

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL CONSUMO DE BIOMASA E IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS ENERGÉTICAS EN EL SECTOR INDUSTRIAL DEL PARAGUAY

Leodonald Duarte Cristaldo
José Ignacio Leguizamón Sosa
Gerardo Blanco
Estela Riveros

Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos (GISE)
Facultad Politécnica-Universidad Nacional de Asunción

PARAGUAY

RESUMEN

Paraguay ha exhibido en los últimos años un crecimiento económico de alrededor del 7% anual, y acorde a pronósticos del Fondo Monetario Internacional, este crecimiento seguirá en esa tendencia. Existe fuerte interés del Estado en tomar ventaja de la coyuntura y fomentar una fuerte expansión del sector industrial. Los requerimientos de energía del sector industrial paraguayo se refieren mayormente al uso de calderas alimentadas con leña. Todo ello implica que la biomasa ha sido y continúa siendo la principal fuente primaria de energía en el sector. El trabajo tuvo por objetivo general realizar un diagnóstico energético del impacto del crecimiento económico y el consumo de biomasa del sector industria en la cobertura boscosa de la República del Paraguay, y además, proponer estrategias de sustitución de dicha fuente con la inclusión de Políticas Energéticas. En la investigación se analizó la relación de Causalidad de Granger entre la demanda de biomasa del sector industrial, el producto interno bruto total, el producto interno bruto del sector industria, la población y la superficie Boscosa del Paraguay. Además, se realizó un análisis de la dinámica del sistema planteado, mediante la metodología denominada Dinámica de Sistemas utilizando el software Vensim. También se elaboró una representación del modelo energético del Paraguay, para evaluar el impacto que tendrán las medidas adoptadas en la búsqueda de la sustentabilidad de los recursos forestales. Por último, se procedió a la formulación de Políticas energéticas de las alternativas planteadas al sector y al análisis económico de las mismas con la metodología llamada Curva de Abatimiento. (280 palabras de 500)

PALABRAS CLAVES

1. Biomasa 2. Sector industrial 3. Sustentabilidad Boscosa 4. Energía 5. Políticas energéticas 6. Curva de Abatimiento

1. INTRODUCCIÓN

Paraguay ha exhibido en los últimos años un crecimiento económico de alrededor del 7% anual, muy por encima del promedio mundial, y acorde a pronósticos del Fondo Monetario Internacional (FMI) esté crecimiento seguirá en esa tendencia, colocando a Paraguay como uno de los países con mayor expansión económica a nivel global. Este crecimiento está basado primordialmente en actividades agropecuarias; sin embargo, existe fuerte interés del Estado en tomar ventaja de la coyuntura y fomentar una fuerte expansión del sector industrial [1].

Los requerimientos de energía del sector industrial paraguayo se refieren mayormente a necesidades térmicas, que son satisfechos principalmente con desechos combustibles. Asimismo, existe en el sector industrial una gran difusión en el uso de calderas alimentadas con leña. Todo ello implica que la biomasa ha sido y continúa siendo la principal fuente primaria de energía en el sector. Una parte razonable de la Oferta Interna Bruta de leña se destina a las carboneras, las cuales producen carbón vegetal principalmente para el sector residencial e industrial.

El presente trabajo expone un estudio referente al impacto del crecimiento económico del Paraguay en la cobertura boscosa del país considerando la alta demanda de biomasa con fines energéticos en el sector industrial, y tuvo por objetivo, la realización de un diagnóstico energético del impacto del crecimiento económico y la demanda de biomasa del sector industria en la cobertura boscosa de la República del Paraguay, además, delinear políticas energéticas basadas en la sustitución de dicha fuente de energía, de manera a definir la demanda esperada de biomasa con fines energéticos en función del nivel de actividad del sector industrial y de la actividad económica del Paraguay.

