



Revista Ciencia Unemi

E-ISSN: 2528-7737

ciencia\_unemi@unemi.edu.ec

Universidad Estatal de Milagro

Ecuador

Almeida Salazar, Byrone  
SISTEMA HIBRIDO EOLICO - FOTOVOLTAICO Para la comunidad del recinto Santo  
Domingo, provincia del Guayas  
Revista Ciencia Unemi, vol. 2, núm. 3, septiembre-, 2009, pp. 24-31  
Universidad Estatal de Milagro

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=582663870006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - FOTOVOLTAICO

Para la comunidad del recinto  
Santo Domingo, provincia del Guayas

**L**as fuentes renovables de energía, a diferencia de los hidrocarburos y la energía nuclear, coexisten, se complementan y aportan su potencial energético sin contaminar el medio ambiente. Razón por la que se ha realizado la evaluación de la Isla Matorrillo, recinto Santo Domingo, y demuestra la posibilidad de utilizar el viento y el sol como recursos naturales explotables para obtener energía en esta localidad donde la conexión al sistema nacional interconectado resulta muy difícil de costear. Los resultados conducen a la adquisición de pequeños aerogeneradores y paneles fotovoltaicos, con la más avanzada tecnología en esta disciplina y ampliamente comercializados a escala mundial para diferentes usos. Su operación, casi exenta de mantenimiento, garantizará el suministro eléctrico en la Isla Matorrillo, donde el potencial eólico y solar es satisfactorio.

## Introducción

La Isla Matorrillo es una de las islas del Golfo de Guayaquil, pertenece a la provincia del Guayas, cantón Naranjal, parroquia Taura. En la Isla existen dos sectores denominados Santo Domingo Grande y Santo Domingo Chico, donde habitan 30 y 14 familias respectivamente, pero ninguna de ellas cuenta con servicio eléctrico.

La actividad principal de los moradores es la pesca y captura de cangrejos; no poseen suministro de agua potable; el agua para consumo humano la adquieren en el mercado "Caraguay" de Guayaquil.

Para el suministro de electricidad residencial a las viviendas de las 44 familias beneficiarias de la isla, se considera la instalación de sistemas fotovoltaicos de 150 Wp (Watts por panel), los mismos que permiten operar durante cuatro horas al día: tres (3) luminarias de 11 watts, un (1)

televisor, y una (1) radio grabadora. Los datos informativos del proyecto se muestran en la Tabla 1.

Los criterios empleados para seleccionar el área de implementación son:

- Identificación y rol de cada uno de los actores que intervienen en la electrificación del Ecuador.
- Intervención en zonas con bajo coeficiente de electrificación y altos índices de necesidades básicas insatisfechas (nbi).
- Participación de la población con índices de pobreza en la identificación de recursos naturales para generación de energía eléctrica y conocimiento claro de sus necesidades.
- Promoción de la energía en zonas con potencial de recursos energéticos.
- Fortalecimiento de los niveles de organización de las comunidades y organizaciones.

## Objetivo

Este modelo de instalación tiene por objetivo ofrecer al usuario un suministro de energía constante y suficiente para llevar una vida apegada en cierta medida al urbanismo, brindando un servicio seguro, confiable, con un costo de energía razonable.

## Operación

Las instalaciones pueden operarse en forma manual o automática, dependiendo de las necesidades del uso. En el caso de un sistema de operación manual se dependerá del usuario para la puesta en marcha de los equipos, en los momentos que sea necesario. Si el sistema es automático cada sistema arrancará y se detendrá de acuerdo a las órdenes predeterminadas en un microprocesador.



**POR:** Byrone Almeida Salazar, Ing.<sup>1</sup>

Universidad Estatal de Milagro.  
Ciencias de la Ingeniería

E-mail  
balmeidas@unemi.edu.ec





Ubicación Geográfica:	Parroquia	Cantón	Provincia
	Taura	Naranjal	Guayas
Característica del servicio:	Rural	Familias con servicio eléctrico	Familias beneficiarias
		0	44
Potencia nominal de generación renovable:	6.60 kW		
Punto de conexión:	Paneles solares a instalarse para cada vivienda		
Tiempo estimado de ejecución:	6 meses		
Observaciones:	Suministro de energía mediante el uso de paneles solares.		

