

## COSTOS DE GENERACION DE ELECTRICIDAD FOTOVOLTAICA EN BOLIVIA Y BARRERAS PARA SU EXPANSION

**Miguel H. Fernández Fuentes** - miguel@energetica.org.bo

Universidad Mayor de San Simón, Bolivia – Programa de Doctorado en Energía / ENERGETICA

**Miguel Edgar Morales Udaeta** - udaeta@pea.usp.br

Universidad de Sao Paulo, Brasil – GEPEA / EPUSP - Escola Politecnica Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétrica

**Resumen.** El objetivo de este trabajo es presentar una evaluación rápida de costos de generación de electricidad fotovoltaica, tanto para sistemas aislados como conectados a la red y analizar las barreras existentes que frenan su expansión en el área rural y urbana de Bolivia. Metodológicamente se muestra el contexto del sector eléctrico boliviano, su composición y estimaciones de crecimiento, cobertura urbana y rural, así como la participación presumible para las energías renovables en la matriz energética. Se analiza el potencial de radiación solar existente para el país, producto de un trabajo de investigación de la Universidad Mayor de San Simón, el cual utiliza modelos con bases de datos satelitales y corrobora con mediciones puntuales en diferentes puntos del país. Con esta información se calcula la generación de electricidad de sistemas fotovoltaicos aislados y también la generación de electricidad para un sistema interconectado a la red de 2,7 kWp. Utilizando la información de las últimas licitaciones realizadas en Bolivia en 2012, se estructura una base de precios de equipos, que permite calcular el costo de energía eléctrica fotovoltaica en diferentes escalas y escenarios y su comparación con las tarifas vigentes. Se realiza un breve inventario de las principales barreras existentes para la expansión de la energía fotovoltaica, luego de un análisis del marco legal y regulatorio se propone una serie de recomendaciones, que podrían motivar la introducción de la energía fotovoltaica masivamente tanto en instalaciones aisladas como interconectadas a la red. Finalmente el trabajo concluye que, dada la importancia de las aplicaciones fotovoltaicas en el contexto urbano y rural para Bolivia es importante trabajar en esquemas normativos, legales y financieros para posibilitar la expansión de esta tecnología de manera sostenible, sin descuidar la necesidad de formación de recursos humanos capacitados en éste área.

**Palabras clave:** Sistemas fotovoltaicos, generación fotovoltaica, costos de electricidad fotovoltaica

### 1. EL SECTOR ELECTRICO BOLIVIANO

#### 1.1 Generación

De acuerdo a la memoria anual del sector eléctrico boliviano del año 2011 (AE, 2011), Bolivia disponía de una potencia instalada total de 1967 MW, de los cuales un 83,8% se encuentra en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y un 16,2% en sistemas aislados en diferentes lugares del país, como se observa en la Tab. 1.

Tabla 1. Potencia Eléctrica Instalada en Bolivia. 2010

DESCRIPCION	SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL (MW)	SISTEMAS AISLADOS (MW)	TOTAL (MW)
Potencia Instalada	1648	319	1967
Potencia Efectiva	1253	205	1458
Efectiva/instalada	76%	64,2%	74,1%

Fuente: elaboración propia en base a datos de AE,2011

La potencia efectiva total es de 1458 MW (1253 MW en el SIN y 205 MW en los sistemas aislados). Se puede ver que la razón de potencia efectiva sobre la potencia instalada alcanza en total a un 74,1% a nivel nacional, siendo más alta en el SIN (76%), mientras que en los sistemas aislados la efectividad alcanza solamente a un 64,2%.

La matriz energética de Bolivia tiene diversas fuentes y su estructura actual es de 58,9% de energía primaria basada en termoelectricidad, 39,3% hidroeléctrica y 1,7% con fuentes de energías alternativas (biomasa), como se muestra en la Fig. 1.

La energía generada en el SIN en 2010 alcanzó a 6098 GWh/año, tiene 39,3% de origen hidroeléctrico, el 58,9% térmico y el 1,7% biomasa. En los sistemas aislados sobre 872 GWh/año, 2,5% es generación hidroeléctrica, mientras que el 97,5% tiene fuente térmica, mayoritariamente diesel oil, con las consecuentes dificultades de suministro, toda vez que el diesel se debe importar en una buena proporción.

