



## **Prospectiva Energética para la República del Paraguay – Resultados del análisis entre los años 2013-2040**

**Raúl Amarilla, Enrique Buzarquis, Juan Domaniczky**

**Centro de Innovación en Tecnologías Energéticas**

**Fundación Parque Tecnológico ITAIPU - Paraguay (FPTI-PY)**

**Paraguay**

### **RESUMEN**

El presente trabajo tiene como objetivo general la presentación de los resultados de la Prospectiva Energética para la República del Paraguay, ejecutado por la Fundación Parque Tecnológico Itaipu – Paraguay, bajo el patrocinio de la Itaipu Binacional, con el fin general de mostrar las proyecciones de largo plazo de la demanda y los requerimientos de energía del sistema socioeconómico nacional, y del correspondiente abastecimiento ante la alternativa de dos escenarios socioeconómicos contrastados (Tendencial y Alternativo) y de sus respectivos escenarios energéticos. A partir de este trabajo, el Paraguay cuenta con un modelo energético integral con una estructura de mayor desagregación, brindando en este caso las bases para la aplicación de medidas específicas dentro de los diferentes sectores de consumo de energía. En tal sentido, Políticas Energéticas racionales resultaron necesarias para mejorar la gestión de las fuentes de energía, teniendo en cuenta además el cambio climático, en un contexto de desarrollo regional. El trabajo trata sobre el desarrollo de un estudio de Prospectiva Energética al año 2040, de modo a presentar los delineamientos y las estrategias para alcanzar una estructura energética sustentable, basados en políticas energéticas que induzcan el incremento del nivel de penetración de las fuentes de energía sustentables y los niveles de productividad energética del país. Los resultados obtenidos a partir del presente estudio son indicativos y de carácter exploratorio de las posibles consecuencias sobre la demanda y los requerimientos de energía, como así también sobre el abastecimiento, frente a los dos escenarios formulados; para a partir de ellos evaluar los impactos de la evolución del sistema energético paraguayo sobre las distintas dimensiones de la sustentabilidad: económica, social, ambiental y política.

A partir de estos resultados, la prospectiva se constituye en una valiosa herramienta tendiente a reducir el grado de incertidumbre en los procesos de decisión, por medio de la exploración de los estados futuros posibles de un determinado sistema. El estudio de la prospectiva energética, requerimientos y abastecimiento, utilizó el modelo LEAP para llevar a cabo el estudio.

Finalmente, este trabajo pretende coleccionar y divulgar los resultados obtenidos de manera a sensibilizar a los distintos sectores sobre la importancia de contar con Acciones Energéticas Sustentables y contribuir como insumo para el desarrollo y sentar las bases para la elaboración de una Política Energética del Paraguay.

### **PALABRAS CLAVES**

Prospectiva Energética, Escenarios, Modelo Energético, LEAP.



XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente análisis trata sobre el desarrollo de un estudio de la Prospectiva Energética para la República del Paraguay al año 2040, de modo a definir los delineamientos y las estrategias para alcanzar una estructura energética sustentable, basados en acciones energéticas asumidas que induzcan el incremento del nivel de penetración de las fuentes de energía sustentables y los niveles de productividad energética del país. Los resultados que se obtuvieron a partir del presente estudio son indicativos y de carácter exploratorio de las consecuencias sobre la demanda y los requerimientos de energía, como así también sobre el abastecimiento, frente a los dos escenarios formulados (Tendencial y Alternativo); para a partir de ellos evaluar los impactos de la evolución del sistema energético paraguayo sobre las distintas dimensiones de la sustentabilidad: económica, social, ambiental y política.

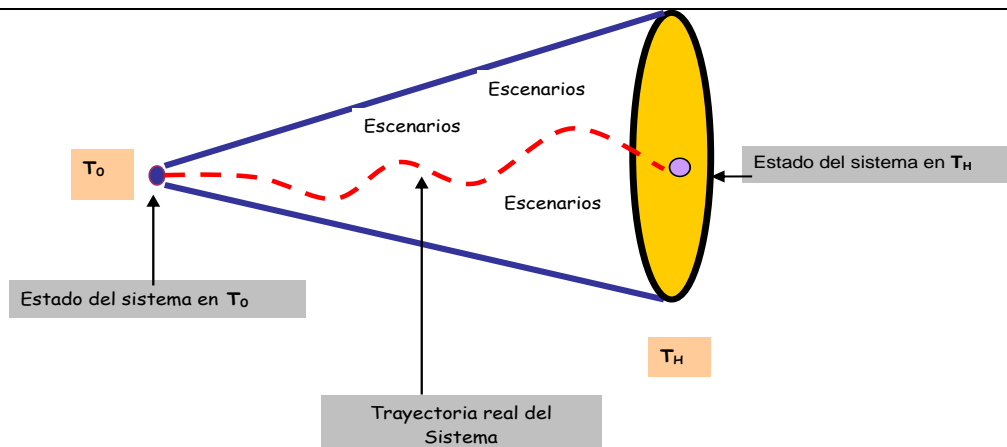
La prospectiva es el conjunto de análisis y estudios sobre las condiciones técnicas, científicas, económicas y sociales de la realidad futura con el fin de anticiparse a ello en el presente. La prospectiva no tiene la pretensión de predecir, sino de reflexionar sobre fenómenos que sucederán y puede prepararnos para todo tipo de acontecimientos y nos dispone para reaccionar ante diversas circunstancias, de las cuales se producirá una sola. Imagina varios futuros, situaciones que pueden suceder y lo que se debería hacer según el caso. En términos generales, la prospectiva es hacer probable el futuro más deseable [1]. Actualmente, el Paraguay no cuenta con un modelo energético integral con una estructura de mayor desagregación como el propuesto en este proyecto, el cual brinda las directrices básicas para la aplicación de medidas específicas dentro de los diferentes sectores de consumo de energía.

En tal sentido, acciones energéticas racionales resultan necesarias para mejorar la gestión de las fuentes de energía, teniendo en cuenta además el cambio climático, en un contexto de desarrollo regional, lo cual hace necesaria la implementación de un estudio de Prospectiva Energética Nacional para la República del Paraguay. El objetivo general del trabajo es realizar las proyecciones de largo plazo de los requerimientos de energía del sistema socioeconómico nacional, y del correspondiente abastecimiento. Considerar dos escenarios socioeconómicos contrastados (de referencia y alternativo) y de sus respectivos escenarios energéticos. Además este trabajo incorpora los objetivos, estrategias y metas de la Política Energética del Paraguay.

