

SISTEMA SOLAR-EÓLICO CON RESPALDO DE COMBUSTIBLE FÓSIL PARA ZONAS RURALES EN BAJA CALIFORNIA

Marlene Zamora Machado*, Elia Leyva Sánchez, René Delgado Rendón, Pedro Francisco Rosales Escobedo

Instituto de Ingeniería UABC, Campus Mexicali, Blvd. Benito Juárez, Calle de la Normal s/n, Col. Insurgentes Este, C.P. 21280.

*Tel y Fax (686) 566-4150, marlene_zamor@hotmail.com

RESUMEN

Se realizó el estudio de un sistema híbrido solar con respaldo de combustible fósil, mismo que fue instalado en Ashram de las Californias, un lugar de reencuentro enclavado en plena naturaleza, donde se fomenta un estilo de vida saludable, de descanso para restablecer la energía interior, y disfrutar del aire libre, que presta servicios a nivel mundial de carácter ecológico ambiental. Generar energía eléctrica con fuentes renovables en este tipo de lugares conlleva la reducción de emisiones para conservar el medio ambiente endémico. Así mismo, se realizó la simulación del uso de energía eólica que será integrada al sistema anterior, lo que permitirá abatir más las emisiones y el costo de la energía. Según estudios de National Renewable Energy Laboratory existe en Baja California un gran recurso eólico y solar, por otra parte en la entidad 244,624 habitantes, 10% de su población total, se encuentran en las zonas rurales. En el municipio de Ensenada, donde se ubica el sitio de estudio, existen 210 pequeñas localidades de un total de 442, donde hay 10,310 habitantes que no disponen de energía eléctrica. Los resultados del presente estudio, por su ubicación y dimensiones se podrán aplicar en dichas localidades.

Palabras claves: Sistema híbrido, energía solar, energía eólica.

1.- Introducción

En el estado de Baja California se ha observado que existe potencial para la generación de las energías renovables; como la solar y eólica, en la Figura 1 se muestra la Radiación Directa Normal y en la Figura 2, el potencial eólico para aplicaciones a menor escala. Por lo que la implementación de sistemas de energías de este tipo es fundamental para contribuir en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El estudio realizado para el Ashram de las Californias, localizado en una de las 210 localidades en el municipio de Ensenada (Figura 3) donde hay hogares que no disponen de energía eléctrica, es efectuado para proponer un sistema híbrido y que en un futuro no dependa de combustibles fósiles. El Ashram de las Californias es un lugar donde se fomenta un estilo de vida saludable, que presta servicios a nivel mundial de carácter ecológico ambiental y busca ser 100% sustentable. El desarrollo de este estudio se realizó primeramente para un sistema híbrido solar debido a la disposición actual del equipo fotovoltaico. A partir del estudio de la generación eléctrica para este Sistema se hará la integración de un aerogenerador de baja potencia, para que en un futuro el sistema sea solar-eólico con respaldo de combustible fósil. Este estudio es aplicable a localidades cercanas que presenten características geográficas y climatológicas similares.

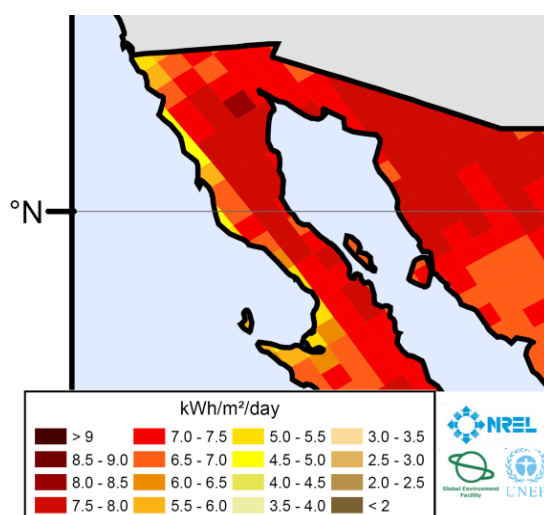


Figura 1. Radiación solar de NREL. [1]