En la investigación se analizó la relación de Causalidad de Granger entre la demanda de biomasa del sector industrial, el producto interno bruto total, el producto interno bruto del sector industria, la población y la superficie Boscosa del Paraguay. Además, se realizó un análisis de la dinámica del sistema planteado, mediante la metodología denominada Dinámica de Sistemas, cuyo objetivo es conocer el comportamiento del sistema para estudiar su tendencia en un cierto tiempo. También se elaboró una representación del modelo energético del Paraguay, para evaluar el impacto que tendrán las medidas adoptadas en la búsqueda de la sustentabilidad de los recursos forestales.

Una vez consolidadas las alternativas sustentables, se formularon políticas energéticas en base a los resultados obtenidos, y con la metodología llamada Curva de Abatimiento, se realizó el análisis económico de las mismas, para determinar las unidades monetarias por hectáreas que han de ser ahorrados con las medidas propuestas.

2. OBJETIVOS

El trabajo tuvo como objetivo general realizar un diagnóstico energético del impacto del crecimiento económico y el consumo de biomasa del sector industria en la cobertura boscosa de la República del Paraguay, y además, proponer estrategias de sustitución de dicha fuente con la inclusión de Políticas Energéticas.

Y como principales objetivos específicos, confeccionar y validar un modelo computacional para replicar la dinámica del problema. Plantear escenarios tendenciales y de sustitución energética. Desarrollar un Modelo Energético de simulación computacional de la Matriz energética del Paraguay. Proponer y analizar medidas de eficiencia energética para el consumo de biomasa en el sector industrial. Finalmente, formular políticas energéticas y evaluación económica de las mismas.

3. METODOLOGÍA

Una vez obtenidas las series de datos necesarias se realizó un análisis de series temporales que incluyó la trimestralización de las mismas y la aplicación del método ARIMA. Luego esas series fueron empleadas como insumos para hallar la relación de Causalidad de Granger entre ellas. Además, se realizó un análisis de la dinámica del sistema planteado, mediante la metodología denominada Dinámica de Sistemas. Posteriormente se elaboró una representación del modelo energético del Paraguay en el entorno LEAP© (*Long Range Energy Alternatives Planning System*), enfocado en el sector industrial, el mismo fue empleado para evaluar el impacto que tendrán las medidas adoptadas en la búsqueda de la sustentabilidad de los recursos forestales. Una vez consolidadas las alternativas sustentables se formularon políticas energéticas. Finalmente, con la metodología llamada Curva de Abatimiento, se realizó el análisis económico de las mismas.

3.1. Series Temporales

Las series de datos utilizadas fueron obtenidas del Viceministerio de Minas y Energías (VMME), de la Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos (DGEEC) y del Banco Central del Paraguay (BCP). Se obtuvieron datos desde el año 1.991 hasta el año 2.011. El conjunto de técnicas de estudio de series de observaciones dependientes ordenadas en el tiempo se denomina Análisis de Series Temporales. El instrumento de análisis que se suele utilizar es un modelo que permita reproducir el comportamiento de las variables de interés. Para estudiar una serie y predecirla, debemos tener en cuenta todas sus características, incluyendo los ciclos que se observan con un periodo anual.

3.1.1. Trimestralización de Series Temporales

Para todo análisis económico, es fundamental disponer de información estadística que cumpla dos condiciones básicas: en primer lugar que se trate de información de alta frecuencia y, en segundo lugar, que el retraso entre el momento de su publicación y el instante temporal de referencia sea reducido. Algunos de los métodos de trimestralización no utilizan más información que los datos anuales y son conocidos bajo el nombre genérico de métodos de trimestralización sin indicadores. Dentro de éstos, se encuentra el método desarrollado por *Boot, Feibes y Lisman (BFL)*. En general, se trata de un método basado en algún criterio con un elevado grado de arbitrariedad que permite distribuir el total anual entre los cuatro trimestres [2]. El método BFL fue el empleado en este estudio.

