

Proyección de la demanda nacional de energía para el período 2012–2050 usando el modelo MAED: Caso Perú

Juan Ávila¹, Luís Aguirre Pesantes², Edward Rebaza², César Pizarro¹

¹ Instituto Peruano de Energía Nuclear, Dirección de Producción. Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú.

² Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. Calle Bernardo Monteagudo 222, Lima 17, Perú.

Resumen

El estudio de la Demanda Nacional de Energía para el período 2012-2050 fue realizado en el marco del Proyecto OIEA RLA/2/0/15 «Apoyo a la elaboración de planes nacionales de energía con el fin de satisfacer las necesidades energéticas en los países de la región haciendo un uso eficaz de los recursos a mediano y largo plazo», auspiciado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). El trabajo fue realizado usando el Modelo para el Análisis de la Demanda de Energía (MAED) e involucra la demanda de energía a nivel nacional, incluyendo los requerimientos de los diferentes sectores económicos, considerando las nuevas tecnologías en los procesos de conversión energética y generación eléctrica, hábitos de consumo, política energética, crecimiento económico y tecnológico del país, los grandes proyectos mineros, industriales, infraestructura, exportaciones, etc., consolidado en el producto bruto interno (PBI) a nivel sectorial y total para el período 2012–2050. En la investigación se consideró el 2012 como año base porque es el período donde el país cuenta con información oficial completa y se plantearon escenarios de crecimiento bajo, medio o tendencial y alto. Los resultados indican que la energía consumida en el año 2012 fue de 21.76 GWh y la proyección de demanda para el año 2050 es de 68.56 GWh para el escenario medio, 88.33 GWh para el escenario alto y 60.25 GWh para el escenario de crecimiento bajo.

Palabras clave: Demanda de energía; Modelo MAED, Energía; Perú

National projection of energy demand for the period 2012-2050 using the “MAED” model: Peru Case

Abstract

The study of the National Energy Demand for the period 2012-2050 was carried out within the framework of the IAEA RLA 2/0/15 Project «Support for the elaboration of National Energy Plans in order to satisfy the energy needs in the countries of the region making effective use of resources in the medium and long term», sponsored by the International Atomic Energy Agency (IAEA). The work was carried out using the Model for the Analysis of Energy Demand (MAED) and involves energy demand at the national level, including the requirements of the different economic sectors, considering new technologies in the processes of energy conversion and electricity generation, consumption habits, energy policy, the economic and technological growth of the country, the large mining, industrial, infrastructure, export projects, etc., consolidated in the gross domestic product (GDP) at the sectoral and total level for the period 2012– 2050. In the investigation, 2012 was considered as the base year because it is the period when the country has complete official information and scenarios of low, medium or trend and high growth. The results indicate that the energy consumed in 2012 was 21.76 GWh and the projection of demand for 2050 is 68.56 GWh for the medium scenario, 88.33 GWh for the high scenario and 60.25 GWh for the low growth scenario.

Keyword: Energy demand; MAED model, Energy; Peru

1. Introducción

El ser humano a lo largo de la historia evolutiva ha realizado actividades que consumen energía, primero lo hizo con base a su propio

esfuerzo físico; luego, apoyado en los animales domésticos como los caballos, vacunos, auquénidos, etc. Después, por necesidad, empezó a utilizar fuentes primarias de energía, siendo la leña la primera y más importante

* Correspondencia autor: javila@ipen.gob.pe

ORCID iD <https://orcid.org/0000-0002-1429-9117>

gracias a la abundancia de bosques y el poco esfuerzo para conseguirla.

Con la revolución industrial aparecieron nuevas opciones de energía, como la máquina de vapor (a carbón mineral) y otros inventos que mejoraron los medios de transporte, como la locomotora de George Stephenson (1825), sistema de locomoción que consumía grandes cantidades de carbón para convertir la energía calorífica en mecánica, su rendimiento era inferior a un 1%; por lo tanto, se requería grandes cantidades de carbón, originando una gran demanda de carbón mineral [1].

Al finalizar la Segunda Guerra Mundial hubo una gran demanda de energía, siendo las empresas de los Estados Unidos las que se expandieron con mayor éxito. Para el año 1955 las dos terceras partes del petróleo del mercado mundial eran suministradas por cinco empresas de Estados Unidos y el Oriente Medio se convirtió en la mayor reserva de crudo del mundo. La Asamblea General de las Naciones Unidas reconociendo la importancia de la energía para el desarrollo proclamó el 2012 como el Año Internacional de la Energía Sostenible para Todos.