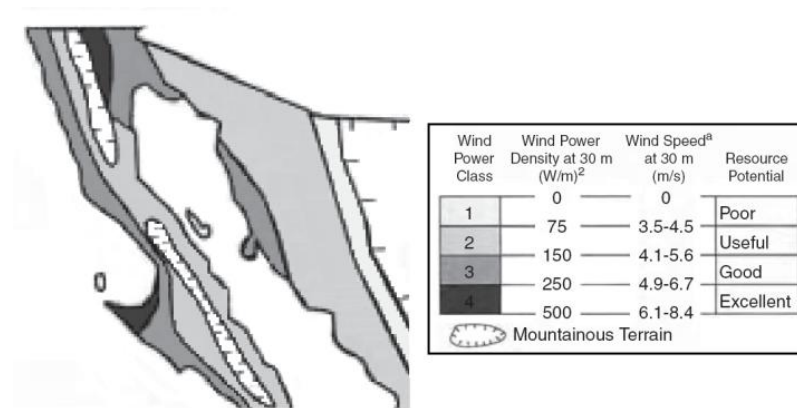


Figura 2. Proyecto de Evaluación del Recurso de viento en México, NREL. [2]

El potencial eólico para aplicaciones a menor escala en la costa oeste del Pacífico en el estado de Baja California está catalogado como recurso eólico “bueno” [Schwartz y Elliott, 1995]. El lugar de estudio se localiza a 16 km de la costa de Ensenada como se observa en la Figura 3 y dispone entre 6-7 Kw/m²/día de radiación solar normal directa.

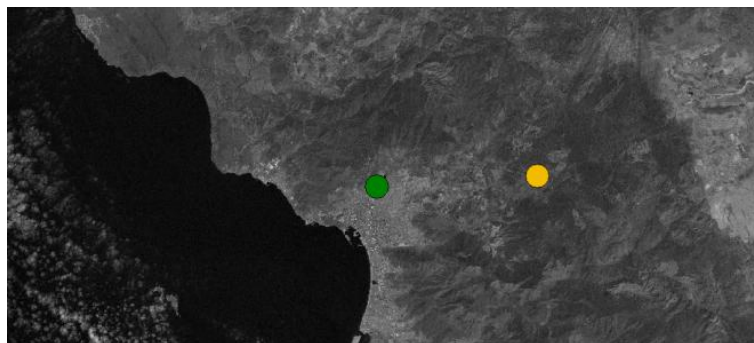


Figura 3. El punto amarillo es la posición del Ashram de las Californias, localizado a 12 km de la ciudad de Ensenada, el punto verde es la posición geográfica de la estación climatológica Presa Emilio López Zamora.

2.- Equipo de generación disponible

El Ashram de las Californias dispone del siguiente equipo para abastecer su demanda, del cual la planta generadora de gasolina es la que operaba originalmente:

- Planta generadora de gasolina 8000 watts.
- Panel Solar Fotovoltaico 130 watts.

3.- Demanda de energía eléctrica

La demanda de energía eléctrica del lugar, es mayor durante los fines de semana por lo que de lunes a viernes se evaluará exclusivamente la carga para alumbrado. Los aparatos tomados para estimar la demanda eléctrica del lugar y la cantidad de horas que se utilizan, son los que aparecen en la Tabla 1. Los datos de consumo fueron obtenidos de Comisión Federal de Electricidad [3].

Tabla 1. Demanda de energía del lugar de fin de semana, durante la mañana y tarde.

FIN DE SEMANA		
Mañana	Consumo (W)	Tiempo de Uso
Extractor de frutas	300	10 min/día
Lavadora automática	400	4hr 2 vec/semana
Tarde	Consumo (W)	Tiempo de Uso
Bomba de agua	400	20 min/día
Equipo de cómputo	300	4 hrs. diarias
Focos fluorescentes (16 de 15 W c/u)	240	5 hrs. diarias
T.V. color (13-17 pulg)	50	6 hrs. diarias
Videocassetera o DVD	25	3hr. 2 vec/semana

La demanda será la misma para todos los meses, entre semana solo será iluminación de las 20:00 hrs de un día hasta las 6:00 hrs del siguiente día y para fin de semana como se muestra en la Tabla 1.

