ARTÍCULO ORIGINAL / ORIGINAL ARTICLE

Análisis del sector energético del Paraguay. Balance energético en energía útil 2011

Analysis of the energy sector of Paraguay. Energy balance in usable energy -2011

Raúl Amarilla¹, Enrique Buzarquis¹, Estela Riveros¹, Félix Fernández¹, Gerardo Blanco¹, Benjamín Barán¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad Politécnica. San Lorenzo, Paraguay. Autor de Correspondencia: raul7387@gmail.com DOI: https://doi.org/10.32480/rscp.2018-23-1.147-164

Recibido: 9/08/2017. Aceptado: 13/04/2018

Resumen: El presente trabajo se enfoca en el análisis del sector energético paraguayo partiendo del primer Balance Energético en Energía Útil del Paraguay, elaborado mediante un proyecto conjunto entre la Itaipú Binacional y la Fundación Parque Tecnológico Itaipú - Paraguay, con la colaboración de la Fundación Bariloche - Argentina, tomando como año base el 2011. En el análisis se examina la situación del sector energético paraguayo en materia de energía hidroeléctrica, así como de los demás componentes de la Matriz Energética del Paraguay. El estudio compara los diferentes sectores de consumo de energía: Residencial, Industrial, Transporte, Agropecuario y Forestal, así como Comercial, Servicios y Público. El trabajo también presenta iniciativas en eficiencia energética que se han implementado en algunos sectores, destacando medidas que se esperan sean implementadas para incentivar el uso racional de la energía en todas sus fuentes. Finalmente, a modo de complemento, se exponen los principales resultados de la actualización al año 2013 del Balance Energético en Energía Útil empleado para la elaboración de la Prospectiva Energética Nacional, base para la formulación de la Política Energética Paraguay 2040.

Palabras clave: Balance Energético, Energía Neta, Energía Útil, Rendimiento, República del Paraguay.

Abstract: This paper focuses on the analysis of the Paraguayan energy sector based on the first Energy Balance Study in Useful Energy of Paraguay, prepared through a joint project among three institutions: Itaipu Binacional, the Itaipu - Paraguay Technological Park Foundation and Bariloche Foundation - Argentina, taking 2011 as base study year. The analysis examines the situation of the Paraguayan energy sector in terms of hydroelectric energy and other components of the Paraguayan Energy Matrix. The study compares different sectors of energy consumption: Residential, Industrial, Transport, Agricultural and Forestry, as well as Commercial, Services and Public Sector. This work also presents initiatives in energy efficiency that have been implemented in some sectors, highlighting measures that are expected to be implemented to encourage the rational use of energy in all its sources. Finally, the work summarizes as a complement, the main results of the 2013 update of the Energy Balance in Useful Energy used for the elaboration of the National Energy Forecast, basis for the formulation of the *Paraguayan Energy Policy 2040*.

Keywords: Energy balance, Net Energy, Useful Energy, energy efficiency, Paraguay.



1.- INTRODUCCIÓN

Paraguay se encuentra ubicado en el centro de Sudamérica, lindante con Bolivia, Argentina y Brasil. Al año 2013, la población era de aproximadamente de 6.700.000 habitantes, con una tasa de crecimiento poblacional (respecto al 2012), de 1,62% anual. El país posee un Producto Interno Bruto (PIB) per cápita de USD 4.368, siendo el más bajo del Mercado Común del Sur (MERCOSUR) y uno de los más bajos de la región (1).

A pesar de estos indicadores, Paraguay cuenta con suficientes recursos naturales como para autoabastecerse de energía, especialmente al considerar el uso de sus recursos hídricos. En efecto, solo en el tramo de 200 km entre Salto del Guairá y la boca del Río Yguazú, se tiene un potencial de más de 12.000 MW que está en vías de ser totalmente aprovechado por los países ribereños del río Paraná. A su vez, en el tramo de 600 km de este último punto hasta su confluencia con el río Paraguay, se estima un potencial de aproximadamente 7.500 MW adicionales y, de hecho, se prevé el aprovechamiento parcial de este potencial a mediano plazo. Con la mitad de la energía proveniente del tramo compartido con Brasil y Argentina, el Paraguay está entre los países con más alto índice de kW disponible por habitante en el mundo, pero con un aprovechamiento interno mínimo de esa energía (2), desperdiciando así la oportunidad de disponer de este vital recurso para el desarrollo del país.

Los afluentes internos del Río Paraná son también aprovechables. Entre los de mayor potencial hidráulico están los ríos Monday, Capiibary, Ñacunday y Charapa, y otros ya aprovechados, como el Acaray e Yguazú. Su potencial total se estima en unos 1.500 MW (3).

Esta gran disponibilidad de energía renovable, compatible con un modelo de desarrollo sostenible, debería ser la piedra angular de la política energética en Paraguay. Sin embargo, dentro de la matriz energética paraguaya aún hoy existe un claro *desequilibrio*, con una elevada participación de la biomasa, fuentes de energía en base a petróleo importado y una limitada penetración de electricidad (ver Figura 1.1); es decir, el Paraguay necesita aprovechar inteligentemente los niveles disponibles de energía eléctrica limpia, alentando así a la penetración de la energía hidroeléctrica en la matriz de la demanda de energía en todo el territorio nacional, mientras apunta a la reducción de la utilización de biomasa y su dependencia al petróleo importado (4).