El presente trabajo está organizado de la siguiente manera: la Sección 2 explica los escenarios y prospectiva, la Sección 3 muestra el diagnóstico socioeconómico nacional, la Sección 4 presenta el balance nacional en energía útil – año 2013, mientras que en la Sección 5 se presentan los escenarios energéticos con una descripción de las proyecciones de precios de los energéticos, además de una introducción y aspectos metodológicos establecidos en el trabajo. La Sección 6 muestra los resultados y finalmente, las conclusiones y recomendaciones se presentan en la Sección 7.

## 2. ESCENARIOS Y PROSPECTIVA

En un contexto real donde predominan las condiciones de incertidumbre esencial carece de sentido hablar de “pre-visión” o de “pre-dicción”, porque resulta imposible anticipar lo que habrá de ocurrir. *Es en estos casos es que cobra sentido hablar de análisis prospectivo, entendiendo por tal operación realizar una exploración de los futuros posibles.*



**Figura. 1: Representación esquemática de la técnica de escenarios [2]**

Para una mejor explicación, en la Figura 1 se presenta de manera esquemática el proceso de diseño de escenarios, donde la superficie del cono constituye una densa e infinita cantidad de escenarios y, como puede verse, la trayectoria real del sistema transcurre al interior de esa superficie. En consecuencia, en tal situación se podría afirmar que dicha superficie constituye un conjunto de escenarios bien contrastados que cubren adecuadamente a la trayectoria real del sistema considerado. El análisis prospectivo supone la formulación de una variedad de escenarios que representen evoluciones bien contrastadas (que “contengan” en su interior la trayectoria real del sistema con alta verosimilitud). Pero, hay que tener en cuenta que se trata de la evolución de sistemas complejos caracterizados por elementos estructurales de un conjunto de magnitudes variables fuertemente condicionadas por dichos factores estructurales. Además dichos aspectos deberán considerar diferentes dimensiones de análisis (demográficas, económicas, sociales, ambientales, políticas y tecnológicas) atendiendo a los espacios mundial, regional y nacional.

### 3. DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO NACIONAL

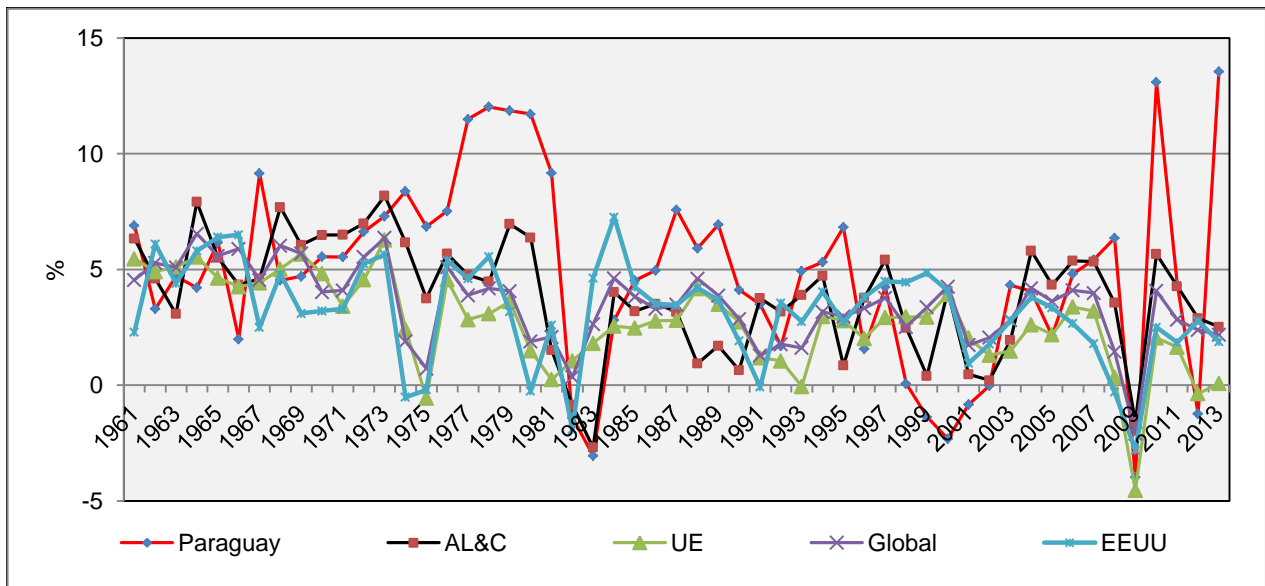
#### 3.1 Desempeño Económico

##### 3.1.1 Nivel de actividad y empleo. Evolución y principales componentes

Cómo se puede observar en la Figura 2, la economía nacional presenta en el período 1961-2013 una tasa de crecimiento anual acumulada de 4,8% con un patrón caracterizado por una alta variabilidad. Durante la década del setenta la economía presenta un alto grado de crecimiento sostenido del PIB por la conjunción de tres aspectos fundamentales: la construcción de Itaipu, la expansión de la frontera agrícola y las inversiones en infraestructura vial. La tasa de crecimiento media anual en el período 1974-1981 (período de la construcción de Itaipu) fue de 9,87%. La construcción de Itaipu representó un importante *shock externo* positivo para la economía del país al incrementar el ingreso de capital y la tasa de crecimiento del PIB, así como al acelerar el grado de apertura de la economía. Sin embargo, con posterioridad a que se terminara la obra, se observa un período de desaceleración de la economía (1985-1995). Este bajo crecimiento tuvo como causas principales la drástica caída de los precios internacionales del algodón y la soja y, en menor medida, las condiciones climáticas adversas. Más recientemente se observa una significativa caída del nivel de actividad en el año 2009 y en el año 2012. En el primer caso, en el año 2009 la caída casi del 4% del PIB se explica no solo por el contexto de la crisis mundial que implicó una desaceleración en la demanda de exportaciones agrícolas, sino principalmente porque fue un año de sequía que provocó una caída del 25% en el sector agrícola (uno de los principales componentes del nivel de actividad del país). En el año 2010, la recuperación fue de la mano del sector agrícola que tuvo una excelente cosecha, el crecimiento de la producción ganadera, un crecimiento del sector industrial y la expansión del sector de la construcción. En el año 2012, el nivel de actividad vuelve a caer un 1,2%, principalmente motivado por la caída del 28% del

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

sector agrícola, nuevamente debido a un año de sequía. En el año 2013 la economía se recupera, mostrando una tasa de crecimiento interanual del 13,6%, la mayor tasa de crecimiento de toda la región [3]. La recuperación del año 2013, se asocia a una nueva recuperación agrícola, principalmente de la soja (una tendencia favorable que se mantiene durante el año 2014) y un importante rol de la política pública para incrementar el nivel de actividad, particularmente a través de la política fiscal [4].



