

## ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA RED ELÉCTRICA INTERCONECTADA DE ECUADOR

### ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF SOLAR PHOTOVOLTAIC POWER IN THE INTERCONNECTED ELECTRIC GRID OF ECUADOR

<sup>1</sup>Edwin Raul Grijalva Campana, <sup>2</sup>María de los Ángeles Vallvé Antón, <sup>3</sup>Luis Xavier Orbea Hinojosa.

<sup>1-2-3</sup> Universidad Tecnológica Equinoccial, Ingeniería Electromecánica-Ingeniería Automotriz, Vía Chone Km 41/2, Santo Domingo – Ecuador  
E-mails: <sup>1</sup>edwin.grijalva@ute.edu.ec, <sup>2</sup>maria.vallve@ute.edu.ec, <sup>3</sup>luis.orbea@ute.edu.ec

*Energía Mecánica Innovación y Futuro, IV Edición 2015, No.8 (13)*

#### RESUMEN

En los últimos años el consumo de energía eléctrica ha estado creciendo de manera continua en Ecuador. Según el Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, la tasa media de crecimiento anual del consumo de energía en el período 2001-2010 fue de un 6,3% y se espera que esta demanda continúe en aumento. Por este motivo y según el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, es necesario aumentar la infraestructura dedicada a la producción de energía eléctrica en el país para responder a esta demanda creciente de energía.

Sin embargo, el uso de fuentes de energía no renovables constituye un problema medioambiental importante. Por eso, desde el gobierno existe la voluntad de que se produzca un cambio de la matriz energética, el cual se recoge en el Plan del Buen Vivir. Las estrategias correspondientes incluyen una diversificación en las fuentes de energía renovables usadas para la obtención de la energía eléctrica, impulsando proyectos de instalaciones de energías renovables alternativas a la energía

hidroeléctrica, como geotermia, biomasa, eólica, solar y corrientes marinas. El presente artículo se enfoca en hacer un análisis de la potencia instalada actual de energía de origen solar fotovoltaico y lo que se tenía proyectado según el Plan Maestro de Electrificación.

**Palabras Clave:** Central solar fotovoltaica, energías renovables, plan maestro de electrificación, sistema eléctrico.

#### ABSTRACT

In recent years, power consumption has been growing steadily in Ecuador. According the Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, the average annual growth rate of energy consumption in the period 2001-2010 was 6.3% and it is expected to continue to increase this demand. For this reason and according to Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, it is necessary to increase the infrastructure dedicated to the production of electricity in the country to meet this growing

energy demand.

However, the use of non-renewable energy sources is an important environmental problem. Therefore, from the government there will be a change in the energy matrix, which is reflected in the Plan del Buen Vivir. The corresponding strategies include diversification in sources of renewable energy used to produce electricity, promoting facilities projects of renewable energy alternatives to hydropower, like geothermal, biomass, wind, solar and ocean currents. This article focuses on an analysis of the current installed capacity of solar photovoltaic energy source and what was projected by the Plan Maestro de Electrificación.

**Keywords:** *Photovoltaic solar plant, renewable energy, plan maestro de electrificación, electrical system.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La energía solar fotovoltaica se ha constituido en un aporte energético en el planeta. Según European Photovoltaic Industry Association [1], a final de 2013 existen alrededor de 139 Gigavatios de potencia instalada en centrales de este tipo, las cuales están ubicadas en distintos países, sobresaliendo los de la Unión Europea, como Alemania, Italia y España, además de Estados Unidos y China. Muchos países como Ecuador intentan incorporarse a este grupo, mirando futuros escenarios donde la demanda de energía eléctrica irá incrementándose cada vez, por lo que el gobierno ecuatoriano ha decidido invertir en energías de orden renovables.

El aporte de las energías renovables no convencionales (ERNC) al sistema eléctrico de un país, en particular la energía solar fotovoltaica, no es simple, ya que el LEC (costo normalizado de la electricidad, que representa el coste de la producción de electricidad a lo largo de la vida útil

de un proyecto de una central eléctrica [2]) está casi siempre por encima que el de las energías convencionales, de tal forma que la manera de incentivar el desarrollo de estas costosas energías es a través de primas y subvenciones, las cuales se consideran atractivas a muchos grupos de inversores deseosos de ingresar a este campo, por lo que les resulta un escenario rentable, contratos de largo plazo entre 15 y 25 años, que incluyen precios de venta de la energía producida muy superior a las tradicionales, e incluso con preferencia de ingreso a la red eléctrica.