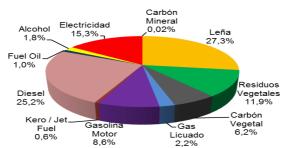


Figura 1.1: Consumo final por fuentes – Paraguay.

Con referencia a la demanda de biomasa, el principal consumidor es el Sector Industrial con su utilización para la generación de vapor. El segundo sector con mayor índice de consumo de biomasa es el Sector Residencial, que lo utiliza principalmente para la cocción de alimentos (5).

Debido a los altos valores de consumo de biomasa, se vio la necesidad de intensificar las plantaciones forestales con fines energéticos, lo cual está estrechamente vinculado a la problemática de la fuerte deforestación existente.

En el sector de hidrocarburos, existen estudios de exploración petrolera en la región occidental del país, las cuales podrán demostrar el potencial en petróleo del Paraguay, aunque todavía sin resultados de explotación comerciales hasta la fecha. En lo que respecta a la comercialización de los combustibles, fue promulgada recientemente una ley que otorga a la empresa estatal Petróleos del Paraguay (PETROPAR), la potestad de manejar el 50% del mercado de derivados de petróleo, lo que implica un gran apoyo a la petrolera estatal. A su vez, todavía considerando el consumo de derivados de petróleo, se destaca en (5) que el Sector Transporte está conformado por un parque vehicular bastante antiguo, con vehículos que tienen un promedio de 15 a 20 años de edad, por lo que resulta fácil inferir que el consumo de combustible es ineficiente por parte de este sector. Para paliar este inconveniente, el Estado paraguayo promovió un incentivo para la actualización del parque automotor del sistema de transporte de pasajeros, por intermedio de un subsidio (Decreto Nº 2130/2014). Cabe resaltar además que el uso de combustibles alternativos de origen nacional se ha estancado, pues la utilización de biodiesel y etanol en el transporte terrestre local es prácticamente nula.

A partir del estudio del Balance Nacional en Energía Útil para la República del Paraguay (5), se rescata que el consumo total neto del Paraguay fue de 4.324,61 kTep para el año 2011 (Tep: *Tonelada equivalente de petróleo*). La principal fuente en consumo neto fue la leña con el 27,3% de participación; luego se ubican el diésel con el 25,2%; y la electricidad con el 15,3% respectivamente. En otras palabras, estas tres fuentes concentran el 68% del consumo total neto. Las restantes fuentes contribuyen con participaciones bastante menores y en algunos casos, la participación es completamente marginal.

Con respecto a la energía útil, la electricidad es la principal fuente utilizada, con el 29,4%

del consumo útil total (de 1.670,71 kTep). Luego le sigue la leña, con una participación del 26,4%. En tercer lugar, está el diésel, con una participación del 15,7%. Este cambio significativo de participación del diésel en relación al consumo de energía neta es debido a su bajo rendimiento promedio en comparación con la electricidad: 24,1% versus 74,3% respectivamente. Los bajos rendimientos del diésel se deben a que su principal consumo está en el transporte, en tractores y maquinaria móvil del sector agropecuario y forestal. Los residuos vegetales han aumentado su participación en el consumo de energía útil, quedando en el 15,2% del consumo útil total. Esto se debe a su rendimiento medio del 49,2%, superior al promedio de utilización total que llega solo al 38,6%, como muestra lar (Figura 1.2).

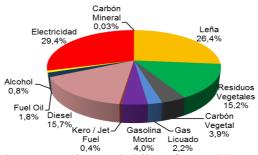


Figura 1.2: Consumo de energía útil por fuentes 2011 – Paraguay.

Por último, pero no menos importante, considerando las medidas de eficiencia energética, cabe destacar que en el Paraguay históricamente esta medida de eficiencia ha asumido un papel menor, teniendo en consideración la abundante existencia de recursos hidroenergéticos y que la principal preocupación ha sido siempre extender el servicio eléctrico a todo el territorio nacional. Sin embargo, se pueden encontrar algunas medidas que fueron aplicadas, como por ejemplo en la década de los 80, cuando se ha aplicado el cambio de huso horario invierno/verano, para el mejor aprovechamiento de la luz natural, o a finales de los 90, cuando se han cobrado tarifas diferenciales en horario de punta de carga, con lo que se busca aplanar la carga de punta y, en consecuencia, reducir las pérdidas técnicas por la sobrecarga del sistema eléctrico, optimizando el uso de la energía eléctrica. Otra medida también aplicada desde finales de la década de los 90 es la obligatoriedad de corrección del factor de potencia a partir de suministros de media tensión, lo que se hace a partir del año 1998 con el proyecto de Uso Racional de la Energía (URE) que fue ampliamente aplicado y que consistió en la elaboración de un programa de medidas factibles de ser adoptadas de manera a utilizar la energía eléctrica de una forma racional.

Del mismo modo, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) impulsó la construcción de cocinas eficientes para la cocción de alimentos (responsable del 30% del consumo de biomasa, mayormente producida en forma no renovable).