**Figura. 2: Evolución de la dinámica de crecimiento de Paraguay y la influencia del contexto económico mundial y regional con base en [5].**

En lo que respecta a la relación o dependencia de la economía paraguaya de otras economías de la región o del mundo, se observa que Paraguay tiene una estrecha relación con las economías de la región de América Latina y el Caribe (AL&C), o del UNASUR en particular. Nuestra economía depende significativamente de Argentina y Brasil, por ser estos los principales mercados de sus exportaciones. En el caso de Brasil, a partir del año 1974 (cuando se inicia la construcción de Itaipu) existe cierto grado de correlación entre el ciclo en la economía brasilera y la economía paraguaya. Nuestra economía es altamente dependiente del sector agropecuario. En el año 2013 dicho sector representó el 18% del PIB, seguido por el sector comercial (14,8%), las centrales binacionales (10,4%) (Mayor relevancia de Itaipu ya que Brasil que representa aproximadamente el 80% de los ingresos por exportaciones de energía eléctrica), y la industria (10,2%). *Esta concentración de la economía en la agricultura se profundizó en la última década, cuando la participación de la agricultura se incrementó, ganando lugar a la industria y a las centrales binacionales.* En este sentido es muy importante tener en cuenta el impacto que las condiciones climáticas tienen sobre el desempeño de la actividad del país, ya que la gran volatilidad del PIB de Paraguay en los últimos años ha estado intensamente asociada a los períodos de sequía.

### Empleo

Además de su relevancia para el nivel de actividad económica, el sector primario es el mayor responsable de la demanda de trabajo en el país (27%), seguido por el sector comercial, restaurantes y hoteles (25%) y los servicios comunales y personales (22%). De acuerdo con los resultados de la encuesta continua de empleo, en el año 2013 el promedio anual de la tasa de desempleo abierto fue del 8,1%, igual al registrado en [3].



XII SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

---

***El sector agropecuario***

El sector agropecuario es uno de los más volátiles de la economía paraguaya dada su dependencia climática. Se trata de un sector dual, en el que coexisten un sector exportador moderno, altamente mecanizado, cuyas producciones (principalmente cereales oleaginosos y carne) son con destino exportador; y un sector tradicional intensivo en mano de obra, de fincas familiares cuya producción tiene muy baja participación en las exportaciones ya que se trata principalmente de cultivos de subsistencia, algodón y sésamo. De acuerdo a [6] esta situación se refuerza con una gran asimetría en lo que hace a la propiedad de la tierra ya que “El 65% de las unidades de producción campesina poseen el 5% de la tierra, mientras que el 1% de los grandes propietarios detentan los dos tercios de la superficie agrícola total”, al tiempo que este sector se ve desfavorecido por el avance del monocultivo. Existe adicionalmente una significativa diferencia de productividad ente ambos sectores.

***Aspectos relevantes para la elaboración de escenarios nacionales***

En los últimos años el país ha estado caracterizado por períodos de elevado crecimiento pero con altos grados de volatilidad. Los ejes del crecimiento en el Paraguay están principalmente relacionados con el desarrollo del sector agropecuario. Sin embargo, de acuerdo a [7] uno de los ejes centrales de la planificación será pasar de una economía basada en recursos naturales a una economía del conocimiento. La evolución de los ejes del crecimiento se relaciona con la evolución del sector externo y de las políticas internas, y ampliamente atados a la variación del clima y su impacto sobre el sector agrícola. Es significativo el impacto en este sentido que tiene y tendrá la evolución de los precios de exportación de estos productos, en particular de la soja que se ha convertido en el principal cultivo del país. Un segundo aspecto que debe ser superado para el cumplimiento de [7] es el bajo desarrollo tecnológico y de innovación.

A pesar de que el sector agroindustrial es remarcado como uno de los sectores más prometedores a futuro, en la actualidad su contribución al crecimiento económico es muy baja. No obstante, la consolidación de esta rama se encuentra explicitada dentro de la *Política Industrial de la Estrategia de Competitividad e Innovación* de [7] del (punto 2.2.7) e implícita dentro de la política Agropecuaria. Las exportaciones agrícolas son el principal rubro de las exportaciones seguidas por las exportaciones de la energía eléctrica.

Paraguay es una economía pequeña con un alto grado de apertura con lo que las fluctuaciones externas pueden afectarlo en gran medida. En particular las fluctuaciones de sus principales socios comerciales. De acuerdo a [7] una de las ventajas con las que cuenta el país para el desarrollo futuro es que se encuentra entre los principales destinos en cuanto a rentabilidad de la inversión y de la seguridad del clima de negocios. El PIB per cápita (PIBpc) se mantiene en niveles muy bajos. El crecimiento del PIBpc desde el año 2002 no ha logrado disminuir significativamente la desigualdad en la distribución del ingreso. Si bien ha caído la pobreza en porcentaje, la misma ha aumentado en número como consecuencia del aumento de la población.

**4. BALANCE NACIONAL EN ENERGÍA ÚTIL (BNEU) – AÑO 2013**

Uno de los principales aportes del estudio además de los primeros datos presentados, es la actualización del Balance Nacional en Energía útil (BNEU) - Año 2013. A partir de ella se configura el año base en el modelo LEAP [8], instrumento que se utilizará para las proyecciones del consumo y del abastecimiento energético del Paraguay para el periodo 2014-2040.

El consumo neto total del Paraguay fue de 4.684 ktep en 2013, mientras que el consumo útil total fue de 1.892 ktep. En consecuencia el rendimiento de utilización promedio fue de 40,4% (ver Figura 3).

