

Artículo 9

DISEÑO POR SIMULACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO PARA LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA TERRITORIAL DEL ESTADO BARINAS JOSÉ FÉLIX RIBAS. SEDE SOCOPO. VENEZUELA

DESIGN FOR SIMULATION OF A WIND- PHOTOVOLTAIC HYBRID SYSTEM FOR
TERRITORIAL TECHNICAL UNIVERSITY OF BARINAS STATE
JOSE FELIX RIBAS IN SOCOPO, VENEZUELA

RAFAEL CUEVAS¹

RESUMEN

Según la Comisión Económica Para América Latina y el Caribe (CEPAL), Venezuela es el país con mayor generación de energía eléctrica per cápita en América Latina, también es la nación de la región con mayor demanda de electricidad. En los últimos años, la demanda eléctrica en el país, ha venido incrementándose por diversas razones, lo que ha hecho posible que la calidad del servicio eléctrico desmejore y en algunos lugares no exista la calidad de potencia requerida para que los dispositivos eléctricos trabajen adecuadamente. Por estas razones y aunado a la necesidad de estimular el uso de las energías renovables en el país, en este trabajo se diseñó un sistema híbrido eólico-fotovoltaico para la UPT José Félix Ribas ubicada en Socopó Estado Barinas. Se evaluó en primera instancia el potencial eólico y solar de la región, además de la ubicación geográfica, seguidamente se realizó un estudio de carga para conocer la demanda eléctrica de la instalación, y en base a esta, se realizaron los cálculos correspondientes a las capacidades de los componentes del sistema híbrido eólico-fotovoltaico, con ayuda del programa HOMER, dando como resultado: 185 módulos fotovoltaicos policristalinos *suncomer solar* de 320 Wp, 2 aerogeneradores *Alize* 10 kW con salida DC, 30 baterías *Rolls Surette* 24V 1900Ah, de plomo ácido y un inversor *Sirio* k33 de 35kW. Este tipo de sistema híbrido de producción de energía eléctrica favorecerá la existencia de una mejor calidad de energía y contribuirá de esta manera a aliviar la carga del Sistema Eléctrico Nacional.

Palabras clave: Sistema híbrido eólico-fotovoltaico, demanda eléctrica, energías renovables.

ABSTRACT

According to Economic Commission for Latin America and the Caribbean (CEPAL) Venezuela is the country with the highest power generation per capita in Latin America; it is also the nation in the region with higher demand for electricity. In recent years the electricity demand in the country has been increasing for several reasons, which has enabled the quality of electric service break down and in some places there is no power quality required for electrical devices work properly. For these reasons and coupled with the need to encourage the use of renewable energy in the country, in this work a wind-photovoltaic hybrid system was designed for UPT José Félix Ribas located in Socopó Barinas State. Was evaluated in the first instance wind and solar potential of the region, in addition to geographic location, then a load study was conducted to know the elec-

(*) Recibido: 30/05/2015

Aceptado: 11/09/2015

(1) Universidad Politécnica Territorial del estado Barinas "José Félix Ribas. Socopo, Barinas.

tricity demand of the installation, and based on this the calculations were performed at the capabilities of the components of wind-photovoltaic hybrid system using software such as HOMER resulting in: 185 polycrystalline photovoltaic modules of 320 Wp suncomer solar, 2 Alize wind turbines 10 kW with output DC, 30 Rolls Surette lead acid batteries 24V 1900Ah, and an inverter *Sirio* k33 of 35kW. This type of hybrid system of electric power production will favor the existence of a better quality of energy and thus contribute to easing the burden of the National Electricity System.

Key words: Wind-photovoltaic hybrid system, electricity demand, renewable energy.

