e incluso se ralentizará la sustitución de Gasolina por Gas Natural Comprimido (GNC).
- c) También suponemos una reducción del 5% de las intensidades energéticas netas en otros sectores, como consecuencia de mejoras tecnológicas.

Abastecimiento Energético:

- a) Las pautas de abastecimiento del país serán las establecidas en el documento “Plan de Desarrollo Energético 2008-2027” del Ministerio de Hidrocarburos y Energía.
- b) Suponemos que la generación de electricidad se mantendrá con una participación de 39% de generación hidroeléctrica y un 61% de generación térmica (mientras no sincere el costo de oportunidad “subsido” al gas natural para generación termoeléctrica).
- c) El crecimiento de la autoproducción a partir de Biomásas seguirá a tasas históricas y las nuevas centrales térmicas serán ciclos combinados utilizando Gas Natural.
- d) Se mantiene la participación de generación consumiendo Diesel, para la atención a sistemas aislados donde no llegan las redes de gas.
- e) Las proyecciones de producción de Gas Natural y Petróleo y de procesamiento corresponden a la “Estrategia Boliviana de Hidrocarburos” de 2007 – no se toma en cuenta posibles reducciones en los factores de producción atribuibles a la reducción de reservas que se presume que el país experimenta (no se tiene información oficial).
- f) No se contemplan escenarios de exportación de electricidad por que su horizonte de implementación se encuentra fuera del rango temporal de simulación de este ejercicio.

5.2.2. Escenario de Mitigación y Ahorro Energético (ES-2)

El “ES-2” incorpora los efectos esperados de una política destinada a promover la sustentabilidad y eficiencia en la asignación y uso de los recursos energéticos, a partir de la aplicación de ciertas acciones explícitas, orientadas en particular a la aplicación de medidas de uso racional de la energía, ahorro energético y a una mayor participación de las energías renovables. Eventualmente se estimará un ES-3 que corresponde a la sensibilización de algún supuesto de mitigación y/o eficiencia energética.

Sector Residencial:

- a) Se considera la sustitución paulatina de lámparas incandescentes por lámparas de bajo consumo hasta máximo un 70% en 2025 (el ejercicio se ajusta en función a criterios de ingreso de la población).
- b) Se supone la sustitución paulatina de refrigeradores ineficientes (más de 10 años de uso) hasta máximo un 70% en 2025 (el ejercicio se ajusta en función a criterios de ingreso de la población).

- c) Se supone la introducción de 200.000 cocinas mejoradas a leña y se sensibiliza en el denominado ES-3 hasta un máximo de 520.000 unidades.
- d) Se supone una similar penetración de Gas Natural respecto de la observada en los últimos 10 años y además se asume una sustitución lenta entre Gas Natural y GLP.
- e) Se supone un crecimiento moderado del Gas Natural, pero no así una mayor sustitución de Leña por GLP en los hogares rurales.

Sector Comercial y Servicios:

- a) Se supone que la iluminación, climatización y refrigeración serán un poco más eficientes. Sobre esta base, se ajusta un experimento de ahorro energético equivalente entre el 8% y el 10% del consumo de electricidad del sector.
- b) Se supone una masificación del Gas Natural entre 5% y 10% sobre el “ES-1”.

Sector Industrial:

- a) Se supone que los motores y refrigeración serán más eficientes. Sobre esta base, se ajusta un experimento de ahorro energético progresivo que alcanza entre 5% y 10% de disminución en el consumo de ese sector.
- b) Se supone una lenta mejora de eficiencia en calderas y hornos - se ajusta un experimento de ahorro energético que supone un ahorro en el consumo de Biomasa, Gas Natural y Diesel entre 10% y 15% y 15% durante el ejercicio.

Sector Transporte:

- a) Se supone una masificación del Gas Natural gradual en función a la expansión de cuellos de botella de abastecimiento y conversión vehicular. Es decir, se asume un incremento gradual máximo de 10% de todo el parque automotor hasta 2025.

Abastecimiento Energético:

- b) Las pautas básicas a seguir para el abastecimiento energético siguen aquellas planteadas en “ES-1”.
- c) Se supone una reducción gradual hasta la eliminación del subsidio al gas natural para generación eléctrica (se focaliza un subsidio para un 35% de la población a nivel de consumo final) y se ajusta un experimento de recomposición de estructura de la matriz energética hasta alcanzar un 50% de generación Hidroeléctrica, un 45% con Térmica Convencional a Gas Natural y Diesel; y una transición de las energías renovables entre 2% a 5% en un escenario moderado.
 - i. Se estiman tres escenarios para la introducción de Sistemas Fotovoltaicos (SFV) incluyendo sistemas de bombeo.
 - ES-1 ó Business as usual (BAU) con un total de 60.000 SFV al 2025
 - ES-2 ó Moderado con un total de 90.000 SFV al 2025
 - ES-3 ó Optimista con más de 175.000 SFV al 2025
 - ii. Se estiman tres escenarios para la introducción de Micro Centrales Hidroeléctricas (MCH).
 - ES-1 ó Business as usual (BAU) con un total de 95 MCH al 2025

- ES-2 ó Moderado con un total de 190 MCH al 2025
- ES-3 ó Optimista con más de 250 MCH al 2025
- iii. Se estiman tres escenarios para la introducción de sistemas eólicos (SE).
 - ES-1 ó Business as usual (BAU) con un total de 3000 SE al 2025
 - ES-2 ó Moderado con un total de 4000 SE al 2025
 - ES-3 ó Optimista con más de 5000 SE al 2025
- d) Se supone que las nuevas centrales térmicas convencionales serán ciclos combinados utilizando Gas Natural.