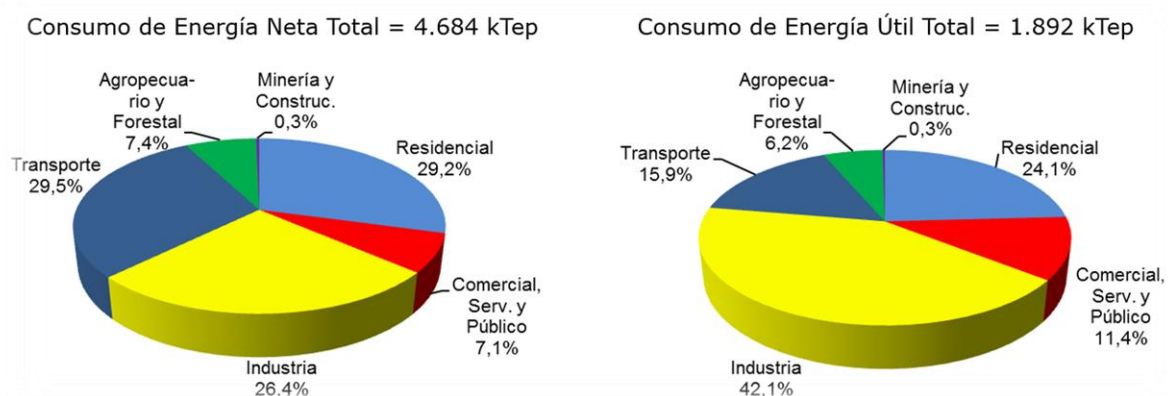
El principal sector consumidor en términos de energía neta es el sector Transporte con el 29,5% del total, en segundo lugar se ubica el Residencial con el 29,2% y en tercero la Industria con 26,4%. Luego Agropecuario



**XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ**  
**25 y 26 de Agosto de 2016**

y Forestal con 7,4%; Comercial, Servicios y Público con 7,1%; y, finalmente con participación muy poco significativa están Minería y Construcción con 0,3% tal cómo se muestra en la Figura 3.

En energía útil, la estructura del consumo por sectores cambia en relación a la energía neta debido a los diferentes rendimientos medios de utilización de la energía en cada sector. Es así como los sectores Industrial y Comercial, Servicios y Público aumentan su participación respecto al consumo neto, y los restantes sectores la disminuyen como puede verse al comparar los dos gráficos siguientes. En el sector Residencial los bajos rendimientos están asociados al consumo de Leña y Carbón Vegetal; en el Transporte, Agropecuario y Forestal y Minería y Construcción al peso que tienen los consumos en los motores de combustión interna, equipos de baja eficiencia relativa.



**Figura 3. Consumo Final de Energía por Sectores en Paraguay – Año 2013**

## 5. ESCENARIOS ENERGÉTICOS

### 5.1 Proyecciones de precios de los energéticos

#### 5.1.1 Introducción y aspectos metodológicos

Existen diferentes procedimientos para la construcción de escenarios. Algunos enfoques enfatizan la necesidad de utilizar modelos matemáticos como medio para garantizar la coherencia interna de los mismos. Sin embargo, la representación formalizada de sistemas complejos, especialmente si se pretende que se trate de una formulación dinámica, resulta prácticamente inviable. Aunque se trate de representaciones extremadamente simplificadas, las herramientas matemáticas no están en condiciones de incorporar el cambio endógeno a la dinámica del sistema. A este respecto debe remarcarse que la inclusión de ese tipo de cambios estructurales en la evolución dinámica resulta un elemento central para la construcción de escenarios. De cualquier modo, la tarea de construcción de escenarios debe basarse necesariamente en un esquema teórico-explicativo referido al funcionamiento del sistema a escenificar. Ese esquema es el que permite juzgar acerca de la coherencia interna de un escenario. El contenido de los escenarios habrá de ser función de las finalidades y las características de la prospectiva a realizar. Es claro que la especificación de la situación de contexto requerido para las decisiones en el ámbito del sector agropecuario, forestal o de transporte habrá de ser marcadamente diferente de la que resultara necesaria para la formulación de la prospectiva energética. En suma: la construcción de escenarios debe estar direccionada por el objetivo que se persigue con el análisis prospectivo que se pretende realizar.

El grado de especificación de los escenarios puede verse afectado también por las características del enfoque teórico-metodológico que se utiliza para realizar el análisis prospectivo. En términos generales, los enfoques que conducen a especificaciones más agregadas prestan menor atención a los cambios de carácter estructural



XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

y concentran el análisis en las modificaciones de las variables de estado del sistema.

Los métodos técnico-económicos o analíticos del tipo LEAP [8] permiten simular los cambios estructurales de manera mucho más adecuada ya que, a través del uso de estructuras arborescentes, posibilitan diferentes niveles de desagregación hasta alcanzar conjuntos de consumidores de energía que tengan características dinámicas homogéneas. El carácter analítico de dichos métodos, así como la intención de simular cambios de tipo estructural en los escenarios socioeconómicos y energéticos, hacen que la información de dichos escenarios deba ser mucho más abundante y detallada de la que se utiliza en la aplicación de los métodos econométricos.

*Tipos de escenarios considerados:* En el marco del estudio se planteó la construcción de dos escenarios. Uno de ellos, denominado "*escenario de referencia o tendencial*" que constituirá un futuro de continuidad respecto de la evolución histórica reciente del sistema, dejando de lado los movimientos coyunturales. El segundo de ellos denominado "*escenario alternativo*" que, por contraste al de referencia, deberá incorporar hipótesis marcadamente diferentes a las de éste último. Para ello, en el escenario alternativo habrán de maximizarse todos los indicios de cambio relevantes que han comenzado a manifestarse en los diferentes planos o aspectos de los sistemas socioeconómicos y energéticos considerados. Cuando el escenario de referencia incorpora ya cambios estructurales y de funcionamiento de magnitud muy significativa, el escenario alternativo tendrá que formularse planteando hipótesis diferentes acerca de las modificaciones que podrían tener lugar en el futuro. Por lo que se refiere a los aspectos vinculados con la Política Energética se considerarán que los instrumentos vinculados con las principales líneas estratégicas de la misma habrán de incorporarse únicamente en el escenario alternativo, en la medida en que tales estrategias impliquen una ruptura con respecto a las que estuvieron efectivamente vigentes en el pasado reciente. En esta sección se propone un escenario posible para los precios de los distintos combustibles o energéticos disponibles en Paraguay al año 2013 (año base). El objetivo es contar con proyecciones de los precios para el análisis de los procesos de sustitución entre fuentes para ambos escenarios, de Referencia y Alternativo. En primer lugar se estiman dos alternativas para el valor del petróleo, energético rector de gran parte de los combustibles consumidos en el país. La evolución del precio de la Leña y el Carbón Vegetal dependen por su parte de factores locales, al igual que el componente de Biodiesel y Alcohol a mezclar con Diesel y con las Gasolinas, respectivamente. Los valores de referencia se alimentan no sólo de las tendencias (antecedentes), sino también por las acciones energéticas previstas para el horizonte de proyección 2015-2040 en ambos escenarios.

