

# Energías no convencionales: eólica y fotovoltaica aplicadas a las regiones secas de Panamá

## Non conventional energies wind power and photovoltaic energy applied to dry areas of Panama

Lanneth Barrera<sup>1</sup>, Elaine Cortés<sup>1</sup>, Mauricio Méndez<sup>1</sup>, Juan Mendoza<sup>2</sup> & Viccelda Domínguez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Ingeniería Ambiental – Facultad de Ingeniería Civil - Universidad Tecnológica de Panamá

<sup>2</sup>Licenciatura en Ingeniería Civil –Universidad Tecnológica de Panamá

<sup>3</sup>Departamento de Hidráulica, Sanitaria y Ciencias Ambientales -Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Tecnológica de Panamá

**Resumen** La mayor parte de la demanda energética nacional proviene de centrales térmicas (26.3%) e hidroeléctricas (61%) que afectan el medio ambiente, 8.2% autogenerador, 0.2% intercambio y el resto de centrales renovables (4.3%). Con el propósito de aumentar el porcentaje de generación eléctrica de manera sostenible y mejorar la calidad de vida de las poblaciones más necesitadas, resulta necesario este estudio que se encarga de la generación de un procedimiento efectivo para analizar el potencial eólico y fotovoltaico de estas regiones. Las regiones secas son un área potencial de estudio para la instalación de estas energías, debido a las condiciones naturales que presentan estas regiones. Se realizó un análisis de las diferentes áreas secas de la República de Panamá utilizando las ecuaciones de Masson, velocidad del viento, densidad de energía y la data de viento, radiación solar de diez años de la *National Aeronautics and Space Administration* de los Estados Unidos (NASA) y los mapas ambientales interactivos del Ministerio de Ambiente. En base al potencial energético y la necesidad de suministro eléctrico se escogieron las siguientes zonas aptas para la implementación de sistemas híbridos: Chichica en Ngäbe-Buglé, Las Minas en Herrera y El Retiro en Coclé. Se recomienda realizar estudios de validación en campo e incorporar a las poblaciones beneficiadas explicándole los beneficios que obtendrán específicamente a través de la dotación de energía renovable, mejora de su calidad de vida y la contribución al desarrollo sostenible.

**Palabras claves** Demanda energética, eólica, fotovoltaica, energía, sistema híbrido.

**Abstract** Most of the national energy demand comes from thermal (26.3%) and hydroelectric (61%) plants that affect the environment, self-generating energy with 8.2%, 0.2% by exchange and the rest with renewable power plants (4.3%). In order to increase the percentage of electric generation in a sustainable way and improve the quality of life of the neediest populations, this study is necessary which talks about the generation of an effective procedure for the analysis of the Wind Energy and Photovoltaic potential of these regions. The dry regions are a potential area of study for the installation of these energies, due to natural conditions presented by these regions. An analysis of the different dry areas of the Republic of Panama was performed using the equation of Masson, wind speed, energy density and the data of wind; the solar radiation in ten years of the National Aeronautics and Space Administration of the United States (NASA) and interactive environmental maps of the Ministry of Environment. Based on the energy potential and the need for power, the following areas were selected for the implementation of hybrid systems: Chichica in Ngäbe-Buglé, Las Minas in Herrera and El Retiro in Coclé. It is recommended to perform field validation studies and incorporate beneficiary populations explaining them the benefits they will specifically through the provision of renewable energy, improving their quality of life and contributing to sustainable development.

**Keywords** Energy demand, wind, photovoltaics, energy, hybrid system.

\*Corresponding author: viccelda.dominguez@utp.ac.pa

## 1. Introducción

Desde el punto de vista de aprovechamiento del hombre, las fuentes de energía pueden ser: fuentes de energía convencionales (termoeléctricas, hidroeléctricas, y nucleoeeléctricas) y fuentes de energía no convencionales (eólicas, fotovoltaicas, biomasa, mareomotriz y geotérmicas) [1].

En los últimos años Panamá ha experimentado grandes cambios en el sector energético, ofreciendo una mejor vida en la población, a pesar de su aumento en el costo.