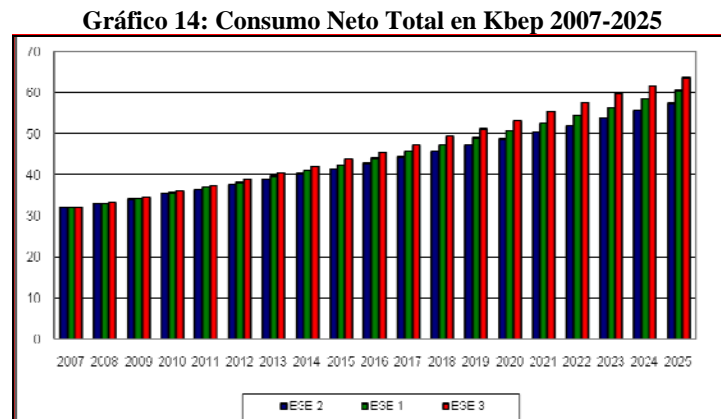
6. Resultados del Modelo

6.1 Proyecciones de la Demanda de Energía

En este apartado se presentan tres escenarios que combinan aspectos económicos⁹ y energéticos, en base a los cuales se extraerán las principales conclusiones de este trabajo.

- Consumo Neto Total

En el Gráfico 14 se muestra la tasa de crecimiento media que tendrá el Consumo Neto Total de energía¹⁰ respecto del año base¹¹. En el ESE-1, el CNT crece a una tasa media de 3.61%, llegando a un valor 60587 KbeP en 2025. En el ESE-2, el crecimiento del consumo de energía es menor debido a las medidas de eficiencia energética, llegando en 2025 a 57405 kBeP, con una tasa media de crecimiento de 3.3%.



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

- Consumo Neto Total por Fuentes en KbeP

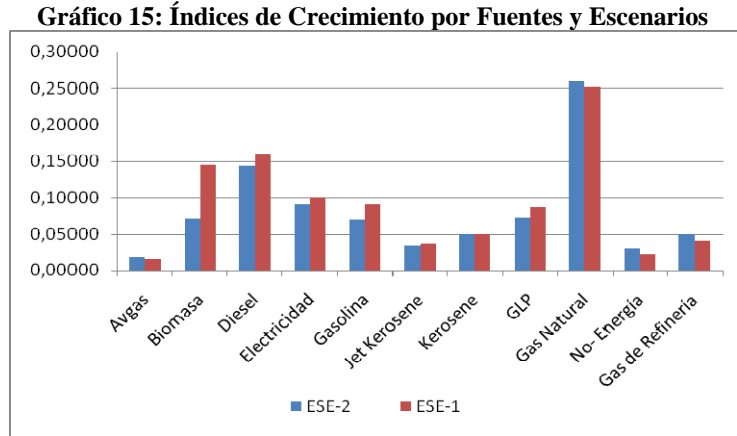
Respecto de la evolución del consumo neto total por fuentes, se estima que el Gas Natural será la principal fuente, llegando a tener una tasa de crecimiento promedio de 26%. Por el contrario, las principales fuentes en descenso en el consumo serán el GLP, las Biomásas y la Gasolina. La Electricidad pasará del 10% del consumo neto total en el año base al 9% en

⁹ Las elasticidades del consumo de energía respecto al PIB tienen valores de 0.82, 0.72 y 0,84 en los escenarios 1,2,3 respectivamente.

¹⁰ Consumo Neto Total = Consumo Final + Consumo Propio.

¹¹ El CNT del año base (2007) es de 31,871 kBeP.

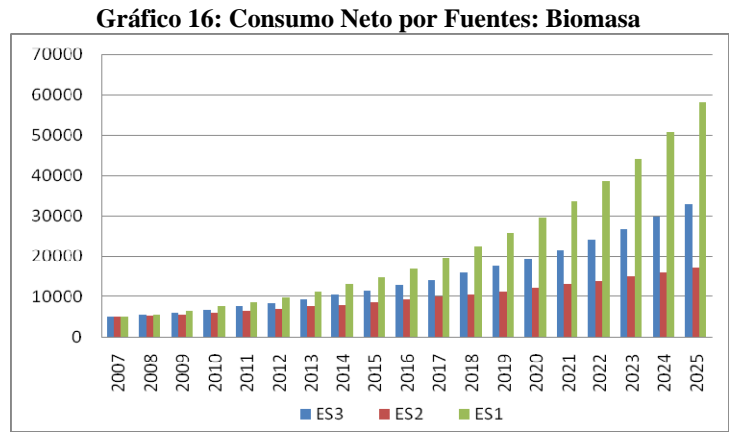
2025 para ES-2, debido a la introducción de equipos eléctricos eficientes, no se toma en cuenta en este apartado el ES-3 (Véase Gráfico 15).



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

A continuación se hará una desagregación de las proyecciones de consumo por fuentes. Se mostrarán los niveles de crecimiento de los energéticos más importantes: Biomasa, Diesel, Electricidad, Gasolina, GLP y Gas Natural.

En el Gráfico 16 es posible observar el crecimiento del consumo de Biomasa de acuerdo a los distintos escenarios. El crecimiento en el ES-1 es exponencial, a medida que pasa el tiempo. En el ES-2, el consumo de biomasa crece de manera más moderada hasta el año 2025. Eso se debe principalmente a la mitigación y a las medidas de eficiencia energética que se toman en cuenta en este escenario.