***Escenario de Referencia:***

***a) Los precios de los derivados del Petróleo:***

Para definir el conjunto de precios de Referencia para los derivados de Petróleo, se consideró el escenario de precios bajos del crudo. Al comparar los aumentos según el combustible, las variaciones resultan ligeramente mayores en el Diésel y GLP que en las Gasolinas y Etanol, respondiendo a la menor participación del componente local. Los valores promedio de los diferentes combustibles tanto para el año base 2013, como para el año más reciente 2015, se obtuvieron a partir de datos de mercado. La participación del costo de importación sobre el precio de venta al público se obtuvo de [9] para la Gasolina económica 85 octanos (E85) y del Diésel tipo III, aplicando esos porcentajes al resto de las Gasolinas y Diésel común, respectivamente. Para el Fuel Oil se aplicó la estructura del Diésel tipo III, considerando la menor tasa del impuesto selectivo al consumo (ISC) [10] y el 83% del precio de importación del Diésel para 2013 [11]. La participación del E85 pondera como 100% nacional al componente etanol, el GLP para 2013 se basa en [11]. Se consideran mejoras explícitas en la producción de Etanol por aumento de escala; no así en el caso del Biodiesel, ya que el incremento de este último mezclado con Diésel es de relevancia inferior comparado con la evolución del precio del Petróleo. No se consideran cambios en impuestos ni en la estructura de los



XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

combustibles: los márgenes permanecen inalterados para los distribuidores, intermediarios y estaciones de servicio.

***b) Los precios de la Electricidad***

Para estimar los valores para la energía eléctrica se han considerado las tarifas medias de venta al público [12]. Lo mencionado en [12] es coherente con las tarifas medias calculadas a partir del número de clientes por categoría.

En el Escenario de Referencia se considera que la totalidad del abastecimiento de la Electricidad al mercado interno, en el horizonte planificado (2040) será de origen hidroeléctrico.

***c) Los precios del Carbón Vegetal y Leña***

En el caso de estas dos fuentes de energía no se presentan diferencias para los escenarios, se espera así que los precios aumenten de modo equivalente tanto en el Escenario de Referencia como en el Alternativo. La disponibilidad tanto del Carbón Vegetal como de la Leña depende de la explotación local del recurso forestal. Destacándose la situación de las regiones donde está teniendo lugar la actividad extractiva, enmarcada en un proceso de desmonte de difícil identificación, condicionado por otras actividades productivas. En el Chaco se está desarrollando agresivamente la ganadería [13], donde está permitido el cambio de uso del suelo, bajo un sistema legal ordenado, con un sistema silvo-pastoril, quedando una importante cantidad de árboles en pie.

***Escenario Alternativo***

***a) Los precios de los derivados del Petróleo***

Para definir un conjunto de precios alternativos para los derivados de Petróleo, se consideró el escenario de precios altos del crudo. Al igual que en el escenario de Referencia, los aumentos resultan proporcionalmente mayores en el Diésel y GLP que en Gasolinas y Etanol, respondiendo a la menor participación del componente local. Sin embargo ante un mayor precio previsto para el crudo –más notorio en los años de corte 2018 y 2023– los energéticos resultan más caros. Como se indicara en la descripción del escenario de Referencia, los valores promedio de los diferentes combustibles tanto para el año base 2013, como para el año más reciente 2015, se obtuvieron a partir de datos de mercado. La participación del costo de importación sobre el precio de venta al público fue obtenida de idénticas fuentes, considerando en este caso una evolución a mayores alzas en el precio internacional del crudo. El abastecimiento a partir de una nueva refinería procesando Petróleo crudo nacional, incluida en el escenario Alternativo a partir de 2031, se considera que no redundaría apreciablemente en menores precios finales para los combustibles al menos antes del año 2040. No se consideran cambios en impuestos ni en la estructura de los combustibles: los márgenes permanecen inalterados para los distribuidores, intermediarios y estaciones de servicio.

***b) Los precios de la Electricidad***

En el Escenario Alternativo se considera el caso de penetración de Gas Natural en centrales de Ciclo Combinado y Turbogas a partir del año 2030. No obstante, el peso de la generación eléctrica proveniente de este tipo de tecnologías, representaría solo el 4% del total de la generación eléctrica del año 2040. La prospectiva considera la construcción de otras represas al interior del país y de la binacional Corpus con Argentina. Al igual que en el escenario de Referencia, en base a las hipótesis descritas, se propone un aumento de tarifas hacia el año 2040 de diferentes magnitudes según sectores de consumo.



XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
 25 y 26 de Agosto de 2016

**c) Los precios del Carbón Vegetal y Leña**

Corresponden los mismos valores que el escenario de Referencia.

A continuación se presenta un resumen de estimaciones de precios de los energéticos.

**Tabla I: Estimaciones precios Energéticos al 2040. Escenario de Referencia y Alternativo con base a [11], [12], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24] y [25].**

Energético	Unidad:	2013	Escenario de Referencia				Escenario Alternativo			
			2018	2023	2030	2040	2018	2023	2030	2040
Carbón Vegetal	Gs/kg	1.499	1.649	1.686	1.787	1.939	1.649	1.686	1.787	1.939
Leña por raja de 2,5 kg	Gs/kg	403	410	411	596	776	410	411	596	776
Gasolina económica 85	Gs/l	5.515	5.499	5.595	6.246	7.297	6.780	7.132	7.388	7.737
Gasolina especial/eco90	Gs/l	6.162	6.287	6.397	7.141	8.342	7.751	8.154	8.446	8.846
Gasolina súper/ecoplus95	Gs/l	6.723	7.144	7.268	8.114	9.479	8.808	9.265	9.597	10.051
Gasolina turbo aditiv. 98	Gs/l	8.288	9.047	9.205	10.276	12.004	11.154	11.733	12.154	12.729
Diesel común tipo III	Gs/l	5.237	5.105	5.250	5.948	7.130	6.274	6.667	7.018	7.554
Diesel I/podium	Gs/l	5.975	5.739	5.902	6.687	8.016	7.053	7.495	7.889	8.492
Fuel Oil	Gs/l	4.377	4.268	4.392	4.990	6.001	5.268	5.605	5.905	6.364
E.85, flex fuel	Gs/l	4.417	4.175	4.207	4.604	5.210	5.081	5.286	5.395	5.509
E 100, alcohol carburante	Gs/l	3.980	3.762	3.785	4.126	4.642	4.568	4.742	4.827	4.905
GLP Vehicular	Gs/l	4.366	4.327	4.453	5.056	6.077	5.337	5.677	5.980	6.443
GLP General	Gs/l	4.235	4.197	4.318	4.904	5.894	5.176	5.506	5.800	6.249
Precio del Crudo (WTI)	US\$/Bbl	96,57	65,00	73,90	84,88	103,47	90,00	96,19	101,70	110,14
			Escenario de Referencia				Escenario Alternativo			
			2018	2023	2030	2040	2018	2023	2030	2040
<b>Electricidad</b>										
Tarifa Social	Gs/kWh	87	92	-	-	-	95			
50% BAJOS INGRESOS	Gs/kWh	350	420	489	541	587	438	522	572	601
40% MEDIOS INGRESOS	Gs/kWh	365	459	551	607	625	478	579	629	665
10% ALTOS INGRESOS	Gs/kWh	365	470	569	629	665	491	600	647	684
Comercial BT *	Gs/kWh	390	512	626	686	705	532	657	709	748
Industrial BT **	Gs/kWh	253	303	356	394	407	316	376	410	435
General BT ***	Gs/kWh	359	451	541	595	613	469	569	617	653
Gubernamental BT ****	G/kWh	336	413	489	541	557	430	516	561	595