Como se observa en la tabla 1, actualmente, un 61% de la capacidad instalada corresponde a hidroeléctricas, 26.3% a térmicas (bunker, diésel y carbón), 8.2% autogenerada, 0.2% intercambio y 4.3% a renovables que incluyen el parque eólico construido en Coclé y una central de 2 megavatios de energía solar instalada en Sarigua, provincia de Herrera [2].

**Tabla 1.** Distribución del uso de fuentes energéticas en la República de Panamá

Fuentes de energía	Distribución del uso de energía (%)		
	Año 2013	Año 2014	Año 2015
Hidroeléctricas	56.2	53.3	61
Termoeléctricas	36.7	32.2	26.3
Eólica	0.0	1.2	4.1
Solar	0.0	0.0	0.2
Autogenerador	6.3	11.2	8.2
Intercambio	0.9	2.1	0.2

Fuente: Plan Energético Nacional 2015 – 2050. Secretaría Nacional de Energía 2016.

Las fuentes de energía convencionales son la solución a un problema; sin embargo, impiden el desarrollo sostenible, ya que son causantes de la contaminación y aportan al calentamiento global. Aunque se considere a la energía hidráulica como energía renovable, esta implica la deforestación en grandes áreas para la construcción de embalses y además, la disminución de los caudales ecológicos que sostienen los ecosistemas acuáticos y la energía termoeléctrica involucra el uso de combustibles fósiles dañinos para el ambiente (aire, suelo y agua) [3].

En Panamá aproximadamente 4 de cada 10 personas vive en pobreza total, erradicar la pobreza extrema y el hambre es el primer Objetivo de Desarrollo del Milenio (ODM) de la Organización de las Naciones Unidas [4], esto involucra mejorar la calidad de vida de las personas, y el obtener energía eléctrica es fundamental para este propósito.

Esta investigación tiene como propósito estudiar las regiones del país con mayor necesidad de energía eléctrica, incorporando de manera indispensable el estudio de las regiones geográficas aptas para la utilización de la energía eólica y fotovoltaica.

Las energías renovables son alternativas aptas para el problema de la obtención de la energía eléctrica sin contaminar ni alterar de manera negativa el medio ambiente y a la población. Por ello es necesario conocer las regiones geográficas idóneas para el uso de la energía eólica y fotovoltaica, ya que de esta manera se puede contribuir a la conservación del medio ambiente, este proyecto es un modelo de gestión energético que aporta al cumplimiento del primer y séptimo ODM de erradicar la pobreza extrema y garantizar la sostenibilidad ambiental, respectivamente.

Además, esta investigación sirve como fuente de información hacia la sociedad, contribuye a la educación ambiental y múltiples beneficios para la comunidad de la región. Por otra parte este trabajo es una herramienta importante como modelo a seguir para cumplir el Plan Energético Nacional 2015-2050.

Investigaciones internacionales como la de Mahtta Richa et al. (2014) encontraron que para determinar regiones con potencial de distrito en cuanto a la energía solar concentrada (CSP) y plantas de energía a base de tecnología solar fotovoltaica centralizada (SPV) en India, utilizó la evaluación en base de la media de teledetección: Irradiancia Global Anual Horizontal (GHI), datos de radiación solar (GHI y DNI), datos de terreno y Modelo de Elevación Digital (DEM) del SIG (Sistema de Información

Geográfica), incluyendo el empleo de criterios de uso del suelo y la topografía para excluir sitios no adecuados para el aprovechamiento de la energía solar. [2]

En Panamá se ha aprovechado el clima de regiones específicas con potencial energético renovable para el desarrollo potencial de la energía eólica y fotovoltaica. Actualmente el mayor potencial eólico en nuestro país está en la costa norte de Colón, Veraguas y Bocas del Toro, al Este de la provincia de Azuero, en el Archipiélago de las Perlas y en algunos puntos altos de la cordillera central, como Cerro Tute [6]. Mientras que, para la energía solar, se ha establecido ya el Arco Seco, que se extiende desde Coclé, Los Santos, Herrera hasta Veraguas, es el área donde menos llueve en el país [7].