4.- Simulación del Sistema Híbrido Solar con respaldo de combustible fósil

La simulación se realizó con el software HOMER 2.68 para un sistema híbrido sin conexión a la red y con el equipo que el lugar dispone ya antes mencionados. Se tomó el consumo de la demanda de la Tabla 1. El panel fotovoltaico modelo Kyocera KC65T con dos módulos (Figura 4), fue adquirido por el Ashram de las Californias en un programa de electrificación de vivienda por parte del gobierno del estado de Baja California. Los valores de radiación

solar fueron obtenidos del software HOMER 2.68 a partir de la posición geográfica del Ashram de las Californias (Figura 5).



Figura 4. Panel fotovoltaico del Ashram de las Californias.

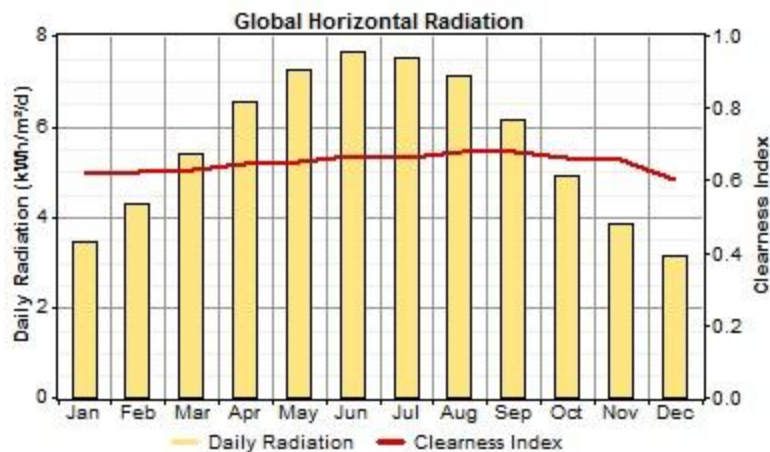


Figura 5. Radiación global mensual del Ashram de las Californias.

Resultados de la simulación sobre la demanda cubierta del sistema indican:

- Producción FV 5%
- Generador 95%

La fracción de energía renovable es 5% correspondiente a la producción de energía solar.

Las emisiones de gases de efecto invernadero estimadas son:

- Dióxido de Carbono 20 ton/año.
- Monóxido de Carbono 56 kg/año.

- Óxido de Nitrógeno 498 kg/año.
- Dióxido de Sulfuro 41 kg/año.
- Hidrocarburos y partículas en suspensión 10 kg/año.

El promedio mensual de la producción de energía eléctrica para este sistema se visualiza en la Figura 6, como se observa la contribución de electricidad del panel fotovoltaico es baja, ya que el número de baterías son dos. Por lo tanto, si se incrementa su número, también lo haría la energía eléctrica aprovechada y en consecuencia el costo del sistema por almacenamiento.

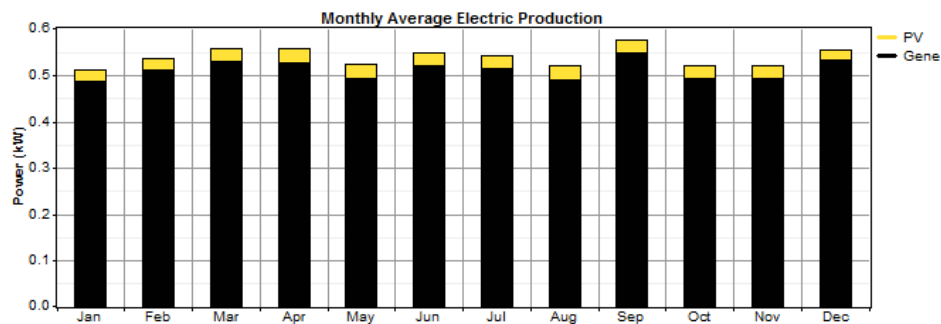


Figura 6. Instalación del sistema híbrido actual.

La adquisición de un aerogenerador de baja potencia ayudaría a contribuir en la disminución de gases de efecto invernadero y cubrir una demanda mayor con energías renovables, por lo que se realiza una propuesta para este sistema.

5.- Simulación del Sistema Híbrido Solar-Eólico con respaldo de combustible fósil

La información anemométrica fue obtenida de la estación climatológica Presa Emilio López Zamora de Ensenada, a 14 km de distancia del lugar de estudio y para un periodo de análisis de datos de 1999 a 2009. Los datos promedios anuales fueron introducidos al software HOMER 2.68.