## 6. RESULTADOS

Los resultados de la prospectiva se presentan para los siguientes dos escenarios:

- *Escenario de Referencia*: basado en los escenarios Socioeconómico y Energético de Referencia,
- *Escenario Alternativo*: basado en los escenarios Socioeconómico y Energético Alternativos,

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

Adicionalmente se presentarán los resultados de un escenario ficticio:

- Escenario Alternativo (Ref.): basado en el escenario Socioeconómico Alternativo y en el escenario Energético de Referencia,

Los resultados del escenario Alternativo (Ref.) se utilizarán para compararlo con el escenario Alternativo. La diferencia entre ambos indicará que ocurriría si hubiese un crecimiento del PIB y demás variables socioeconómicas con las tasas del escenario Socioeconómico Alternativo y no se implementa ninguna medida de política energética.

## 6.1 Proyecciones del consumo final de energía

### 6.1.1 Consumo Total por sectores

El consumo neto total de energía del país crecerá entre 2013 y 2040, sobre la base de los escenarios socioeconómicos y energéticos planteados, a una tasa promedio del 2,07% a.a. para el escenario de Referencia; del 4,3% a.a. para el escenario Alternativo (Ref.); y del 3,9% a.a. para el escenario Alternativo (ver Figura 4).

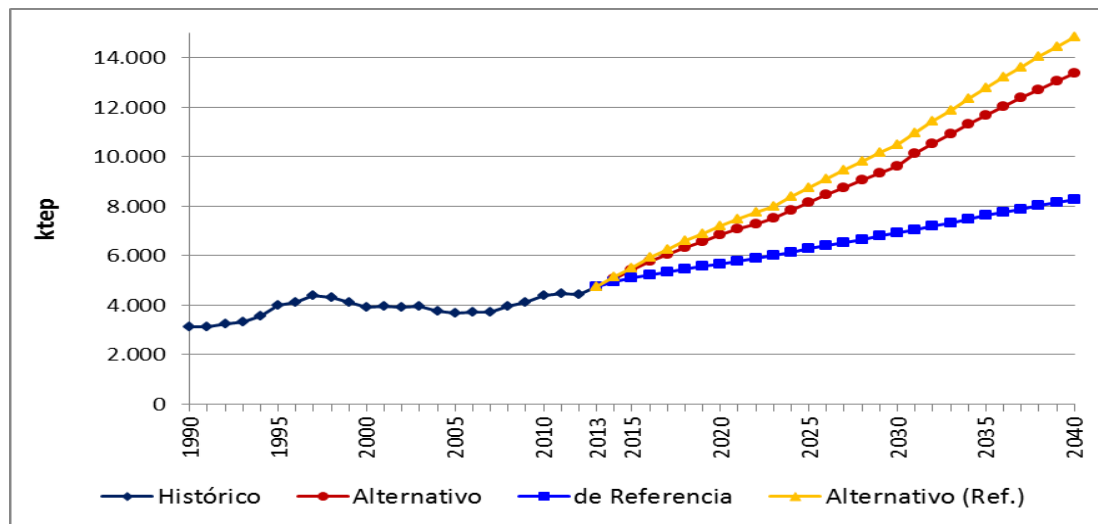


Figura 4: Evolución del Consumo Neto Total de energía 1990-2040

La tasa de crecimiento histórica del consumo neto total en el periodo 1991-2013 fue de 1,70% a.a.; por lo tanto los crecimientos proyectados son a tasas bastante superiores en todos los escenarios. Si calculamos la elasticidad media al PIB, calculada como cociente entre las tasas de crecimiento promedio, vemos que la elasticidad histórica fue de 0,52; mientras que para el escenario de Referencia resultará de 0,68; para el Alternativo (Ref.) de 0,83; y, para el Alternativo de 0,76.

La baja elasticidad histórica se explica en una buena medida por la fuerte sustitución de la Leña, que pasó de representar el 51,1% del consumo neto total en 1991 al 25,5% en 2013.

La reducción de la elasticidad en el escenario Alternativo respecto al escenario Alternativo (Ref.) es debida principalmente a las medidas de eficiencia energética planteadas en el escenario Alternativo.

**XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ**  
**25 y 26 de Agosto de 2016**

Merece destacarse el cambio en la estructura sectorial del consumo en ambos escenarios Alternativos respecto al de Referencia, con un incremento importante de la participación de la Industria y una reducción de Transporte y Residencial.

En efecto, en el escenario Alternativo el consumo de la Industria crecerá a una tasa de 5,54% a.a., pasando su participación en el consumo neto total de 26,0% en 2013 al 39,6% en 2040. Los sectores que menos crecen son Residencial al 2,50% a.a. y Transporte al 3,03% a.a.; perdiendo en consecuencia participación ambos sectores. Estos cambios tienen su origen en el escenario socioeconómico Alternativo, donde se plantea un fuerte crecimiento de la actividad industrial del país. Otros factores que inciden son la continuidad del proceso de sustitución de la Leña en el sector Residencial por fuentes más eficientes, y las mejoras en la eficiencia energética planteadas para el sector Transporte.

Una comparación útil a los efectos de evaluar las medidas energéticas incorporadas en el escenario Alternativo, es su comparación con los resultados del escenario Alternativo (Ref.). En la tabla siguiente se presentan las diferencias porcentuales del consumo por sectores entre ambos escenarios. En 2040 los ahorros totales de energía por medidas de eficiencia y sustituciones entre fuentes en el escenario Alternativo serán de 1.604,8 ktep respecto al escenario Alternativo (Ref.). Del mismo modo, habrá un aumento en el Consumo Propio en el año 2040 de 124,2 ktep debido a la incorporación en el escenario Alternativo de una nueva refinería de Petróleo a partir del año 2031.