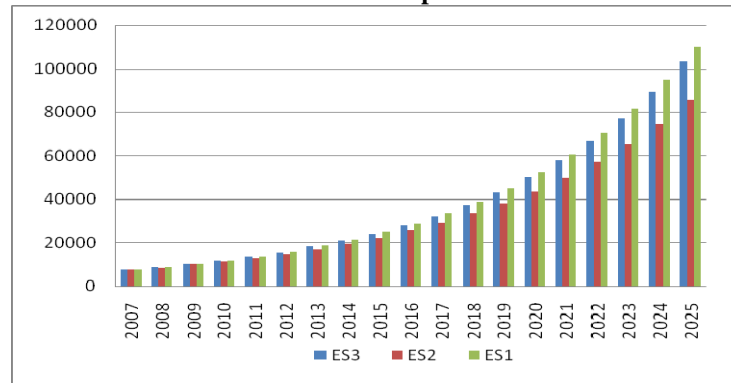


Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

El consumo neto de Diesel aumenta sustancialmente todos los años y en todos los escenarios. La diferencia entre el ESE-1 y ESE-2 es de 24.275 Kebp, es decir que dados los supuestos del ES-2 (mitigación y la eficiencia energética) se puede ahorrar esa cantidad de diesel en el año 2025. En el Gráfico 17 se pueden observar los resultados.

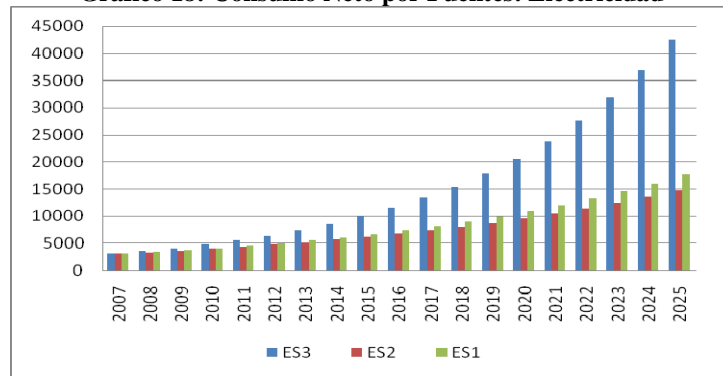
En el Gráfico 18, se puede observar un crecimiento estable del consumo de electricidad en ESE-1 y ESE-2, aunque el nivel de consumo es más alto en el primero, especialmente a partir del año 2015.

Gráfico 17: Consumo Neto por Fuentes: Diesel



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

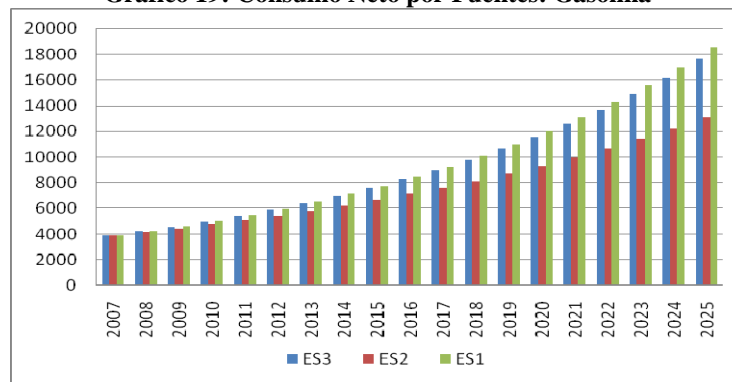
Gráfico 18: Consumo Neto por Fuentes: Electricidad



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

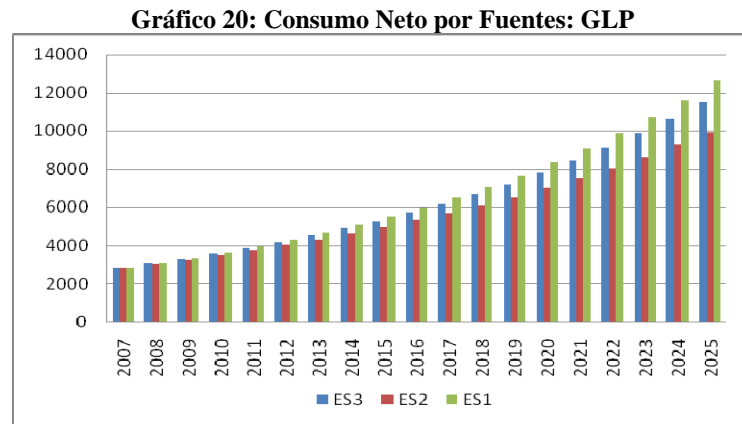
El Gráfico 19, muestra la proyección del consumo de Gasolina. Para el caso de la gasolina, se puede observar que en ausencia de medidas de mitigación y/o eficiencia energética el consumo de gasolina crecerá de manera exponencial. En el ES-2 se evidencia que se experimenta un aumento del consumo de gasolina más moderado (existe una sustitución efectiva de este energético por otras fuentes).

Gráfico 19: Consumo Neto por Fuentes: Gasolina



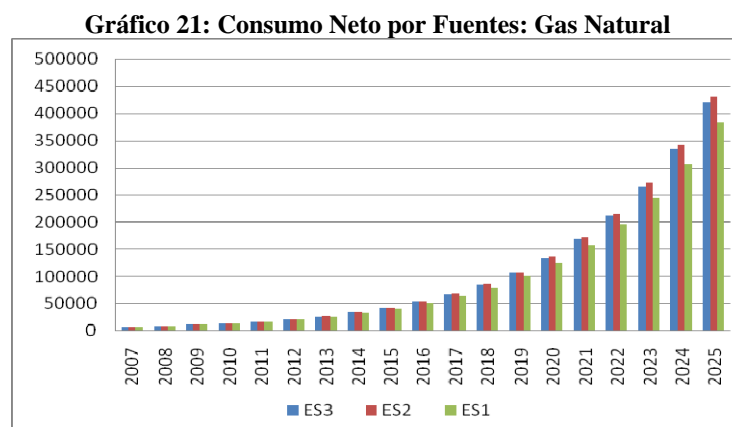
Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

Para el caso del Gas Licuado de Petróleo, se puede observar que en los escenarios se evidencia un crecimiento continuo del energético. Además, ocurre lo mismo que con el caso del Diesel ya que el aumento será menor en el escenario con mitigación (Véase, Gráfico 20)



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

En el Gráfico 21, se observa una situación completamente distinta, debido a que en el escenario con mitigación se da un mayor aumento del consumo de gas natural que en ES-1. La explicación es que en este escenario se fomenta la sustitución de energéticos como la gasolina y el GLP por gas natural.