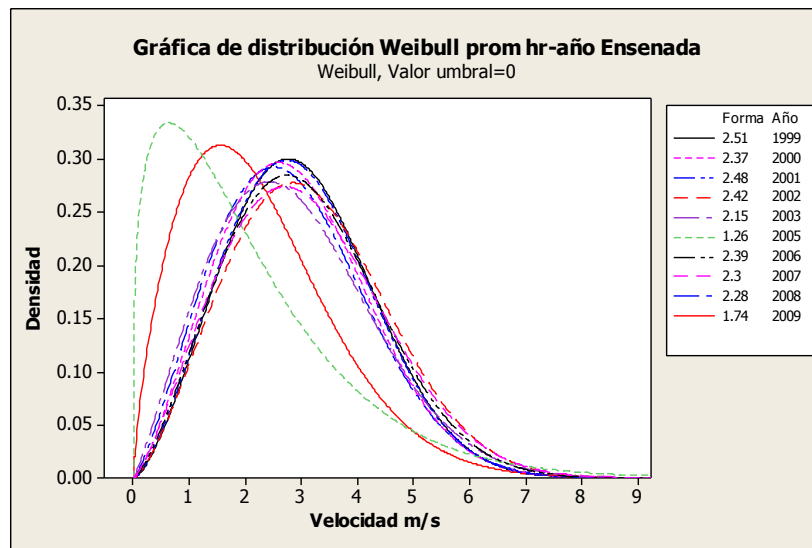


Figura 7. Visualización de las distribuciones de Weibull, se omitió el año 2004 por ser demasiado baja.

Para el sistema propuesto se seleccionó del mercado aerogenerador Bornay 600, por sus características técnicas.

Características:

- Potencia nominal 600 watts.
- Velocidad de inicio 3.5 m/s.
- Diámetro 2 m.

El generador de gasolina está sobredimensionado, por lo que durante la simulación se buscó uno de menor capacidad que cubriera la demanda requerida actual.

Equipo de Generación de Energía

- Generador de gasolina 2.8 Kw
- Panel solar fotovoltaico 130 w
- Aerogenerador 600 w.

Para la visualización de los resultados en el software HOMER 2.68 se tomó en cuenta la velocidad promedio anual de viento para el año 2006, debido a su mejor comportamiento en los datos obtenidos.

Resultados de simulación

- Producción fotovoltaica 16%.
- Producción del aerogenerador 30%.

- Producción del generador de gasolina 54%.
- Banco de Baterías 10 (sugerido por la simulación).

La fracción de energías renovables incrementó a 46%, como se muestra en la Figura 8, con el cambio de generador a uno de menor capacidad y la integración de un aerogenerador, la producción de energía renovable se incrementa de 5 a 46%.

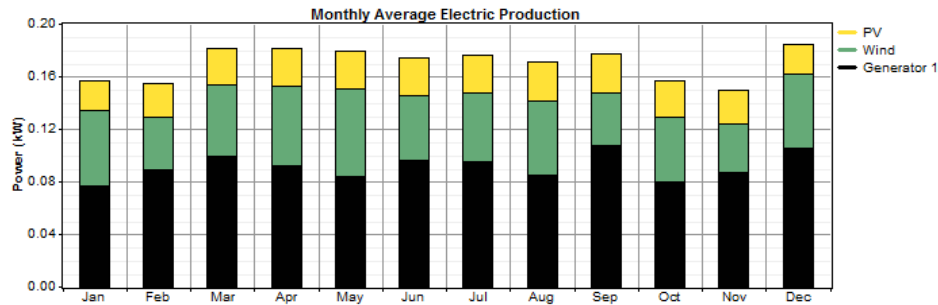


Figura 8. Producción eléctrica mensual simulada para cada componente del sistema.

El comportamiento de generación del Panel Solar corresponde a las horas de incidencia de radiación solar entre las 9 y 15 horas (Figura 9).