3.1.2. Método ARIMA

ARIMA (p, d, q) significa *Autoregressive Integrated Moving Average* (Promedio móvil integrado autorregresivo) [3]. La metodología de modelos ARIMA en forma reducida parte de la descomposición ortogonal que la teoría clásica realiza de las series económicas en función de sus componentes no observados: tendencia, ciclo (o conjuntamente, ciclo-tendencia), estacionalidad y componente irregular [4]. Se puede utilizar para modelar patrones que pueden no ser evidentes en los datos graficados.

3.2. Causalidad de Granger

El planteamiento de Granger analiza la relación de causalidad de forma que se dice que una variable Y es causada en el sentido de Granger por X , si X contribuye a la estimación de Y . Es importante resaltar que la afirmación “ X causa en el sentido de Granger a Y ” no implica que Y sea el efecto o el resultado de X , pues intervienen, además, otros factores al margen de X [5].

Este proceso se realiza con el planteamiento de una hipótesis nula inicial, de qué Y no causa en el sentido de Granger a X . Las variables X e Y , son series temporales de los datos históricos recolectados. Se rechaza la Hipótesis Nula en caso de no comprobarse la misma.

3.3. Dinámica de Sistemas

La Dinámica de Sistemas consiste en una metodología para el estudio de situaciones problemáticas del mundo real en las que el grado de complejidad es elevada, es decir, problemáticas en las que se precisa trabajo en equipo, manejo de variables cuantitativas y cualitativas, con ayuda de modelos informáticos de simulación [6]. El objetivo básico de la Dinámica de Sistemas es llegar a comprender las causas orgánicas que provocan el comportamiento del sistema, por lo tanto, para estudiar un sistema hemos de conocer los elementos que lo forman y las relaciones que existen entre ellos [7].

Su enfoque es a largo plazo, o sea, requiere de datos históricos con un período de tiempo lo suficientemente amplio como para poder observar todos los aspectos significativos de la evolución del sistema. Tras un análisis cuidadoso de los elementos del sistema, mediante la Dinámica de Sistemas se construyen los modelos [8]. Este análisis permite extraer la lógica interna del modelo, y con ello intentar un conocimiento de la evolución a largo plazo del sistema. Sus principales aplicaciones se encuentran en entornos complejos y poco definidos, donde intervienen las decisiones humanas que suelen estar guiadas por la lógica.

El sistema en estudio para el trabajo es del impacto del crecimiento económico y la demanda de biomasa con fines energéticos, en la sustentabilidad de la cobertura boscosa en el Paraguay.

3.4. Modelo energético integral

Se puede definir como un conjunto de procesos de producción, de transformación, de suministro y de consumo de la energía, con todas las operaciones sucesivas que las componen y sus diferentes aspectos: técnicos, económicos, sociales y financieros [9]. El enfoque seleccionado es el basado en el modelo LEAP®, que es una herramienta que sirve para modelar escenarios energéticos y ambientales. Sus escenarios se basan en balances integrales sobre la forma en que se consume, convierte y produce energía en una región o economía determinada, según una gama de hipótesis alternativas [10].

3.5. Política energética

La política energética constituye una especificación sectorial de la política socioeconómica de largo plazo tendiente a inducir una cierta orientación al proceso de desarrollo. Para la formulación de política energética se realizó un diagnóstico y análisis de la situación del sistema energético de la República del Paraguay, mediante el Modelo energético elaborado. Con la intención de identificar los problemas desde el punto de vista de los lineamientos de la política a ser impulsada, se recurrió a la matriz de identificación de problemas como herramienta de análisis de diagnóstico. Luego, se identificaron, los objetivos específicos que contribuyan a la realización de un objetivo superior y las acciones de la política energética más adecuada para el logro de ellos [12].