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

6.2 Proyecciones del Abastecimiento de Energía

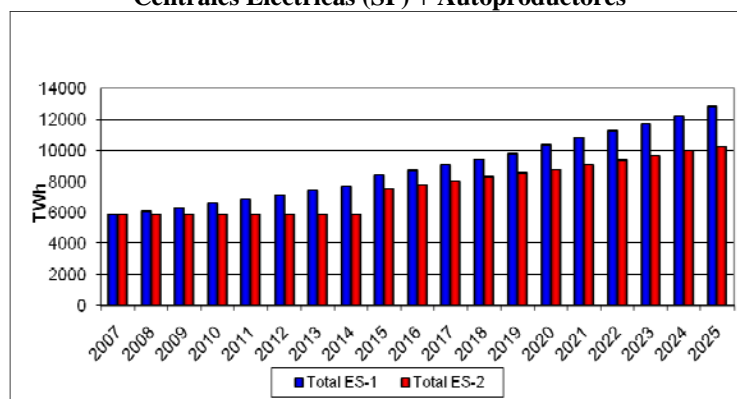
En esta sección se considerarán los abastecimientos de energía esperados de acuerdo a los resultados obtenidos del modelo. Primero se considerará el abastecimiento de electricidad, después el abastecimiento del petróleo y sus derivados. Por último, se tomará en cuenta el abastecimiento del gas natural.

6.2.1 Abastecimiento de Electricidad

Como se ha mencionado, en ninguno de los dos escenarios formulados se ha considerado el intercambio de electricidad con el exterior. La generación bruta total de electricidad crecerá

al 4.5% en todo el periodo en el ES-1 y al 3.2% en el ES-2. Este menor crecimiento en el ES-2 es consecuencia de las medidas de eficiencia energética (Véase, Gráfico 22).

**Gráfico 22: Generación bruta de Electricidad 2007-2025
Centrales Eléctricas (SP) + Autoprodutores**



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

En el ES-2 se generarán unos 2,609 GWh menos que en el ES-1, o sea el equivalente al 45% de la generación del año base 2007. Acumulado en todo el periodo 2007-2025, en el ES-2 se generarán 25,331 GWh menos.

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos para las estimaciones de la generación de electricidad por fuentes y para ambos escenarios (Véase, Cuadro 5).

**Cuadro 5: Generación Bruta de Electricidad 2007-2025
por fuentes: Autoprodutores y Centrales Eléctricas**

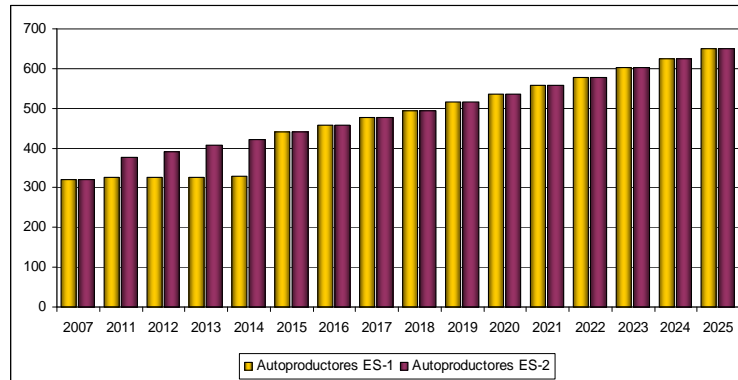
	2007	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Tasa
ES-1																	
Autoprodutores ES-1	321	325	326	327	328,3	440	457,6	475,9	494,9	514,7	535	556,4	578,7	601,8	625,9	651	4,00%
Centrales Eléctricas (SP) ES-1	5514	5518	5519	5520	5521	7926	7927	7928	7929	7930	9863	9864,0	9865,1	9866,1	9867,2	12211	4,50%
Total ES-1	5835	5839	5840	5841	5842	8366	8367	8368	8369	8370	10398	10399,0	10400,1	10401,1	10402,2	12862	4,50%
ES-2																	
Autoprodutores ES-2	321	376	391	406	422,4	440	457,6	475,9	494,9	514,7	535	556,4	578,7	601,8	625,9	651	4,00%
Centrales Eléctricas (SP) ES-2	5514	6230	6423	6622	6828	7083	7303	7529	7762	8003	8256	8511,9	8775,8	9047,9	9328,3	9602	3,10%
Total ES-2	5835	6016	6202	6395	6593	7523	7756	7997	8245	8500	8791	9063,5	9344,5	9634,2	9932,8	10253	3,20%

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

La autoproducción representó en 2007, 5.5% de la generación bruta total; a partir de las pautas establecidas en la sección de escenarios, en 2025 representará 5.1% en el ES-1 y el 6,3% en el ES-2. Esto se explica porque en el ES-2 las reducciones del consumo de Electricidad impactan sobre los sistemas interconectado y aislado, mientras que la autoproducción es constante en ambos escenarios (Véase, Gráfico 23).