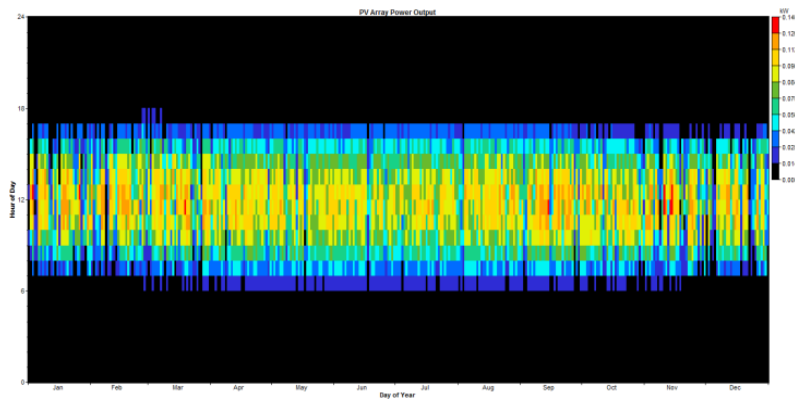


Figura 9. Energía de salida del Panel Fotovoltaico para un día año.

La energía de salida para el aerogenerador Bornay 600 se da durante la tarde y noche que es cuando la velocidad de viento es mayor (Figura 10).

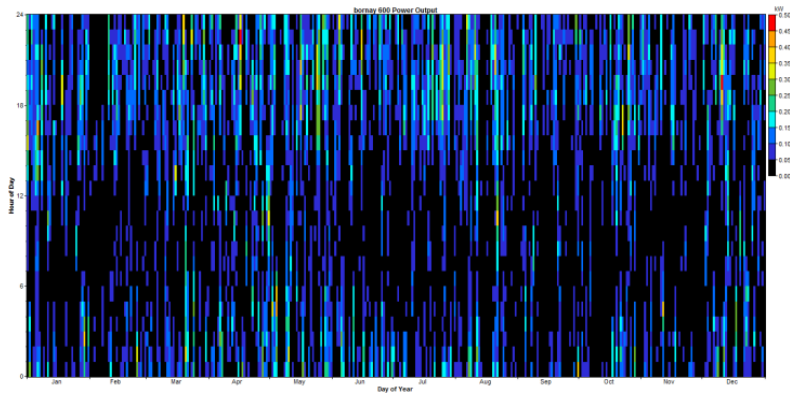


Figura 10. Comportamiento del aerogenerador.

La generación de energía solar y eólica son complementarias, ya que la primera se incrementa durante el día (Figura 9) y la segunda durante la noche (Figura 10).

Emisiones de gases de efecto invernadero estimadas para el sistema híbrido solar-eólico con respaldo de combustible fósil:

- Dióxido de Carbono 2 ton/año.
- Monóxido de Carbono 7 kg/año.
- Óxido de Nitrógeno 59 kg/año.
- Dióxido de Sulfuro 5 kg/año.
- Hidrocarburos y partículas en suspensión 2 kg/año.

6.- Comportamiento de la demanda.

Cuando hay generación de energías renovables y suficiente energía almacenada, la planta generadora de gasolina no entra en funcionamiento, ya que no es necesario, por lo que esta última se mantiene como respaldo (Figura 11).

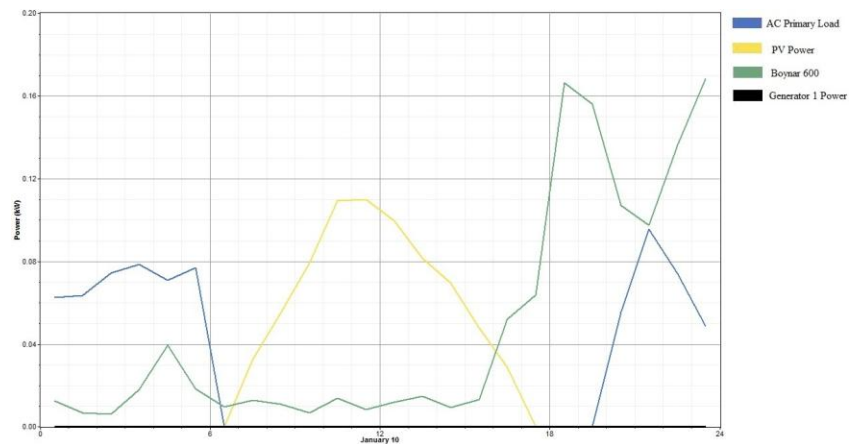


Figura 11. Esta gráfica es para un día común donde hay producción de energía renovable.

