

Análisis técnico y financiero de grid parity residencial con fuente de energía solar

Julio Barzola¹, Luca Rubini²

Fecha de recepción:

22 de mayo, 2015

Fecha de aprobación:

22 de junio, 2015

Resumen

Ecuador, debido a su ubicación geográfica, cuenta con irradiación solar de adecuada intensidad y duración para aplicaciones energéticas. Esta energía puede ser aprovechada para la producción de energía eléctrica a nivel residencial e industrial resultando ser, bajo ciertas condiciones, más económica que la consumida desde la red eléctrica nacional. En este artículo, con base a los resultados obtenidos usando RETScreen, se muestran las características que deberán tener el sistema fotovoltaico residencial, su producción eléctrica y análisis económico para el retorno de la inversión inicial. Tres hipótesis son planteadas tomando en consideración: un net-metering con la empresa eléctrica de distribución, el consumo eléctrico medio mensual de clientes residenciales en la ciudad de Guayaquil, y la irradiación solar de la localidad. Además, para los cálculos de simulación se toma en cuenta un costo menor de cada kWh producido por el sistema fotovoltaico en referencia al ofertado por la empresa de distribución eléctrica y así analizar la factibilidad económica de la Grid Parity en la ciudad de estudio.

Palabras Clave: Análisis Económico, Atlas Solar del Ecuador, Grid Parity, Net-metering.

Abstract

Ecuador due to geographical location, it has a very good insolation in intensity and duration. This energy can be harnessed to produce electricity for home and industries. In fact, this kind of energy could be more economical than traditionally consumed from the national grid. This article using Retscreen it shows a simulation of the characteristics that should be have the residential PV system, the electricity production and economic analysis for the return of the initial investment considering each hypothesis a net-metering with the distribution utility, the electricity consumption average per month residential in the Guayaquil city residential customers and solar insolation of the town. Furthermore, in the analysis and calculations were assumed a lower cost of each kWh produced by the PV system in order to compare the costs with the traditional electricity company and thus analyse the feasibility's Grid Parity in the city study.

Keyword: Economical Analysis, Solar Atlas of Ecuador, Grid Parity, Net-metering.

¹Máster en Eficiencia Energética y fuentes de Energías Renovables – Universidad de Roma “Sapienza”, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones - Espol, Profesor e investigador -DICTI Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE. Autor para correspondencia: jbarzola@ulvr.edu.ec

²Ph.D en Energías, Ingeniero Mecánico, Profesor en el Departamento de Ingeniería Mecánica y Aeroespacial – Universidad de Roma “Sapienza”, Responsable científico Master EFER, Consejero ISES – Italia (International Solar Energy Society).

Introducción

Grid Parity (GP) es un término que se ha venido difundiendo los últimos cinco años debido a la tendencia económica a la disminución entre los precios de la energía eléctrica que provienen de fuentes convencionales y aquellas provenientes de Fuentes de Energía Renovable (FER).

La aplicabilidad de GP depende básicamente de tres parámetros: la irradiación solar, el precio de la electricidad en el lugar de estudio y el costo de los sistemas fotovoltaicos (SF). Estos ayudarán a optimizar el modelo matemático GP expresado en función del Costo Nivelado de la Electricidad, LCOE (por sus siglas en inglés).

La clave está en reducir costos y aumentar ingresos, la ecuación (1) muestra en el numerador todos los costos anuales asociados en la adquisición y mantenimiento del SF, mientras que el denominador denota la generación anual de electricidad a partir de FER. Un análisis dimensional muestra que en la mencionada ecuación se obtienen valores de unidad monetaria por cada kilowatt hora [\$/kWh].