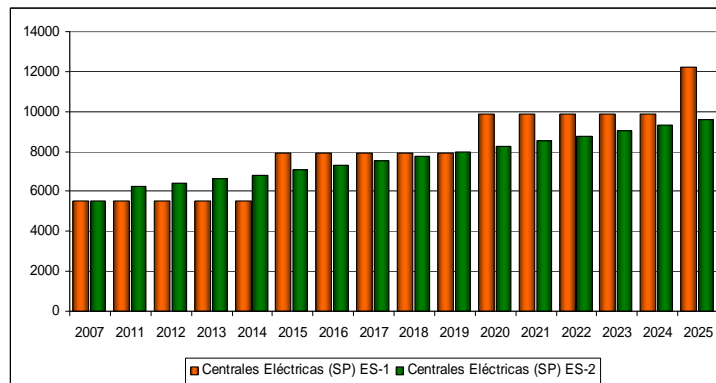
En cuanto a la generación por tipo de central, se ha simulado que la misma se realice por participación de procesos. Como se indica en el documento “Plan de Desarrollo Energético” – las nuevas centrales Hidroeléctricas comenzarán a operar plenamente a partir de 2021 – en este ejercicio se descarta la Geotérmica, debido a que se considera poco probable su incorporación. Se asume también que los requerimientos faltantes de generación serán cubiertos por nuevas plantas de ciclo combinado utilizando Gas Natural. (Véase, Gráfico 24).

Gráfico 23: Generación Eléctrica de los Autoproductores



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

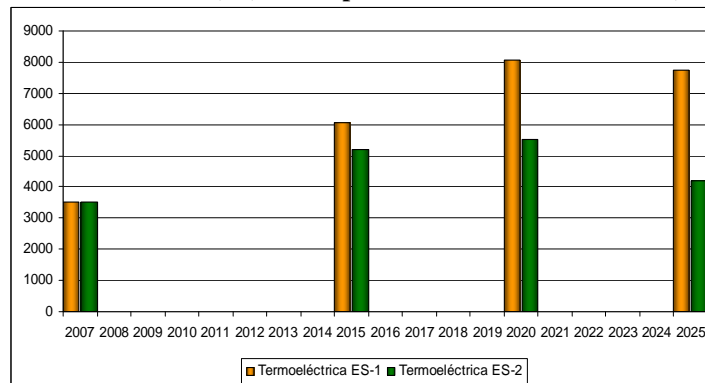
Gráfico 24: Generación de las Centrales Eléctricas



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

En el Gráfico 25 se puede observar el comportamiento del nivel de generación de las centrales termoeléctricas. En ES-1 el nivel de generación de las centrales termoeléctricas crece constantemente. En tanto que en ES-2, el nivel de generación termoeléctrica disminuye. Esto se debe a que la generación termoeléctrica es reemplazada por otro tipo de energías más limpias como ser las centrales hidroeléctricas.

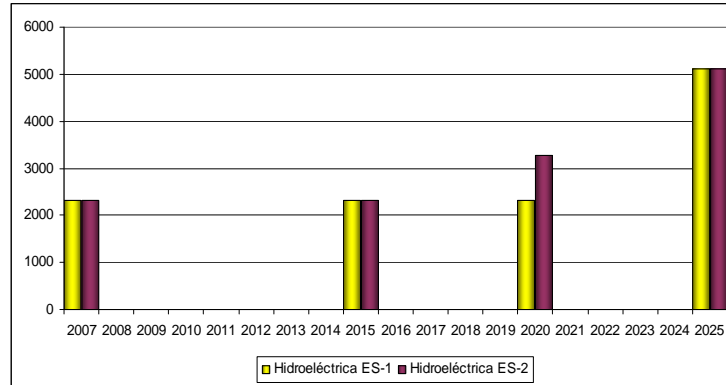
**Gráfico 25: Generación Bruta de Electricidad 2007-2025
Centrales Eléctricas (SP) + Autoproductores Termoeléctricas (GWh)**



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

En el Gráfico 26, se muestra el nivel de generación hidroeléctrica proyectado. Se puede observar que en el ES-2 el nivel de generación aumenta de forma sostenida, en tanto que en ES-1 el nivel de generación crece en los últimos períodos.

**Gráfico 26: Generación Bruta de Electricidad 2007-2025
Centrales Eléctricas (SP) + Autoprodutores Hidroeléctricas (GWh)**

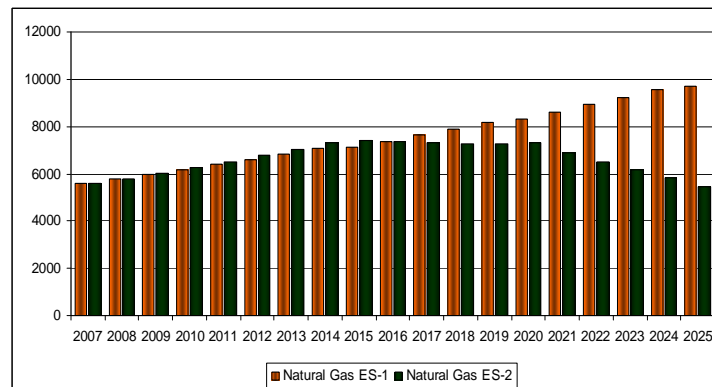


Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

- Consumo de Combustibles para Generación Eléctrica

El consumo de combustibles para la generación termoeléctrica seguirá siendo mayoritariamente Gas Natural como se muestra en el Gráfico 27. El consumo de este energético aumentará sostenidamente en ES-1 mientras que en ES-2 tiende a disminuir a partir de 2020.