Para este proyecto se utilizaron como casos de estudio los corregimientos de Chichica en Ngäbe-Buglé, El Retiro en Coclé, Las Minas en Herrera debido a la necesidad de energía eléctrica y su importante potencial eólico y fotovoltaico.

### 1.1 Regiones secas de Panamá

Existe un diagnóstico de las tierras secas y degradadas de Panamá que sustenta el Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Sequía y la Desertificación de Panamá, en ella se reconoce la existencia de cuatro 4 áreas críticas (figura 1) sujetas a procesos de sequías y degradación de suelos debido a la interacción entre las poblaciones humanas y la naturaleza; estas son: Cerro Punta, Comarca Ngäbe-Buglé, el Arco Seco y la Sabana Central Veragüense [7] [8]. En total comprenden una superficie de 20.787,57 kilómetros cuadrados y una población estimada en 824.747 personas [9].

### 1.2 Terreno en Chichica de Ngäbe-Buglé

La Comarca Ngäbe-Buglé se caracteriza por su terreno montañoso, pendientes pronunciadas y suelos pobres en nutrientes generalmente con contenido roca alta, todas las características que hacen difícil la agricultura.



Figura 1. Regiones secas de Panamá.

En la vertiente del Pacífico hay un tiempo ventoso seco (diciembre a abril) y una estación húmeda [8]. En mayoría de la región, los viajes se realizan a pie o a caballo, ya que solo hay un camino de acceso durante todo el año que lleva en la comarca de San Félix, una ciudad conectada a la carretera interamericana a través de Las Cruces [10] [11].

### 1.3 Terreno en El Retiro de Coclé

El corregimiento El Retiro, distrito de Antón en Coclé [9] posee un relieve que está representado por: montañas, llanuras, cerros bajos y colinas [12]. Su clima es tropical de sabana, la cual presenta una estación seca prolongada [8]. Los suelos presentan pérdida de la capacidad productiva y la degradación de los mismos por causas antropogénicas, como lo es la agricultura de subsistencia migratoria, con prácticas agrícolas y pecuarias no sostenibles [13].

### 1.4 Terreno en Las Minas de Herrera

El distrito de Las Minas perteneciente a la provincia de Herrera de acuerdo con la clasificación climática Köppen, tiene un clima tropical de sabana.

En las costas y tierras bajas se encuentra el bosque seco o selva tropófila, altamente intervenida y alternada con extensas sabana. Generalmente se distinguen dos estaciones, la seca y la lluviosa.

La primera de ellas se extiende desde finales de noviembre hasta inicios de mayo, y

la segunda, desde mayo hasta noviembre, con menor intensidad que en el resto del país [13].

### 1.5 Terreno en Las Minas de Herrera

El distrito de Las Minas perteneciente a la provincia de Herrera, de acuerdo con la clasificación climática Köppen, tiene un clima tropical de sabana. En las costas y tierras bajas se encuentra el bosque seco o selva tropófila, altamente intervenida y alternada con extensas sabana. Generalmente se distinguen dos estaciones, la seca y la lluviosa.

La primera de ellas se extiende desde finales de noviembre hasta inicios de mayo, y la segunda, desde mayo hasta noviembre, con menor intensidad que en el resto del país [2].

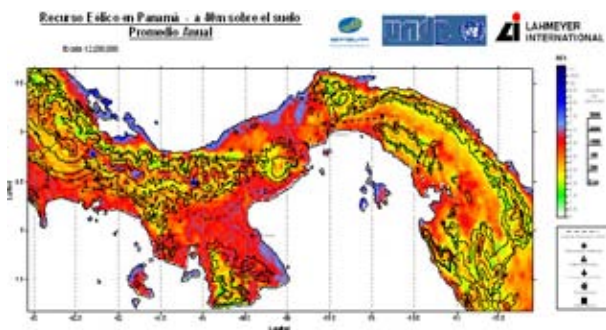
### 1.6 Brillo solar y velocidad de vientos

El brillo solar representa el tiempo total durante el cual incide luz solar directa sobre alguna localidad, entre el alba y el atardecer [14] [15].