Si el costo de cada kWh obtenido en (1) es más rentable comparado con el costo final de cada kWh ofertado por la empresa eléctrica de distribución local, entonces se logra la GP durante el tiempo de vida del SF (Breyer, Gerlach, Mueller, Behacker y Milner, 2008; Delfanti, Olivieri y Turturro, 2013)

$$LCOE = \frac{cfr \cdot CapEx + O \& M}{E_{net}} \quad (1)$$

$$cfr = \frac{WACC \cdot (1 + WACC)^N}{(1 + WACC)^N - 1} + k_{ins} \quad (2)$$

$$WACC = \frac{E}{E + D} \cdot k_E + \frac{D}{E + D} \cdot k_D \quad (3)$$

Donde cada sigla representa las siguientes cantidades:

CapEx: gastos de capital.

O&M: costo de mantenimiento y operación anual.

Enet: rendimiento neto de energía eléctrica.

cfr: factor de anualidad.

WACC: Promedio ponderado del Costo de Capital.

N: Tiempo de vida del Sistema Fotovoltaico (SF).

Kins: Costo anual del seguro en porcentaje del CapEx.

E: capital aportado por los accionistas.

D: deuda financiera contraída.

KE: costo de retorno E.

KD: costo de deuda.

En un reporte realizado por Eclareon (2014) que analiza la actual factibilidad de la Grid Parity para producción eléctrica a gran escala, con un SF cuya potencia es de 50 MW; dicho estudio muestra un análisis en seis países: Chile, Italia, México, Marruecos, Turquía y EEUU. Concluyendo que en Chile es posible la GP a grande escala y sin incentivos estatales, debido al alto costo local de la electricidad y la excelente irradiación solar en este país. Por otra parte, los que están próximos a lograr este tipo de GP son Marruecos, Italia y México, no obstante, dependerá de la evolución del costo de la electricidad y de las normativas locales de cada una de estas naciones.

Sin embargo, el objetivo principal del presente artículo es demostrar la factibilidad de instalar un SF a nivel residencial en

la ciudad de Guayaquil para lograr una GP, considerando los tres parámetros anteriormente ya mencionados.

Para este fin se plantean las siguientes hipótesis:

- Hipótesis 1: Considerar la factibilidad actual de un SF en el umbral de precios de la electricidad. Cuando el precio de electricidad a partir del SF sea igual al precio ofertado por la empresa de distribución local.
- Hipótesis 2: Analizar económicamente la factibilidad actual de un SF cuyo costo de producción de un kWh sea igual a 9 ¢ de dólar, es decir, menor al precio referencial de la empresa distribuidora local, además de considerar un incentivo estatal inicial del 40% del valor total del SF.
- Hipótesis 3: Analizar económicamente la factibilidad actual de un SF cuyo costo de producción de un kWh sea igual a 9 ¢ de dólar, es decir, menor al precio referencial de la empresa distribuidora local. Se considera un incentivo estatal por cada kWh sobrante que sea almacenado en las líneas de transmisión luego del respectivo autoconsumo residencial. Se toma en cuenta el mismo precio de licitación para empresas, 40.3 ¢USD/kWh.
- Precio de la electricidad: Se ha revisado el último informe estadístico de electricidad y referenciado el precio de cada kWh en Guayaquil, así como el consumo medio mensual para el análisis de la simulación.
- Cotizaciones: Se ha cotizado a nivel nacional de SF que incluye su instalación y puesta en operación.
- Para las simulaciones se ha considerado un net metering, es decir, en tiempo de sobreproducción se utiliza las líneas de distribución eléctrica como un dispositivo de almacenamiento.
- Se ha dimensionado un SF, con una potencia mayor a la requerida con la finalidad de que se garantice el promedio de consumos eléctricos de una familia en la ciudad de estudio. Al excedente de energía que no se autoconsume se le aplicará net metering.
- Se analiza la factibilidad económica de cada una de las hipótesis planteadas con ayuda de las simulaciones ejecutadas en RETScreen.