Además, en otra iniciativa se propició la mezcla de alcohol en las naftas, mejorando así el rendimiento de los motores. Esta iniciativa surgió en los años 80 y fue retomada en los 90'. La mezcla actual es de hasta 25 %. Como otra medida, fue propiciada la mezcla de biodiesel en el gasoil, lo que también mejora las características del combustible. Si bien no se ha alcanzado la mezcla mínima del 1%, se desarrolló durante los años 1996-1997 el proyecto Eficiencia Energética en el transporte público del área metropolitana de Asunción.

El presente análisis está organizado de la siguiente manera: en la Sección 2 se presenta la metodología utilizada, mientras que en la Sección 3 se socializan los resultados del diagnóstico de sectores relevantes del sector energético de Paraguay y se exponen los principales resultados de la actualización al año 2013 del Balance Energético en Energía Útil Finalmente, las conclusiones se presentan en la Sección 4.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

La principal información que proporciona el Balance Nacional en Energía Útil (BNEU) es el consumo de energía por usos; qué fuentes se consumen por cada tipo de uso; así como estos consumos desagregados para cada módulo homogéneo de consumidores. Un módulo homogéneo de consumo energético es un grupo de consumidores que pertenecen a una misma región, sector, subsector y estrato de nivel de ingresos o de tamaño de los establecimientos.

Los consumos de energía se miden tanto en energía neta o final como en energía útil. La energía útil es la energía neta a la cual se le han deducido las pérdidas que ocurren en los artefactos y equipos de los consumidores. La información mencionada no se registra estadísticamente, en lo que suele denominarse la información administrativa, la cual tiene un carácter sistemático de recolección en forma regular y sometida a criterios de consistencia. Los datos se obtienen mediante la realización de encuestas y por un procedimiento de inferencia estadística se obtiene la información del universo o subuniverso de consumidores a partir de la información obtenida de una muestra representativa.

Obtener un mayor nivel de confianza y menor error en la inferencia implica un mayor tamaño de las muestras.

Cuando estos parámetros se quieren obtener para la información con un mayor nivel de detalle, por ejemplo, el consumo de una determinada fuente energética en un determinado uso y para un módulo homogéneo determinado, el tamaño de las muestras crece significativamente. Otra limitante es la disponibilidad de información del universo para calcular el tamaño de la muestra. Entonces, se adopta una solución de compromiso entre la utilidad de la información a obtener y los costos de realización de las encuestas

necesarias para lograr el deseado nivel de confianza.

Para el caso de Paraguay, fueron realizadas 6.596 encuestas en total, que abarcaron los diferentes sectores de consumo a nivel nacional. El detalle de la cantidad de encuestas realizadas a cada sector se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Cantidad de encuestas realizadas por sector.						
Sector	Cantidad de encuestas					
Residencial Urbano	1.798					
Residencial Rural	1.106					
Comercial y Servicios	1.463					
Industria	1.157					
Agropecuario y Forestal	958					
Minería y Construcción	114					
Total	6.596					

En el BNEU del Paraguay, como se acostumbra, los parámetros de confianza y error se establecieron a nivel de subsectores: urbano o rural para el residencial, y por tipo o rama de actividad o producto para la industria manufacturera, el comercio y los servicios, y las explotaciones agropecuarias. Las variables utilizadas para calcular el tamaño de las muestras son las más representativas disponibles del consumo total de energía en cada sector: nivel de ingreso para los hogares; personal ocupado en industria, comercio y servicios; y, superficie cultivada en el agropecuario. Esto significa que los niveles de confianza y error se aplican al consumo total de energía de los universos o dominios definidos. Para otro tipo de desagregación de la información obtenida de la inferencia los errores podrían ser lógicamente mayores.

En general, es de esperar que los resultados para aquellas fuentes y tecnologías más difundidas en el universo en estudio tengan un menor error; por el contrario, cuando la difusión de la fuente o tecnología es baja, los errores sobre sus variables inferidas aumentarán. Adicionalmente, los resultados se pueden obtener con un detalle mucho mayor que el utilizado para el diseño muestral, y estos tendrán un error mayor, por ejemplo: consumo de energía por región, subsector y tamaño del establecimiento; consumo de energía de un determinado equipo por subsector y tamaño del establecimiento, entre otras variables.

Por otra parte, para las fuentes de energía comerciales normalmente se disponen de estadísticas sobre los consumos totales y, en algunos casos, por sectores. Esta información que se obtiene para el universo de consumidores, suele tener un alto grado de confiabilidad y es la que se utiliza para la elaboración de los Balances Energéticos Nacionales (BEN). Por ello, los resultados del consumo neto de estas fuentes obtenidos de la inferencia se ajustan a los valores registrados y presentados en el BEN, ajustándose

consecuentemente los consumos por subsectores, estratos, usos y equipos, tanto en energía neta como en energía útil. Para las fuentes no comerciales, para las cuales no existen estadísticas de ventas o consumos, se mantienen directamente los resultados de la inferencia.