En Panamá los mayores índices se encuentran al Oeste del país. En Panamá la energía eólica se puede aprovechar durante todo el año, pero con cierta variación en algunos meses y la energía solar es de mayor aprovechamiento durante la temporada seca, justo cuando no hay lluvias y las hidroeléctricas reducen su producción y hay mayor brillo solar [1] [14].

Apenas un 2% de la energía solar que llega a la Tierra se convierte en energía eólica y solo se puede aprovechar una pequeña parte de ella. Aun así, se ha calculado que el potencial eólico es unas veinte veces el actual consumo mundial de energía, lo que hace de la energía eólica una de las fuentes de energía renovable más importantes. (Agencia Insular de la Energía de Tenerife, 2014) [16].

Como muestra el Mapa Eólico de Panamá (figura 2), el mayor potencial eólico en la República de Panamá está en la costa norte de Colón, Veraguas y Bocas del Toro, al Este de la provincia de Azuero, en el Archipiélago de las Perlas y en algunos puntos altos de la cordillera central, como Cerro Tute [3] [16].



**Figura 2.** Mapa eólico de ETESA.

El potencial eólico de estas áreas es muy alto, pero un sistema eléctrico no puede depender de un solo tipo de energía, aunque la energía eólica sea verde, barata, competitiva.

Es por esta razón que es necesario aprovechar también el potencial fotovoltaico, generando un sistema híbrido.

## 2. Materiales y métodos

Para la investigación se realizó el análisis de diferentes mapas y datos geográficos del país, para la categorización y la posibilidad de la utilización de las áreas para la energía eólica y fotovoltaica (figuras 1 y 2).

Se escogieron las áreas secas a estudiar, basándose en el diagnóstico de las Tierras Secas y Degradadas de Panamá que sustenta el Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Sequía y la Desertificación de Panamá.

Para el análisis de diferentes parámetros, se utilizaron mapas geográficos virtuales, estos fueron: el mapa interactivo de Cobertura Boscosa de MIAMBIENTE para observar la cobertura boscosa de las áreas estudiadas y examinar el potencial de terreno para la instalación de energías eólicas y fotovoltaicas, y el mapa de la Capacidad del Uso del Suelo 2008.

Utilizando los cuadros “Algunas características importantes de las viviendas particulares ocupadas y de la población de la República, por provincia, distrito, corregimiento y lugar poblado: Censo 2010”, proporcionado por la base de datos de INEC (Instituto Nacional



de Estadística y Censo), se analizaron cuáles eran los poblados críticos dentro de estas áreas secas que no contaban con un suministro eléctrico, y de esta manera calcular la demanda energética y la densidad de energía disponibles para la implementación de la energía eólica y fotovoltaica [17]. A continuación, se presenta una tabla con las coordenadas de las áreas seleccionadas para el estudio, tomando en consideración las viviendas que se encuentran sin servicio eléctrico.

**Tabla 2.** Áreas seleccionadas para el estudio

Corregimiento, Provincia o Comarca	Longitud	Latitud	Hogares sin electricidad
Chichica - Ngäbe-Buglé	-81,652	8,362	910
El Retiro - Coclé	-80,201	8,507	161
Las Minas - Herrera	-80,753	7,802	1095

Las coordenadas geográficas UTM de estas áreas a estudiar se ingresaron a la base de datos “NASA *Surface Meteorology and Solar Energy: RETScreen Data*” para obtener los datos promedios de radiación solar diaria y velocidad de los vientos por mes registrado en estas áreas [18].

Se analizaron datos como el del brillo solar en Panamá, a través de la tabla proporcionada por la Contraloría de Panamá llamada: Promedio de brillo solar registrado en algunas estaciones meteorológicas de la República, por mes, según provincia y estación: año 2014.

Se realizó una inspección de la radiación global mundial que existe en área estudiada, a través de la base de datos de la *National Aeronautics and Space Administration* de los Estados Unidos (NASA) “*Surface Meteorology and Solar Energy: RETScreen Data*” [19].