Puede apreciarse en la Tabla II que de los 1.604,8 ktep ahorrados en 2040 en el escenario Alternativo, el 32,9% son ahorros que corresponden al sector Industria; el 28,0% al Residencial; el 23,9% al Transporte; repartiéndose el porcentaje faltante del ahorro en el resto de los sectores con baja participación.

**Tabla II: Diferencias del consumo de energía por sectores entre el escenario Alternativo y el escenario Alternativo (Ref.) - (ktep)**

Sectores	2013	2023	2030	2040	
Residencial	-	-135,0	-239,9	-449,7	28,0%
Comercial Servicio y Públ.	-	-24,8	-60,0	-143,8	9,0%
Industria	-	-62,8	-193,4	-528,5	32,9%
Agropecuario y Forestal	-	-13,0	-36,6	-94,8	5,9%
Minería	-	-0,4	-0,7	-1,5	0,1%
Construcción	-	-0,9	-1,8	-3,6	0,2%
Transporte	-	-261,9	-346,7	-382,8	23,9%
<b>Subtotal</b>	-	<b>-498,8</b>	<b>-879,0</b>	<b>-1.604,8</b>	<b>100,0%</b>
Consumo Propio	-	-	-	124,2	
<b>Total</b>	-	<b>-498,8</b>	<b>-879,0</b>	<b>-1.480,6</b>	

El consumo neto total en 2040 en el escenario Alternativo será un 10,8% más bajo que en el escenario Alternativo (Ref.).

Resulta interesante calcular los ahorros de energía acumulados en todo el periodo de proyección como consecuencia de las medidas de política. Entre 2013 y 2040 se ahorrarán 19.125 ktep en el escenario Alternativo respecto al escenario Alternativo (Ref.), lo que representa 4 veces el consumo neto total del Paraguay de 2013.



XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de la prospectiva energética dependen principalmente del escenario socioeconómico considerado. El escenario Alternativo de la presente prospectiva sigue los lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo Paraguay 2030, y cubre el periodo 2013-2040. La tasa de crecimiento del PIB en todo el periodo será de 5,2% a.a. En el escenario de Referencia el PIB crecerá al 3,0% a.a.

El escenario energético Alternativo considera los principales lineamientos y metas de la Política Energética del Paraguay que considera los siguientes objetivos: equidad social, uso eficiente y racional de los recursos naturales, diversificación de la matriz energética, mayor acceso a la energía, menor impacto en el medio ambiente y mayor autarquía energética.

Se propiciará una mayor penetración de la Electricidad en todos los sectores socioeconómicos; la continuidad de la sustitución de la Leña equilibrando su consumo con la sustentabilidad de su explotación; habrá una mayor penetración de los biocombustibles y el consumo de energía solar en aquellos usos más factibles. Se implementará el Plan Nacional de Eficiencia Energética.

Para el abastecimiento del escenario Alternativo se construirán los principales proyectos hidroeléctricos estipulados y las pequeñas centrales hidroeléctricas; también se prevé el caso de generación térmica a Gas Natural y la puesta en marcha de una nueva refinería.

En el escenario Alternativo el consumo total de energía crecerá al 3,9% a.a. y en el de Referencia al 2,1% a.a. Mientras que para la Electricidad las tasas serán de 5,5% a.a. y 3,1% a.a. respectivamente. El sector que liderará el crecimiento del consumo de energía en el escenario Alternativo será la Industria, acorde con lo previsto en el correspondiente escenario socioeconómico.

Los ahorros de energía acumulados en el periodo 2013-2040 debido al mejoramiento de la eficiencia energética en el escenario Alternativo equivalen a 4 veces el consumo total de energía del Paraguay en el año 2013.

Los Derivados del Petróleo seguirán teniendo una participación importante a pesar de las medidas de sustitución a implementar. En el año 2040 representarán el 30% del consumo total del Paraguay en el escenario Alternativo.

El margen de reserva de potencia de generación en el escenario Alternativo se reducirá a un ritmo determinado por el crecimiento del país, partiendo de un valor de 205% en 2013 y quedando en el 42% en 2040. Si no se implementan las medidas de eficiencia y gestión de la demanda y si no se incorporan las centrales eléctricas previstas, el margen de reserva caerá al 30% en 2030.

Se considera importante además que Paraguay cuente con estudios en profundidad que permitan determinar el margen de reserva adecuado para el país, teniendo en cuenta el régimen hídrico de sus ríos, los costos de la energía no suministrada y el grado de seguridad del abastecimiento eléctrico deseado.

La Leña es uno de los principales recursos energéticos del país y su abastecimiento cumple un rol significativo en la satisfacción de los requerimientos de energía. Aun teniendo en cuenta la sustitución prevista de la Leña en el escenario Alternativo y las mejoras en la eficiencia de su equipamiento, el consumo de Leña crecerá en valores absolutos y en 2040 representará el 17% del consumo total del país. En ninguno de los escenarios planteados habrá una explotación sustentable del recurso si no existe un intensivo programa de forestación. Con un plan de forestación que llegue progresivamente a 450.000 ha en 2035, se alcanzaría la sustentabilidad del bosque nativo a partir de 2026-2030, ocurriendo desde la actualidad hasta ese momento una reducción de la masa boscosa nativa cuyas consecuencias deberán evaluarse.



XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

Las emisiones de gases de efecto invernadero por habitante aumentarán en el escenario Alternativo debido al mayor desarrollo económico del país y a la mejora en la calidad de vida. Las emisiones por unidad de PIB se reducirán apreciablemente cumpliendo el objetivo de reducción del impacto ambiental.