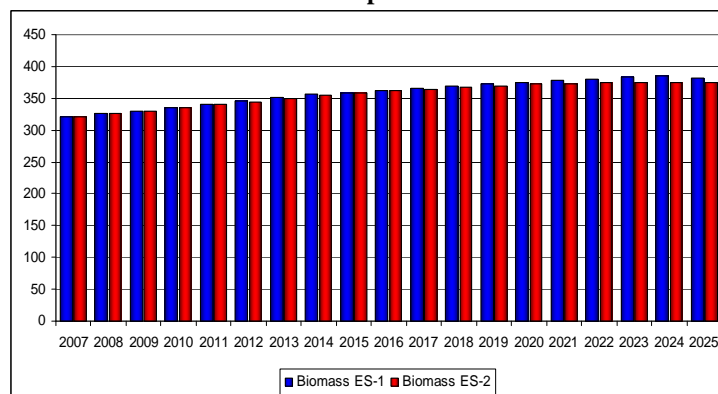
**Gráfico 27: Consumo de Gas Natural para la
Generación Termoeléctrica**



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

A continuación se puede observar en el Gráfico 28 el consumo de biomasa para la generación de energía termoeléctrica, en ambos escenarios el consumo será prácticamente el mismo con una tasa de crecimiento moderada. Este comportamiento se debe principalmente a que el aumento en la generación de energía provendrá de otras fuentes alternativas.

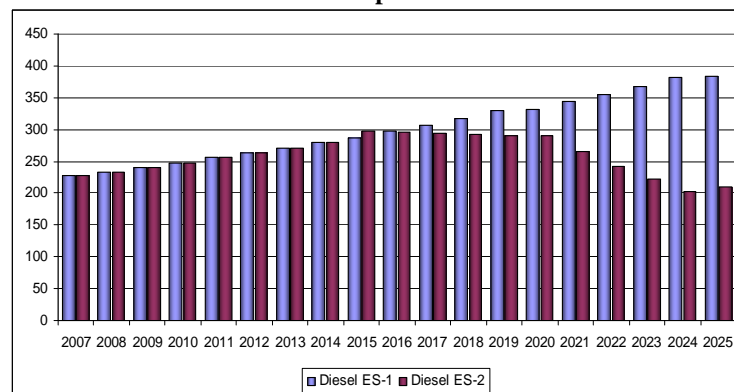
Gráfico 28: Consumo de Biomasa para la Generación Termoeléctrica



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

El consumo de diesel para la generación termoeléctrica crecerá en gran medida y de manera sostenida en el ES-1. Del otro lado en el ES-2 el consumo tenderá a disminuir a partir de 2015, por las mismas razones que en el caso del consumo del gas natural para generación termoeléctrica (Véase, Gráfico 29).

Gráfico 29: Consumo de Biomasa para la Generación Termoeléctrica



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

6.3 Prospección de Recursos Humanos requeridos en Energías Renovables

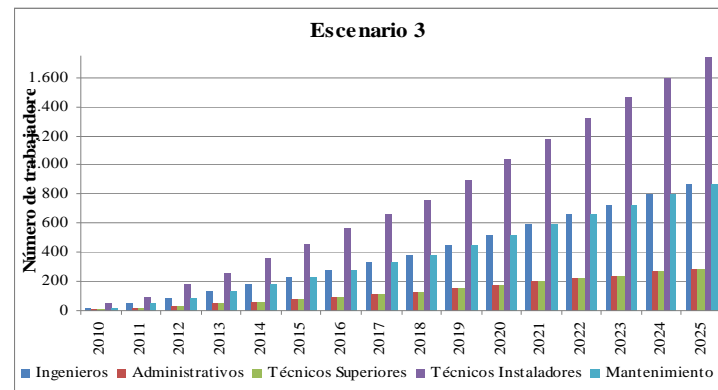
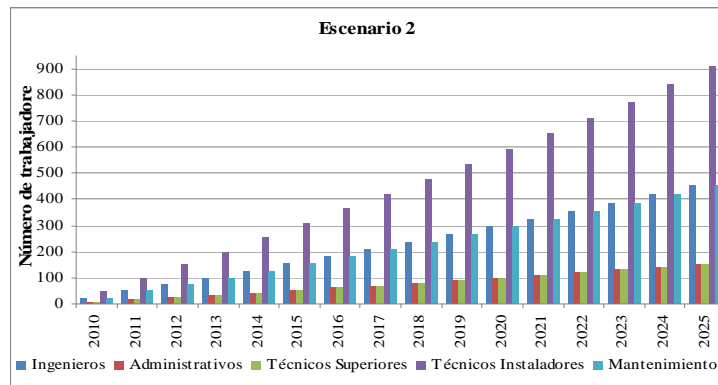
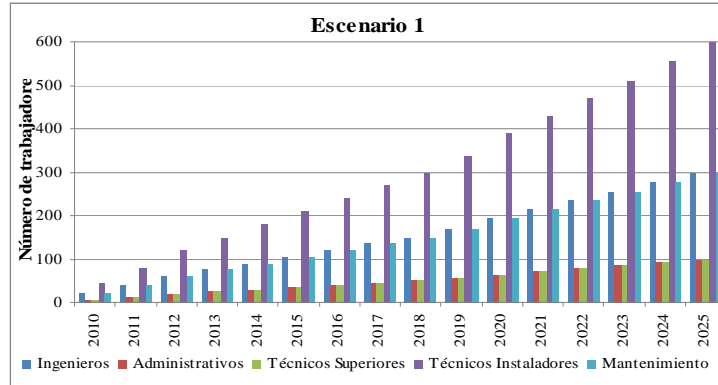
En esta sección se desagregan los resultados obtenidos en las secciones anteriores en términos de la evolución de las energías renovables (Véase, Anexo 1). Sobre esta información se ajusta un ejercicio de requerimiento de recursos humanos. Para tal efecto se construyeron parámetros sobre las capacidades operativas de instalación y mantenimiento de ER en base a benchmark y entrevistas con empresas del sector, de igual manera se definieron tasa de crecimiento respecto de la capacidad de formación de recursos humanos observados en el país.