Se obtuvo la conversión a brillo solar a través de la fórmula de Masson (1966), esta establece una relación entre la radiación solar sobre una superficie horizontal, en *langleys* (Ly) por día ( $86.4Ly=1KWh/m^2$ ), y el número de horas de

brillo solar (n). H es la radiación solar global diaria. [20]. La expresión se presenta en la ecuación (1):

$$H = 60 + ((1406,2 * n^2) + (7426,6 * n))^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

NASA *Surface Meteorology and Solar Energy* (SSE): *RETScreen data* es un conjunto de datos que proporciona una velocidad media mensual del viento a 10 metros sobre el suelo que se ha registrado a lo largo del SSE versión 4 (aproximadamente 10 años), porque nuevos conjuntos de datos no proporcionan suficiente información acerca de los tipos de vegetación / superficie.

La base de datos del tiempo RETScreen se utilizó para probar las incertidumbres en las SSE versión 4 [17]. Los datos de radiación solar para SSE versión 6 fueron obtenidos de los programas de satélite y de investigación de reanálisis de la Dirección de Misiones Científicas de la NASA. Parámetros basados en los datos solares y/o meteorología se derivaron y validados basados en las recomendaciones de los socios en la industria energética [18].

Para determinar las velocidades de los vientos a la altura de estudio se utilizó la ecuación (2):

$$V(h) = V_o * \left(\frac{h}{h_o}\right)^{\alpha} \quad (2)$$

V(h) = Velocidad del viento que se desea estimar, a la altura h del suelo, en m/s.

V<sub>o</sub> = Velocidad del viento conocida a una altura h<sub>o</sub>, en m/s.

h = Altura a la que se quiere estimar la velocidad del viento, en m.

h<sub>o</sub> = Altura de referencia, en m.

α = Valor que depende de la rugosidad existente en el emplazamiento (valor adimensional). Dependiendo del terreno los valores varían: liso (mar, arena, nieve) 0,10-0,13, rugosidad moderada (hierba, cultivos) 0,13-0,20, rugoso (bosques, edificaciones) 0,20-0,27, muy rugoso (ciudades) 0,27-0,40.

Se tomó como referencia la velocidad promedio mensual conocida del viento a los 10 m, en los lugares de estudio, dato obtenido del NASA Surface meteorology and Solar Energy (SSE): RETScreen data. La rugosidad perteneciente al área es rugosidad moderada y se tomó el valor máximo: 0,20.

Para calcular la densidad de energía eólica mensual (E) en (kWh/m<sup>2</sup>) en el sitio y a la altura del eje del aerogenerador que se prevé instalar, se utilizó la ecuación (3). [19].

$$E = \frac{1}{2} * \frac{(densidad\ del\ aire) * (Fc) * V^3 * 720\ h}{1000 \left(\frac{W}{kW}\right)} \quad (3)$$

Fc (factor cúbico): depende de la distribución de frecuencias de velocidades en el sitio escogido, y se asume que es una distribución de Rayleigh teniendo un valor Fc = 1,91 [19].

La densidad del aire varía según la temperatura mensual en el área.

V: es la velocidad media anual en el sitio seleccionado.

Se calculó el consumo anual por vivienda en los sectores estudiados mediante una calculadora proporcionada por ENSA [20], asignando un consumo mensual de 35kWh que equivale el uso de televisor por 5 horas, 4 focos led de 5W por 5 horas y un radio por 2 horas. Como un complemento se compararon los datos de fuentes energéticas obtenidos en una de las áreas de estudio con regiones de América Central, donde se obtiene energía por fuentes no convencionales; los datos para esta comparación se obtuvieron del “NASA Surface Meteorology and Solar Energy: RETScreen Data”.

### 3. Resultados y discusión

A través del análisis de la tabla de brillo solar en Panamá, proporcionada por la Contraloría de Panamá [16], se encontró que los mayores potenciales de brillo solar están al Oeste del país. Chiriquí con un promedio anual de Brillo de 6.9 h comparado con Los Santos que tiene 5.7h y Veraguas 3.1h.