En 1973 la creciente demanda de energía del mundo desarrollado sufrió una crisis aguda con visos de agotamiento de las reservas. Los países árabes productores de petróleo recortaron el suministro de crudo a los Estados Unidos y redujeron su producción, generando alarma entre los productores y consumidores. Una segunda crisis del petróleo se daría nuevamente el año 1978 cuando fue destronado el Sha de Persia, la producción de Irán cayó a niveles mínimos. En 1980 el petróleo crudo se había revalorizado 19 veces en comparación al año 1970. En el año 2012 el consumo de energía fue de 549.4 cuatrillones de BTU ($5.7965 \cdot 10^8$ TJ) y en el año 2040 será de 815.0 cuatrillones de BTU ($8.5987 \cdot 10^8$ TJ); es decir, la demanda de energía se incrementará en un 54.4 %.

Con relación a la generación mundial de electricidad en el año 2012 fue de 22752 TWh y la contribución de las diferentes fuentes energéticas fueron: un 40.2 % generado por uso de carbón mineral, un 22.4 % por uso de gas natural, un 16.5 % por uso de energía hidráulica, un 10.8 % generada por uso de la energía nuclear, un 2.7 % por uso de la energía solar y un 7.4 % por otros tipos de fuentes

energéticas [2]. De acuerdo con la World Nuclear Association (WNA) [3], el consumo de energía de los líquidos fósiles mantendrán la superioridad en el consumo, aunque la tasa promedio de crecimiento entre el año 2011 y 2050 será solo de un 1.1 %, el gas natural se incrementará de 121.6 cuatrillones de Btu en 2011 a 2114 cuatrillones de Btu en el año 2040 con una tasa de crecimiento del 1.9 %, el carbón mineral ocupará el segundo lugar en magnitud de consumo de 152 cuatrillones de Btu en el año 2011 a 180.2 cuatrillones de Btu en el año 2040, la energía de origen nuclear se incrementará de 26.2 cuatrillones de Btu en el año 2011 a 46 cuatrillones de Btu en el año 2040 con una tasa de incremento promedio de 2.3 % y los otros tipos de combustibles, fundamentalmente fuentes renovables, se incrementarán de 60.6 cuatrillones de Btu en el año 2011 a 131.4 cuatrillones de Btu para el año 2040, con una tasa promedio de 2.6 %. Se observa que las fuentes renovables y la nuclear incrementarán su uso con mayores porcentajes.

A nivel nacional hay pocos estudios de proyección de demanda energética. Una de ellas realizada por Rojas Lazo O. [4] focalizada al consumo nacional de energía del sector residencial para el período 2005–2030, usando la herramienta MAED-D, muestran que el consumo de energía del sector residencial urbano y rural podría incrementarse hasta 7.845 GWh en el año 2030.

Un estudio de mayor envergadura, a nivel nacional, es el que realizaron Ávila *et al.* con el auspicio del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), Proyecto “Fortalecimiento de capacidades para el Desarrollo de Sistemas Energéticos Sostenibles” para el período 2010–2030, considerado tres escenarios bajo, medio y alto. Determinaron que la demanda de energía total, para los 3 escenarios crece desde 15869 GWh en el año 2005 hasta 42665, 47704 y 54926 GWh para el año 2030, resultados que señalan que en el año 2030 se necesitará tres veces más de energía que la consumida en el año 2005 [5].

El objetivo principal del presente estudio fue conocer la demanda de energía de Perú con un horizonte al año 2050, tomando como base los datos oficiales del año 2012, como una herramienta para el desarrollo y propuesta del sector del Ministerio de Energía y Minas (MEM).

Tabla 1. Reservas probadas de energía comercial a diciembre 2012 (TJ) [6].