Según el Plan Maestro de Electrificación 2013-2022 [3], la matriz eléctrica ecuatoriana ha tenido como base de producción de energía eléctrica las centrales hidráulicas con aproximadamente el 50 %, pero hay que tener en cuenta que el exceso de utilización de agua para los embalses puede crear cambios en el ecosistema [4].

También cabe mencionar que un 48 % es provisto por energías convencionales como centrales térmicas de motor de combustión interna, turbogas o turbo vapor y apenas el 2 % proviene de fuentes renovables no convencionales. Es por eso que para diversificar la matriz eléctrica del país se han propuesto otras alternativas, por mencionar un par de ejemplos palpables, la central eólica de Villonaco se encuentra ya inyectando energía limpia al sistema eléctrico ecuatoriano.

Según CELEC EP [5], dentro de las características que describen a esta central, posee una potencia instalada de 16,5 MW, está constituida por 11 generadores de 1,5 MW, el emplazamiento está a 2720 msnm y ha sido escogida por su alto promedio de la velocidad del viento, además se estima que esta central eólica tendrá una producción energética de 64 GWh anual. Continuando con esta misma tendencia, podemos nombrar la central fotovoltaica de Pimampiro con una potencia

instalada inicial de aproximadamente 1 MW, de la cual se prevé un aporte energético de 336 MWh al año [6].

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se pretende mostrar el aporte de las distintas fuentes para producir energía eléctrica en la matriz actual. Proyectar los datos de la incursión de nuevas centrales al sistema eléctrico ecuatoriano, relevando el énfasis en el aporte de la energía solar fotovoltaica y su participación en la matriz eléctrica ecuatoriana.

### 2.1 Infraestructura instalada en diciembre de 2012

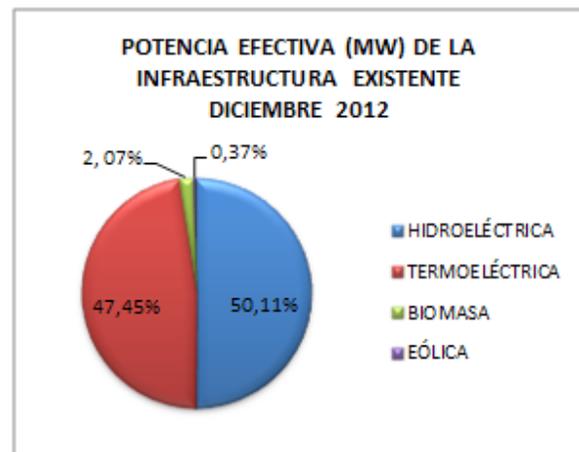
A continuación, se presenta la distribución por sectores de la producción de energía eléctrica en Ecuador, según los datos del Plan Maestro de Electrificación 2013-2022 [3], la aprobación del cual fue ratificada por el Directorio del CONELEC mediante la Resolución No. 041/13, de 10 de septiembre de 2013. Los datos presentados en el Plan Maestro de Electrificación 2013-2022 son los correspondientes a la infraestructura existente en diciembre de 2012. Según el Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, la distribución de la potencia efectiva generada en el sistema eléctrico ecuatoriano, teniendo en cuenta las centrales incorporadas al Sistema Nacional Interconectado, según la fuente de energía es la siguiente:

**Tabla 1:** Distribución de la potencia efectiva disponible en el Sistema Nacional Interconectado por fuentes de energía.

FUENTE DE ENERGÍA	POTENCIA EFECTIVA
Hidroeléctrica	2256,00
Termoeléctrica	2136,54
Biomasa	93,40
Eólica	16,50
TOTAL	4502,44

Como se puede ver a partir de la tabla 1, a diciembre de 2012, la fuente de energía predominante en Ecuador para la generación de

electricidad en el Sistema Nacional Interconectado es la hidroeléctrica, contribuyendo con un 50,11% de la potencia efectiva disponible; seguida de la termoeléctrica, con un 47,45%; mientras las energías renovables no convencionales incorporadas al Sistema Nacional Interconectado (ERNC) tan solo representan un 2,44% del total de la potencia efectiva disponible. Dentro de estas energías renovables no convencionales instaladas a diciembre de 2012, se cuenta con tres centrales de biomasa, la potencia efectiva de las cuales suma un 2,07% del total, y una central de energía eólica, cuya potencia efectiva representa un 0,37% del total.