Como política del sector se impulsa una reconversión de la matriz de generación, de tal manera que al 2021 se llegue a disponer de un 75% de electricidad de origen renovable y solamente un 25 de origen térmico (VMMEA. MHE, 2009). También se promueve las posibilidades de exportación de electricidad a los países vecinos para lo cual se estudia la posibilidad de construcción de infraestructura hidroeléctrica de gran envergadura que triplicaría el parque actual de generación, pero también de incorporar a la Geotermia y otras fuentes renovables.

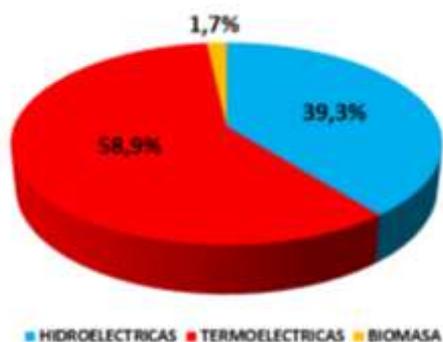


Figura 1 - Composición de la Matriz de Generación de Electricidad de Bolivia. 2010  
Fuente: CNDC informe de la Programación de mediano plazo periodo mayo 2010 abril 2015

Finalmente, en el SIN, el sistema de administración sectorial esta basado en una lógica de costos marginales, los cuales han arrojado costos promedios de generación de 35 \$US/MWh en 2007 para el SIN, mientras que las tarifas finales a los usuarios estuvieron entre 80 y 140 \$US/MWh (AE, 2008), estos valores no han variado sustancialmente hasta el año 2010.

### 1.2 Cobertura

Respecto a la cobertura eléctrica en el país, se ha logrado una cobertura del 71%; mientras en las áreas urbanas se tienen coberturas que oscilan entre el 80 y el 95%, en el área rural la cobertura es del 50.8%. Dentro las metas definidas por el programa de “Electricidad para Vivir con Dignidad”, que lleva a cabo el Vice Ministerio de Electricidad y Energías Alternativas, para los años 2010 a 2015, se pretende incrementar la cobertura rural en un 70% y hasta el 2020 en un 87% y, en el año 2025 llegar a una cobertura del 100%, logrando el acceso universal de toda la población a la electricidad (Fig. 2).

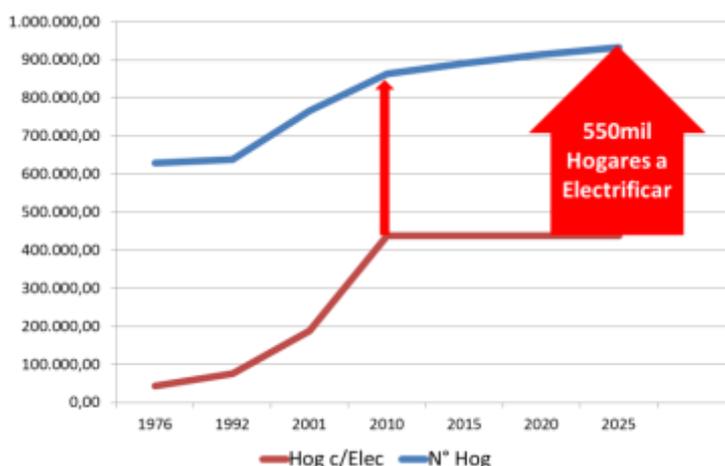


Figura 2 - Metas del Acceso Universal en Bolivia. 2010 a 2025  
Fuente: Elaboración propia en base a datos del VMEEA

### 1.3 Situación rural

La mayoría de la población que no tiene acceso a la electricidad esta en áreas rurales y vive de manera dispersa, inconexa, energéticamente aislada y marginada del mercado energético nacional, en una gran mayoría de las regiones se encuentra con niveles de desarrollo por debajo de los niveles aceptables mundialmente (Lidema, 2011).

En contraste con el área urbana, en el área rural los hidrocarburos apenas si llegan. El GLP ampliamente usado a nivel urbano, solo está presente en los centros rurales más importantes, mientras que al resto del territorio nacional sencillamente no llega este combustible y mucho menos el Gas Natural. La principal fuente energética es la biomasa que en promedio cubre el 80% de la demanda total rural de energía, situación que no ha cambiado en la última década.