■ **Tabla 1:** Datos informativos del proyecto

### Mantenimiento

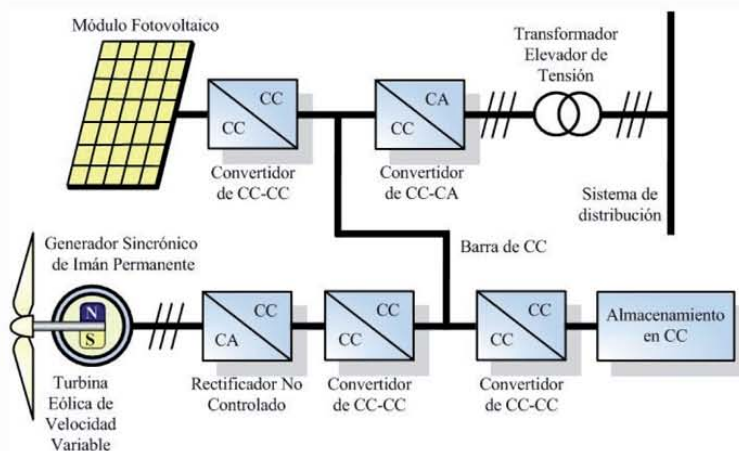
El grado de mantenimiento necesario depende exclusivamente del tipo de baterías a utilizarse. Si se utilizan baterías estacionarias especiales de bajo mantenimiento, se incrementará el costo de la inversión, pero será menos frecuente la necesidad de limpiar los bornes y reponer el electrolito. Si en lugar de éstas, se opta por baterías comunes; tendrán un menor rendimiento y una mayor necesidad de mantenimiento, pero como contrapartida, el costo de inversión es notablemente más bajo y la posibilidad de reciclar el banco completo cuando se haya agotado.

### Sitio de emplazamiento

El régimen de radiación solar y vientos, presentan una amplia variabilidad en dependencia de la influencia temporal que a gran escala provocan los diferentes eventos meteorológicos que influyen sobre una región y que imponen sus patrones de radiación solar y viento característicos.

Los factores geográficos en la Isla Matorrillo constituyen el escenario donde, el viento puede atenuarse o acelerarse en extensiones relativamente pequeñas, la radiación solar se ve interrumpida especialmente en la mañana, debido a la diversidad del paisaje. Su interacción determina las características reales del viento local y la incidencia de los rayos solares.

Atendiendo a las demandas sociales y a las evidencias de que el régimen de viento local es adecuado para instalar pequeñas turbinas eólicas y la radiación solar suficiente para el buen funcionamiento de un generador fotovoltaico; sin que se requieran estudios detallados y costosos para tomar esta decisión, se ha resuelto instalar un sistema híbrido eólico fotovoltaico en la zona central



■ **Figura 1:** Esquema representativo del sistema híbrido

de la comunidad de la Isla Matorrillo, recinto Santo Domingo.

### Descripción y funcionamiento del sistema híbrido

El aerogenerador, es idóneo para un sistema híbrido de generación combinado con paneles fotovoltaicos que al complementarse en el tiempo garantizan la carga constante de las baterías que suministran la energía a los consumidores (viviendas y escuela). De esta forma se amortiguan las fluctuaciones diarias y estacionales de ambas fuentes energéticas, lo que reduce los ciclos de descarga de las baterías y extiende su vida útil.

El funcionamiento de este sistema híbrido puede describirse, de forma simplificada, con las siguientes características:

- El sistema está integrado por dos subsistemas de generación eléctrica: paneles fotovoltaicos y aerogenerador.
- El banco de baterías requiere recarga, debido al consumo de los equipos el día anterior.

- En términos generales, diariamente puede manifestarse la presencia del Sol (de acuerdo con la nubosidad), del viento, o de ambos recursos energéticos. Con la presencia de una o ambas fuentes, se inicia el proceso de recarga del banco de baterías con la entrada de los paneles fotovoltaicos, el aerogenerador o ambos simultáneamente si las demandas del sistema lo requieren. Un controlador de carga común determina la necesidad de una intensidad de carga específica, resultando en un nivel de penetración parcial o total de cada fuente de acuerdo con su energía disponible y al régimen de carga requerido por el sistema. El proceso de carga del banco de baterías, en ausencia de una de las fuentes energéticas (Sol o viento), puede ser asumido por un mayor aporte de generación eléctrica del subsistema correspondiente a la fuente existente.