Finalmente, se sugiere que la prospectiva energética se actualice periódicamente a fin de ir adecuando los escenarios socioeconómicos a la situación global, regional y nacional. Los escenarios energéticos deben perfeccionarse regularmente en la medida que se vayan evaluando e implementando los distintos programas, instrumentos y ajustando las metas correspondientes.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Bassi, A. M., Powers, R., & Schoenberg, W. (2010). An integrated approach to energy prospects for North America and the rest of the world. *Energy Economics*, 32(1), páginas 30-42.
- [2] Organización Latinoamericana de Energía & Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. (2003). *Energía y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe: guía para la formulación de políticas energéticas* (Vol. 89). United Nations Publications.
- [3] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2014c. *Estudio económico de América Latina y el Caribe*, 2014. Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- [4] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2013. *Informe Nacional sobre Desarrollo Humano Paraguay 2013 Trabajo Decente y Desarrollo Humano*. Disponible en: <http://www.py.undp.org/content/dam/paraguay/docs/Informe%20nacional%20sobre%20Desarrollo%20Humano%20Paraguay%202013.pdf>
- [5] Banco Mundial. Disponible en: <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2016/06/13/another-boost-to-global-action-against-corruption>
- [6] *Plan Estratégico Económico y Social 2008-2013 (PEES)*. Ministerio de Hacienda, Paraguay, 2008, páginas 1-138.
- [7] *Plan Nacional de Desarrollo 2014-2030 (PND-2030)*. Secretaría Técnica de Planificación, Paraguay, 2014, páginas 1-48.
- [8] Longe-range Energy Alternatives Planning System (LEAP). Heaps, C. G., 2012. [Software version 2012. 0027] Stockholm Environment Institute. Somerville, MA, USA. Disponible en: [www.energycommunity.org](http://www.energycommunity.org).
- [9] Energy Information Administration (EIA), U.S. Gulf Coast Ultra-Low Sulfur No. 2 Diesel Spot Price (Dollars per Gallon) a diciembre de 2014.
- [10] Artículo 1° del Decreto 640/13. Por el cual se modifica el artículo 1° del Decreto N° 3668 del 17 de diciembre de 2009 “Por el cual se establecen disposiciones relativas a la comercialización de combustibles derivados del petróleo”.
- [11] Sistema de Información Económico Energético (SIEE OLADE) para el año 2013. Disponible en: [http://sieve.olade.org/consultas/sistemas\\_numericos.aspx?ss=2](http://sieve.olade.org/consultas/sistemas_numericos.aspx?ss=2)





XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

- 
- [12] Pliego tarifario vigente y requisitos de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) para solicitar tarifa social. Resumen del Pliego de Tarifas N°20. Disponible en: [http://www.ande.gov.py/docs/tarifas/Pliego\\_de\\_Tarifas\\_Vigente.pdf](http://www.ande.gov.py/docs/tarifas/Pliego_de_Tarifas_Vigente.pdf)
- [13] Entrevista sostenida en el Instituto Forestal Nacional (INFONA) con el Ing. Valdez el 11 de Febrero de 2015, en el Marco del Proyecto.
- [14] Borsy, P., Ortiz, U. R., Balsevich, U. J., de Comercio, C., Alemana-AHK, I. P., Palazón, R.,... & Alamo, S. A. (2013). Publicado por Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC). Disponible en: [http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20\(1\).pdf](http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20(1).pdf)
- [15] U.S. Energy Information Administration, Annual Energy Outlook (DOE/EIA) año 2014, Annual Energy Outlook 2014 With Projections to 2040. Disponible en: [http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383\(2014\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383(2014).pdf)
- [16] U.S. Energy Information Administration (EIA). 2014 World Energy Outlook 2014. Disponible en: <http://www.iea.org>
- [17] Estudios Energéticos Consultores S.A. R1031/13, Asistencia Técnica para la Elaboración de los Estudios de Costos y Tarifas, Caracterización y Estudios de la Demanda de la Energía Eléctrica y Formulación de Escenarios Económicos". Préstamo BID N° 1835/OC-PR, otorgado por el Banco Interamericano de Desarrollo y con fondos de contra partida local de la ANDE. [http://www.ande.gov.py/documentos/Estudio\\_Costos\\_Tarifas\\_Estudios\\_de\\_la\\_Demanda\\_de\\_Energia\\_Electrica.pdf](http://www.ande.gov.py/documentos/Estudio_Costos_Tarifas_Estudios_de_la_Demanda_de_Energia_Electrica.pdf) visitado 30/01/2015
- [18] Fundación Bariloche - Dirección Nacional de Energía, República Dominicana, Actualización de la prospectiva de la demanda de energía de la República Dominicana 2010-2030: Informe final. San Carlos de Bariloche, 2014. Disponible en: [http://www.cne.gob.do/app/do/docp\\_documentos.aspx](http://www.cne.gob.do/app/do/docp_documentos.aspx)
- [19] Herramientas para mejorar la Efectividad del Mercado de Combustibles de Madera en la Economía Rural financiado por el Fondo Fiduciario Austriaco para la Cooperación Técnica ATN/AU-10038-RS, Informe diagnóstico del Paraguay, 2008. Disponible en: [http://www.ssme.gov.py/arch\\_temp/MMC\\_Infor\\_Diag.pdf](http://www.ssme.gov.py/arch_temp/MMC_Infor_Diag.pdf)
- [20] Plan Nacional de Energía 1992. Volumen I. Secretaria Técnica de Planificación. Disponible en: [http://www.ssme.gov.py/arch\\_temp/MMC\\_Infor\\_Diag.pdf](http://www.ssme.gov.py/arch_temp/MMC_Infor_Diag.pdf)
- [21] Secretaria Técnica de Planificación, Plan Nacional de Energía, Volumen I, Año 1992. Disponible en: [http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/25/045/25045198.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/25/045/25045198.pdf)
- [22] Viceministerio de Minas y Energía (VMME). Herramientas para mejorar la Efectividad del Mercado de Combustibles de Madera en la Economía Rural, financiado por el Fondo Fiduciario Austriaco para la Cooperación Técnica ATN/AU-10038-RS, Informe diagnóstico Paraguay, 2008. Disponible en: [http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20\(1\).pdf](http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20(1).pdf)



**XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016**

- 
- [23] Requisitos de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) para solicitar tarifa social. Disponibles en: [http://www.ande.gov.py/docs/tarifas/DECRETO\\_1702.pdf](http://www.ande.gov.py/docs/tarifas/DECRETO_1702.pdf) y [http://www.ande.gov.py/infodata.php?catid=6#.VMu-xdKG\\_eI](http://www.ande.gov.py/infodata.php?catid=6#.VMu-xdKG_eI)
- [24] Memoria y Balance, Administración Nacional de Electricidad (ANDE), 2013. Disponible en: [http://www.ande.gov.py/documentos\\_contables/377/memoria\\_y\\_balance\\_2013.pdf](http://www.ande.gov.py/documentos_contables/377/memoria_y_balance_2013.pdf)
- [25] Petróleos del Paraguay (Petropar), Estructura de costo por productos, Febrero 2016. Disponible en: <http://www.petropar.gov.py/index.php/transparencia/estructura-de-costos>.