El consumo eléctrico medio en zonas electrificadas es de 25 kWh/mes por familia, una cantidad de energía destinada al uso de iluminación, radio y algunas horas de televisión. Estas disparidades se reflejan al comparar el consumo medio per capita de electricidad que en zonas urbanas alcanza a 120 kWh/mes, mientras que el promedio por familia nacional es de 66 kWh/mes (ENERGETICA 2010).

Se estima que casi 3 millones de personas, agrupados en 600 mil hogares, usan leña regularmente como fuente de provisión de energía térmica y, unos 500 mil hogares rurales no tenían acceso a la energía eléctrica y muchos de ellos a ningún tipo de energía comercial. Debido a la alta dispersión se estima que unos 200.000 hogares rurales puedan ser atendidos solo mediante la utilización de energías renovables descentralizadas (mayoritariamente sistemas fotovoltaicos).

## 2. EL POTENCIAL SOLAR

El año 2010 (CEDLA, 2010), el Proyecto de Energía Solar de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) en Cochabamba actualizó la información sobre energía solar, presentando un mapa de radiación, el mismo que fue preparado usando datos meteorológicos satelitales y validado localmente, con mediciones puntuales, lo cual ha permitido ajustar los datos globales a la especificidad regional (Fig. 3).

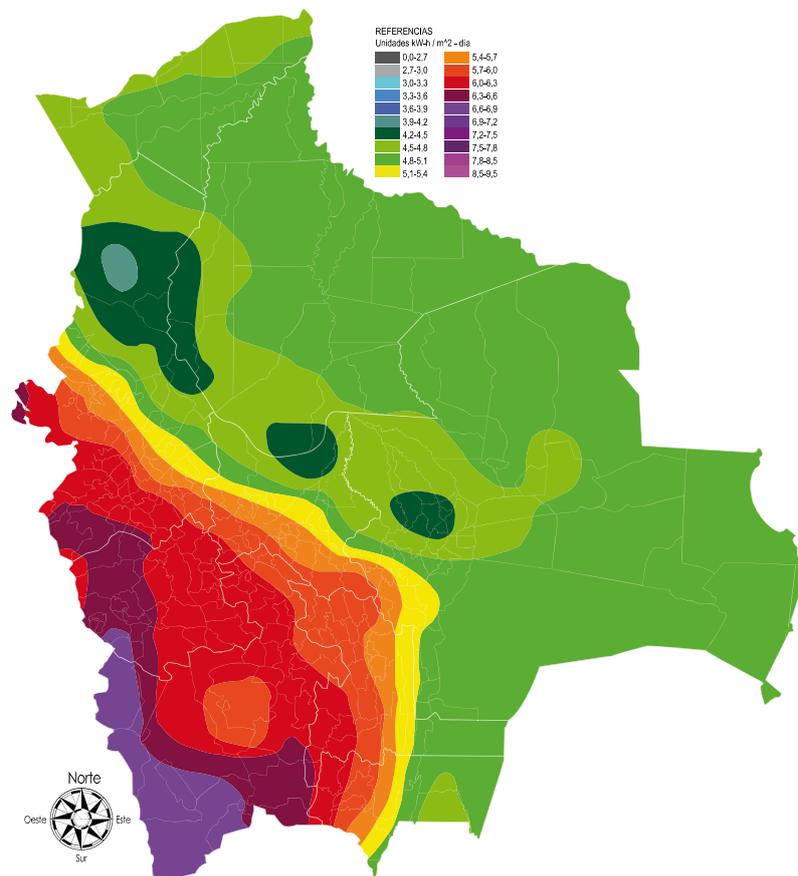


Figura 3 - Mapa de Radiación Solar Media Anual para Bolivia (kWh/m<sup>2</sup>/día)

Fuente: Elaborado en base a Universidad Mayor de San Simón, 2010

En Bolivia las regiones del Altiplano y de los Valles interandinos reciben una alta tasa de radiación solar; entre 5 y 6 kWh/m<sup>2</sup>día, dependiendo de la época del año. En la zona de los Llanos la tasa de radiación media se sitúa entre 4,5 y 5 kWh/m<sup>2</sup>día. Los altos valores de radiación solar en Bolivia se deben a la posición geográfica que tiene su territorio, el cual se encuentra en la zona tropical del Sur, entre los paralelos 11° y 22° Sur. Por ello la tasa de radiación entre la época de invierno y verano no representa diferencias que sobrepasen el 25%, a diferencia de otras regiones del globo que se encuentran en latitudes mayores. La presencia de la cordillera de los Andes modifica en alguna medida la radiación solar, beneficiando con una mayor tasa a las zonas altas como el Altiplano.