**Figura 1:** Potencia efectiva, expresada en MW, de la infraestructura existente a diciembre 2012.

Como se puede observar en la figura 1, a diciembre de 2012, el Sistema Nacional Interconectado sólo cuenta con la contribución de dos fuentes de energías renovables no convencionales, biomasa y eólica. Pero no existen centrales de energías renovables como la geotérmica o la fotovoltaica.

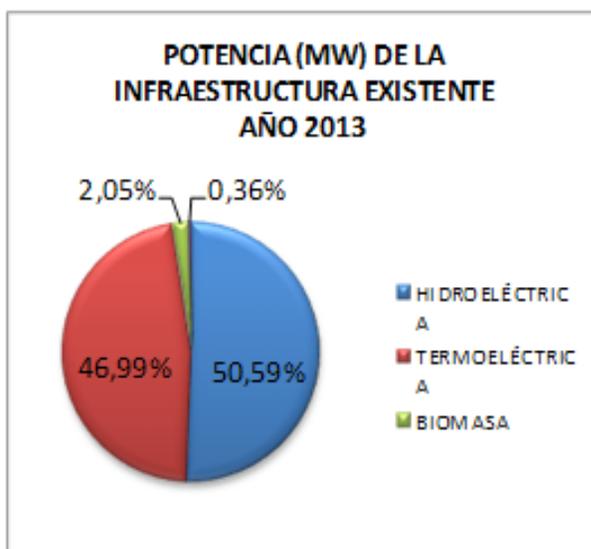
### 2.2 Plan de Expansión

Teniendo en cuenta el incremento previsto de la demanda energética, el CONELEC ha desarrollado el Plan de Expansión de Generación 2013 - 2022 con la finalidad de asegurar el abastecimiento

de energía eléctrica suficiente para cubrir la demanda del país, sin necesidad de depender de interconexiones eléctricas internacionales.

Este plan es presentado en el apartado 3.4 del Volumen 1 del Plan Maestro de Electrificación 2013-2022. Así, en la tabla 3.3 (*PLAN DE EXPANSIÓN DE LA GENERACIÓN 2013-2022*) de este texto, se observa que están incluidos 200 MW de potencia procedentes de proyectos solares fotovoltaicos y de otras fuentes de ERNC, los cuales se espera que estén en funcionamiento para julio de 2014. De esta manera, la energía solar fotovoltaica pasa a formar parte de las fuentes de energía que abastecen al Sistema Nacional Interconectado.

Según los datos disponibles en el Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, la distribución de la potencia instalada por fuentes de energía para el año 2013 es la mostrada en la figura 2.



**Figura 2:** Potencia, expresada en MW, de la infraestructura existente el año 2013.

En este año, con la operación completa de dos nuevas centrales hidroeléctricas, Baba (junio) e Isimanchi (octubre), el porcentaje de potencia generada mediante esta fuente de energía aumenta

ligeramente hasta un 50,59% del total, quedando una distribución por tipo de energía similar a la del año 2012.

En cambio, para el año 2014, estaba prevista la incorporación de varias centrales de energía renovable no convencional. En este año, la potencia instalada asociada a las energías renovables no convencionales alcanza un 5,89% del total. Este porcentaje comprende, las tres centrales de biomasa y la central eólica ya presentes en el año 2012 más los 200MW de potencia procedente de proyectos solares fotovoltaicos y de otras fuentes de ERNC proyectada para incorporarse al sistema eléctrico en el año 2014, distribuidos en diferentes centrales. A 31 de enero de 2013, un total de 98 proyectos de ERNC, con capacidad para generar 368 MW, disponen de título habilitante o registro otorgado por el CONELEC, los cuales se irán incorporando progresivamente al sistema eléctrico, estando previsto (*EL PLAN DE EXPANSIÓN DE LA GENERACIÓN 2013-2022*) del Volumen I del Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, la incorporación de 200 MW procedentes de estas centrales durante 2014.

Así, teniendo en cuenta los datos publicados en (*INFRAESTRUCTURA EN GENERACIÓN PARA EL PLAN DE EXPANSIÓN DE GENERACIÓN 2013-2022*) del Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, la distribución de la potencia instalada por fuentes de energía para el año 2014 sería la mostrada en la figura 3.