INTRODUCCIÓN

La Universidad Politécnica Territorial del estado Barinas “José Félix Ribas” (UPTJFR), es una institución ubicada en el piedemonte andino, en el centro oeste del estado Barinas. La instalación cuenta con 1639 m² distribuidos de la siguiente manera:

Tipo Espacio	Cantidad	Área (m ²)
Aula de clase	10	503
Oficinas	3	151
Laboratorios	5	245
Biblioteca	1	49
Centro de internet Alma mater	1	49
Áreas de servicio	3	42
Baños	4	200
Recepción y pasillos	6	400
Total		1639

Esta sede atiende actualmente un promedio 1200 estudiantes al año clasificados en 4 Programas de Formación Nacional (Ingeniería en agroalimentación, Ingeniería en Construcción Civil, Ingeniería Eléctrica e Ingeniería en Informática y Sistemas), distribuidos en los diferentes trayectos en curso.

Su objetivo es formar profesionales en las áreas mencionadas para el desarrollo integral de la nación.

Esta institución es alimentada por la red eléctrica local. En ciertas ocasiones existen condiciones eléctricas en la red no favorables para el funcionamiento adecuado de las cargas eléctricas existentes, lo que interrumpe el normal desenvolvimiento de las actividades en la institución, por ésta razón

y explotando el potencial eólico-solar de la región se diseñó un sistema híbrido eólico- fotovoltaico, para la alimentación eléctrica de la institución, y de ésta manera ser una de las instituciones pioneras en el uso de las energías alternativas renovables en el país. A propósito del uso de fuentes renovables de energía (Soteris, 2009: p. 3) señala:

Muchas fuentes alternativas de energía pueden ser utilizadas en lugar de las fuentes fósiles. La decisión de cual tipo de fuente de energía debería ser utilizada en cada caso debe ser hecha en base a consideraciones de economía, medio ambiente y seguridad. Debido a los aspectos medioambientales y de seguridad deseables, se cree ampliamente que la energía solar debe ser utilizada en lugar de las otras formas de energía alternativas, ya que puede ser proporcionada de forma sostenible sin dañar el medio ambiente.

En cuanto al cuidado del medioambiente con el empleo de las energías renovables para generar energía al hombre (Díaz, 2013: p. 47) destaca:

El aumento del costo de los combustibles fósiles y su impacto en el medio ambiente, hace que cada día crezca más la necesidad de impulsar el estudio y la implementación de tecnologías de energías renovables para suplir, al menos, parte de la demanda energética y reducir los efectos de los gases de efecto invernadero.

En la región de Socopó existe un potencial eólico- fotovoltaico propicio para desarrollar sistemas híbridos para la producción de energía eléctrica. A

través de la revisión de fuentes bibliográficas y electrónicas confiables, se obtuvieron una serie de valores tabulados de la radiación solar promedio diario mensual en un año (kWh/m^2), así como también se obtuvieron los valores promedio diario mensual en un año de la velocidad del viento (m/s). Estos valores se muestran más adelante.

El porcentaje de energía que se desea cubrir con la implementación del sistema híbrido eólico-fotovoltaico es del 22 % de la energía total que demanda la institución, esto es, debido a que la mayor parte de la energía, la consumen los equipos de aires acondicionados (un 78 % del total).

Para obtener la solución más factible económicamente al diseño del sistema híbrido eólico-fotovoltaico, se cuenta con un software llamado Modelo de optimización Híbrida para energía renovable (HOMER por sus siglas en inglés), el cual tiene la potencialidad de estudiar el sistema híbrido variando el número de elementos determinantes que influyen en el costo, como son: paneles fotovoltaicos, aerogeneradores, baterías o inversores; teniendo en consideración el potencial eólico y solar existente en el lugar de estudio, que en el caso de esta investigación es en Socopó estado Barinas Venezuela. El software arroja variables como: energía eléctrica anual ($\text{kWh}/\text{año}$), energía excedente (kWh), costo de la energía ($\$/\text{kWh}$), y demanda insatisfecha (kWh). Se tomaron estas dos últimas variables como base para tomar la decisión óptima. Estas son variables económicas que ayudan a tomar la decisión más factible.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. SISTEMAS DE ENERGÍA RENOVABLE Y SISTEMAS HÍBRIDOS

Para estos sistemas (Díaz, 2013) señala:

Se considera energía renovable cualquier forma de energía que es reabastecida naturalmente. Entre éstas se tiene la energía proveniente de la luz solar, el viento, la lluvia, las mareas, calor geotérmico y la biomasa. Existen diversas tecnologías de energía renovable, utilizadas para diferentes aplicaciones.