Una vez establecidos los resultados concretos que se pretenden alcanzar con relación a cada objetivo específico, se procedió a analizar cómo actuar para lograr dichos resultados. En ese sentido, se realizó la matriz de identificación de líneas estratégicas. Esta matriz se construye para cada objetivo específico, atendiendo a las amenazas y debilidades que deben enfrentarse y las fortalezas y oportunidades de que se dispone para alcanzarlo (FODA) [13]. Posteriormente se definieron diversas posibilidades para llevarlas a la práctica, es decir, instrumentarlas. En este proceso se consideraron actores que deberían participar de la acción o actividad que se propone. Y por último, se analizaron las posibilidades de lograr consenso o el apoyo entre los actores más significativos y la actitud de los actores frente a un instrumento de la política energética [14].

3.4. Curva de abatimiento

La curva de abatimiento es una representación gráfica de los costos de abatimiento de una cartera de opciones de mitigación junto a sus potenciales de mitigación, en ella se puede observar las distintas opciones

ordenadas ascendentemente de acuerdo al costo unitario de abatimiento. De esta forma la curva presenta de forma sintética la información relevante para poder evaluar y comparar los efectos de distintas medidas, considerando además que estas pueden ser agrupadas sectorialmente.

3. RESULTADOS CAUSALIDAD DE GRANGER

Analizando las series de datos históricos anuales recolectadas, se pudo dar una información más o menos acertada del comportamiento del sector industrial, que son el Producto Interno Bruto Total del país (PIB TOTAL), el Producto Interno Bruto del sector Industrial (PIB INDUS), la Demanda de Biomasa (DB) del sector industrial y residencial; y la Población (POBLACIÓN) del país. Todos estos datos, fueron trimestralizados directamente por medio del método desarrollado por *Boot, Faibes y Lisman (BFL)*, con esto se consiguió que las series sean más precisas durante el análisis econométrico ARIMA, con el cual se pudo tener una señal o ciclo tendencial de las series y a través del mismo predecir su comportamiento. Utilizando el software MINITAB para el método ARIMA y MATLAB para la Causalidad de Granger.

El resultado del análisis de Causalidad de Granger, que se muestra en la **Figura 1**, determinó que existe relación de Causalidad de Granger unidireccional entre las variables, lo que equivale a decir que el PIB TOTAL, la POBLACIÓN y el PIB INDUS industria contribuyen a la estimación de la Demanda de Biomasa del sector industrial (DB).

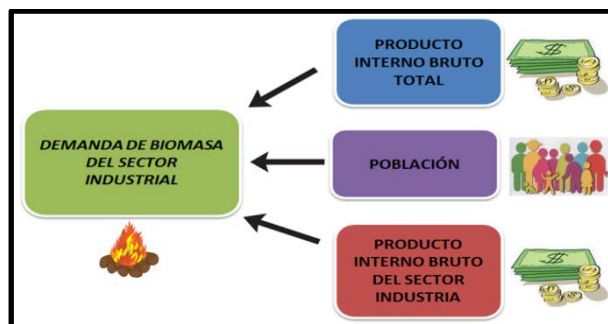


Figura 1: Relación de causalidad de Granger entre las variables

Estos resultados fueron utilizados como base para el diagrama causal en el modelo dinámico.

Los elementos claves que intervienen en el sistema de estudio para la elaboración del modelo Dinámico y en referencia a los datos históricos, son: Bosque (para la provisión de BIOMASA), Demanda de Biomasa del sector industrial, Población, PIB total, PIB industria, Demanda de Biomasa del sector residencial. Teniendo los elementos claves y considerando las interacciones entre las mismas, se construye el diagrama causal de relaciones lineales.