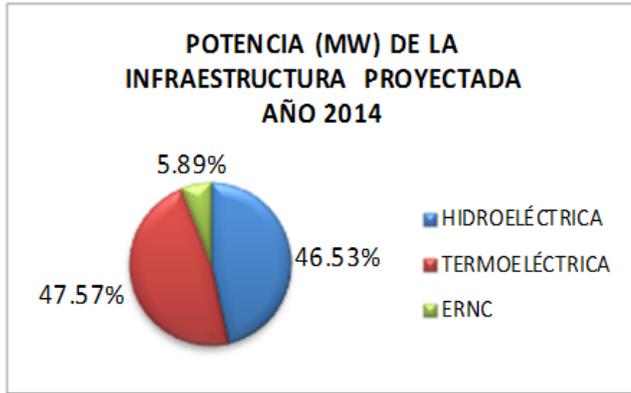


Figura 3: Potencia, expresada en MW, de la infraestructura proyectada para el año 2014. de Electrificación.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se estima que las energías renovables no convencionales tomarán mayor protagonismo en el sistema energético Ecuatoriano. Está planificado que aproximadamente el 6% de la potencia de centrales eléctricas sea proveniente de energías renovables [7], de esta manera el estado pretende tener un matriz energética variada (mix energético), lo que ha promovido la construcción de varias centrales de diferentes tipos.

Dentro de este aporte, está planificada la incursión de energía solar fotovoltaica en la matriz eléctrica ecuatoriana. Hay que recalcar que para incentivar la construcción de centrales de esta costosa energía se ha propuesto un concurso que otorga permisos para centrales de este tipo, además de otras renovables (eólica, biomasa, geotérmicas), las cuales tienen derecho a un incentivo económico. De esta manera el CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad), que es el ente encargado de gestionar la energía eléctrica en todo el país, en resolución de directorio el día 14 de abril de 2011 gestiona una regulación que es codificada luego el 1 de noviembre de 2012. Esta regulación denota lo concerniente al aporte energético de energías no convencionales a la red eléctrica ecuatoriana denominándolo:

#### *“Tratamiento para la energía producida con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales”*

El precio de subvención está detallado en la tabla 2, el cual se encuentra en el documento detallado en la REGULACIÓN No. CONELEC – 004/11 [8].

Tabla 2: Precios Preferentes para Energía Renovables No Convencionales en (¢USD / KWh).

TIPO CENTRAL	REMUNERACION EN EL ECUADOR CONTINENTAL	REMUNERACION EN ECUADOR INSULAR
Eólica	9,13	10,04
Fotovoltaica	40,03	44,03
Solar Termoeléctrica	31,02	34,12
Corrientes Marinas	44,77	49,25
Biomasa < 5 MV	11,05	12,16
Biomasa > 5 MV	9,6	10,56
Biogás < 5 MV	11,05	12,16
Biogás > 5 MV	9,6	10,56
Geotérmicas	13,21	14,53

Bajo estas circunstancias, a 31 de enero de 2013, muchas empresas nacionales e internacionales firmaron un contrato que los cobija bajo las tarifas detalladas en la tabla anterior. Se prevé un total de 275 MW de potencia en centrales solares fotovoltaicas mayores a 1 MW y menores a 50 MW. Complementariamente, también se instalarán alrededor de 75 MW en minicentrales menores a 1 MW de potencia. En resumen, Ecuador va a tener un aporte aproximado de 350 MW en centrales renovables de origen solar fotovoltaico, lo cual representa un aporte relativamente importante [8].

El Directorio del CONELEC aprobó la regulación CONELEC 001/13, mediante Resolución No. 010/13 en sesión del 21 de mayo de 2013, que sustituye a la REGULACIÓN No. CONELEC – 004/11 [8], y en la cual se modifica las tablas de remuneraciones, dejando sin subvención a la

energía solar fotovoltaica [9].

Actualmente, la regulación CONELEC 001/13, aprobada por el Directorio del CONELEC mediante Resolución No. 014/14 en sesión de 13 de marzo de 2014 [10], sustituye a la Regulación No. CONELEC - 001/13 (con la misma denominación aprobada a mayo del 2013). Según la nueva regulación, no existe precio preferente para energía solar y eólica. A continuación, en la tabla 3 se muestran las nuevas remuneraciones para las energías renovables:

**Tabla 3:** Precios Preferentes para Energía Renovables No Convencionales en (¢USD / KWh).

TIPO DE CENTRAL	REMUNERACIÓN EN ECUADOR CONTINENTAL	REMUNERACIÓN EN ECUADOR INSULAR
Biomasa	9,67	10,64
Biogas	7,32	8,05
Hidroeléctricas C ≤ 30 MV	6,58	-

Hay que acotar algo muy interesante, el Ecuador, por estar en una zona con latitud cercana a 0°, tiene una radiación solar muy buena refiriéndonos al sector continental y parecida en muchos lugares, resaltando provincias como Imbabura, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchillas en la zona norte y la provincia de Loja en la zona sur, las cuales poseen un valor medio anual de la irradiación global diaria sobre una superficie horizontal (Gd,a) [11]-[12] más alta que las demás provincias, lo que es demostrado por el atlas solar publicado por el CONELEC en agosto de 2008[13].