Sin embargo, la utilización de una sola fuente de energía para satisfacer las necesidades de un sistema, produce ciertos inconvenientes, el principal de ellos, la disponibilidad del recurso para su aprovechamiento. Por ejemplo, la energía solar se tiene en horas del día, lo que significa que de noche no se puede aprovechar. Ante esta situación, resulta complejo diseñar un sistema de generación eléctrica confiable y suficiente para suplir las necesidades energéticas. Ante esta situación, los sistemas híbridos de generación eléctrica presentan grandes ventajas.

Un sistema híbrido (Figura N° 1) es aquél que aprovecha dos o más fuentes de energía para suministrar la energía requerida. Un buen diseño de un sistema híbrido busca:

- Garantizar la generación de la energía necesaria.
- Minimizar la dependencia del sistema de almacenamiento.
- Optimizar el aprovechamiento de los recursos energéticos.
- Disminuir los costos del sistema, de la instalación y los costos operativos.

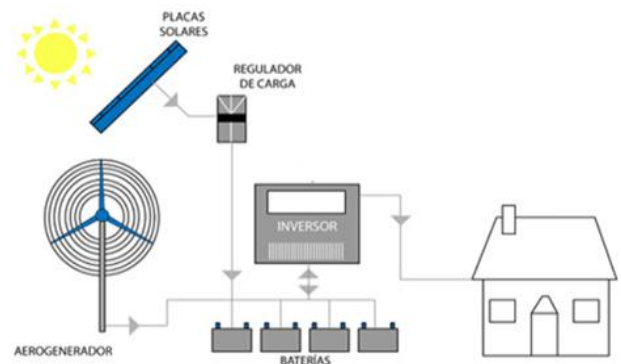


Figura 1. Sistema híbrido para la producción de energía eléctrica.

2. PAQUETE DE PROGRAMACIÓN HOMER

(Lambert, 2006) expresa:

HOMER realiza tres tareas principales: simulación, optimización y análisis de sensibilidad. En el proceso de simulación, HOMER modela el desempeño de una configuración de un microsistema de potencia particular, cada hora del año para determinar su viabilidad técnica y costo del ciclo de vida.

En el proceso de optimización, HOMER simula muchas configuraciones de sistemas diferentes en búsqueda de aquella que satisface las restricciones técnicas al menor costo del ciclo de vida. En el proceso de análisis de sensibilidad, HOMER realiza varias optimizaciones bajo un rango de valores de entrada para medir los efectos de incertidumbre o cambios en los datos de entrada del modelo.

3. ESTUDIO DE CARGA DEL SISTEMA

Cabe destacar que el sistema se diseñó para alimentar cargas con baja demanda eléctrica tales como: luminarias, computadoras, impresoras, dispensadores de agua, entre otros. Se exceptúan los equipos de aire acondicionado. A continuación se muestra Cuadro 1, donde se resumen las cargas que serán alimentadas por el sistema híbrido eólico-fotovoltaico (se consideran 275 días para efectuar el cálculo de la energía anual):

En la Figura 2 se muestra el comportamiento de la demanda eléctrica en la institución, el valor mínimo es de 8 kW y ocurre en la madrugada, debido a las luminarias encendidas, y el máximo ocurre cerca de mediodía y es de 32 kW aproximadamente.

