

Diseño de un sistema híbrido de generación eléctrica a partir de fuentes renovables de energía

[Caso de Boca de Lurá]

Miguel Him Díaz

Centro de Investigación e Innovación Eléctrica, Mecánica y de la Industria
Universidad Tecnológica de Panamá
miguel.him@utp.ac.pa

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 17 de julio de 2013

Fecha de aceptación: 19 de noviembre de 2013

Resumen: este artículo presenta el procedimiento aplicado para el diseño de un sistema híbrido de generación eléctrica. Se detalla el caso de la comunidad de Boca de Lurá, en la provincia de Coclé. Allí se evaluó, diseñó, construyó, instaló y caracterizó un sistema híbrido eólico-solar fotovoltaico de una capacidad de 2.17 kW. Este sistema provee electricidad al Centro Básico Escolar de la comunidad, el cual es un centro de acopio para comunidades aledañas.

Palabras claves: comunidad rural, fuentes renovables de energía, sistema eólico, sistema híbrido, sistema solar fotovoltaico.

Title: Design of an Hybrid Electric Generation System From Renewable Energy Sources –Case of Boca de Lurá.

Abstract: this article presents the procedure applied for the design of a hybrid system of electrical generation. It is detailed the case of the community of Boca de Lurá, in the Coclé province. A photovoltaic wind-solar hybrid system of 2.17 kW was evaluated, designed, built, installed and characterized. This system provides electricity to the School Basic Center of the community, which is a center of gathering for surrounding communities.

Keywords: hybrid system, renewable energy sources, rural community, solar photovoltaic system, wind system.

1. Introducción

El aumento del costo de los combustibles fósiles y su impacto en nuestro 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.

Según cifras de la Agencia Internacional de la Energía [1], en nuestro planeta hay más de 1.3 billones de personas que no cuentan

con acceso al recurso eléctrico, de los cuales el 84% se encuentran en áreas rurales. En Panamá, según datos del Censo Nacional realizado en el año 2010 [2], hay más de 80,000 viviendas sin electricidad, en su mayoría en áreas rurales. La lejanía de estas comunidades rurales hace difícil la expansión de las redes eléctricas para abastecerles del servicio, por lo que los sistemas aislados de generación eléctrica se presentan como alternativas atractivas.

El laboratorio de Energía del Centro de Investigación e Innovación Eléctrica, Mecánica y de la Industria (CINEMI) de la Universidad Tecnológica de Panamá, ha trabajado desde el año 2006 en actividades de I+D+i en el área de energías renovables, con el fin de promover y desarrollar sistemas energéticos que sean tanto económica como técnicamente viables, ayudando así a integrar e impulsar a los sectores más apartados de nuestro país.

Producto de este interés, nace el proyecto llamado “Desarrollo de un Sistema Híbrido de Generación Eléctrica para aplicaciones en Áreas Rurales” patrocinado por la Secretaría Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación (SENACYT) en el año 2009. En este proyecto se desarrolló un sistema híbrido para suplir parte de las necesidades de la comunidad de Boca de Lurá, de la provincia de Coclé. En este artículo se presentarán las generalidades del sistema híbrido y los pasos a seguir para emular el instalado en Boca de Lurá.

2. Sistemas de energía renovable y sistemas híbridos

Se considera energía renovable cualquier forma de energía que es reabastecida naturalmente. Entre éstas tenemos 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. En la siguiente tabla se presentan algunas de estas aplicaciones:

Tabla 1.
Tecnologías de energía renovable y aplicaciones [3]

Tecnología	Aplicación	Lugar de aplicación
Solar fotovoltaico	Electricidad residencial e industrial	Mayormente urbano
Sistemas solares caseros	Iluminación	Urbano y rural
Solar térmica	Electricidad residencial e industrial	Mayormente urbano
Secadores solares	Secado de cosechas	Mayormente rural
Turbinas eólicas	Electricidad residencial e industrial	Urbano y rural
Biomasa sólida	Cocina e iluminación	Rural
Hídrico	Iluminación y procesos para industrias pequeñas	Rural

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 la tenemos en horas de la mañana, lo que

significa que de noche no la podemos aprovechar; el recurso hídrico es mayor en los ríos y lagos en la temporada lluviosa, y escaso en temporada seca. Ante esta situación, resulta complejo diseñar un sistema de generación eléctrica confiable y suficiente para suplir las necesidades de una comunidad. Ante esta situación, los sistemas híbridos de generación eléctrica presentan grandes ventajas.