A continuación, la tabla 4 muestra detalladamente las provincias y cantones de Ecuador con mayor promedio Gd,a, destacando las zonas con mayor radiación solar, este análisis está basado en el atlas solar antes mencionado y que es publicado por el CONELEC[13].

**Tabla 4:** Radiación Solar en Ecuador

PROVINCIA	CANTÓN	VALOR MEDIO DE G <sub>D,A</sub> (WH/M2/DÍA)
Loja	Zapotillo	5700
	Pindal	5400
	Macara, Celica, Sozoranga	5550
	Loja	4500
Pichincha	Quito	5250
	Pedro Moncayo , Rumiñahui, Mejía	5250
	Cayambe	4800
	Pedro Vicente Maldonado, San Miguel de los bancos	4500
Imbabura	Ibarra, Pimampiro, Otavalo, Antonio Ante	5100
	Cotacachi, San Miguel de Urcuqui	4500
Santo Domingo de los Tsáchillas	Santo Domingo	4950
	La Concordia	4500
Bolívar	Guaranda, Chimbo	4950
	Las Navas, Echeandía, Caluma, San Miguel, Chilanés	4800
	Chimborazo	4950
Chimborazo	Cumanda, Chunchi, Sector al Oeste de Alausí	4950
	Colta, Palitanga	4800
	Riobamba, Guano, Penipe, Chambo, Guamote, Sector al este de Alausí	4200
Resto del País	Región Costa	4200
	Región Sierra	3900 - 4500
	Región Amazónica	3900 - 4800

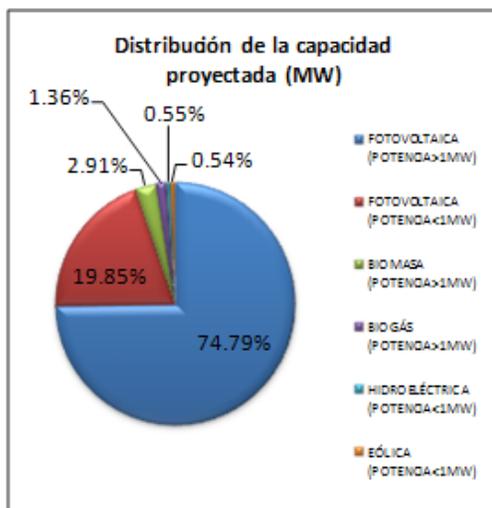
### 3.1 Proyectos de generación mediante energías renovables no convencionales acogidos a la Regulación N°. CONELEC-004/11

La instalación de las nuevas centrales de energías renovables no convencionales es regulada por el Consejo Nacional de Electricidad. Así, con el objetivo de establecer los requisitos, precios, su período de vigencia y forma de despacho para la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado y sistemas aislados por los generadores que utilizan fuentes renovables no

convencionales, el Consejo Nacional de Electricidad expidió la Regulación N°. CONELEC-004/11 [8], denominada “Tratamiento para la energía producida con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales”, la cual fue aprobada por el Directorio del CONELEC, mediante Resolución No. 023/11 en sesión de 14 de abril de 2011.

la figura 4 se ha elaborado según los datos del listado de proyectos de ERNC de más de 1 MW con título habilitante otorgado por el CONELEC y del listado de proyectos de menos de 1 MW con registro otorgado por el CONELEC. Proyectos de generación solar con interés de empresas privadas (Estudios complementarios de proyectos con fuentes de energía renovable) del volumen 4 del plan maestro de electrificación 2013-2022 [3].

Estas tablas contienen los datos de los proyectos que constan con título habilitante a 31 de enero de 2013 o con registro otorgado por el CONELEC, según el caso. Así, la figura 4 muestra la distribución de la capacidad, expresada en MW, correspondiente a cada fuente de energía renovable no convencional asociada a los proyectos aprobados al amparo de la Regulación N°. CONELEC-004/11.