4. POTENCIAL SOLAR DE LA REGIÓN

El potencial solar se determinó en base al mínimo promedio de radiación solar mensual en Socopó. Este promedio fue obtenido a través del sitio

web de Meteorología Superficial y Energía Solar del Programa de Ciencias Aplicadas de la Agencia Estadounidense del Espacio y la Aeronáutica (NASA, por sus siglas en inglés). En este sitio se introdujo la posición geográfica de Socopó (latitud y longitud). Estos resultados indicaron que el potencial promedio de radiación solar anual es de 5,87kWh/m² día.

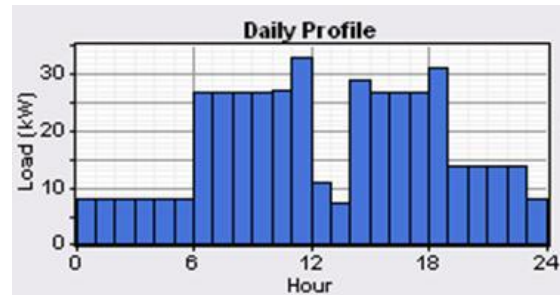


Figura 2. Demanda eléctrica diaria.

En la Figura 3 puede apreciarse que el mes con mayor radiación solar es Marzo, con un promedio de 7,05 kWh/m² día, y el mes con una radiación menor es Junio con un valor de 4,83 kWh/m² día. El promedio anual es 5,87 kWh/m² día.

Se consideró para efectos de simulación tomar los valores iniciales desde 55 kWp, hasta 60 kWp, para los paneles solares previamente calculados.

Cuadro 1. Estudio de carga del sistema

Carga	Potencia (W)	Cantidad	Potencia total (kW)	Horas trabajo diario	Energía diaria (kWh)	Energía anual (kWh)
Luminarias 2 x 32W	64	120	7,68	10	76,8	21120
Dispensador de agua con compresor	700	8	5,6	12	67,2	18480
Computadora	200	50	10	6	60	16500
Fotocopiadora	500	2	1	1	1	275
Nevera	200	2	0,4	12	4,8	1320
Bomba de agua	2500	1	2,5	3	7,5	2062,50
Fax	150	1	0,15	0,15	0,02	6,19
Televisor	200	2	0,4	0,5	0,2	55
Hidrojet	1500	2	3	0,5	1,5	412,50
Impresora	150	15	2,25	0,5	1,13	309,38
TOTAL					220,15	60540,56

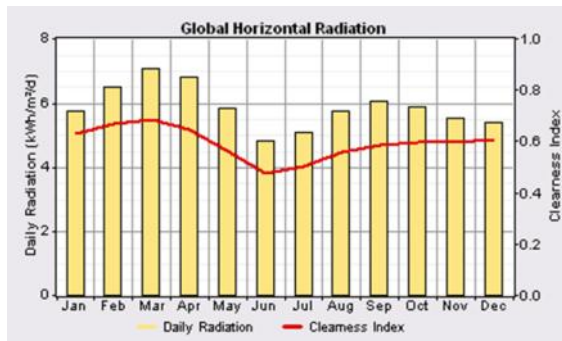


Figura 3. Radiación solar global diaria por mes.
Fuente: HOMER

5. POTENCIAL EÓLICO DE LA REGIÓN

Los valores promedio del viento, se obtuvieron a través del sitio web de Meteorología Superficial y Energía Solar del Programa de Ciencias Aplicadas de la Agencia Estadounidense del Espacio y la Aeronáutica (NASA, por sus siglas en inglés). En este sitio se introdujo la posición geográfica de Socopó (latitud y longitud).

De la Figura 4 se observa que el mes con mayor velocidad del viento es Junio con 7 m/s y el mes con la menor es Abril con 3 m/s. El promedio anual es de 4,17 m/s.