Metodología

Para lograr el objetivo planteado se han realizado las siguientes actividades:

- Irradiación solar: Se han considerado dos fuentes meteorológicas, una del tipo in situ registrada por la estación meteorológica del Laboratorio de Fuentes Renovables de Energías – Espol (FREE-ESPOL) y otra de la base de datos RETScreen.
- FREE-ESPOL cuya estación meteorológica registró mediciones cada 10 minutos durante todo el 2013, en el Campus Gustavo Galindo.

Resultados

Irradiación solar de Guayaquil.

En el análisis de Barzola (2014) muestra que el promedio de la duración de los días en la ciudad de Guayaquil son más estables con respecto a la media (12 horas), es decir, con poca dispersión en comparación con una ciudad ubicada en Europa.

La Figura 1 muestra el contraste de la irradiación promedio mensual en la ciudad de Guayaquil a partir de dos fuentes:

- FREE-ESPOL cuya estación meteorológica registró mediciones cada 10 minutos durante todo el 2013, en el Campus Gustavo Galindo.

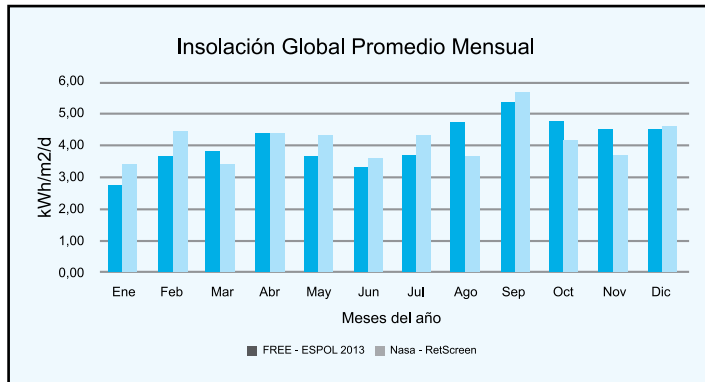


Figura 1. Contraste entre dos fuentes de media mensual de irradiación solar global en Guayaquil.

- RETScreen, proyecto canadiense que cuenta con una base de datos de principales estaciones meteorológicas de aeropuertos, NASA y otros.

Precio de Electricidad en Guayaquil

El precio medio de cada kWh en la ciudad de Guayaquil según el último informe de las estadísticas del sector eléctrico (Conelec, 2015) es presentado en la figura 2.

Por otra parte, la tendencia promedio del consumo medio mensual en la ciudad de Guayaquil en los últimos 10 años es mostrada en la figura 3.

Costo de los SF

Según el último reporte 2014 del Departamento de Energía de los Estados Unidos (SunShot, 2014) existe una tendencia a la baja del precio de un SF en USA. En el periodo 2012–2013 se ha reportado una disminución entre el 12 y 15%. En el 2013, a nivel residencial, se reportó un valor de \$4.69 por cada vatio instalado de un SF. Por otra parte, según la modelación en este reporte justifica la variación de precios con otros países, por ejemplo, más económico para el caso alemán, debido a la incidencia del costo tanto del software y puesta en marcha; ya que el costo del hardware en ambos y

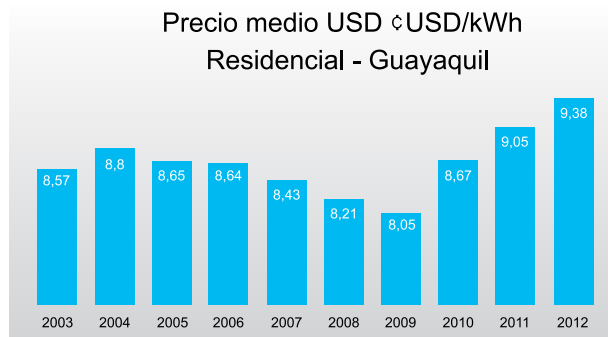


Figura 2. Evolución de los precios de electricidad en la ciudad de Guayaquil en el decenio 2003-2012.