6.3.1. Sistemas Fotovoltaicos y de Bombeo

En el caso de los SFV se evidencia una demanda importante y estable de ingenieros fuertemente asociada a requerimientos de técnicos en mantenimiento. El principal cuello de

botella se presenta en la formación de instaladores que puede llegar a fluctuar entre 600 y 1600 por año – a pesar que el proceso de formación es relativamente rápido la falta de oferta formativa y la logística que implica la formación de un número tan significativo de recursos humanos introduce un alto grado de complejidad. Es importante destacar que la formación de técnicos en mantenimiento se puede realizar junto con la de instalador (mayor carga horaria), sin embargo dado el volumen de actividad cada técnico debería abocarse solo a una de las actividades (Véase, Gráficos 30-32).

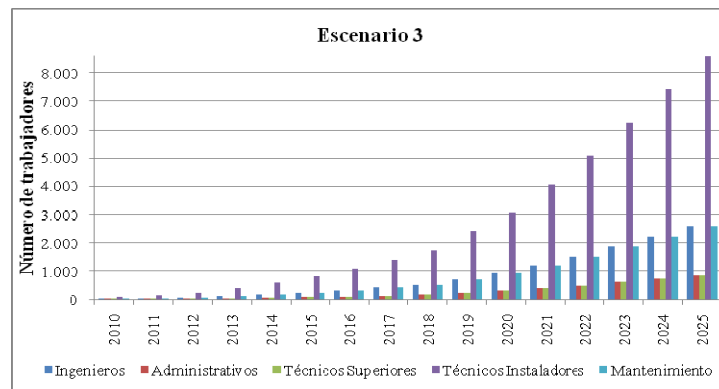
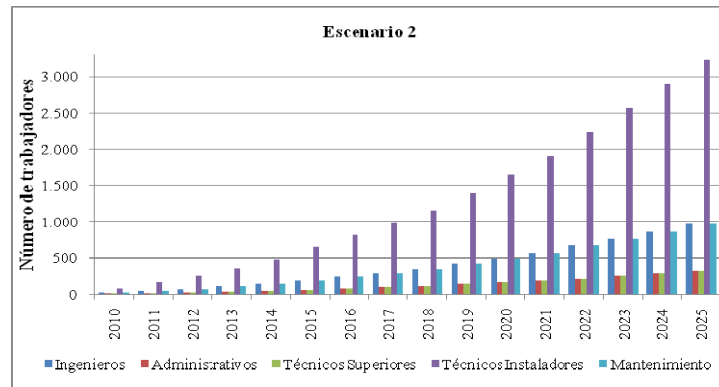
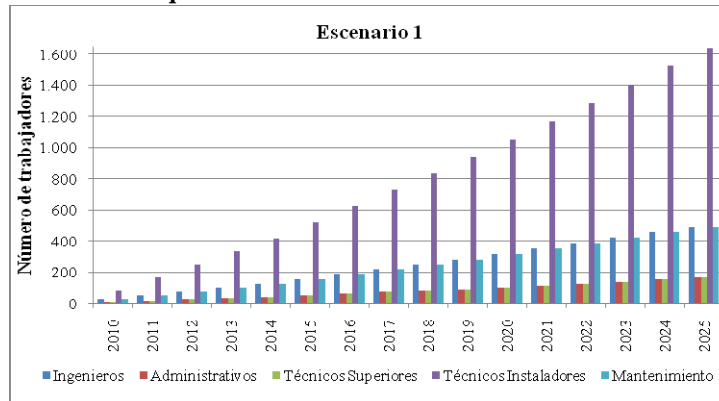
Gráfico 30 - 32: Recursos Humanos Requeridos en SFV



6.3.2. Cocinas Eficientes

En el caso de las cocinas eficientes se evidencia una demanda estable de ingenieros fuertemente asociada a requerimientos de técnicos en mantenimiento. La demanda de técnicos instaladores de cocinas es elevada, se estima que para el 2025 en un escenario moderado se podría requerir más de 4.000 técnicos. Sin embargo es más realista pensar en que estos técnicos deberían ser los mismos pobladores de las áreas rurales, lo cual implica otra lógica de formación (Véase, Gráficos 33-35).

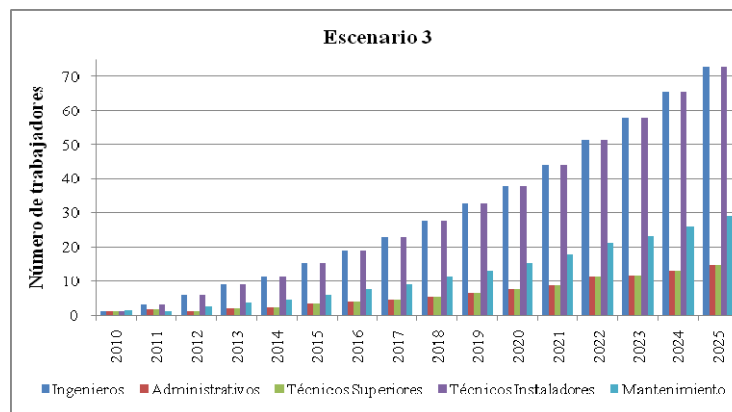
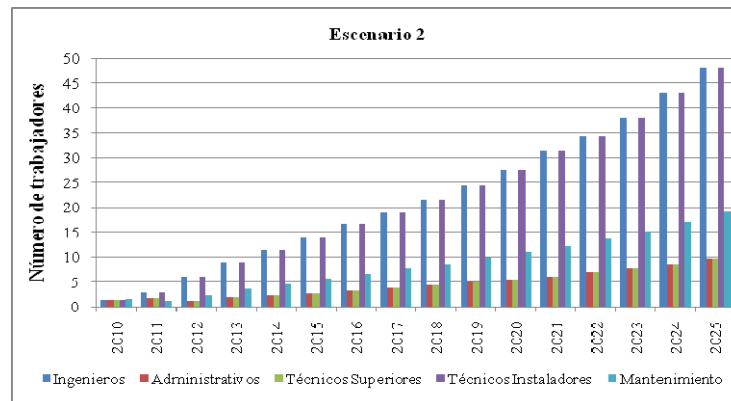
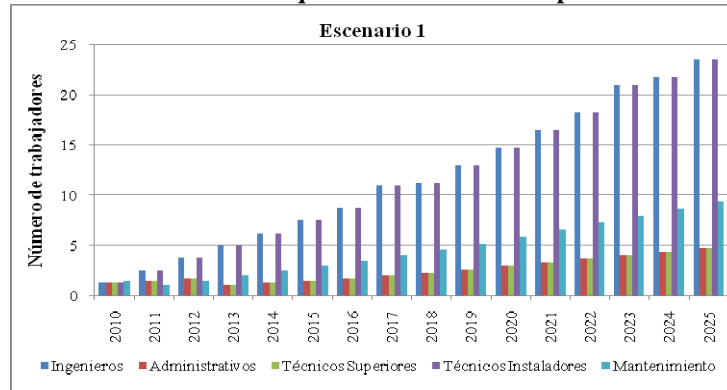
Gráficos 33 – 35: Requerimientos de Recursos Humanos en Cocinas Eficientes