Se tomó como base para la simulación, un aerogenerador *Alize* con potencia nominal de 10kW salida en DC con una altura de emplazamiento de 25 m. Para efectos de simulación el número de aerogeneradores varían en: 0, 2, 3, 5 y 6.

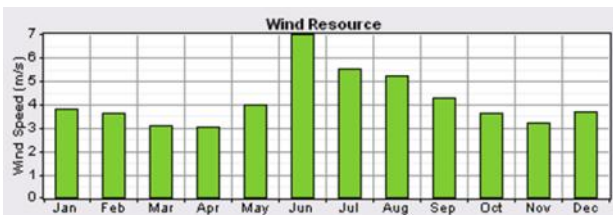


Figura 4. Velocidad del viento promedio mensual en la localidad de Socopó.

6. Baterías

Es necesario almacenar la energía en banco de baterías, debido a que pueden existir períodos de baja radiación solar o en el caso del viento, períodos donde su valor sea inferior al mínimo de

arranque de los aerogeneradores. En este caso la capacidad del banco de baterías fue seleccionada considerando una profundidad de descarga del 50% y un período de autonomía de tres días. El tipo de batería disponible en el mercado y adaptable a este diseño es: *Rolls Surrette 24V 1900Ah*, de plomo ácido.

7. SIMULACIÓN

El sistema híbrido eólico-fotovoltaico en el software de programación HOMER es el siguiente (Figura 5):

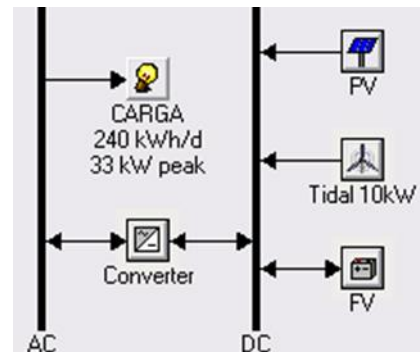


Figura 5. Sistema híbrido eólico-fotovoltaico en estudio.

El programa realiza diferentes corridas combinando distintos elementos del sistema, incluyendo la variación del número de ellos para encontrar distintas alternativas que permitan al diseñador seleccionar la opción que más se adapta a los requerimientos y al presupuesto existente.

RESULTADOS

El programa arrojó los valores que toman las variables de salida resumidas en el Cuadro 2. Se consideró que para el análisis de los resultados fue suficiente trabajar con las primeras diez corridas, debido a que el resto de ellas, tanto el capital inicial, como el costo de mantenimiento aumentan proporcionalmente a medida que se avanza en el número de corridas.

Se observa que los valores del capital inicial están ordenados en forma ascendente, así como el costo de la energía (COE) varía en forma directamente proporcional al capital.

Cuadro 2. Resultados de la simulación.

	PV (kW)	G10	FV	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Fiac.
	59	2	30	35	\$ 137,200	13,889	\$ 314,742	0.281	1.00
	60	2	30	35	\$ 138,000	13,977	\$ 316,674	0.283	1.00
	58	2	32	35	\$ 139,400	14,024	\$ 318,679	0.285	1.00
	56	3	30	35	\$ 139,800	14,056	\$ 319,478	0.285	1.00
	59	2	32	35	\$ 140,200	14,113	\$ 320,611	0.286	1.00
	57	3	30	35	\$ 140,600	14,144	\$ 321,410	0.287	1.00
	60	2	32	35	\$ 141,000	14,202	\$ 322,543	0.288	1.00
	58	3	30	35	\$ 141,400	14,233	\$ 323,342	0.289	1.00
	58	2	34	35	\$ 142,400	14,245	\$ 324,548	0.290	1.00
	59	3	30	35	\$ 142,200	14,321	\$ 325,275	0.290	1.00

En el Cuadro 3, se observa con más detalle algunas variables de salida, que son útiles a la hora de tomar decisiones:

De la tabla anterior se aprecia que el costo de la energía aumenta a medida que se desciende en la tabla. Existe una variable y es denominada *Unmet load*, que corresponde a la energía en la cual el sistema híbrido no es capaz de entregar, esto ocurre cuando la demanda eléctrica excede a la del sistema híbrido. Se observa que en la corrida 4 tiene un valor de 27 kWh por año, lo que representa el 0,04 % de la energía total que emplea la institución. Esto significa que la probabilidad de que el sistema híbrido deje de aportar energía a la instalación es mínima, si se decide seleccionar la corrida número 4.