Los altos niveles de radiación solar, hacen que se el aprovechamiento de esta fuente de energía sea posible de realizar en prácticamente todo el territorio nacional.

### 3. COSTOS DE GENERACION DE ELECTRICIDAD

#### 3.1 Generación fotovoltaica aislada

Para el cálculo del costo de la electricidad fotovoltaica se ha asumido valores de radiación entre 4 y 8,5 kWh/m<sup>2</sup>/día con los cuales se ha estimado la producción de energía a nivel de uso final (considerando las pérdidas de almacenamiento y distribución) como se muestra en la Tab. 2.

La estructura de costos de la energía solar en sistemas fotovoltaicos aislados de potencia tipo de 55 Wp, el tamaño más difundido en Bolivia, (ENERGETICA, 2012) se calculó utilizando el método del costo anual equivalente (CAE) usando una tasa de descuento del 6% y los datos de vida útil de cada fabricante. En la configuración se respeta las normas bolivianas sobre tipo y calidad de materiales, equipos y accesorios expresada en la NB 1056.

Así se puede ver que el costo de la energía fotovoltaica estaría entre 1,79 \$US/kWh y 0,84 \$US/kWh (mientras que en 2009 se reportaba como costos entre 1,86 \$US/kWh y 0,84 \$US/kWh para rangos de radiación solar entre 4 y 8,5 kWh/m<sup>2</sup>/día. Si bien el costo por kWh producido es alto, comparando con la red eléctrica u otras opciones, en el caso de sistemas fotovoltaicos aislados, normalmente la comparación se realiza a nivel de inversión total; la extensión de las redes rurales tiene un costo de \$US 1.300 por conexión nueva (BID, 2011).

Tabla 2. Costos Típicos para un Sistema Fotovoltaico Doméstico del tipo 55 Wp. 2012

RUBROS	COSTO \$US	COSTO %	VIDA UTIL	CAE \$US/año
1 Panel de 55 Wp	201	25%	25	15,72
1 Bateria 100 Ah	170	22%	4	49,06
1 Regulador electrónico	40	5%	10	5,43
3 luminarias 11 Wp CFL	37	5%	4	10,68
Accesorios + cables	179	23%	10	24,32
Estructura y poste	54	7%	25	4,22
Transporte + instalación	100	13%	25	3,13
Total \$US	781	100%		117,26

Fuente: ENERGETICA. 2012

Un detalle importante, es ver que el módulo fotovoltaico ahora solamente representa un 25% del costo total del sistema; el siguiente rubro es accesorios y cables con un 23%; la batería significa un 22% de los costos totales. La electrónica (lámparas, reguladores) solamente representa un 10%, mientras que la parte metálica de estructura y poste es un 7%; el transporte y la instalación pueden llegar a ser un 13%.

El costo total del sistema como tal, no han sufrido variaciones desde el 2009, pues a pesar de una baja de precios en los módulos, los elementos de alto contenido metálico (cables, baterías, estructuras, postes metálicos, etc.), han sufrido un incremento importante que anula la baja de precios de los módulos. La variación del costo de energía fotovoltaica generada en sistemas aislados, respecto a los niveles de radiación solar existente en el país se muestra en la Fig. 4.