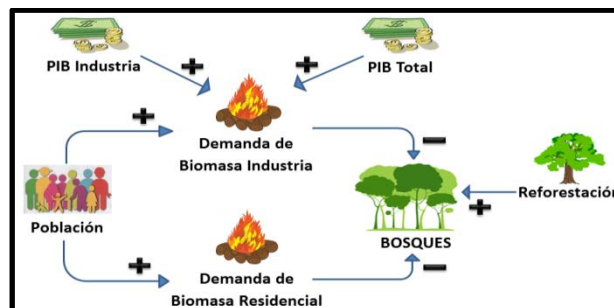


Figura 2: Diagrama causal del sistema

El PIB total, el PIB industria y la POBLACIÓN incrementan la demanda de biomasa del sector industrial. Así también, la POBLACIÓN incrementa la demanda de biomasa residencial. Finalmente, la demanda de biomasa residencial y la reforestación definen el nivel de la cobertura boscosa.

4. RESULTADOS MODELO DINÁMICO

4.1. Casos de Estudio

4.1.1. Escenario Tendencial

En este escenario no se aplicaron cambios estructurales mayores. Mediante las tendencias y las proyecciones de las variables, el modelo realiza los cálculos para encontrar los valores de consumo año a año. En los últimos años se ha dado un gran crecimiento económico, en el análisis tendencial se ha considerado que este crecimiento se mantenga. Se pudo notar cómo a medida que se da un crecimiento en el PIB total e industrial, la superficie boscosa del país disminuye masivamente a pesar de la ley de deforestación cero y las reforestaciones que se utilizan. Según los resultados obtenidos, si no se toman medidas de reforestación y un mayor control a la tala ilegal, para el año 2.030, la superficie boscosa rondaría entre las 282.798,25 ha y que la demanda de biomasa en el sector industrial seguirá aumentando y estaría alrededor de los 971.490,7971 TEP.

4.1.2. Escenario con crecimiento económico acelerado

Acorde a pronósticos del FMI el crecimiento de alrededor de 7% anual en el Paraguay seguirá en esa tendencia, colocando a Paraguay como uno de los países con mayor expansión económica a nivel global. Por esta razón, se planteó un escenario con crecimiento económico acelerado, para observar el impacto que tendría este comportamiento sobre la superficie boscosa del país.

Los resultados de este escenario señalan que la superficie boscosa en el año 2.030 rondaría las 122.592,5938 ha. y la demanda de biomasa en el sector industrial estaría en el orden de los 1.375.815,037 TEP. Haciendo una comparación con el escenario tendencial, vemos que el nivel de bosques en lugar de disminuir linealmente; disminuye exponencialmente.

4.1.3. Análisis de alternativas complementarias para la sustentabilidad de los recursos forestales del Paraguay

El objetivo de este escenario es buscar mantener los niveles de bosque obtenidos en el escenario tendencial durante todo el periodo de estudio considerando un escenario de crecimiento acelerado.

Se pudo concluir, que si se busca llegar con un crecimiento alto al mismo nivel de deforestación que se da con el crecimiento tendencial, se debería llegar a una sustitución del 10% de la demanda de biomasa industrial o reforestando el doble de hectáreas anuales consideradas inicialmente, igual a 10.000 ha anuales.

En referencia al escenario de sustitución de la demanda de biomasa industrial, se abocaron los estudios posteriores con el Modelo Energético.

5. RESULTADOS MODELO ENERGÉTICO

Se puede definir como un conjunto de procesos de producción, de transformación, de suministro y de consumo de la energía, con todas las operaciones sucesivas que las componen y sus diferentes aspectos: técnicos, económicos, sociales y financieros [9].

El enfoque seleccionado es el basado en el modelo LEAP© (*Long-range Energy Alternatives Planing System*). El sistema de Planificación de Alternativas Energéticas de Largo Plazo (LEAP©), es una herramienta que sirve para modelar escenarios energéticos y ambientales. Sus escenarios se basan en balances integrales sobre la forma en que se consume, convierte y produce energía en una región o economía determinada, según una gama de hipótesis alternativas de población, desarrollo económico, tecnología, precios y otras características [10].