Otra variable de importancia es la autonomía del banco de baterías, el tiempo mínimo de funcionamiento es de 82,08 horas, que corresponde a casi 3 días y medio, en el cual el sistema es capaz de alimentar a la institución en caso de existir po-

co recurso eólico-solar. Esto significa que en días mayormente nublados y con baja velocidad del viento, el sistema híbrido no será capaz de entregar energía en tiempo real, sino que dependerá exclusivamente de la energía acumulada en el banco de baterías para suplir la demanda.

Existe otra variable de no menos importancia y es llamada *excess electricity* o exceso de energía y corresponde al excedente de energía producido por el sistema eólico-fotovoltaico que el banco de baterías o el sistema eléctrico de la institución no es capaz de absorber. El menor valor en la tabla es 12743 kWh y representa un 21,05 % de la demanda total. Esto significa que el sistema híbrido podría entregar energía, a la red eléctrica local comercializándola y obteniendo un beneficio por el aporte de energía.

A continuación se muestra una gráfica (Figura 6) que relaciona, las primeras diez corridas del programa HOMER, el costo de la energía (\$/kW) y la energía anual producida (kWh).

Cabe resaltar que todas las corridas del programa cubren el 100% de la demanda eléctrica anual de la instalación. Observando la Figura N° 6, puede verse que el menor costo por cada kWh lo presenta la corrida N° 1, y es el resultado arrojado por optimización de HOMER. A medida que se avanza hacia la derecha en las abscisas más allá de la corrida N° 1, el costo de la energía se incrementa, así como la energía anual producida en las corri-

Cuadro 3. Corridas realizadas por HOMER

Corrida	PV (kW)	G10	BATERIA FV	COE (\$/kWh)	PV Production (kWh/yr)	Wind Production (kWh/yr)	Tot. Electrical Production (kWh/yr)	Unmet Load (kWh/yr)	Excess Electricity (kWh/yr)	Battery Autonomy (hr)
1	59	2	30	0.281	102,311	18,661	120,972	0	14,362	82.08
2	60	2	30	0.283	104,045	18,661	122,707	0	16,080	82.08
3	58	2	32	0.285	100,577	18,661	119,239	0	12,743	87.55
4	56	3	30	0.285	97,109	27,992	125,101	27	18,957	82.08
5	59	2	32	0.286	102,311	18,661	120,972	0	14,362	87.55
6	57	3	30	0.287	98,843	27,992	126,835	0	20,611	82.08
7	60	2	32	0.288	104,045	18,661	122,707	0	16,080	87.55
8	58	3	30	0.289	100,577	27,992	128,569	0	22,336	82.08
9	58	2	34	0.29	100,577	18,661	119,239	0	12,744	93.02
10	59	3	30	0.29	102,311	27,992	130,303	0	24,064	82.08