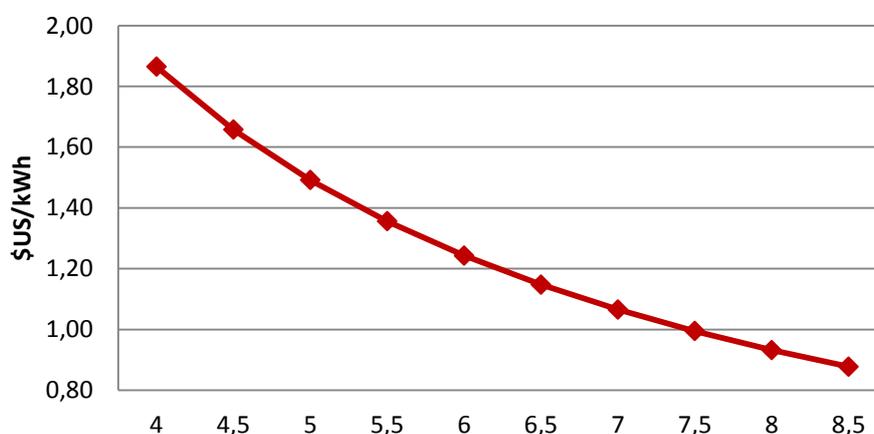


Figura 4 - Costos por kWh de uso final de un SHS 55 Wp en Bolivia. 2012

### 3.2. Generación fotovoltaica distribuida

El potencial solar en Bolivia para la generación de electricidad con sistemas fotovoltaicos es altamente ventajoso, por los altos niveles de intensidad existentes. Una instalación en La Paz es mucho más productiva que en otras partes del mundo (Tab. 3). Inclusive una planta fotovoltaica en el oriente boliviano, tendría un rendimiento similar a una planta en Sevilla – España, catalogada como una de las regiones con mayor potencial solar en Europa (ENERGETICA, 2011),

Tabla 3. Comparación de Producción de Electricidad con Generadores Fotovoltaicos: 1 kWp

CIUDAD	RADIACION MEDIA HORIZONTAL kWh/m2/día	GENERACION FOTOVOLTAICA MEDIA DIARIA kWh/kWp	PRODUCCION MEDIA ANUAL kWh/kWp (*)
La Paz – Bolivia	6,78	5,77	2104
Lima – Perú	5,84	4,87	1778
Sevilla – España	4,81	4,42	1612
Quito – Ecuador	5,06	4,11	1502
Belem – Brasil	5,02	4,09	1491
Lyon – Francia	3,31	2,95	1077
Munich Alem.	3,14	2,89	1054

Fuente: ENERGETICA, 2011

1 kWp en La Paz, rinde prácticamente el doble que una planta de la misma potencia en Alemania, más del doble que en Holanda y, en el caso de España, al menos 30% adicional.

En cuanto a los costos de implementación de estos generadores, la Tab. 4. muestra los costos de un generador fotovoltaico conectado a la red de 2,7 kWp actualizados al año 2012.

Tabla 4. Costos de un Generador Fotovoltaico Conectado a la Red 2,7 kWp. 2012

RUBROS	COSTO \$US	COSTO %	VIDA UTIL	CAE \$US/año
Paneles fotovoltaicos 2,7 kWp	8443	66%	25	337,71
Inversor	1875	15%	20	93,77
Estructura metálica	1287	10%	25	51,46
Instalación	1100	8%	25	44,00
Cables, conectores	135	1%	25	5,40
Total \$US	12.840	100%		532,34

Fuente: Elaboración propia

Para la estimación de los costos de los equipos necesarios para generar electricidad, se han utilizado precios de mercado de equipos puestos en Bolivia, incluidos los impuestos correspondientes, una tasa del 6% y el método del costo anual equivalente (CAE). En este caso, se puede observar que el mayor peso de la inversión se encuentra en los paneles fotovoltaicos, los mismos que representan el 66% de la inversión total.

En el cálculo del costo de producción, el mismo considera diferentes valores de radiación solar, que representan a diferentes lugares del país. Así, los rangos estudiados corresponden a intervalos de 0,5 kWh/m2/día, desde 4 kWh/m2/día, hasta 8,5 kWh/m2/día. La razón entre las diferentes cantidades de energía generada y los costos anuales equivalentes de los equipos necesarios, resultan en el costo de energía en dólares por kilowatt/hora. De esta manera, la Fig. 5 muestra los costos de producción calculados para el año 2009 y también para el año 2012.

Los costos de producción de electricidad al año 2012 estarían entre 0,16 \$US kWh para 4 kWh/m2/día; 0,10 \$US/kWh para 6,5 kWh/m2/día; y, de 0,07 \$US/kWh para 8,5 kWh/m2/día. Estos costos representan un 19% menos que en el año 2009.

Respecto a las tarifas eléctricas vigentes al consumidor final, en Bolivia en la categoría domiciliar está entre 7 y 10 centavos de dólar; en la categoría general se tienen tarifas entre 11,5 y 14,4 centavos de dólar en aquellos departamentos conectados al SIN; para sistemas aislados las tarifas eléctricas se encuentra entre 11,8 y 24 centavos de dólar (AE, 2011). Sin duda que los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, podrían desde ya tener oportunidades en estos casos.