Cuando no existe generación de energía renovable o el banco de baterías se encuentra descargado, el generador eléctrico cubre la demanda total requerida por lo que el sistema solar-eólico es desconectado (Figura 12).

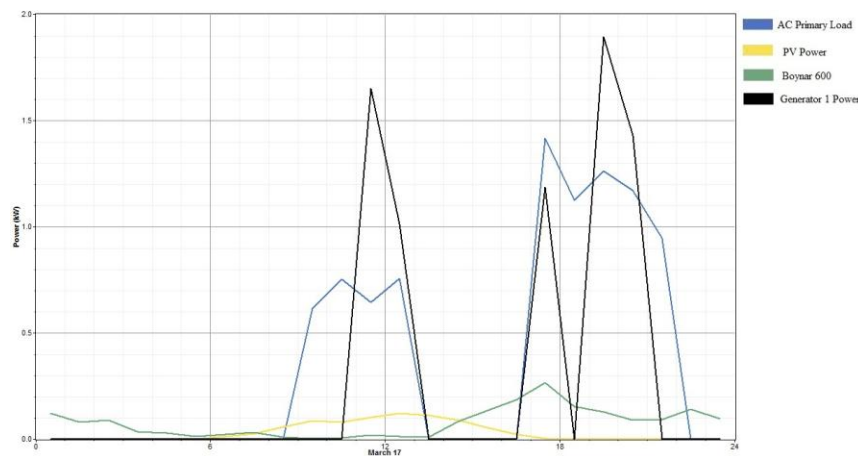


Figura 12. La gráfica muestra el comportamiento para un día sin generación solar o eólica, entrando como respaldo el generador eléctrico de gasolina.

La simulación nos dice que debe de existir un banco de baterías de 10, ya que habrá días que la demanda se cubrirá sin necesidad del generador eléctrico, otros en los que se almacenará la energía y también habrá días en los que se utilizará el respaldo de combustible fósil correspondiente al 54% para las cargas mayores e incrementos en la demanda.

7.- Conclusiones

La generación de energía eléctrica a partir de las fuentes de energías renovables, ayuda a reducir en gran porcentaje las emisiones de gases de efecto invernadero. En el sistema híbrido que se propone, el generador de gasolina se reduce a más del 50% en su capacidad, ya que es suficiente para cubrir la demanda de energía eléctrica del Ashram de las Californias con la disminución del uso de generador de gasolina y la integración del aerogenerador al sistema híbrido propuesto, se reducirían de 20.605 a 2.073 toneladas de CO₂, esto es un 90% menos de emisiones de contaminantes a la atmósfera. La metodología que se siguió para la simulación del sistema permitiría beneficiar a 10,260 hogares que no disponen de energía eléctrica, tomando en cuenta características similares de demanda y ubicación geográfica de estos hogares que en su mayoría se localizan en la costa oeste del pacífico o en la zona serrana del estado de Baja California.

8.- Agradecimientos

Agradecemos al Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California y a sus directivos. Así mismo agradecemos al Dr. Héctor Enrique Campbell Ramírez por todo el apoyo brindado, y al Ashram de las Californias por permitirnos realizar la investigación en sus instalaciones.

9.- Referencias

- [1] U.S. National Renewable Energy Laboratory (NREL), *Solar: monthly and annual average direct normal (DNI) GIS data at 40km resolution for Mexico, Central America, and the Carribean Islands from NREL*, (2004). Disponible en línea en:
<http://swera.unep.net/index.php?id=metainfo&rowid=65&metaid=185>

- [2] Schwartz, M.N. and Elliott, D.L., “*Mexico Wind Resource Assessment Project*,” DOE/NREL Reporte No. DE95009202, National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, (1995).

- [3] Programa de Ahorro de energía del Sector Eléctrico, *Tabla de Consumo*, Comisión Federal de Electricidad. Disponible en línea en:
<http://www.cfe.gob.mx/casa/ahorroenergia/Paginas/Tabladeconsumo.aspx>