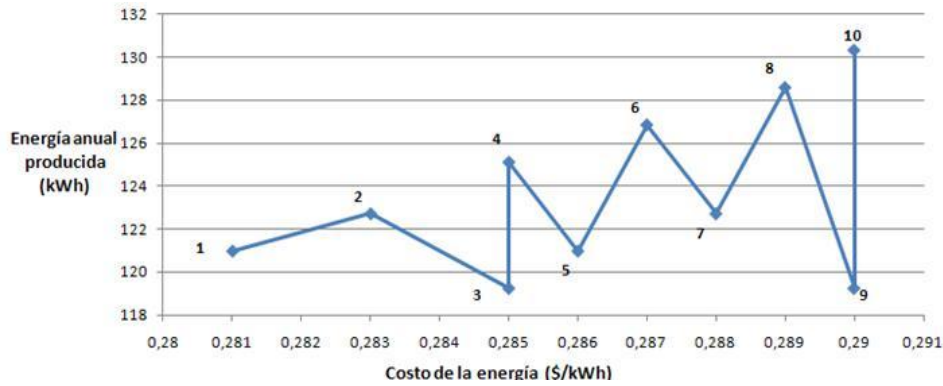


Figura 6. Costo de la energía vs Energía anual producida.

das impares, el cual causa a su vez un exceso de energía (*excess electricity*), que no sería aprovechada por el sistema híbrido ni el banco de baterías, así que no es rentable económicamente seleccionar una opción más allá de la corrida N° 1.

En la Figura N° 7 se observa el promedio diario mensual en un año de la energía producida por el sistema fotovoltaico en amarillo y el sistema eólico en verde, para la configuración seleccionada correspondiente a la corrida N° 1. El máximo potencial de recurso eólico se da en el mes de junio, lo que significa, que es en este mes donde se obtiene la energía máxima provista por el sistema eólico.

Adicionalmente de la misma figura, se infiere que los sistemas fotovoltaicos son los más aplicables en la región de Socopó, ya que son los sistemas en donde la fuente primaria de energía, en este caso la radiación solar, es mas intensa. De la Figura 7 se concluye que la producción de energía solar fotovoltaica esta prácticamente presente durante todo el año.

ANÁLISIS DE LA CORRIDA SELECCIONADA

Se decide seleccionar la corrida N° 1 de los resultados obtenidos por HOMER, puesto que ésta representa el menor costo por energía (0,281 \$/kWh) y cubre las necesidades energéticas de la institución en su totalidad (100%). Se reparte de la siguiente forma: 85% de energía fotovoltaica y 15% de energía eólica, y es un resultado esperado ya que en la región de Socopó existe una predominancia hacia los sistemas fotovoltaicos, por el alto valor de la radiación solar promedio mensual anual (5,87 kWh/m² día).

Cualquier otra selección de la configuración del sistema híbrido distinta la corrida N° 1, se tendrá como resultado que cubrirá el 100 % de la demanda eléctrica de la institución, como ocurre en la corrida N° 1. La diferencia, en este caso, es que el costo se incrementará, ya que cambiarán el número y la combinación de elementos en el sistema híbrido, opción que es totalmente descartada, ya

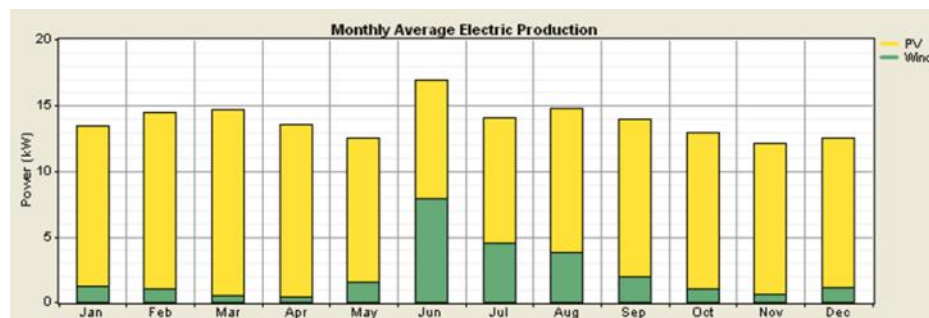


Figura 7. Promedio de energía producida diaria mensual en un año

que, lo que se desea es abastecer completamente de energía a la institución con el mínimo costo tanto de capital inicial como de mantenimiento.