**Figura 4:** Distribución de la capacidad (en MW) proyectada por tipo de fuente de energía renovable no convencional.

Las energías renovables no convencionales consideradas en la Regulación N°. CONELEC-004/11 son la eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotermia, corrientes marinas, solar termoeléctrica y centrales hidroeléctricas de hasta 50 MW de capacidad instalada. Sin embargo, se puede observar en la figura 4 que los proyectos aprobados son en su mayoría de energía fotovoltaica, representando un 94,64% del total, entre las centrales proyectadas con capacidad superior a 1 MW (74,79%) y las de capacidad inferior a 1 MW (19,85%). La capacidad asociada a los proyectos de biomasa es de un 2,91% y con los proyectos de biogás se aportará un 1,36% del total de la potencia.

Mientras que las contribuciones de los proyectos de energía hidráulica y eólica representan tan sólo un 0,55% y un 0,54% del total, respectivamente. Por otra parte, según los datos disponibles, no se ha aprobado ningún proyecto de centrales de energía geotérmica, corrientes marinas o solares termoeléctricas.

### 3.2 Sistemas fotovoltaicos conectados a la red Eléctrica en Ecuador.

Actualmente, se encuentran instalados 13,4 MW de potencia conectada a la red eléctrica del país, a continuación, se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 5:** Centrales fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica en Ecuador

EMPRESA	NOMBRE DE LA CENTRAL	POTENCIA INSTALADA A LA RED (MW)
Altgenotec	Altgenotec	0.994
E.E. Centro Sur	Panel Fotovoltaico	0.373
E.E. Galápagos	Floreana Perla Solar	0.021
E.E. Galápagos	San Cristóbal Solar Eolica	0.013
E.E. Galápagos	Santa Cruz Solar Puerto Ayora	1.521
Electrisol	Paneles Electrisol	0.999
Enersol	Enersol 1-500	0.500

Epfotovoltaica	Mulalo	1.000
Epfotovoltaica	Pastocalle	1.000
Genrenotec	Genrenotec	0.994
Gransolar	Salinas	2.000
Gransolar	Tren Salinas	1.000
Sansau	Sansau	0.995
Valsolar	Central Paragachi	0.998
Wildtecsa	Wildtecsa	0.995

Se puede observar que los proyectos fotovoltaicos de gran capacidad aún no están ejecutados, lo que refleja el bajo aporte de este tipo de energía al país; y teniendo en consideración que la central de mayor potencia instalada es “Salinas” de la empresa “Gransolar” que aporta 2,00 MW, seguida por la central “Santa Cruz Solar Puerto Ayora” de la empresa “E.E. Galápagos” que aporta 1,52 MW, la cual se encuentra en la región Insular.

De las 15 centrales instaladas en el país, el 66,67 % son centrales menores a 1MW, esto se debe a las mayores facilidades de trámite para la construcción de centrales de esta capacidad, las cuales no requieren ningún título habilitante, sino únicamente registro otorgado por el CONELEC.

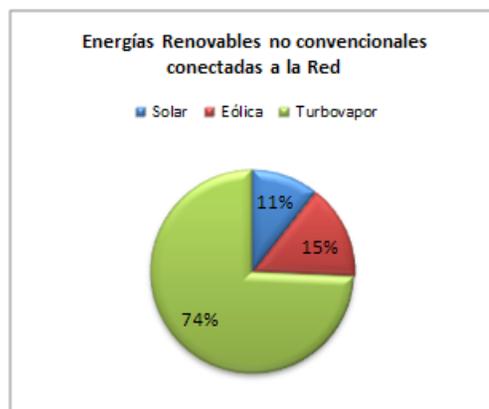


Figura 5: Energías renovables no convencionales conectadas a la red.

En la figura 5 muestra el aporte de las energías renovables no convencionales a la red eléctrica al mes de julio del 2014, datos recolectados de la página web del CONELEC [14]. El mayor aporte es de centrales de biomasa con el 74%, seguida de

las centrales eólicas con el 15%, y por último el aporte de las centrales solares fotovoltaicas, que presenta el 11%, en la figura 5 se ha excluido la energía hidráulica ya que es una energía renovable convencional.

El aporte de estas tres fuentes de energías renovables no convencionales al sistema nacional interconectado de red eléctrica es de 125,68 MW. Es un aporte relativamente bajo, apenas de 2,41% de la capacidad total instalada en el país, en relación a lo previsto que era del 6%.