XI SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO – CIGRÉ Paraguay
24, 25 y 26 de Setiembre de 2014

En base al Balance Energético Nacional de la República del Paraguay elaborado por el Vice Ministerio de Minas y Energía, se desarrolló un modelo que trata de representar al sector energético. Donde se estructuró la Energía Primaria y Secundaria con sus Centros de Transformación y Demanda.

Se han empleado datos desde el año 2.004, por ser éste el año con el cual se han obtenido la mayor cantidad de variables conducentes, también se lo ha tomado como año base por ser un año típico. Se han considerado como datos históricos los del año 2.004 hasta el año 2.011 por carecer de datos más actualizados.

5.1. Hipótesis consideradas

En la elaboración de este modelo se prestó especial atención a la demanda final del sector industria, pues es en este sector en el cual se proponen alternativas de eficiencia y medidas de sustitución.

La rama de la demanda industrial fue creada en base a la desagregación propuesta en el Proyecto "Balance de Energía Útil de la República del Paraguay" por el Parque Tecnológico Itaipú (PTI) [11].

5.2. Variables Conducentes (*Key Assumptions*)

Son las variables independientes propias de cada modelo, en este caso indicadores macroeconómicos y demográficos. En el modelo desarrollado se establecieron el Producto Interno Bruto (PIB) de sectores, Valor Agregado Bruto (VAB) del sector en estudio, los hogares y la población del Paraguay. De acuerdo a las variables el programa desarrolla las proyecciones deseadas.

5.3. Prospectiva Energética

En el estudio de prospectiva de la matriz energética de la República del Paraguay, centrado en la rama industrial, se proyectaron tres escenarios. En cada uno de ellos se hizo una variación del VAB. Además en el primer escenario se planteó el cambio de combustible para la producción de vapor por otro más eficiente, en un segundo escenario se analizó la implementación de otra tecnología y finalmente en el tercer escenario se combinaron las dos opciones.

5.4. Casos de Estudio: Escenarios deseados

5.4.1. Escenario deseado 1: Sustitución de leña por briquetas considerando un crecimiento económico del 7%

La primera medida de sustitución fue el reemplazo progresivo de la utilización de leña en las calderas para producir vapor, y en hornos para la cocción de alimentos, así como también para la elaboración final de ladrillos en las olerías. Se optó por cambiar la leña por briquetas de madera aserrada, debido a que el consumo de residuos de biomasa para el año 2.011[12] representaba el 58,6% del consumo neto total del sector, y en segundo lugar se encontraba el consumo de leña, con el 23,2% del total.

El subsector al cual fue aplicada esta sustitución es el denominado Frigorífico, en donde el consumo de la leña es en las calderas para producción de vapor. Con esta medida se pretendió disminuir de manera gradual el consumo de leña en este subsector a un ritmo de 17,5 % cada 5 años, para así llegar a un total de sustitución del 70% en el año 2.030. También se pretendió la sustitución en el subsector No Metálicos donde la principal aplicación de la leña es en los hornos para cocción de ladrillos. De igual forma se plantea una sustitución gradual aproximadamente del 17.5 % cada 5 años hasta llegar al 70% del consumo total de este subsector. Con la aplicación de esta medida de sustitución, se ha conseguido una disminución en la demanda final de energía del sector industria 4.746,94 Mtep acumulados al año 2.030. La reducción en la demanda de la leña y residuos de biomasa para satisfacer las necesidades energéticas de la industria serían de 4.400,742 Mtep y 346,198 Mtep respectivamente, acumulado al año 2.030.

5.4.2. Escenario deseado 2: Sustitución de hornos a leña por hornos eléctricos considerando un crecimiento económico del 7%

La segunda medida aplicada fue la de cambio de tecnología, pasar del uso de hornos que consumen leña a hornos eléctricos más eficientes. Esto atendiendo a que en la rama restos alimenticios hay un número considerable de panaderías y el consumo de leña en ellas es elevado. Esta estrategia de sustitución de hornos a leña por hornos eléctricos pretendió lograr gradualmente una reducción del consumo energético hasta llegar al 70% del consumo total de la rama calor directo.