<i>Fuente</i>	<i>Reservas probadas</i>	<i>Estructura (%)</i>
Gas natural	15054242	50
Hidroenergía	5955666	20
Líquidos de gas natural	4180066	14
Petróleo crudo	3664935	12
Carbón mineral	321743	1
Uranio	744981	3
Total	29931634	100

A nivel nacional las reservas probadas de energía, al 31 diciembre del 2012, fue de 29931634 TJ (Tabla 1). En el año 2012 la producción de energía primaria fue de 1004911 TJ (Tabla 2). Se observa en la estructura de producción de energía primaria que continúa

prevaleciendo los hidrocarburos como la fuente principal. Asimismo, la producción de energía comercial (conformada por todas aquellas fuentes de energía susceptibles a ser fácilmente compradas o vendidas en el mercado) representó el 89 % del total.

Tabla 2. Producción de energía primaria (TJ) [6].

<i>Fuente</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>Variación (%)</i>
Energía comercial			
Gas natural + LGN	634173	649721	2
Petróleo crudo	147006	141266	-4
Hidroenergía	96959	96092	-1
Carbón mineral	4882	6185	27
Subtotal	883020	893264	1
Energía no comercial			
Leña	86091	83431	-3
Bagazo	18437	19430	5
Bosta y yareta	8585	8285	-3
Energía solar	263	501	91
Subtotal	113375	111647	-2
Total	996396	1004911	1

2. Metodología

Para este estudio de planeación energética se utilizó el Modelo para el Análisis de la Demanda de Energía (MAED), modelo facilitado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) que inicialmente adoptó el modelo MEDEE-2 [7] al que se le incorporó modificaciones importantes para hacerlo más apropiado su uso por los países en vías de desarrollo, denominándolo modelo MAED. Este modelo evalúa la demanda futura de energía tomando en cuenta escenarios de desarrollo socio-económico, tecnológico y demográfico a mediano y largo plazo [7] y permite la representación específica del patrón de consumo de energía del país. El usuario puede desagregar el consumo de energía de acuerdo con sus necesidades o la disponibilidad de datos que cuenta un país. Por esa versatilidad el MAED se ha convertido en una poderosa herramienta para modelar con

amplitud diversos patrones de consumo de energía. La ecuación genérica para el cálculo de la demanda de energía proyectada está representada en la siguiente fórmula [8]:

$$DE_t = (DE/PI)_{t_0} \times PI_t \times CE_t$$

Donde:

DE_t : Demanda de energía en el año futuro t.

$(DE/PI)_{t_0}$: Demanda específica de energía por unidad de parámetro impulsor en el año base.

PI_t : Parámetro impulsor en el año futuro t.

CE_t : Coeficiente que refleja la evolución específica de la demanda de energía por unidad de parámetro impulsor en el año futuro t.

El modelo MAED presenta una flexibilidad para desagregar la demanda de energía en seis sectores económicos y el sector residencial se puede desagregar en subsectores rural y urbano y en varias categorías de uso final de energía. Para la demanda total de energía para cada

categoría de uso final se considera cuatro sectores principales: Industria (incluye agricultura, construcción, minería y manufacturero), Transporte, Servicios y Residencial.

2.1. Año base

Para el estudio se consideró al 2012 como año base debido a que ese período fue relativamente estable, con un crecimiento promedio del PBI del 6.5 % y no hubo fenómenos naturales importantes. El horizonte considerado para el período de análisis abarca hasta el año 2050. En esta sección se presentan los datos utilizados en el estudio, así como los datos de consumo de energía por sectores económicos y el sector residencial. Los sectores económicos han sido agrupados como: agricultura, pesca, minería, energía, industria, servicios y transporte, de acuerdo con el requerimiento del modelo de Análisis de Demanda de Energía (MAED).

2.2. Consideraciones de crecimiento económico

Se ha considerado las asunciones de crecimiento proyectado por las instituciones del sector energético y económico, las tasas de crecimiento promedio de los estudios del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), el estudio multianual del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) y el estudio del CEPLAN. Se elaboraron tres escenarios de crecimiento, el escenario medio o tendencial con una tasa de crecimiento promedio de 4.0 %, el escenario optimista con una tasa de

crecimiento promedio de 4.71 % y el escenario pesimista con una tasa de crecimiento promedio de 3.26 %.

Las consideraciones para el escenario medio son que el país continúe creciendo de modo moderado en el contexto global con aproximadamente un punto porcentual sobre el promedio mundial. Para el escenario optimista el desarrollo de grandes proyectos en el campo minero, energético e industrial que permitan crecer notoriamente sobre el promedio mundial alrededor de 2 puntos porcentuales. Para el escenario pesimista que el crecimiento sea solo alrededor del promedio mundial y que la recesión económica global afecte a la economía peruana y solo tenga un crecimiento alrededor de un 3 %.