#### 4. CONCLUSIONES

El costo de la energía solar fotovoltaica es elevado respecto a otros tipos de energías convencionales, además varía en cada país por distintos factores, como transporte del panel y, principalmente, el impuesto al producto. Según una publicación de la empresa española ISOFOTON [15] (empresa fabricante de paneles solares) en su página web oficial comunica que va a invertir alrededor de 100 millones de dólares en la central solar denominada SHIRI I ubicada en la parroquia Calderón a 10 Km de Quito, de lo que se puede deducir que el costo de cada megavatio conectado a la red eléctrica es aproximado a 2 millones de dólares.

De la tabla 2, se observa que la mayor subvención es para la energía solar fotovoltaica, a excepción de la energía generada por corrientes marinas, la cual tiene una construcción más complicada y con costos más altos.

La práctica totalidad de los proyectos presentados fueron para la generación de energía solar fotovoltaica, teniendo un mínimo aporte de proyectos para el resto de energías. Para evitar esto, el gobierno en la actualidad ha publicado una nueva regulación [10], en la cual ha excluido la energía solar fotovoltaica, priorizando otras

energías renovables no convencionales sujetas a subvención, con el objetivo de diversificar la matriz eléctrica.

En la actualidad, no se han incorporado la mayor parte de centrales fotovoltaicas proyectadas al sistema eléctrico Ecuatoriano [16].

En total se han instalado 13,4 MW de capacidad efectiva en generación, lo que representa el 0,26% de la capacidad total. El alto costo se ha derivado en retrasos en la construcción de las centrales.

Los problemas radican en el financiamiento, ya que para obtenerlo deben tener las justificaciones técnicas y estudios de impacto ambiental correspondientes [17]. Además de contar con un respaldo del pago que se va a realizar por la venta de la energía.

Los problemas de financiamiento han provocado que las empresas no pudieran cumplir con los plazos establecidos por el gobierno, produciendo retrasos en la construcción [17], o, en algunos casos, la terminación del contrato por mutuo acuerdo [18].

Otro de los contratiempos ha sido el cambio de titularidad de algunos contratos, que ha demorado la gestión de los permisos [19]. Por otro lado, han existido empresas que han decidido construir sin contar con todos los permisos necesarios [16], por lo cual se han revocado estos contratos.

Todos estos inconvenientes han tenido como consecuencia el no cumplimiento de las expectativas que se tenían para estas fechas [3], siendo la producción de energía solar desde septiembre del 2013 hasta agosto del 2014 de 9,62 GWh [20].

## REFERENCIAS

- [1] European Photovoltaic Industry Association. (2014). 2013: Record-year for solar photovoltaics, accelerating market globalization. Recuperado 4 de agosto de 2014, de [http://www.epia.org/index.php?eID=tx\\_nawsecuredl&u=0&file=/uploads/tx\\_epiapressreleases/Global\\_Market\\_Outlook\\_2014\\_Press\\_Release.pdf&t=1408033444&hash=efb3121715bf203ed6dafa88e6a410227c66e43b](http://www.epia.org/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&file=/uploads/tx_epiapressreleases/Global_Market_Outlook_2014_Press_Release.pdf&t=1408033444&hash=efb3121715bf203ed6dafa88e6a410227c66e43b)
- [2] Linares, P., Frías, P., Gómez, T. (2014). Evaluación del potencial de las diversas fuentes de energía renovable y de las tecnologías para su aprovechamiento: oportunidades y retos para el sector de la energía. Recuperado 10 de marzo de 2014, de [http://economia.gencat.cat/web/.content/documents/articles/arxiu/doc\\_26617535\\_1.pdf](http://economia.gencat.cat/web/.content/documents/articles/arxiu/doc_26617535_1.pdf)
- [3] CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad. (2013). Plan Maestro de Electrificación 2013 – 2022. Recuperado de 29 de noviembre de 2013, de <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=10329>
- [4] Bódis, K., Monforti, F., Szabó, S. (2014). Could Europe have more mini hydro sites? A suitability analysis based on continentally harmonized geographical and hydrological data. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 794–808. Recuperado el 12 de mayo de 2014, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114003967>
- [5] CELEC EP, Corporación Eléctrica del Ecuador. (2014). Parque Eólico Villonaco. Recuperado 10 de junio de 2014, de [https://ww.celec.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=189:eólico](https://ww.celec.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=189:eólico)