Por otro lado, para la elaboración del Balance en Energía Útil, es necesario analizar el consumo de energía de un sector lo que significa, en primer lugar, evaluar con mejor aproximación el nivel de satisfacción de las necesidades socioeconómicas representadas por los usos de la energía y, en segundo lugar, permitir una mejor comparación entre las distintas fuentes energéticas aplicadas a un uso ya que suelen tener rendimientos de utilización muy diferentes.

El análisis de los consumos en energía neta tiene mayor importancia para el sistema de abastecimiento que debe proveer las fuentes energéticas en cantidad, calidad y en el momento oportuno, a los distintos consumidores, independientemente del uso de la energía. Por el contrario, al considerar el nivel de los consumidores o de la demanda, interesa principalmente el análisis en energía útil ya que son las cantidades destinadas efectivamente a la satisfacción de las necesidades humanas y esto permite, además, evaluar la competencia de las distintas combinaciones de fuente y tecnología para obtener un mismo benefício.

La elaboración del BNEU cubre solamente lo relativo al consumo final de energía en los distintos sectores y no avanza sobre los componentes de la oferta. No obstante, la modificación de los valores de consumo final de energía, particularmente en lo que hace a las fuentes no comerciales, lleva a la necesidad de modificar los correspondientes valores de abastecimiento para mantener la coherencia y cierre del balance de cada fuente y a nivel general (total).

3.- RESULTADOS

3.1. Resultados del diagnóstico energético de los sectores relevantes

3.1.1 Sector Transporte

Según el Balance Nacional de Energía Útil (BNEU) del año 2011, el sector transporte es el principal sector consumidor de energía neta del país. Para dicho año, su consumo neto fue de 1.347 kTep, representando el 31% del consumo final energético (Figura 3.1). El importante crecimiento observado en la tasa de motorización del Paraguay entre los años 2007 y 2011, da una señal concreta respecto a la necesidad de potenciar las bases de datos del registro de vehículos, dado que continuará siendo un sector altamente relevante en lo que se refiere al consumo de energía, hoy basada en derivados del petróleo.

Del mismo estudio, se resalta que la edad media del parque automotor se ubica en 15 años para los automóviles particulares; 14,7 años para las camionetas (y 4x4); 20,7 años para los ómnibus; 21 años para los camiones; y 7,7 años en el caso de las motocicletas. En este

sentido, es importante destacar que urge implementar medidas tendientes a modernizar la flota del transporte de carga y pasajeros, dado que el consumo de estos dos medios con más años representa el 26% del consumo de este sector (camiones con el 16% y ómnibus con el 10%) y por ende, una mejora en sus rendimientos redundaría en ahorros de consumos e importaciones de derivados de petróleo.

Paralelamente, cabe destacar, que el medio de locomoción que mayor participación presenta sobre el consumo total, corresponde a los automóviles particulares, con el 30%, seguido por el consumo de los camiones con el 16%, las camionetas de uso comercial con el 15% y las camionetas 4x4 con el 13%. Por su parte, el combustible que mayor peso presenta sobre el consumo total es el diésel con el 64%, seguido por la Nafta con el 27%. El alcohol ocupa el tercer lugar con el 5,6%.

Resulta evidente que se debe prestar especial atención a los medios de locomoción como automóviles y camionetas particulares, dada la importancia que estos poseen sobre el consumo final de energía. En tal sentido, se debería analizar la posibilidad de implementar medidas de mejoras en la eficiencia de los consumos específicos (por ejemplo, no permitiendo la importación de vehículos con una excesiva antigüedad), promoviendo el eco-driving y mejorando los accesos y vías de circulación en las ciudades importantes para evitar congestiones, entre otras medidas alternativas.



Figura 3.1: Consumo de energía neta por sectores.

Finalmente cabe destacar que según el BNEU, en términos de energía útil, el consumo del sector transporte asciende a 296,7 kTep. Esto implica un rendimiento medio del 22% (total de energía útil/total de energía neta). Este valor es similar al promedio de otros países (por ejemplo en Perú con el 22%, Uruguay con el 22,3% y en República Dominicana con el 20%). En el caso específico del Paraguay, el sesgo del valor promedio a una cifra cercana al 24% (rendimiento medio del diésel), se debe al elevado peso que presenta el consumo de diésel sobre la demanda de energía total del sector Transporte.

3.1.2. Sector Residencial

El sector Residencial es el segundo sector consumidor de energía neta, con el 28% del

Amarilla R, Buzarquis E, Riveros E, Fernández F, Blanco G, Barán B. Análisis del sector energético del Paraguay. Balance energético en energía útil 2011

total. La leña y el carbón vegetal representan en conjunto el 71% del consumo neto del sector. Esto claramente indica el enorme potencial de sustitución de estas fuentes por otras de mayor calidad, como electricidad; y a la vez el importante potencial de ahorro al introducir artefactos más eficientes, en particular en el uso de energía para cocción.

La leña cobra más importancia como fuente energética a medida que disminuye el ingreso de los hogares, y con mayor repercusión si los hogares son rurales.