Un sistema híbrido 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.

Existen diferentes configuraciones de sistemas híbridos, dependiendo del tipo de fuente y de los tipos de cargas a instalar (ya sea en corriente directa DC, o en corriente alterna AC). A continuación se presentan algunos esquemas de sistemas híbridos de generación eléctrica a partir de fuentes renovables de energía.

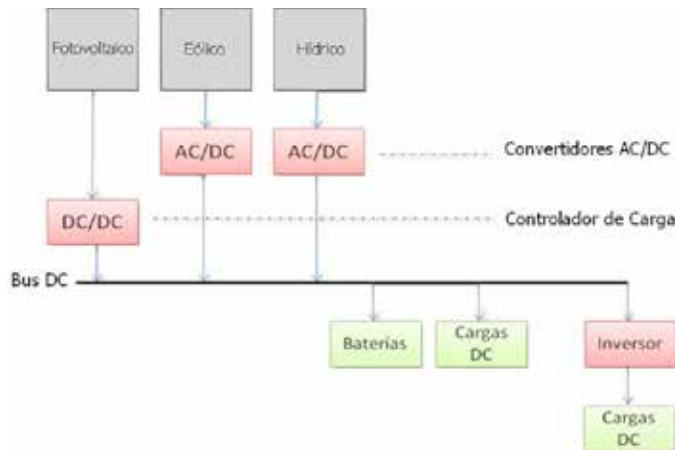


Figura 1. Sistema híbrido para cargas de corriente directa [4].

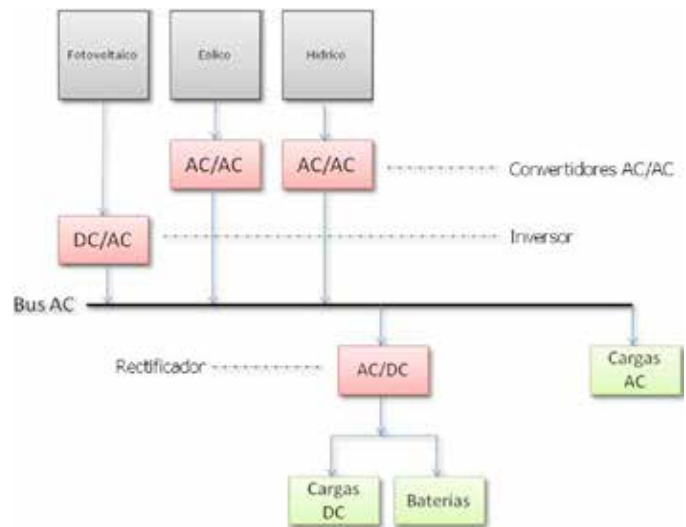


Figura 2. Sistema híbrido para cargas de corriente alterna [4].

Cada sistema tiene sus ventajas, dependiendo del tipo de sistema de generación a utilizar, el uso final y la disponibilidad de materiales para la instalación. Para el caso de Boca de Lurá, se decidió utilizar un tipo de sistema como el mostrado en la Figura 2.

3. Cálculo de la carga del sistema

La comunidad de Boca de Lurá se encuentra en una región aislada de la red eléctrica, lo que condujo a realizar una estimación de la demanda requerida y de la capacidad del sistema híbrido a instalar. El sistema híbrido se instaló en el centro básico de la comunidad por ser un centro de acopio para otras comunidades, pero también se contempló que la electrificación de la escuela permitiría, en un futuro, habilitarla para fortalecer la educación: principalmente de los niños de la escuela, pero también del resto de la población.