5.4.3. Escenario deseado 3: Combinación de los escenarios briquetas y hornos eléctricos considerando un crecimiento económico del 7%

En este escenario se exponen los resultados de la demanda de energía al ser aplicadas al mismo tiempo. Las dos medidas estudiadas anteriormente. El procedimiento realizado fue el de sumar las medidas estudiadas anteriormente y así poder obtener una mayor reducción del consumo de leña.

En este escenario se pudo observar una significativa reducción de la demanda de leña lograda con la combinación de escenarios alrededor de 5.025,5 Mtep acumulados al año 2.030. Así también con los residuos de biomasa se denota una importante disminución del consumo con fines energéticos en este sector aproximadamente 346,2 Mtep acumulados al año 2.030.

6. RESULTADOS CURVA DE ABATIMIENTO

La curva de abatimiento es una representación gráfica de los costos de abatimiento de una cartera de opciones de mitigación junto a sus potenciales de mitigación, en ella se puede observar las distintas opciones ordenadas ascendentemente de acuerdo al costo unitario de abatimiento. De esta forma la curva presenta de forma sintética la información relevante para poder evaluar y comparar los efectos de distintas medidas, considerando además que estas pueden ser agrupadas sectorialmente [13].

Esta metodología de análisis nos permite calcular los costos de abatimiento para cada escenario de sustitución propuesto, en dólares por hectáreas, como también el potencial de abatimiento o la capacidad de ahorro en hectáreas año.

6.1. Análisis económico de escenarios

Los costos para el ahorro de bosques fueron calculados en forma individual para cada medida, comparándose la situación base con el escenario propuesto correspondiente.

6.1.1. Escenario 1: Sustitución de leña por briquetas considerando un crecimiento económico del 7%

Se analizaron los escenarios de sustitución calculando los costos dependiendo del porcentaje de introducción de la medida propuesta en el tiempo. Los costos de inversión no existen para este escenario debido a que solo se hace un cambio de eficiencia en el combustible utilizado.

Tabla I. Costo total de operación para el Escenario Deseado 1

VPN Inversión (USD)	VPN Costo operación (USD)	VPN (USD)	Costo marginal (USD/Ha)
0	-199.838.082	-84.099.916	-134,55

6.1.2. Escenario 2: Sustitución de hornos a leña por hornos eléctricos considerando un crecimiento económico del 7%

Para el análisis de este escenario se tuvo que calcular el consumo anual de un horno eléctrico, basado en una especificación técnica de una marca seleccionada [14].

Tabla II. Costo total de operación para el escenario Deseado 2.

XI SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO – CIGRÉ Paraguay
24, 25 y 26 de Setiembre de 2014

VPN Inversión (USD)	VPN Costo operación (USD)	VPN (USD)	Costo marginal (USD/Ha)
100.911.483	358.946.298,4	11.086.296,8	2.209,59

6.1.3. Escenario 3: Combinación de los escenarios briquetas y hornos eléctricos considerando un crecimiento económico del 7%

En este escenario se combinan las medidas anteriores para aumentar el ahorro de bosques, se sumaron los costos de operación del escenario Deseado 1 y 2.

Tabla III. Costo total de operación para el escenario combinación

VPN Inversión (USD)	VPN Costo operación (USD)	VPN (USD)	Costo marginal (USD/Ha)
100.911.483	296.122.961	159.023.510	2.24,84

7. POLÍTICAS ENERGÉTICAS

La política energética constituye una especificación sectorial de la política socioeconómica de largo plazo tendiente a inducir una cierta orientación al proceso de desarrollo [15].

Para la formulación de política energética se realizó un diagnóstico y análisis de la situación del sistema energético de la República del Paraguay, mediante el Modelo energético elaborado.