La electricidad es la segunda fuente en importancia con el 22% del consumo neto del sector y el 60% del consumo útil. A su vez, la electricidad se destina en un 26% a conservación de alimentos, un 20% a calentamiento de agua; un 19% a refrigeración y ventilación de ambientes; y otro 19% en otros artefactos. Estos usos deberían considerarse prioritarios para la aplicación de medidas de eficiencia energética.

La cobertura eléctrica del Paraguay es de 98,53% según datos del resumen estadístico de la ANDE, al año 2013(6); por ende, todos los hogares tienen acceso a la electricidad, excepto en el sector rural de bajos ingresos, donde el grado de electrificación de este grupo es del 97,9% (estimados en 2.850 hogares sin acceso a la electricidad) (7). No obstante, a pesar de la casi universalización del acceso a la electricidad, el mismo presenta asimetrías: los hogares de Bajos Ingresos consumen sólo el equivalente al 14% o al 11% de los hogares de altos Ingresos, según sea el medio urbano o rural, respectivamente.

En 2011, el sector Residencial de Paraguay consumió un total de 453,4 kTep de energía útil. Esto indica un rendimiento de utilización promedio del sector del 32,7%. La primera diferencia notable del análisis del consumo en energía útil en relación al consumo de energía neta, es que la principal fuente en el consumo de energía útil es la electricidad con el 60,2% del total (Figura 4). Ahora, la leña representa sólo el 21,4% y el carbón vegetal el 9,2% del consumo útil total. Esta diferencia significativa en relación con la estructura del consumo en energía neta se debe a la gran diferencia en los rendimientos de utilización promedio de los artefactos que consumen cada fuente. El gas licuado ahora ocupa el tercer lugar, luego de la electricidad y la leña, con el 8,8% del consumo útil.

En la (Figura 3.2), se presenta la participación de cada fuente en el consumo útil de cada uso, información de base para el análisis de sustituciones entre fuentes, incluyendo la penetración potencial de nuevas fuentes. Cómo es común, la mayor competencia entre fuentes se da en los denominados "usos calóricos": cocción, calentamiento de agua y calefacción. En cocción la mayor parte de la energía útil la proporciona la leña, con el 47,6% del uso, seguida de gas licuado (21,6%), carbón vegetal (5,4%) y electricidad (9,3%) respectivamente.

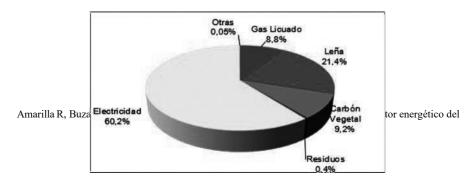


Figura 3.2: Participación de las fuentes en el consumo de energía útil – Sector Residencial.

En el calentamiento de agua hay una preponderancia de la electricidad en el consumo útil del uso, con el 80,1% del total; seguida en menor medida por la leña y el carbón vegetal. Llama la atención la baja participación del gas licuado, donde los altos costos relativos del equipamiento (calefones y termotanques) son uno de los factores que conspiran en la penetración de esta fuente en este tipo de uso. Cabe mencionar que el principal artefacto utilizado para calentar agua es la ducha eléctrica, con un costo del equipamiento muy inferior.

El uso de calefacción tiene muy poca relevancia en el país, y el mismo es atendido mayoritariamente por electricidad en el 45,1% y leña en el 49,4% de su consumo útil. En términos de energía útil, la cocción de alimentos sigue siendo el principal uso con el 39,8% del consumo útil (Figura 5).

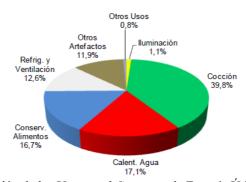


Figura 3.3: Participación de los Usos en el Consumo de Energía Útil – Total Residencial.

3.1.3. Sector Industrial

La industria es el tercer sector en importancia en el consumo neto de energía del Paraguay, 27% del consumo nacional. Los residuos de biomasa aportan el 44% del consumo neto del sector y el 34% de la energía útil; mientras que la leña el 38% y 45%, neto y útil respectivamente. Es decir que el 82% del consumo neto del sector lo proveen estas dos fuentes juntas. Los residuos se componen en un 96% por bagazo y el resto por aserrín, cáscara de coco y otros de consumo muy puntual como rumen, aceites residuales y grasa vacuna.

Los principales subsectores consumidores de energía neta son los restos alimenticios (49% del consumo neto sectorial) y no metálicos (25%). El resto de los subsectores tiene participaciones menores al 6%, como se puede observar en la (Figura 6).

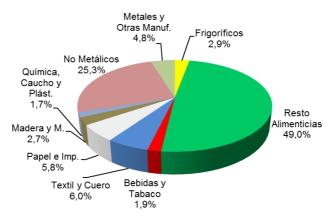


Figura 3.4: Participación de los Subsectores en el Consumo de Energía Neta- Total Industria.

El principal uso de la energía es la fuerza motriz, con el 42% del consumo neto sectorial; le siguen calor directo (31%) y vapor (25%). Cabe mencionar la alta incidencia del consumo de bagazo en fuerza motriz de la industria azucarera. En efecto, de no existir este consumo, se alteraría bastante la estructura del consumo por usos del sector.