- [6] SmartGrid. (2014). ECUADOR INAUGURA SU PRIMERA PLANTA SOLAR. Recuperado 12 de junio de 2014, de <http://www.smartgridcostarica.com/2013/01/05/ecuador-inaugura-su-primera-planta-solar>.
- [7] CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad. (2012). Participación privada en proyectos de generación eléctrica con energías renovables. Recuperado 11 de abril de 2014, de <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=10167>
- [8] CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad. (2013). REGULACIÓN No. CONELEC – 004/11. Recuperado 11 de abril de 2014, de [http://www.conelec.gob.ec/normativa/CONELEC\\_004\\_11\\_ERNC.pdf](http://www.conelec.gob.ec/normativa/CONELEC_004_11_ERNC.pdf)
- [9] CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad. (2014). Regulación No. 001/13. Recuperado 2 de septiembre de 2014, de [http://www.conelec.gob.ec/normativa/001\\_13%20Energias%20Renovables.pdf](http://www.conelec.gob.ec/normativa/001_13%20Energias%20Renovables.pdf)
- [10] CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad. (2014). Regulación No. 001/13. Recuperado 17 de octubre de 2014, de [http://www.conelec.gob.ec/normativa/REGULACION%20001\\_13\\_CODIFICADA.pdf](http://www.conelec.gob.ec/normativa/REGULACION%20001_13_CODIFICADA.pdf)
- [11] Lorenzo, E. (2006). Radiación solar y dispositivos fotovoltaicos, Electricidad Solar Fotovoltaica Vol. 2, Madrid: Editorial Progensa.
- [12] Martínez, F. (2012). Caracterización y Modelado de Grandes Centrales Fotovoltaicas. Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- [13] CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad. (2008). ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA. Recuperado 22 de enero de 2014, de [http://www.conelec.gob.ec/archivos\\_articulo/Atlas.pdf](http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf)
- [14] CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad. (2014). Balance nacional de energía eléctrica. Recuperado 27 de octubre de 2014, de <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=10261&l=1>
- [15] ISOFOTON. (2012). Isofoton desarrolla una de las mayores plantas fotovoltaicas (50 MW) de América Latina en Ecuador. Recuperado 3 de junio de 2014, de <http://www.isofoton.com/es/node/681>
- [16] Araujo, A. (2014). Los proyectos fotovoltaicos se estancaron, EL COMERCIO. Recuperado 12 de agosto de 2014, de <http://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/proyectos-fotovoltaicos-se-estancaron.html>
- [17] CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad. (2014). Resolución No. 037/14. Recuperado 31 de julio de 2014, de <http://www.conelec.gob.ec/normativa/037-14.pdf>
- [18] CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad. (2014). Resolución No. 007/14. Recuperado 31 de julio de 2014, de <http://www.conelec.gob.ec/normativa/007-14.pdf>
- [19] CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad. (2014). Resolución No. 034/14. Recuperado 31 de julio de 2014, de <http://www.conelec.gob.ec/normativa/034-14.pdf>
- [20] CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad. (2014). Producción mensual de energía eléctrica a nivel nacional por tipo de fuente energética (Gwh). Recuperado 17 de octubre de 2014, de [http://www.conelec.gob.ec/enlaces\\_externos.php?l=1&cd\\_menu=4224](http://www.conelec.gob.ec/enlaces_externos.php?l=1&cd_menu=4224)

**BIOGRAFÍA**

1 Edwin Grijalva, Master Universitario en energía solar fotovoltaica, Ingeniero en Mecánica Automotriz. Docente Tiempo Completo, Coordinador de las carreras de Ingeniería Automotriz e Ingeniería Electromecánica de la Universidad Tecnológica Equinoccial.



2 Xavier Orbea, Ingeniero Automotriz, Diplomado superior en Autotrónica, Egresado de la maestría en Gestión de la Producción, Estudiante de la Maestría en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética Universidad de Barcelona. Vicepresidente administrativo INGAUTO-TEC. Supervisor de prácticas Universidad Tecnológica Equinoccial.



3 María de los Ángeles Vallvé, Doctora en Física Avanzada, Diploma de Estudios Avanzados en Física de la Materia Condensada, Licenciada en Física, Docente Tiempo Completo de las carreras de Ingeniería Automotriz e Ingeniería Electromecánica de la Universidad Tecnológica Equinoccial.

**Registro de publicación:**

<i>Fecha de recepción</i>	<i>21 de julio 2015</i>
<i>Fecha aceptación</i>	<i>18 diciembre 2015</i>