2.3. Consumo de petróleo

Teniendo en cuenta que las reservas de petróleo crudo en el año 2012 fue de 116.2 GWa y el consumo requerido para el período 2012-2050 en el escenario medio es de 229.33 GWa se considera al petróleo como un recurso escaso y no permite satisfacer las necesidades para el período de estudio. En lo referente al gas natural se tiene reservas para el año 2012 de 477.4 GWa, lo que indica que se puede seguir ampliando el uso del gas natural en los diversos sectores económicos y residenciales.

En la Tabla 3 se muestra el consumo final de energía neta para el año 2012 por usos y fuentes para los sectores de consumo de energía. En ella se aprecia que el consumo total para el año 2012 fue de 680283 TJ.

Tabla 3. Consumo de energía neta por usos y por fuentes para el año 2012 (TJ).

Sectores	Carbón mineral	Leña	Bosta	Bagazo	Solar	Coque	Carbón vegetal	GLP	Gashol	Gasolina motor	Turbo	DB5	Petróleo residual	Gas Dis	Energía Elect.	Total
Consumo energético	24022	78827	8258	8713	287	19	1883	64405	51079	9543	30916	197309	15759	59747	129490	680283
Residencial		78671	8285		80		1769	29793						750	31164	150512
Comercial	8	25			202		113	2959	9	2		548	1	3835	24366	32067
Público						2		114	6188	1156	2164	2598	1		1736	13960
Transporte								12513	43520	8131	160632	160632	8653	23377	12	285591
Agropecuario y Agroind.	73	128		8713	2			30	667	125	937	937	5		2662	13342
Pesquería								63	23	4	3497	3497	2174	216	1054	7031
Minero metalúrgico	2569					19		1633	72	13	14540	14540	91	3780	32209	54927
Industrial	21371	3					1	17301	601	12	14557	14557	4832	27789	36288	122854

Tabla 4. Tasas de crecimiento para el escenario tendencial.

<i>Período</i>	<i>Tasas</i>	<i>Fuente</i>
2012-2015	6.3%, 5.0%, 2.4%, 3.3%	PBI Histórico (Fuente BCRP)
2016-2017	4.0%, 4.5%	Fuente BCRP
2018-2030	4.50%	Fuente MINEM
2031-2040	4.3%, 4.2%, 4.1%, 4.1%, 4.0%, 3.9%, 3.8%, 3.7%, 3.6% y 3.5%	Fuente NUMES
2041-2050	3.50%	Se repite proyección disponible año 2040 (Fuente NUMES)

2.4. Producto Bruto Interno

Para la proyección del PBI se ha considerado las tasas que se muestran en la Tabla 4. Para el período 2012-2015 son las históricas; para el 2016 y 2017 se usaron los datos del Banco Central de Reserva; para el período 2018-2030 los datos del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), para el escenario 2031-2050 los datos de NUMES del MINEM. El Producto Bruto Interno se consideró en dólares constantes de 1994. Para el escenario de crecimiento alto se considera un incremento de 108,630 millones a 623,797 millones de dólares; el escenario medio o tendencial se

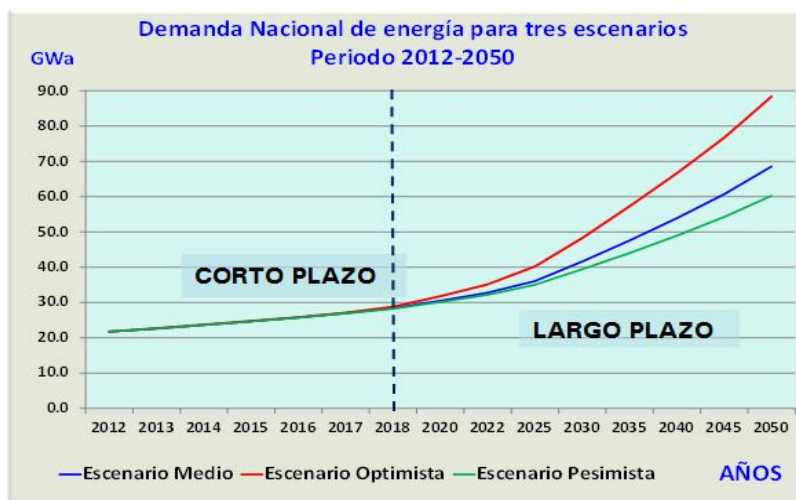
incrementa de 108,630 millones a 482,041 millones de dólares y el escenario de crecimiento bajo de 108,630 millones a 366,916 millones de dólares.