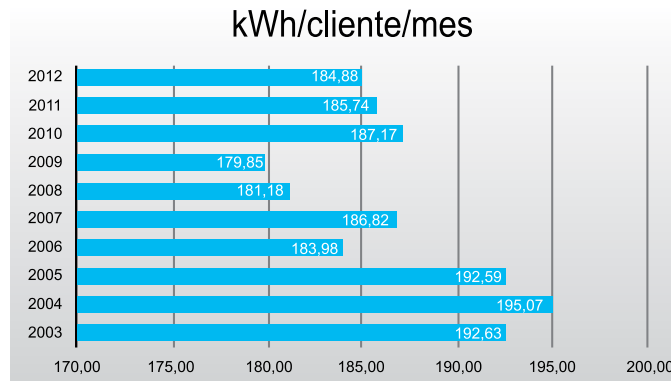


Figura 3. Promedio mensual de consumos kWh en la ciudad de Guayaquil en el decenio 2003-2012

otros países es similar. Adicionalmente, las proyecciones indican que el precio de estos sistemas a nivel residencial continuará a la baja, según se muestra en la figura 4.

Simulaciones con RETScreen del SF

En cada una de las siguientes hipótesis se ha considerado un consumo promedio mensual en Guayaquil de 184.88 kWh y el precio medio de cada kWh, comprado a la empresa distribuidora, de 9.38¢. Además, se ha referenciado la tasa promedio anual de inflación 2014 en 3.7% (BCE, 2015). También se ha considerado un costo anual de prima de un seguro por mantenimiento de

50 USD. El costo del SF puesta en marcha según cotización nacional es de 13345 USD. Se asumió el tiempo de vida del proyecto igual al de los paneles solares, es decir, 25 años.

Las principales características del SF que garantiza la producción demandada a nivel residencial son: 14 paneles solares monocromáticos de 215 w cada uno, potencia total nominal de 3.01 kWp; un inversor de 3kW; con una inclinación de 5°, estructura fija; el SF ocupará un área de 17 m²; producción mensual promedio 299.3 kWh y acumulado anual 3592 kWh.

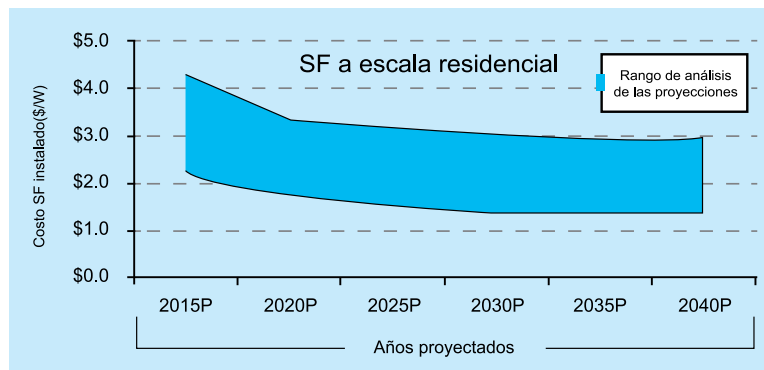


Figura 4. Tendencia en la proyección de precios por cada vatio instalado de SF (SunShot, 2014)

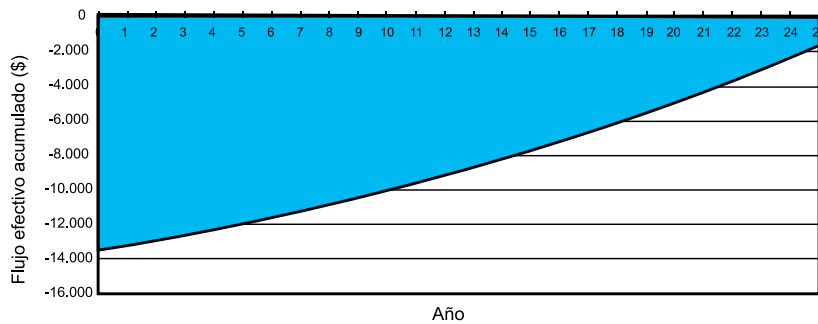


Figura 5. Flujo de caja acumulado de la viabilidad financiera para la hipótesis 1

Hipótesis 1:

Los resultados de la simulación muestran una Tasa Interna de Retorno (TIR) negativa igual a -0.8%. El pago simple de retorno de capital es de 46.9 años, y el repago del capital es mayor a la vida del proyecto. La figura 5 muestra el flujo de caja acumulado de esta hipótesis.