El interés es el de encontrar regiones donde la población carece de energía eléctrica y poseen potencial para la implementación de energía eólica y fotovoltaica como la de Coclé, Herrera y Ngäbe-Buglé, pertenecientes a regiones que se encuentran entre las de mayor necesidad de energía [14], pobreza [22] y áreas secas de Panamá [4]. Utilizando las ecuaciones (1, 2, 3) y los datos de la NASA Surface Meteorology and Solar Energy (SSE): RETScreen data se obtuvieron los siguientes resultados para la tabla 3:

**Tabla 3.** Resultados anuales de densidad de energía, brillo solar y velocidad promedio de los vientos en las áreas seleccionadas

Corregimiento, Provincia o Comarca	Brillo solar (h)	Velocidad promedio anual (m/s)	Densidad de energía (KWH/m <sup>2</sup> )	
			Eólica	Foto
Chichica - Ngäbe-Buglé	5,95	3,078	299.07	1548,60
El Retiro - Coclé	6,08	3.078	304.96	1570,20
Las Minas - Herrera	6,96	3,183	330.55	1716,00

En la tabla 4 se presentan las áreas aproximadas requeridas para colocar un sistema híbrido, que es un sistema generador de energía compuesto por los aerogeneradores y paneles solares.

**Tabla 4.** Áreas requeridas para sistema híbrido

Corregimiento, Provincia o Comarca	Consumo anual (KWh)	Área (m <sup>2</sup> )
Chichica - Ngäbe-Buglé	382200.00	206.86
El Retiro - Coclé	67620.00	36.06
Las Minas - Herrera	459900.00	224.72

Estas áreas aproximadas dependen de la eficiencia y tamaño de los aerogeneradores y paneles solares que se utilicen en el sistema híbrido.

En la tabla 5 se muestran los datos de fuentes energéticas obtenidos en la región de Ngäbe Bugle comparándolos con regiones de América Central donde se obtiene energía por fuentes no convencionales, como se había mencionado en la metodología.

**Tabla 5. Cuadro Comparativo de Regiones Productoras de Energía Renovable. Obtenido de la base de datos de “NASA Surface Meteorology and Solar Energy**

Producción de Energía Nacional	Región	Energías Renovables	Densidad de Energía (kWh/m <sup>2</sup> )
61% hidroeléctricas 26.3% a térmicas (bunker, diésel y carbón), 8.2% autogenerada, 0.2% intercambio y 4.3% a renovables	Panamá (Ngäbe Buglé)	Eólica	299.07*
		Fotovoltaica	1548.60 *
69.97% hidroeléctricas, 18.05% a térmicas (gas y carbón), 0.11% renovables y 11.87% otros.	Colombia (Guajira)	Eólica	2445.12**
		Fotovoltaica	2108.70**
75.29% hidroeléctricas, 1.01% termoelectricas 18.84% geotérmicas, 10.08% Eólica, 0.01% Fotovoltaica	Costa Rica (Liberia)	Eólica	1222.21***
		Fotovoltaica	2140***

\*Plan Energético Nacional 2015-2050, Secretaría Nacional de Energía [23]

\*\* Informe de Generación Eléctrica, Dic. 2015. Unidad de Planeación Minero Energética [24]

\*\*\* Informe de Generación y Demanda 2015. Centro Nacional de Energía

#### 4. Conclusiones

Con los mapas virtuales interactivos de cobertura boscosa y uso de suelo, se concluyó que el Sur de Ngäbe-Buglé, Coclé y Herrera es de poca vegetación y es una zona no arable, por ende, no es de utilidad productiva.

Con los resultados obtenidos, se determinó que el área de Chichica en Ngäbe-Buglé y El Retiro en Coclé son aptas para la utilización de energía fotovoltaica. Comparando las mediciones de brillo solar de Veraguas y Los Santos, se ve como estas áreas demuestran más brillo solar que estas dos últimas, haciendo más factible el establecimiento de paneles solares y beneficiando a las personas del área, que mayormente no tienen suministro eléctrico. Mientras que el área de Las Minas en Herrera,

posee un brillo solar mayor que el de Chiriquí, Veraguas y Los Santos.