6.3.3. Micro Central Eléctrica

Para el caso de las micro centrales eléctricas al igual que en los anteriores casos el principal cuello de botella se encuentra en la formación de técnicos instaladores y de mantenimiento aunque la demanda es muy manejable. Es importante destacar que en este caso los requerimientos técnicos formativos son técnicamente superiores (Véase, Gráficos 36 – 38).

Gráficos 36 – 38: Requerimientos Humanos para MCH



6.3.4. Balance de Resultados

Se estima que un escenario BAU (Business as usual) se requiere unos 800 ingenieros en ER (50 cada año) y cerca de 3.300 técnicos principalmente instaladores y de mantenimiento (220 cada año). Mientras que en un escenario moderado se requerirían unos 6.200 técnicos (413 cada año) y unos 1.500 ingenieros versátiles y con sólidos conocimientos en ER (100 cada año).

7. Conclusiones

- En el presente estudio se ha abordado el análisis prospectivo del sistema energético de Bolivia en forma simplificada – a pesar de ello se considera que los resultados obtenidos son útiles y constituyen una buena aproximación a la evolución del sistema energético de Bolivia y de los requerimientos globales de recursos humanos en ER.
- Del análisis realizado se concluye que la Matriz Energética Boliviana muestra un patrón de exportación neta de energía y que existe un déficit estructural respecto al total de requerimientos de consumo de hidrocarburos líquidos.
- La estructura de la ME es dependiente de la producción de energías primarias fósiles; se evidencia que la hidroenergía tiene una participación baja en la estructura de producción primaria y un desbalance preocupante entre la producción y consumo de biomasa.
- La capacidad de reestructurar la ME hacia fuentes más renovables depende principalmente (a nivel urbano) de la eliminación gradual del subsidio al gas natural para la generación de electricidad.
- Se concluye que el consumo neto de energía esta creciendo a tasas moderadas, sin embargo existen importantes retrasos en inversiones en generación eléctrica. En este sentido las medidas de eficiencia energética se estima que podrían reducir al 2025 los requerimientos de generación en 2,609 GWh. Este ahorro acumulado representa el 45% de la generación bruta total de 2007 y permite definir una senda de inversiones en generación más plana.
- Se observa la necesidad que el Gas Natural pase de representar el 21% del consumo neto total de energía del país al 61% en 2025. Dado que ésta es una energía más limpia y abundante, es necesario que se fomente su mayor producción y se impulsen medidas costo eficiente de sustitución energética.
- El sector Transporte es el principal consumidor de energía del país, en 2007 consume el 35% del consumo neto total y el 40% del consumo final. Este sector es intensivo en consumo de hidrocarburos líquidos subvencionados y junto al consumo de diesel por parte del sector agro industrial se prevé que puedan generar un desbalance en la producción de líquidos (ante falta de inversiones y

mercados) – ocasionando además un gasto fiscal creciente. En este sentido se recomienda estudiar con más detalle la liberación de la subvención.

- En cuanto a las ER es necesario a futuro mejorar la precisión de este ejercicio mediante la elaboración de estudios complementarios – que no hacen parte actual de su alcance – sobretodo información relacionada al potencial de penetración de los sistemas termo solares y la energía eólica, que permitirían dimensionar una trayectoria de mediano y largo plazo del ratio consumo/producción.
- El trabajo concluye que existen importantes requerimientos (no demanda) de ER para los próximos 15 años, que esta centrada principalmente en SFV incluido sistemas de bombeo (hasta 90.000 unidades), cocinas eficientes (hasta 200.000 unidades) y micro centrales hidroeléctricas (hasta 190.000 unidades).
- A nivel global se observa que cerca del 72% de los recursos humanos requeridos al 2025 en ER corresponde a técnicos superiores, instaladores y de mantenimiento, el 21% corresponde ingenieros y el 7% es personal administrativo. En base a esta intensidad de recursos se recomienda estudiar en mayor detalle recursos y capacidades asociados a este requerimiento, así como su viabilidad financiera.
- A pesar del interesante potencial para formar Ingenieros (800) y técnicos (3300) en ER es necesario considerar algunos elementos centrales:
 - La demanda de formación de ingenieros y técnicos en ER se encuentra subestimada debido a que no contemplamos en el estudio información sobre requerimientos en sistemas termosolares y sistemas eólicos.
 - Tampoco se ha abordado en este estudio los requerimientos humanos necesarios para impulsar procesos de adaptación tecnológica en ER que es fundamental para impulsar este proceso.
 - Finalmente, el mercado de las ER es reducido y altamente segmentado por lo que requiere de una clara política energética y financiamiento gubernamental para que este pueda dinamizarse.

Anexo 1