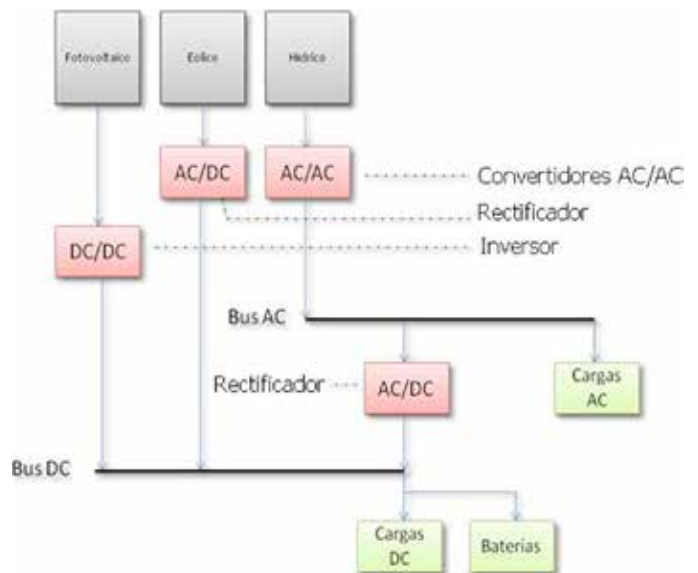


Figura 3. Sistema híbrido para cargas AC y DC [4].

En base a estas consideraciones, se decidió que en la escuela se instalarían luminarias y una toma eléctrica en cada habitación. Estas tomas sirvieron para habilitar un centro de cómputo, el cual fue desarrollado con fondos de la SENACYT por el mismo grupo investigador que desarrolló el proyecto de electrificación en Boca de Lurá.

Se consideró, además, que las luces serían utilizadas por un espacio de ocho horas diaria y los tomacorrientes, por un espacio de dos horas, lo que nos da un promedio de consumo diario aproximado de 2 kWh. La siguiente figura muestra la carga estimada de la escuela.

CIRCUITO	SÍMBOLO	POTENCIA	CANTIDAD	TOTAL
PD CIRCUITO 1	 LUMINARIA	30 W	2	60 W
	 LUMINARIA	50 W	4	200 W
	 TOMA	200 W	3	600 W
PD CIRCUITO 2	 LUMINARIA	50 W	9	450 W
	 TOMA	200 W	2	400 W
CARGA TOTAL				1710 W

Figura 4. Carga estimada para el Centro Escolar Básico de Boca de Lurá [5].

4. Diseño del sistema híbrido

Luego de estimada la carga, se procedió a determinar la capacidad mínima del sistema híbrido. Para esto se requirió considerar: el potencial solar de la región, el potencial eólico de la región, las pérdidas del sistema y la autonomía del sistema.

4.1. Potencial solar de la región

El potencial solar fue estimado en base al mínimo promedio de radiación solar mensual en Boca de Lurá. Este promedio fue obtenido a través del sitio web de Meteorología Superficial y Energía Solar [6] 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 Boca de Lurá (latitud y longitud) y se utilizó como referencia el promedio de radiación normal directa de los últimos 22 años. Estos resultados indicaron que el potencial promedio de radiación solar es de 4.54 horas pico, lo que quiere decir que un sistema solar fotovoltaico de capacidad de 1kW puede generar, en condiciones estándares de prueba (temperatura de la celda solar de 25°C, radiación solar de 1000W/m², masa de aire 1.5), 4.54kWh de energía eléctrica.

4.2. Potencial eólico de la región

En Panamá no existe un mapa con suficiente información que permita estimar adecuadamente el potencial eólico. Por ello, se utilizó información de la estación meteorológica más cercana a la comunidad de la cual se poseía información, ajustando el potencial a la altura de instalación del generador eólico. Adicionalmente, se determinó la

curva de potencia del generador adquirido, utilizando unos abanicos que forman parte de un futuro túnel de viento del Laboratorio de Energía del CINEMI y el programa MATLAB. Estos resultados fueron agregados al programa Windographer, el cual estimó un promedio de generación eléctrica mensual de 87.88kWh, lo que significa que podría extraerse aproximadamente unos 3kWh diarios.