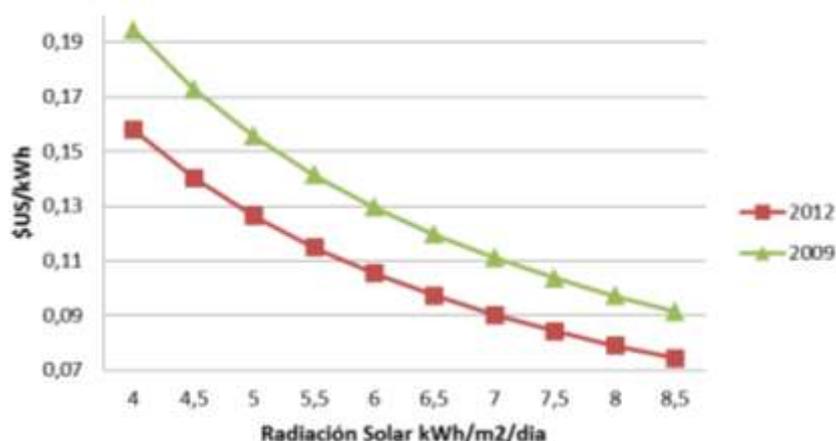


Figura 5 - Costos de producción de electricidad fotovoltaica. 2012  
Fuente: Elaboración propia en base a formato de ENERGETICA, 2011

#### 4. DESAFIOS EXISTENTES

De acuerdo a una estimación realizada por DANIDA – Niras (2011), se puede ver que, los sistemas fotovoltaicos aislados representan un potencial de suministro para al menos 200.000 familias, esto significa aproximadamente entre 10 MWp de potencia instalada. Por otro lado se ha estimado que los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, bajo conceptos de generación distribuida, pueden llegar a representar cerca de 105,1 MWp en las capitales de departamento.

En ese contexto, los desafíos existentes se pueden agrupar en los siguientes aspectos:

- A nivel de aplicaciones rurales aisladas, el principal problema sigue siendo el alto costo de inversión, y la baja capacidad de pago de los pobladores. En estos casos el financiamiento de los grandes proyectos se hace de uno por vez. Entonces, entre proyectos, se tienen baches de financiamiento. Estos baches impiden el desarrollo de acciones sostenidas y economías de escala. El modelo mixto de micro crédito y subsidio es relativamente exitoso, donde más requerimientos existen en la necesidad de fondos de subsidio. Los costos aún elevados de los sistemas impiden el desarrollo de un mercado puramente privado de sistemas fotovoltaicos. Los proyectos son poco flexibles en su alcance, y por los tiempos de trámite, las demandas se van desactualizando rápidamente, así que cuando llega la ejecución, muchas veces las áreas ya están atendidas con electricidad, y el mover los sistemas hacia otras áreas no es muy fácil.
- A nivel de aplicaciones urbanas, el problema se encuentra en que no se visualiza aún las ventajas de autogeneración de electricidad en relación a las tarifas eléctricas vigentes, una situación a cambiar en la medida que exista una rebaja en los precios de los módulos fotovoltaicos, o un incremento en las tarifas eléctricas.
- Cadena de Suministro. El modelo utilizado de electrificación rural con sistemas fotovoltaicos, en el cual el usuario final es responsable por la sostenibilidad del mismo, se requiere la conformación de una red de técnicos locales para el mantenimiento y reposición de partes, con un enfoque de micro empresas. No existen programas vigentes en este aspecto, aunque si experiencia positiva durante gestiones anteriores.
- Existen normas aprobadas y en vigencia para la instalación de sistemas fotovoltaicos (NB 1056) y otras normas específicas para los diferentes componentes de los sistemas, sin embargo, las Alcaldías están licitando pequeños proyectos, cada vez con mayor frecuencia, estas licitaciones no se ajustan a las normas existentes, por desconocimiento de los técnicos municipales que diseñan los proyectos, en perjuicio de preservar la calidad de equipos y la inversión estatal. Respecto a otro tipo de aplicaciones urbanas o interconectadas no existen normas al momento.
- Información – Tecnología. Para el desarrollo de otras aplicaciones fuera de la electrificación rural, existe desconocimiento de personal técnico de las entidades implementadoras de proyectos sobre dimensionamiento, requerimientos especiales y otros detalles. Esta situación es extensiva a las aplicaciones de bombeo de agua, cercos eléctricos, refrigeración fotovoltaica, donde adicionalmente no se conoce con claridad los costos y su comparación con alternativas tradicionales, mostrando la competitividad en el mediano plazo de los sistemas fotovoltaicos.
- Marco Legal. En cuanto a aplicaciones de tipo urbano, básicamente generadores pequeños (menos de 10 kWp) que apliquen el concepto de generación distribuida, existe una falta de normas técnicas para la conexión de estos sistemas a la red eléctrica de baja tensión. En general falta un marco legal para la interconexión de sistemas de este tipo, el régimen tarifario, o las reglas para el intercambio de energía que podría ser un aspecto más simple de implementar. En relación a aplicaciones de gran envergadura, como parques fotovoltaicos (más de 100 kWp) la situación es aún más crítica, ya que no existe un marco técnico y legal para su funcionamiento, con el añadido que aquí se debe trabajar además en aspectos relativos a despacho de carga, remuneración