Dados los valores de consumo energético detectados en este sector, se resalta la necesidad de medidas de eficiencia energética. No obstante, para una mejor estimación de los potenciales de eficiencia, se debería recurrir a auditorías energéticas con una mayor representatividad estadística.

Analizar el consumo de energía de un sector en términos de energía útil, significa: en primer lugar, evaluar con mejor aproximación los requerimientos de energía para la producción representados por los usos de la energía y, en segundo lugar, permitir una mejor comparación entre las fuentes energéticas y tecnologías aplicadas a un uso, ya que suelen tener rendimientos de utilización muy diferentes.

En el año 2011, el sector industria del Paraguay consumió un total de 754,3 kTep de energía útil, lo que significa un rendimiento de utilización promedio del sector del 64,6%.

La estructura por fuentes del consumo de energía útil del total de la industria sufre modificaciones en relación a la estructura del consumo de energía neta. La leña pasa a ser ahora la principal fuente, con el 45,2% del consumo útil total del sector; los residuos de biomasa ocupan el segundo lugar con 33,5%; esta disminución del 10% de participación se debe principalmente a la importante utilización del bagazo en fuerza motriz de los ingenios azucareros, con relativamente bajo rendimiento de utilización. En tercer lugar, la electricidad representa el 12,3%.

El principal uso en términos de consumo de energía útil es el calor directo, que consume el 34,2% del consumo útil total. Luego le siguen vapor (33,0%); fuerza motriz (31,0%); y con mucho menor importancia frío de proceso (1,3%); Usos No productivos (0,7%);

transporte interno e iluminación (0,1% c/u). Los procesos electroquímicos tienen una participación prácticamente nula.



Figura 3.5: Participación de los usos en el consumo de energía útil – Total Industria.

3.1.4. Sector Agropecuario y Forestal

3.1.5.

En el año 2011, el sector Agropecuario y Forestal de Paraguay consumió un total de 323,3 kTep de energía contabilizada en términos de energía neta o final, esto es la cantidad de energía que entrega el sistema de abastecimiento a los distintos establecimientos. Este sector representa el 7,5% del consumo de energía neta del país.

De las cinco fuentes energéticas utilizadas en el sector Agropecuario y Forestal, el consumo de energía neta se encuentra muy concentrado en Gas Oil, aportando el 64,6% del consumo neto. La segunda fuente en magnitud es la Leña, que aportó el 21,1% del consumo neto del sector. Luego siguen con participaciones menores la Electricidad (12,4%) y las Naftas (1,9%). Finalmente, el Gas Licuado tiene una participación marginal (0,04%).

En la Tabla 2 se puede observar el consumo de energía neta por fuentes y usos del sector Agropecuario y Forestal, la energía es consumida principalmente para abastecer a los tractores y a las maquinarias móviles, en dicho uso, se aprecia que en los últimos años hubo una penetración importante de las cosechadoras y sembradoras autopropulsadas. En efecto, mientras que con máquinas de más de 10 años su participación en el consumo era del 2%, entre las máquinas de hasta cinco años el mismo representa aproximadamente el 12%.

Tabla 2: Agropecuario y Forestal - Consumo de Energía Neta por Fuentes y Usos (Tep).

Usos	GL	MN	DO	LE	EE	Total
Iluminacion					3.796	3.796
Tractores y Maquinaria Movil		0	207.446			207.446
Maquinaria Fija		4.219	399		23.661	28.279
Riego y Bombeo de Agua		1.828	942		11.040	13.810
Calor				68.239	111	68.351
Frío	125				1.458	1.583
TOTAL	125	6.048	208.786	68.239	40.066	323.265

Desde el punto de vista del consumo por sector, las fincas categorizadas como soja, maíz y trigo en conjunto con aquellos agregados en la categoría forrajeras y pasturas cultivadas, representan el 90% del consumo del sector. En términos de superficie cultivada (según los datos del censo 2008-2009 (7)) representan el 91% del área y el 32% de las fincas. A partir de datos del mismo censo, se calculó que la participación de la siembra directa en soja maíz y trigo representaba el 70%; sin embargo, tanto los datos relevados en el trabajo de campo como en la opinión de informantes calificados se revelaron un corrimiento de dichas proporciones llegando la siembra directa a representar algo más del 90% del total de dichos cultivos. Por lo tanto, no es de esperar a futuro grandes disminuciones del consumo de diésel por el cambio del tipo de siembra.

Los consumos por hectárea relevados son consistentes con dicho cambio ya que se calcularon en 25 lts/ha, valores consistentes con la siembra directa. A este respecto, en las explotaciones en las que los forrajes y pasturas cultivadas superaban el 55% de la producción, se relevó un consumo por hectárea de 19 lts/ha, lo que es compatible con actividades en las que se requieren menores labores agrícolas, ya sea por menor peso de la defensa o cuadros dejados para la pastura de animales que no son cosechados. El segundo tipo de consumo en orden de importancia es vinculado al uso de calor con el 21% del consumo neto sectorial, en el que se destacan la calefacción en criaderos de animales y el secado de granos. La leña es el combustible predominantemente utilizado en este uso. En términos de energía útil del sector agropecuario y forestal, el Paraguay consumió 107,4 kTep, lo que significa un rendimiento de utilización promedio del sector del 33,5 %, como se muesttra en la Tabla 3.