- En el caso del aerogenerador, un sofisticado sistema de regulación de carga, acoplado en el interior del mismo, controla el régimen de carga al







sistema, desconectando el equipo una vez alcanzada la carga idónea.

El aerogenerador desconectado queda en cortocircuito, situación en que es auto frenado, para regular el número de vueltas del rotor a un paso lento, silencioso y de esta forma evitar una sobre velocidad que pudiera provocar daños al equipo en caso de vientos fuertes.

- El regulador de carga queda comprobando la caída de voltaje de la línea y el nivel de carga de las baterías a la espera de reiniciar el proceso de recarga.

### Características de los sistemas

#### a. Sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico que se va a instalar en la escuela y de donde se alimentará a las viviendas y bomba de agua de la comunidad de SANTO DOMINGO permite el funcionamiento de las cargas, como son: televisor, radio, lámparas internas y externas; así como la bomba de agua e iluminación de la escuela. Siendo este el sistema matriz para la generación de energía en la Isla Matorrillo.

Además, el sistema fotovoltaico tiene los siguientes elementos:

**Generador fotovoltaico:** Formado con 44 paneles solares cada uno de 150 Wp de potencia, con lo cual se pretende generar o cubrir la demanda de 6740 W-h/día (watts por hora al día) de energía.

**Banco de baterías:** El conjunto de paneles genera energía que es almacenada en un sistema de acumulación con una capacidad de 105 A-h/día (amperios por hora al día). Este sistema consta de 2 baterías interconectadas.

**Regulador de carga:** Para enlazar el sistema fotovoltaico con las baterías se va a usar un controlador electrónico de capacidad 50 A (amperios).

#### b. Sistema micro-eólico

El sistema micro-eólico que se va a instalar en la comunidad, es un sistema secundario que permite cubrir las necesidades de energía, en ausencia de sol, especialmente en la noche, o en el mes de enero donde la radiación solar en la Isla Matorrillo recinto santo Domingo es muy baja.

Está conformado principalmente por un aerogenerador:

**Aerogenerador:** El aerogenerador es de 3000 W de potencia, instalado sobre una torre de 18 metros de altura. El diámetro del rotor es de 4 metros y tiene 2 hélices. La particularidad de este aerogenerador es que se puede abatir para realizar su manteni-

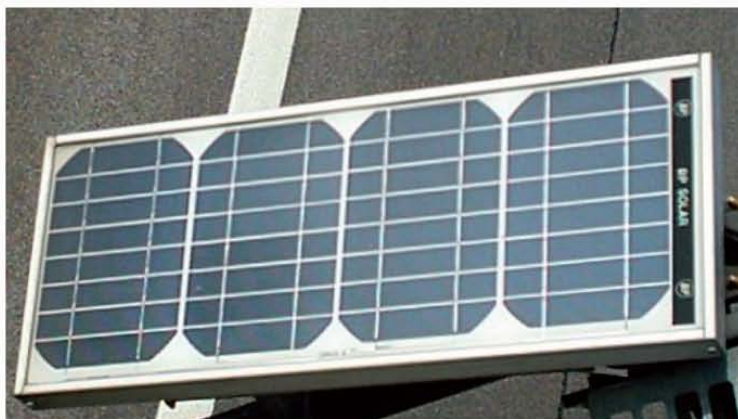


Figura 2: Panel fotovoltaico.

ARTEFACTO	POTENCIA (W)	TIEMPO DE USO (horas/día promedio)	CANTIDAD (#)	ENERGIA (kWh/día)
Bombillas Fluorescentes	11	5	3	0,165
LEDs	1	5	1	0,005
TV/ DVD	70	2	1	0,150
Radio	20	4	1	0,080
Cargador pilas	10	1	1	0,011
TOTAL				0,411

Tabla 2: Cuadro de demanda energética en viviendas

POTENCIA PANEL (W P)	HORAS DE SOL (H)	EFICIENCIA SISTEMA	ENERGIA (kWh/día)
150	3,9	0,88	0,423

Tabla 3: Cuadro de oferta energética de un panel

Oferta: 0,423(kWh) - Demanda: 0,411 (kWh) = Excedente: 0,012 kWh

miento o variar el grado de inclinación de sus hélices.

Con ello, el sistema micro-eólico permitirá aportar 3000 W-h/día adicionales, aumentando la energía disponible y, por tanto, el número de horas de uso. Por esta razón, se va a aumentar 2 baterías al sistema de acumulación fotovoltaico.