diferenciada respecto a los precios de nodo y otras reglas respecto a la conexión en subestaciones, líneas de transmisión, etc. En el marco de la actual Ley de Electricidad 1604 de 1994, se observa que la misma se encuentra obsoleta en relación a la nueva configuración política del país y del sector. No refleja el alcance de la nueva Constitución Política del Estado y menos aún la política energética que se viene desarrollando que promueve el acceso universal y que prioriza los emprendimientos estatales, restringiendo la participación privada en el sector energético. Vistos los conceptos expresados en la nueva Constitución Política del Estado y la Ley de Autonomías, es necesario aclarar las competencias sobre electrificación rural y energías renovables a nivel central, departamental, municipal y de autonomías indígenas.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el contexto del sector energético boliviano y las reformas emprendidas, las fuentes renovables y la energía fotovoltaica deben ser priorizadas en su aplicación, dado el gran potencial solar existente en el país.

Los sistemas fotovoltaicos aislados seguirán siendo una solución para el área rural dispersa. Sin embargo a pesar de las caídas de precios en los módulos fotovoltaicos, estas no se reflejan en el usuario final, debido al incremento de precios de otros elementos que hacen al balance del sistema y a los costos de transporte e instalación, los mismos que se incrementan como consecuencia de la mayor dispersión de los usuarios. Entonces En ese sentido, el Estado deberá contemplar los recursos para el financiamiento de estos proyectos puesto que la población beneficiaria, dispone de una capacidad limitada de pago.

Por otro lado, es importante incorporar innovaciones tecnológicas en el SHS de manera que se pueda disminuir los costos de las baterías y de los accesorios, de manera que se pueda ofrecer un servicios similar, pero quizás con nueva tecnología donde se reflejen una disminución de costos. Estudiar las posibles aplicaciones de pico SHS podría ser una salida de primera mano.

Para la generación distribuida, aún no existe una normativa específica, pues la incorporación de las energías renovables presenta un desafío al manejo del Sistema Interconectado Nacional. Hasta el momento la experiencia local muestra que estos generadores fotovoltaicos de hasta 3 kWp pueden ser soportados adecuadamente por las redes locales, su perfil de producción se acopla a las demandas diurnas. En caso de una aplicación amplia de estos generadores, se debe considerar la capacidad del sistema de distribución de baja tensión para absorber la producción fotovoltaica; se debe definir el diseño futuro de redes de distribución de baja tensión donde se espera tener una contribución importante de energía fotovoltaica; cuidar la generación de armónicos; definir los requisitos técnicos para la interconexión de la red, que garanticen la seguridad del operador del sistema fotovoltaico y la fiabilidad de la red de distribución y también los aspecto contractuales y tarifarios.

Desde el punto de vista económico, sería importante el establecer un fondo para el financiamiento de proyectos de energía renovables de manera continua y estable, quizás con aportes en las tarifas de electricidad u otros aportes. También es posible plantear que parte de la renta del Gas Natural se invierta en Energías Renovables, o que se cree un fondo para energías sostenible. Es decir, que los recursos que llegan hoy por la exportación del GN, se conviertan en energía sostenibles para el mañana.

Mientras se desarrolla un mecanismo nacional, una reorientación parcial del uso de la renta del GN podría darse más fácilmente a nivel regional y municipal. Pensar entonces que, en el marco de las autonomías, Municipios y Prefecturas destinen un parte de los recursos del IDH para financiar energías renovables, podría ser una salida, mientras se instituye un gran fondo para el financiamiento de estas energías a nivel nacional.