Tabla 3: Rendin	nientos de uti	lización, Tota	l Agropecuario	v Forestal.

Usos	GL	MN	DO	LE	EE	Total
Iluminacion					11%	11%
Tractores y Maquinaria Movil		18%	24%			24%
Maquinaria Fija		18%	24%		85%	74%
Riego y Bombeo de Agua		18%	24%		85%	72%
Calor				37%	80%	37%
Frío	8%				79%	73%
TOTAL	8%	18%	24%	37%	78%	33%

3.1.6. Sector Comercial, Servicios y Públicos

Este sector tiene relativamente bajo consumo energético, solo el 5,5% del consumo neto total del país. De las seis fuentes energéticas utilizadas en el sector, el consumo se encuentra altamente concentrado en la electricidad, que aporta el 96% de su consumo neto. El comercio mayorista y minorista es el subsector que representa la mayor parte del consumo neto de energía (43%), seguido por hoteles y restaurantes (21%). Los restantes subsectores tienen participaciones bastante menores.

El principal uso al que se destina la electricidad es la refrigeración y ventilación de ambientes (29% del consumo eléctrico del sector). Le siguen iluminación (20%), conservación de alimentos (19%), y otros artefactos (12%).

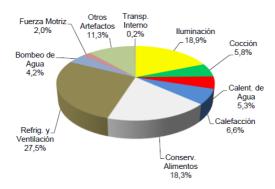


Figura 3.6: Participación de los usos en el consumo de energía neta – Total Comercial, Servicios y Público.

Se concluye que gran parte del consumo de energía en este sector está representada por usos cautivos de la electricidad y las medidas de uso eficiente de la energía deberían estar

Amarilla R, Buzarquis E, Riveros E, Fernández F, Blanco G, Barán B. Análisis del sector energético del Paraguay. Balance energético en energía útil 2011

orientadas a la modernización de los artefactos utilizados en estos usos: por ejemplo, en refrigeración y ventilación de ambientes sólo el 40% de los equipos posee menos de 5 años de antigüedad y en el caso de conservación de alimentos el 50% del parque posee menos de 5 años, por lo que quedaría mejorar la eficiencia en Iluminación (tanto por cambio a luminarias más eficientes como por medidas de gestión de alumbrado).

En cuanto a la energía, en el año 2011, el total del Sector Comercial, Servicios y Público de Paraguay consumió 158,05 kTep de energía útil, lo que representa un rendimiento de utilización promedio del sector del 66,2%. El alto rendimiento promedio observado en este sector se explica por la importancia relativa que presenta el uso de la electricidad, donde los equipos utilizados poseen elevadas eficiencias. En el caso de energía útil, como se observa en la (Figura. 9,) la Electricidad participa con el 98,2%.



Figura 3.7: Participación de las fuentes en el consumo de energía útil – Total Comercial, servicios y Público.

En la Tabla 4 se presenta la participación de cada fuente en el consumo útil dentro de cada uso, información de base para el análisis de sustituciones entre fuentes incluyendo la penetración potencial de nuevas fuentes. La mayor diferencia entre fuentes se da en cocción, otros artefactos y transporte interno, donde compiten al menos tres fuentes energéticas. Por su parte, en calentamiento de agua, la diferencia se observa principalmente entre electricidad y leña, mientras que iluminación, calefacción, conservación de alimentos, refrigeración y ventilación, bombeo de agua y fuerza motriz, son todos usos cautivos de la electricidad.

Tabla 4: Participación de las Fuentes en el Consumo de Energía Útil (%), Total Comercial, Servicios y Público.

Usos	GL	MN	DO	LE	CV	EE	Total
lluminación						100,0	100,0
Cocción	35,7	7		1,8	3,8	58,	100,0
Calentamiento de Agua	1,9			0,01		98,	100,0
Calefacción						100,0	100,0
Conservación de Alimentos						100,0	100,0
Refrigeración y Ventilación						100,0	100,0
Bombeo de Agua						100,0	100,0
Fuerza Motriz						100,0	100,0
Otros Artefactos	0,039	0,030	0,003	0,2	0,1	99,0	100,0
Transporte Interno	14,	1,7	76,3			8,0	100,0
TOTAL	1,4	0,01	0,1	0,1	0,2	98,	100,0

3.2. Resultados de la actualización al 2013 del Balance Nacional en Energía Útil

A modo de complemento, se exponen los principales resultados de la actualización al año 2013 del Balance Energético en Energía Útil empleado para la elaboración de la Prospectiva Energética Nacional, base para la formulación de la Política Energética Paraguay 2040 (8). Dicha actualización se obtuvo mediante un análisis prospectivo, que tomo como base el Balance Energético Nacional del Paraguay, elaborado anualmente por el Viceministerio de Minas y Energías y realizando ajustes a los factores de expansión de las encuestas realizadas en el año 2011.