3. Resultados y Discusión

La demanda global nacional de energía para los tres escenarios considerados en este estudio se muestra en la Tabla 5. La demanda de energía hasta el año 2018 es de corto plazo por lo cual se consideró los tres escenarios iguales; sin embargo, para el año 2020 en adelante los escenarios se diferencian claramente.

Tabla 5. Demanda global de la energía por escenarios (Gwa).

<i>Año</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>2020</i>	<i>2022</i>	<i>2025</i>	<i>2030</i>	<i>2035</i>	<i>2040</i>	<i>2045</i>	<i>2050</i>
Escenario medio	21.76	22.64	23.66	24.68	25.77	27.02	28.41	30.53	32.80	36.11	41.65	47.60	53.94	60.70	68.56
Escenario optimista	21.77	22.73	23.76	24.79	25.88	27.13	28.82	31.82	35.17	40.24	48.30	57.31	66.64	76.70	88.33
Escenario pesimista	21.76	22.64	23.66	24.68	25.77	29.96	28.27	30.17	32.20	35.06	39.48	44.04	49.98	54.25	60.25

**Figura 1.** Demanda de energía para tres escenarios.

En la Figura 1 se presenta las proyecciones de demanda de energía para los tres escenarios, considerando al año 2012 donde la energía consumida fue de 21.76 GWh, la proyección de demanda para el año 2050 alcanza los 68.56 GWh para el escenario medio, 88.33 GWh para el escenario optimista y 60.25 GWh para el escenario pesimista.

4. Conclusiones

Se ha considerado el crecimiento proyectado por las instituciones del sector energético y económico, tomando las tasas de crecimiento promedio para el escenario medio o tendencial con una tasa de 4.0 %, para el escenario de crecimiento alto u optimista con una tasa de crecimiento promedio de 4.71 % y para el escenario de crecimiento bajo o pesimista con una tasa promedio de 3.26 %.

Los resultados de los tres escenarios nos indican que energéticamente el Perú necesita en los próximos 30 años, incrementar su capacidad de suministro de energía en 3.15 veces para el escenario medio, en 4.06 veces para el escenario optimista y en 2.77 veces para el escenario pesimista.

5. Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Organismo Internacional de Energía Atómica por su apoyo en la capacitación y suministro de los códigos de cálculo.

A los profesionales del Ministerio de Energía y Minas, del Organismo de Supervisión y fiscalización de la Energía y Minería, del Comité de Operación Económica del Sistema Eléctrico Interconectado por su importante

colaboración como parte del equipo de trabajo en la ejecución del presente estudio.

6. Bibliografía

- [1] George Stephenson. (Página Consultada el 30 de mayo del 2016). Dirección URL: http://en.wikipedia.org/wiki/George_Stephenson#Stephenson_memorabilia
- [2] International Energy Outlook 2016. U.S. Energy Information Administration. Office of integrated and International Energy Analysis. U.S. Department of Energy. Washington DC. 2015. May 2016.
- [3] Nuclear Power in the world Today. World Nuclear Association (Página consultada el 27 de junio 2016) Dirección URL: <http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx>.
- [4] Rojas Lazo O. Proyección del consumo de energía residencial en el Perú (2005-2030) mediante el software Maed. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial. 2009; 12(2):50-60.
- [5]. Ávila J, Anaya O, Cáceres C, Altamirano V. Demanda nacional de energía: Período 2005-2030. Informe Científico Tecnológico. 2009; 9:131-136.
- [6]. MINEM. Dirección General de Eficiencia Energética (DGEE). Balance Nacional de Energía 2012.
- [7]. Organismo Internacional de Energía Atómica. Modelo para el Análisis de la Demanda de Energía (MAED-2). Manual de Usuario. IAEA/CMS/18/S. Vienna, 2007.
- [8] Ávila J, Anaya O, Cáceres C, Altamirano V. Demanda nacional de energía: Período 2005-2030. Informe Científico Tecnológico. 2009; 9:131-136.