4.3. Pérdidas del sistema

El sistema fue diseñado con la finalidad de reducir las pérdidas tanto en conversión de la energía como en transmisión. Por ello, el tamaño de los conductores fue seleccionado para que las pérdidas de transmisión no superaran el 5%. El inversor utilizado provee energía eléctrica de buena calidad (onda senoidal) con una eficiencia máxima de 93%. En materia de generación, al momento de la compra, los equipos adquiridos no estaban entre los más eficientes del mercado local, mas sí entre los mejores en materia de costo – capacidad de generación. El generador eólico utilizado provee una eficiencia aproximada de 85% en condiciones nominales y los paneles solares, una eficiencia de 12% en condiciones estándares de prueba.

4.4. Autonomía del sistema

Para garantizar el suministro eléctrico cuando el recurso solar y eólico es limitado, se instaló un banco de baterías de capacidad de 12,000Wh. Considerando el consumo estimado, el sistema posee una autonomía aproximada de seis días. Si bien puede ser considerado que este periodo de autonomía es bastante extenso, también cabe recordar que en la escuela se está instalando un sistema de cómputo, por lo que se espera un mayor consumo eléctrico y por ende, la posible reducción de tiempo de autonomía.

5. Instalación del sistema

Primeramente se dibujaron los planos de instalación (algunos de los cuales se muestran a continuación), los cuales fueron revisados por la Dirección de Ingeniería y Arquitectura (anteriormente Centro de Proyectos) de la Universidad Tecnológica de Panamá. Una vez consideradas las observaciones emitidas por ellos, los planos fueron entregados, a Ingeniería Municipal de Penonomé y al Cuerpo de Bomberos de Penonomé, para su aprobación. Con la aprobación de los planos se procedió a realizar la instalación en Boca de Lurá.

En los planos se presentaron los siguientes detalles:

- Esquema erección de la torre del generador eólico, la cual incluyó el diseño de las cimentaciones de la base de la torre eólica, las cimentaciones de los puntos de anclaje, los cables de soporte, el diámetro y tipo de tuberías, uniones de los diversos accesorios y las líneas de transmisión eléctrica del generador eólico hacia el cuarto de control.
- Esquema de instalación del sistema solar fotovoltaico, donde se muestra la estructura de soporte de los paneles solares, la instalación de los paneles sobre la estructura y su conexión hacia el cuarto de control.
- Esquema de instalación de los sistemas de generación hacia el cuarto de control, con sus respectivos elementos de desconexión y protección.

- Esquema de la instalación eléctrica desde el cuarto de control hacia el panel de distribución y los circuitos ramales ubicados en el centro escolar.

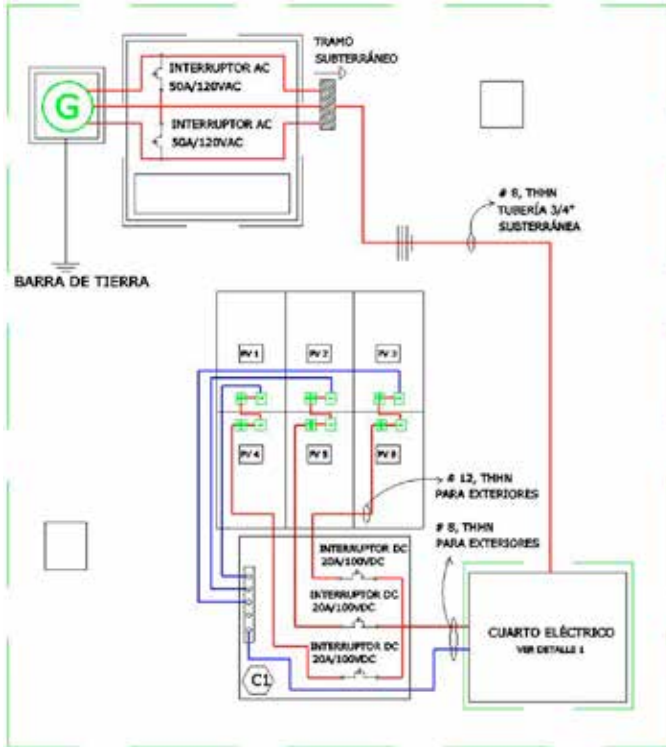


Figura 5. Esquema de conexión de los sistemas eólico y solar fotovoltaico al cuarto de control.