Después de un análisis detallado sobre la energía eólica, sus aplicaciones, ventajas, desventajas, se llegó a la conclusión que en las áreas escogidas se puede aplicar esta energía, ya que es una fuente de energía inagotable y frena el agotamiento de combustibles fósiles, contribuyendo a minimizar el cambio climático. La energía eólica ha probado ser más confiable que la energía solar en cerros altos y nublados que generalmente presentan buen régimen de vientos, a pesar que actualmente por el invierno los vientos en el área han menguado a comparación del verano donde presenta mayor cantidad de vientos.

Al usar la base de Datos del INEC para esta área, se vio que la población con mayor cantidad de hogares sin luz eléctrica es Muña, Chichica, con una población de viviendas de 910 casas sin luz eléctrica. Mientras que Las Minas de Herrera cuentan con 1095 casas y El Retiro de Coclé tiene 161 casas sin luz eléctrica.

En la tabla 5, la Región de Ngäbe Buglé en comparación con otras regiones de América Central que producen Energía No Convencional, presenta favorables factores energéticos para el desarrollo de energía fotovoltaica. A pesar de que los factores de energía eólica son bajos en comparación con las otras regiones, esta energía complementa un sistema híbrido, satisfaciendo las necesidades energéticas de la población.

Al implementar estas energías no convencionales, se tendría grandes beneficios a nivel regional, y siendo áreas sin suministro eléctrico, cambiaría la calidad de vida de los habitantes de esta región. De esta forma, los principales beneficiarios serán los habitantes de las regiones rurales cercanas a los proyectos. Además, al ser zonas secas o desérticas se podrán aprovechar en la implementación de estas energías y así no serán desperdiciadas las tierras y serán de utilidad para la población recibiendo energía eléctrica.

## Agradecimiento

Se le agradece al Ing. Efraín Conte por su importante asesoría en el análisis de la aplicación del sistema híbrido.