Los porcentajes de participación de las diferentes fuentes de energía en el consumo final se pueden apreciar en la (Figura 3.8), se observa que en comparación con los resultados del año 2011 existe una disminución en la participación de leña (-2,9%) y del Diesel (-1,8%), y un aumento en el consumo de electricidad (+3,5%) y de Gas licuado (+1,4%). Manteniéndose el *desequilibrio* mencionado, con una elevada participación de la biomasa, fuentes de energía en base a petróleo importado y una limitada penetración de electricidad.

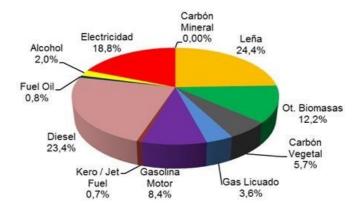


Figura 3.8: Consumo final de energía neta por fuentes – Paraguay

El consumo neto total del Paraguay en el 2013 fue de 4.684 kTep. La principal fuente en consumo neto fue la leña con el 24,4% de participación; luego se ubican el diésel con el 23,4%; y la electricidad con el 18,8% respectivamente. En otras palabras, estas tres fuentes concentran el 66,6% del consumo neto total.

Con respecto a la energía útil, la electricidad es la principal fuente utilizada, con el 34,3% del consumo útil total (de 1.892 kTep). Luego le sigue la leña, con una participación del 23,9%. En tercer lugar, está el diésel, con una participación del 13,9%. Este cambio significativo de participación del diésel en relación al consumo de energía neta es debido a su bajo rendimiento promedio en comparación con la electricidad: 24,1% versus 73,7% respectivamente. Los bajos rendimientos del diésel se deben a que su principal consumo está en el transporte, en tractores y maquinaria móvil del sector agropecuario y forestal.

Los residuos vegetales han aumentado su participación en el consumo de energía útil, quedando en el 14,9% del consumo útil total. Esto se debe a su rendimiento medio del 49,3%, superior al promedio de utilización total que llega solo al 40,4%, como muestra lar (Figura 3.9)

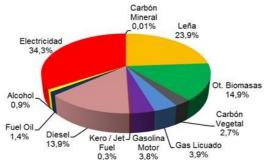


Figura 3.9: Consumo de energía útil por fuentes 2013 - Paraguay

Amarilla R, Buzarquis E, Riveros E, Fernández F, Blanco G, Barán B. Análisis del sector energético del Paraguay. Balance energético en energía útil 2011

4.- CONCLUSIONES

A lo largo del análisis, se presentan diferentes diagnósticos del sector energético en Paraguay, teniendo en cuenta biocombustibles, hidrocarburos, electricidad y biomasa, preferentemente. Asimismo, se muestran los resultados más relevantes del análisis del Balance Energético Nacional. Como se puede observar en el análisis presentado, los problemas del país desde el punto de vista energético son viables de solucionar con una adecuada planificación, ya que el país cuenta con una cantidad suficiente de recursos naturales para la auto-suficiencia y existe suficiente potencial como para mejorar los procesos que intervienen en la cadena productiva del sector energía.

Además, con los resultados de la actualización al año 2013 del Balance Energético en Energía Útil, se evidencia que la transición del uso de fuentes menos eficientes (biomasa y derivados del petróleo) a otras más eficientes (Electricidad) se está desarrollando, pero de una manera muy lenta, debido a la falta de acciones concretas que incentiven dicha transición. Sin embargo, con la ejecución de los planes de acción delineados en la Política Energética hasta el año 2040 el Paraguay (8) podrá mejorar notablemente la situación del sector energético y lograr indicadores de sustentabilidad adecuados para su Matriz Energética.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1. Banco Central del Paraguay. Informe Económico Preliminar 2013. Disponible en: https://www.bcp.gov.py/userfiles/files/Presentacion Cierre preliminar 2013vf.pdf
- Asociación Paraguaya de Energías Renovables (APER). Atlas del Potencial Hidroenergético del Paraguay. Disponible en: http://www.aper.org.py/ITAIPU%20VOLUMEN%20I%20CUENCAS%20HIDRICAS.pdf
- 3. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. Viceministerio de Minas y Energía. Situación de Energías Renovables en el Paraguay. Disponible en: http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/libroenergia.pdf
- Amarilla R, Ojeda H, García M, Blanco G. Modelo de planificación energética multicriterio: Caso de estudio de la utilización de los excedentes hidroeléctricos del Paraguay. In Biennial Congress of Argentina (ARGENCON); 2014. p. 663-668.
- Itaipu Binacional. Fundación Parque Tecnológico Itaipu. Fundación Bariloche. Balance Energético Nacional en Energía Útil para la República del Paraguay (BNEU) al año 2011. 2014.
- Administración Nacional de Electricidad (ANDE). Resumen estadístico (2009-2013). Cobertura Eléctrica Nacional. Disponible en: http://www.ande.gov.py/documentos contables/378/resumen estadístico v 26-9-14.pdf
- 7. Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos. Encuesta Permanente de hogares 2013 (EPH 2013). Disponible en: http://goo.gl/s53Baq
- 8. Paraguay. Decreto N° 6092/2016, Por el cual se aprueba la política energética de la república del Paraguay, se designa coordinador y secretario para su ejecutivo para su difusión y ejecución.Disponible en: http://www.fepama.org/v1/DECRETO6092.pdf