El número y características de los elementos que conforman el sistema híbrido eólico-fotovoltaico seleccionando la corrida N° 1 es el siguiente: 185 módulos fotovoltaicos policristalinos *suncomer solar* de 320 Wp, 2 aerogeneradores *Alize* 10 kW con salida DC, 30 baterías *Rolls Surrrette* 24V 1900Ah, de plomo ácido y un inversor *Sirio* k33 de 35kW, este sistema híbrido eólico-fotovoltaico cubrirá la demanda eléctrica total de la institución.

CONCLUSIONES

Es factible la realización del sistema híbrido eólico fotovoltaico para la institución José Félix Ribas con el número mínimo de elementos mostrados anteriormente, lo que demuestra la viabilidad de alimentar eléctricamente una determinada instalación e independizarla de la red. Si bien se sabe que el empleo de las fuentes alternativas renovables de energía es aún muy costoso, con el avance de la tecnología y diseñando módulos fotovoltaicos de gran eficiencia es posible abaratar los costos para la masificación y explotación de este tipo de energía. Uno de los aspectos importantes del empleo de fuentes alternativas renovables de energía es su armonía con el ambiente, el cual causa el mínimo impacto posible, si se les compara con la energía de fuentes fósiles.

Debe tenerse presente un gran número de combinación de diferentes elementos al momento de realizar la simulación en HOMER el cual dará como resultado la opción más factible. El diseñador tendrá la libertad de elegir entre las diferentes corridas que arroja el programa teniendo en cuenta la criticidad de la carga, el costo de los elementos, y cualquier variable que considere de importancia para su diseño. El sistema híbrido tiene el potencial de cubrir la demanda eléctrica en su totalidad en cualquier época del año.

En conclusión, la opción seleccionada es la corrida N° 1, por presentar el menor costo de energía (0,281 \$/kWh), menor capital inicial y menor costo por mantenimiento. Todos estos son parámetros técnicos económicos, los cuales ayudaron a escoger la configuración más óptima. El número

y características de los elementos que conforman el sistema híbrido eólico-fotovoltaico es el siguiente: 185 módulos fotovoltaicos policristalinos *suncomer solar* de 320 Wp, 2 aerogeneradores *Alize* 10 kW con salida DC, 30 baterías *Rolls Surrrette* 24V 1900Ah, de plomo ácido y un inversor *Sirio* k33 de 35kW y alimentará el 22 % del total de la demanda de la instalación (excluyendo equipos de climatización).

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Díaz, H. (2013). Diseño de un sistema híbrido de generación eléctrica a partir de fuentes renovables de energía Caso de Boca de Lurá. Centro de Investigación e Innovación Eléctrica, Mecánica y de la Industria Universidad Tecnológica de Panamá. Disponible en: http://www.utp.ac.pa/documentos/2014/pdf/14_Sistema_hi_brido.pdf. Vol. 4, N° 1, p 47. [Consulta: 2015, Abril 15].
- Lambert, T. Gilman, P. y Lilienthal P. (2006). Micropower Modeling System. Disponible en: <http://www.pspb.org/e21/media/HOMERModelingInformation.pdf>. p. 380. [Consulta: 2015, Abril 15].
- NASA. Surface Meteorology and Solar Energy (release 6.0). Disponible en: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>. [Consulta: 2015, Abril 1].
- Soteris, A. Solar Energy Engineering Processes and Systems. 9th ed. USA: Academic Press, 2009. 760p. p.3. Disponible en: <http://es.slideshare.net/Giorgioluzzi2010/solar-energy-engineering-processes-and-systems-2009-malestrom-1>. ISBN: 978-0-12-374501-9. [Consulta: 2015, Abril 15].
- Tecsol24h. Balance neto en kits fotovoltaicos. 2015. Disponible en: http://www.tecsol24h.net/index.php?option=com_content&view=article&id=90:balance-netokits-fotovoltaicos&catid=17:energia-solar&Itemid=3. [Consulta : 2015, Abril 15].