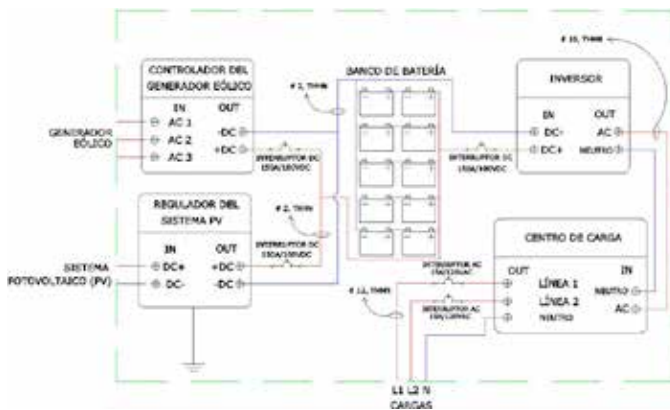


Figura 6. Esquema de conexión en el cuarto de control.

6. Capacitación y seguimiento

Finalizada la instalación del sistema híbrido, se realizaron diversas giras de capacitación sobre el uso del sistema. En estas giras se les explicó a los miembros de la comunidad cómo operar el

sistema híbrido, y qué hacer, en caso de encontrar alguna anomalía o falla en el sistema. Adicionalmente, se les entregó un manual impreso con el detalle de las capacitaciones.

Durante esas visitas también se revisó el estado de la instalación: se verificó que las cimentaciones estuvieran en buen estado, que no hubiera corrosión, ni en los cables de soporte ni en la torre eólica; también se verificó que los cables eléctricos no tuvieran ningún daño y que todo el sistema funcionara adecuadamente: los generadores eléctricos, los controladores, el inversor, las baterías, los medios de desconexión, los fusibles, todas las luminarias y los tomacorrientes.

7. Conclusiones y comentarios

El procedimiento aplicado para el estudio, diseño e instalación del sistema híbrido en Boca de Lurá demostró ser exitoso. Los potenciales beneficios de este sistema podrán ser apreciados en el futuro, a medida que la comunidad comience a desarrollar actividades con el recurso eléctrico. Es importante darle seguimiento al uso adecuado del sistema, dado que los equipos y componentes de este sistema son costosos y las comunidades rurales suelen no tener recursos económicos para reemplazar estos equipos.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la Secretaría Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación, a quien se le agradece el apoyo y la confianza depositada en este proyecto. También se agradece la colaboración del Centro de Proyectos de la UTP por la revisión de los planos, el transporte brindado por la Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión, y el apoyo logístico, por parte del Ing. Efraín Conte, del Centro Regional de Coclé.

Referencias

- [1] World Energy Outlook 2011. Energy for all: Financing Access for the poor. Presentado en la conferencia de Energía en Oslo, Noruega, el 10 de octubre de 2011.
- [2] Instituto Nacional de Estadística y Censo. [Online]. Disponible en: http://estadisticas.contraloria.gob.pa/inec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=LP2010&MAIN=WebServerMain_censos.inl
- [3] Renewables 2007: Global Status Report, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century REN21.
- [4] Desarrollo de un Sistema Híbrido de Generación Eléctrica para Aplicaciones en Áreas Rurales. Informe Técnico y Financiero Etapa 1 - SENACYT. 15 de junio de 2010.
- [5] Desarrollo de un Sistema Híbrido de Generación Eléctrica para Aplicaciones en Áreas Rurales. Informe Técnico y Financiero Etapa 2 - SENACYT. 13 de mayo de 2011.
- [6] Surface meteorology and Solar Energy (release 6.0). [Online]. Disponible en: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>