### Propuesta económica

El costo de una instalación de este tipo, depende de la potencia máxima del controlador elegido, la capacidad y tipo del banco de baterías, la ubicación del emplazamiento, y algunas otras variables, como el tipo de operación.

El costo de un sistema con operación automática y de bajo mantenimiento, se duplica en relación a un sistema con operación manual.

#### a. Costos de un sistema híbrido

Los sistemas híbridos requieren una importante inversión de capital inicial, pero tienen gastos por mantenimiento bajos.

El análisis de todos los aspectos económicos relativos a un sistema híbrido es complejo; de hecho, es

necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Cada aplicación tiene que ser contemplada en su contexto particular, evaluando condiciones locales como, por ejemplo, la normativa, la radiación solar, velocidad del viento, el espacio disponible, etc. Para realizar una comparación correcta es necesario hablar de valor de la energía producida y no del costo de la energía. Esto es así porque la calidad de la energía producida por una fuente híbrida no es la misma que la de las fuentes tradicionales (por el impacto ambiental, la intermitencia de la fuente primaria de energía, etc.).

La vida útil de un generador fotovoltaico es de aproximadamente 25 años; de un aerogenerador es de 20 años.

En algunos casos, la inversión inicial se amortiza sólo por el hecho de que el costo para electrificar la zona; conexión al sistema nacional interconectado, es superior al de la instalación de un sistema híbrido. Por ello, la rentabilidad de la instalación de un sistema híbrido depende mucho de las ayudas e incentivos por parte de las administraciones públicas (CONELEC, FERUM, ONGs).









SANTO DOMINGO GRANDE y CHICO (44 Familias)	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Panel solar de 150 Wp, Módulo policristalino de 150 Wp/12V	44	\$450,00	\$19.800,00
Luminarias de 11 watts	132	\$3,50	\$462,00
Baterías 150 AH Tipo AGM.	46	\$220,00	\$10.120,00
Reguladores de Voltaje de 10 - 20 Amperios 12/24V	44	\$65,00	\$2.860,00
Soporte metálico para el panel y accesorios, Tubo metálico	44	\$60,00	\$2.640,00
Inversor 350 Watts, 12 Voltios, DC	44	\$90,00	\$3.960,00
Aerogenerador de 3000 w	1	\$3.000,00	\$3.000,00
<b>MATERIALES</b>			<b>\$42.842,00</b>
<b>MANO DE OBRA</b>			<b>\$10.000,00</b>
<b>12 % IVA</b>			<b>\$5.141,04</b>
<b>TOTAL</b>			<b>\$57.983,04</b>

■ **Tabla 4:** Presupuesto del sistema híbrido solar – fotovoltaico

#### b. Precios de los componentes

En la tabla 4 se puede observar la descripción detallada de los componentes del sistema híbrido y sus respectivos precios, y tener una idea de la inversión que se debe realizar para implementar el sistema en la comunidad de la Isla Matorrillo recinto Santo Domingo.

#### c. Características operativas de los componentes de los sistemas

Algunos parámetros de los sistemas de generación de energía están directamente relacionados con su competitividad económica, como por ejemplo la implementación, mantenimiento y operación, tiempo de vida útil de sus principales componentes, entre otros.

La reducida experiencia en implementación, operación y mantenimiento de sistemas híbridos con fuentes solar y eólica en Ecuador e inclusive en el mundo se presenta como una dificultad para establecer índices precisos de costos en conjunto de ese tipo de sistemas, principalmente los costos de operación y mantenimiento.

#### d. Análisis financiero del sistema híbrido en la comunidad de Isla Matorrillo, Recinto Santo Domingo

Tomando en cuenta que la comunidad de Isla Matorrillo recinto Santo Domingo se encuentra muy alejada de la red del sistema nacional interconectado; es muy fácil suponer que se hace imposible la extensión de la red eléctrica hasta la comunidad y para una carga considerada pequeña, no es viable la construcción.

El análisis financiero del proyecto se lo va a realizar comparando con una segunda alternativa, viable en la comunidad; que es la generación con un grupo electrógeno (a diesel), para lo cual se analizan los costos de vida útil de cada alternativa y se calculan indicadores financieros como VPL, IBC y TIR.

#### e. Financiamiento a nivel gubernamental

Se debe mencionar que éste es muy largo y complejo.