Un nuevo proyecto de Ley de Electricidad debiera considerar nuevos escenarios, como por ejemplo el de la generación distribuida, incentivando la autogeneración y permitiendo vender los excedentes de energía, sin el límite actual vinculado al porcentaje del autoconsumo, y, sin tener que convertirse necesariamente en “agentes del mercado” (es decir empresas de generación). Más allá, debería permitirse la auto producción fuera del centro de consumo y, contra pago de los derechos de peaje, permitiendo la transmisión de la energía generada hasta el lugar de consumo.

Es importante que el ente encargado de la planificación del sector establezca metas anuales de inserción de las energías renovables y además, en el caso de eficiencia energética, se deberían metas de reducción de pérdidas tanto en generación, transmisión, distribución y usos finales.

Los recursos humanos que trabajan en esta área, siguen siendo exiguos en relación a los desafíos existentes. La barrera más grande para introducir las energías renovables son los preconceptos de profesionales y tomadores de decisiones que las desestiman por falta de información y conocimiento.

Considerando que es importante una masa crítica de profesionales en energías renovables, se debería explicitar la posibilidad de apoyo a la formación de RRHH en el campo de las energías renovables.

## REFERENCIAS

- A.E., 2008. Plan Estratégico Institucional 2009 - 2014. La Paz, Bolivia.
- A.E., 2011. Memoria Anual del Sector Eléctrico 2010. La Paz, Bolivia.
- Cedla, 2010. Rol e impacto socio económico de las energías renovables en el área rural de Bolivia”. Plataforma BID, 2011. Programa de Electrificación Rural para Bolivia.
- DANIDA, Niras, 2011. Diagnóstico Inicial para la Elaboración del Plan Estratégico de Desarrollo de las Energías Alternativas en Bolivia. Vice Ministerio de Electricidad y Energías Alternativas. La Paz, Bolivia.

- Energetica, 2010. Costos de la energía renovable en sistemas aislados. Cochabamba, Bolivia.
- Energetica, 2011. Generadores Fotovoltaicos Conectados a la Red. Potencial en Bolivia. Cochabamba, Bolivia.
- UCB – Jelare, 2011. Marco Político Legal y Regulatorio para la Electrificación con Energías Renovables en Bolivia. Energetica – UCB Jelare. La Paz, Bolivia.
- Lidema, 2011. Estado Ambiental de Bolivia 2010. La Paz. Bolivia.
- MEH, 1990. Planificación Energética Rural para Bolivia G. Ruths. La Paz, Bolivia.
- Universidad Mayor de San Simón, 2010. Mapa Solar. Proyecto de Energía Solar. Cochabamba, Bolivia.
- VMEEA. MHE, 2009. Plan Energético Nacional 2009 – 2014. La Paz, Bolivia.
- WWF-Energetica 2010. Diagnóstico y Desafíos del Sector Energético Boliviano. La Paz, Bolivia.

Cochabamba, Abril 2012

## **COST OF PHOTOVOLTAIC ELECTRICITY GENERATION IN BOLIVIA AND BARRIERS FOR EXPANSION**

**Abstract:** *The objective of this paper is to present a rapid assessment of costs of photovoltaic power generation, for isolated systems and connected systems to the network and analyze the barriers hampering their expansion in the rural and urban areas of Bolivia. Methodologically shows the context of the Bolivian electricity sector, its composition and estimates of growth, urban and rural coverage, and the presumed involvement for renewables in the energy matrix. We analyze the potential of solar radiation available for the country, the product of a research project of the Universidad Mayor de San Simon, which uses models with satellite databases and corroborated by spot measurements in different parts of the country. With this information we calculate the electricity generation alone PV systems and power generation for a grid network of 2.7 kWp. Using information from the latest tenders held in Bolivia in 2012, is structured base price of equipment, which allows calculating the cost of photovoltaic electricity at different scales and scenarios and comparison with current electric tariffs. A brief inventory of the main barriers to the expansion of PV, after an analysis of legal and regulatory framework proposes a series of recommendations, which could motivate the introduction of PV installations massively in both isolated and interconnected to the network. Finally the paper concludes that, given the importance of photovoltaic in the urban and rural Bolivia is important to work on regulatory schemes, legal and financial resources to enable the expansion of this technology in a sustainable manner, without neglecting the need for training resources trained human in this area.*

**Key words:** *Photovoltaic systems, photovoltaic generation, photovoltaic electricity costs*