## REFERENCIAS

- [1] Jordán Wilfredo, Energía fotovoltaica se enciende, 22 de Feb 2015. Disponible en: [http://www.prensa.com/economia/Energia-fotovoltaica-enciende\\_0\\_4147085372.html](http://www.prensa.com/economia/Energia-fotovoltaica-enciende_0_4147085372.html)
- [2] Plan Energético Nacional 2015-2050, lineamientos conceptuales. Secretaría Nacional de Energía. Gaceta Oficial Digital. Panamá. Martes 5 de abril de 2016. No. 28003-A.
- [3] Wright, Richard; Boorse, Dorothy. Environmental Science Toward a Sustainable Future. 11e. San Francisco, California: Pearson, 2011.
- [4] Organización de Las Naciones Unidas. Panamá. Objetivo de Desarrollo del Milenio. Fecha de consulta: 29 de septiembre de 2016. Disponible en: [www.onu.org.pa](http://www.onu.org.pa).
- [5] Renewable Energy. Solar power potential mapping in India using remote sensing inputs and environmental parameter, 2014.
- [6] ETESA, Mapa Eólico de Panamá. Disponible en: <http://www.etsa.com.pa/estudios.php?act=eolico>
- [7] Atlas de las Tierras Secas y Degradadas de Panamá, MiAmbiente. Disponible en: <http://www.miambiente.gob.pa/index.php/103-biblioteca-virtual/262-cambio-climatico-y-desertificacion>
- [8] Indicadores de Sequía y Degradación de Tierras en Panamá, MiAmbiente, Disponible en: [http://www.miambiente.gob.pa/images/stories/BibliotecaVirtual/Img/CambioClimatico/INDICADORES\\_DE\\_SEQUIA\\_Y\\_DEGRADACION.pdf](http://www.miambiente.gob.pa/images/stories/BibliotecaVirtual/Img/CambioClimatico/INDICADORES_DE_SEQUIA_Y_DEGRADACION.pdf)
- [9] IX Censo Nacional de Población y VII de Vivienda 2010 (en línea), Instituto Nacional de Estadística y Censo de la República de Panamá. Disponible en: <https://www.contraloria.gob.pa/inec/>
- [10] Clínica Móvil Al Rescate, Dr. César Gantes Medico CTARV MINSA CNB et al. Disponible en: [http://www.pasca.org/userfiles/M4\\_T1\\_PA.pdf](http://www.pasca.org/userfiles/M4_T1_PA.pdf)
- [11] Fortalecimiento institucional de la ANAM en el manejo integrado del fuego en los bosques tropicales de Panamá, Línea base buenos aires –Comarca Ngabe Bugle, Ing. Matilde Barrio et al, PD 441/07 Rev. 2 (F), DE AGOSTO DE 2010. Disponible en: [http://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2902/Technical/L%3%ADnea%20base%20Buenos%20Aires.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2902/Technical/L%3%ADnea%20base%20Buenos%20Aires.pdf)
- [12] Las aguas subterráneas de la región del Arco Seco y la importancia de su conservación. Autoridad Nacional del Ambiente. Panamá, julio del 2013.
- [13] Estimación de la energía producida por un aerogenerador, disponible en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia54/HTML/articulo03.htm>
- [14] Duración de Brillo Solar u Horas de Sol, ETESA. Disponible en: [http://www.hidromet.com.pa/brillo\\_solar.php](http://www.hidromet.com.pa/brillo_solar.php)
- [15] 90 HM Brillo solar 3 FI – IDEAM. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/24155/123679/16-90+HM+Brillo+solar+3+FI.pdf/612e0afe-928d-417c-99ed-49e5fd792f38>
- [16] Rodríguez, Jorge. Las energías renovables en Canarias. Trabajo de titulación (Grado en Administración y Dirección de Empresas). La Laguna, España. Universidad de La Laguna, Facultad de Economía, Empresa y Turismo, 2014. 42p.
- [17] Cuadro “Algunas características importantes de las viviendas particulares ocupadas y de la población de la República, por provincia, distrito, corregimiento y lugar poblado: Censo 2010”. INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo). Disponible en: [https://www.contraloria.gob.pa/inec/Publicaciones/subcategoria.aspx?ID\\_CATEGORIA=13&ID\\_SUBCATEGORIA=59&ID\\_IDIOMA=1](https://www.contraloria.gob.pa/inec/Publicaciones/subcategoria.aspx?ID_CATEGORIA=13&ID_SUBCATEGORIA=59&ID_IDIOMA=1)
- [18] NASA Surface Meteorology and Solar Energy (SSE): RETScreen data. [en línea]. Gobierno de Canadá, Canadá. Disponible en: <http://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465>
- [19] Promedio de brillo solar registrado en algunas estaciones meteorológicas, año 2014. Disponible en: <https://www.contraloria.gob.pa/inec/archivos/P7391121-07.pdf>
- [20] Atlas de Radiación Solar de Colombia, disponible en: [http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas\\_Radiacion\\_Solar/9-Apendice\\_C.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/9-Apendice_C.pdf)
- [21] Península de Azuero, disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Pen%C3%ADnsula\\_de\\_Azuero#Clima](https://es.wikipedia.org/wiki/Pen%C3%ADnsula_de_Azuero#Clima)
- [22] Ingresar a la calculadora- calculadora ENSA, disponible en: <http://www.calculadora.ensa.com.pa/calculadora.aspx>.
- [23] Informe Mensual De Variables De Generación y Del Mercado Eléctrico Colombiano, Diciembre De 2015. Disponible en: [http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2015/Seguimiento\\_Variables\\_Diciembre\\_2015.pdf](http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2015/Seguimiento_Variables_Diciembre_2015.pdf)
- [24] Informe Anual de Generación y Demanda, 2015. Disponible en: <http://appcenter.grupoice.com/CenceWeb/CenceDescargaArchivos.jsf?init=true&categoria=3&codigoTipoArchivo=3008>