El FERUM Fondo de Electrificación Rural Urbano Marginal, es una oficina de canalización de información, más no una entidad financiera; es parte del Fondo de solidaridad.

Para el caso de la Isla Matorrillo, recinto Santo Domingo se debe presentar el proyecto a la junta parroquial del recinto de Santo Domingo y este a su vez presenta el proyecto al Municipio de Naranjal.

El Municipio de Naranjal entrega el proyecto a la empresa distribuidora que es la Corporación Nacional de Electricidad Regional Milagro (CNEL SA - MILAGRO), para que sea analizada y evaluada por su departamento de proyectos.

La empresa distribuidora Corporación Nacional de Electricidad Regional Milagro (CNEL SA - MILAGRO) presenta en el Fondo de Solidaridad los proyectos de mejoramiento social.

El Fondo de Solidaridad entrega los proyectos eléctricos al FERUM, los aprueba o los rechaza y regresa la cadena de respuestas hasta llegar a la comunidad.

Además se debe tomar en cuenta el porcentaje de la inversión que la comunidad asume para la ejecución del proyecto; en el caso que nos compete, la comunidad de la isla Matorrillo se compromete con alrededor del 10%.

#### Conclusiones

El costo de vida útil de un sistema electrógeno (citado en el análisis financiero) asciende a \$49.175,42 para el mismo horizonte de planeación de 20 años.

Existe una diferencia de \$8.809,52; entre generación a diesel y generación híbrida (solar-eólica). A simple vista es viable económicamente el grupo generador electrógeno, en comparación con el sistema híbrido, pero el aspecto económico no es el único criterio a tomarse en cuenta; existen

otros factores como:

La ubicación y acceso a la comunidad de la Isla Matorrillo recinto Santo Domingo, que imposibilita el buen funcionamiento de un sistema a diesel; por cuanto el valor del combustible se vería incrementado en por lo menos un 100%, dependiendo del valor del transporte.

La contaminación ecológica; que para el grupo a diesel es elevada, por la combustión del combustible y la consiguiente emanación de gases al ecosistema; mientras que, el sistema híbrido no contamina el ambiente.

Por otro lado los estudios de sistemas eólicos y fotovoltaicos están mejorando cada día más y se estima que para el año 2010 el costo por kW de energía alternativa va a ser altamente competitivo.

Y por último el uso de energías alternativas en nuestro país está aumentando, debido al incentivo del costo subsidiado. En la ley de Régimen del sector eléctrico, capítulo XI, artículo 67 dice [5]:

*Exonérase el pago de aranceles, demás impuestos adicionales y gravámenes que afecten a la importación de materiales y equipos no producidos en el país, para la investigación, producción, fabricación e instalación de sistemas destinados a la utilización de energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras previo el informe favorable del CONELEC.*

Con estos incentivos se logra que el proyecto Isla Matorrillo recinto Santo Domingo para los costos actuales se vuelva económicamente viable y factible de funcionar, logrando con ello cubrir las necesidades de la zona; y lo que aporta de una manera significativa al desarrollo social de la comunidad de SANTO DOMINGO DE LA ISLA MATORRILLO.

#### Referencias bibliográficas

- [1] Parker, S. (1994). Enciclopedia McGraw Hill de Ciencia y Tecnología. Tomo III, España: McGraw-Hill.
- [2] Hunt, D. (1984). Diccionario de Energía. México: Publicaciones Marcombo S.A.
- [3] EPM, MMA. (1998). Guías para el uso racional de energía por procesos en la Industria. Colombia: autor.
- [4] Lucena, A. (1998). Energías alternativas y tradicionales sus problemas ambientales. Madrid: Talassa Ediciones.
- [5] Consejo Nacional de Electricidad (1996), Ley de régimen del sector eléctrico (LRSE), Registro Oficial N° 43.
- [6] Molina, D. (2000). Diseño y construcción de un prototipo experimental didáctico para controlar electrónicamente el suministro eficiente de electricidad a partir de fuentes no convencionales de energía para ser utilizado en el laboratorio de Electrónica médica de la FIEC. Extraído el 6 de abril de 2009, del sitio [http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D\\_Tesis\\_PDF/D-20415.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-20415.pdf)
- [7] Centro de Estudios de la Energía Solar, SENSOLAR. La energía solar, Una energía garantizada para los próximos 6.000 millones de años. Extraído el 7 de abril de 2009, del sitio <http://www.censolar.org/menu2.htm>