Con la intención de identificar los problemas desde el punto de vista de los lineamientos de la política a ser impulsada, se recurrió a la matriz de identificación de problemas como herramienta de análisis de diagnóstico.

Luego, se identificaron, primero, los objetivos específicos que contribuyan a la realización de un objetivo superior y segundo, las acciones de la política energética más adecuada para el logro de ellos [15].

Una vez establecidos los resultados concretos que se pretenden alcanzar con relación a cada objetivo específico, se procedió a analizar cómo actuar para lograr dichos resultados. En ese sentido, se realizó la matriz de identificación de líneas estratégicas. Esta matriz se construye para cada objetivo específico, atendiendo a las amenazas y debilidades que deben enfrentarse y las fortalezas y oportunidades de que se dispone para alcanzarlo (FODA) [15].

Con las líneas estratégicas definidas, se definieron diversas posibilidades para llevarlas a la práctica, es decir, instrumentarlas. En este proceso se consideraron actores que deberían participar de la acción o actividad que se propone. Y por último, se analizaron las posibilidades de lograr consenso o el apoyo entre los actores más significativos y la actitud de los actores frente a un instrumento de la política energética [15].

8. CONCLUSIONES

Se han empleado metodologías para el análisis energético integral de la República del Paraguay, con ayuda de herramientas informáticas en los cuales fueron simuladas las distintas medidas aplicadas al sector industrial.

Los resultados de las simulaciones realizadas valoraron la necesidad de creación y aplicación gradual de políticas de sustitución, que ayuden a mitigar la problemática de dependencia de biomasa del sector industrial.

Se demostró que mediante la sustitución del consumo de biomasa, utilizando nuevas tecnologías o haciendo que los recursos utilizados sean más eficientes, se logra un mejor rendimiento en los procesos de transformación de energía.

Con la metodología denominada curva de abatimiento se calcularon los costos de inversión para cada hectárea de bosques y los potenciales de ahorro, para cada medida de sustitución aplicada.

En la formulación de políticas energéticas también se analizaron las fortalezas y debilidades de cada estrategia, evaluando la efectividad de las soluciones frente a conflictos futuros.

9. REFERENCIAS

- [1] Memoria anual. Banco Central del Paraguay, Paraguay, 2011.
- [2] E. Pons-Fanals. Desagregación de Magnitudes Anuales con Restricciones, 2002, pág. 1.
- [3] R. De Arce, R. Modelos ARIMA, pág. 11.
- [4] A. Montejo, Diseño de un Modelo de Aproximación Trimestral para la Economía de Madrid, 2000, pág. 6.
- [5] C. Gamero, Un análisis de la relación de Causalidad entre desarrollo económico y educación universitaria en España, 1997, pág. 83.
- [6] D. Sterman, Business dynamics systems thinking and modeling for a complex world, 2000, pág. 23.
- [7] J. García. Teoría y ejercicios prácticos de dinámica de sistemas, 2010, pág. 24.
- [8] D. Sterman, Business dynamics systems thinking and modeling for a complex world, 2000, pág. 24.
- [9] B. Ndaye Nkanka, B. 2009. Planificación Energética en los Países en Vías de Desarrollo. Caso de la República Democrática del Congo, 2009, pág. 36.
- [10] Manual del Usuario, Fundación Bariloche, 2004, pág. 5.
- [11] Balance de Energía Útil de la República del Paraguay, FPTI, Paraguay, 2013.
- [12] Balance de Energía Útil de la República del Paraguay, FPTI, Paraguay, 2013.
- [13] Desarrollo de una metodología para la construcción de curvas de abatimiento de emisiones de GEI incorporando la incertidumbre asociada a las principales variables de mitigación, BID, 2013.
- [14] Disponible en: www.romco.cl/contacto@romco.cl.
- [15] Energía y Desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe, 2003, CEPAL, pág. 16, 179, 184,188.