Hipótesis 2:

Los resultados de la simulación muestran una Tasa Interna de Retorno (TIR) positiva del 3%. El pago simple de retorno de capital es de 27.2 años, y el repago del capital es de 18.7 años. La figura 6 muestra el flujo de caja acumulado de esta hipótesis.

Hipótesis 3:

Los resultados de la simulación muestran una Tasa Interna de Retorno positiva del 7.7%. El pago simple de retorno de capital es de 15.8 años. Y el repago del capital es de 12.3 años. La figura 7 muestra el flujo de caja acumulado de esta hipótesis.

Discusión

Irradiación solar de Guayaquil

En la figura 1 se evidencia un adecuado nivel de irradiación solar global en Guayaquil, y ambas fuentes presentan una similar tendencia, de ahí que se ha utilizado la base de datos de RETScreen para la aproximación

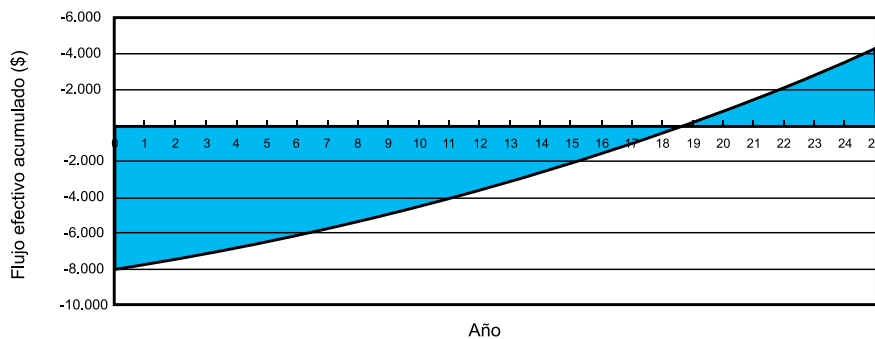


Figura 6. Flujo de caja acumulado de la viabilidad financiera para la hipótesis 2

de las simulaciones. El mes con mayor potencial energético es septiembre, que sobrepasa los 5 kWh/m² diariamente. Mientras que el más bajo es enero, que está cercano a los 3 kWh/m² por día.

Precio de la electricidad en Guayaquil

A nivel nacional, Guayaquil es la ciudad en la que se consume más energía eléctrica debido a su ubicación geográfica costera y a las actividades industriales que se efectúan. A pesar de que en los últimos años se ha tenido un incremento en el precio de cada kWh a nivel residencial, sigue siendo su costo económico inferior en comparación de otras ciudades de la región sudamericana.

Simulaciones con RETScreen del SF

De las tres hipótesis planteadas, la tercera presenta un mejor retorno económico como se muestra en la figura 7. No obstante, se requiere de un incentivo estatal por cada kWh depositado en las líneas de distribución que ayudará al pago de la inversión inicial. La segunda hipótesis presenta una TIR positiva pero poco llamativa desde el punto de vista financiero ya que está por debajo del valor de la inflación. Y por último, la primera hipótesis considera un precio de

electricidad de FER igual al que es ofertado por la empresa eléctrica de distribución; dándonos como resultado de la simulación una TIR negativa y por ende no factible.

Conclusiones

De las simulaciones expuestas notamos que la GP no es todavía factible en Guayaquil. Esto se debe principalmente al bajo costo del kWh de electricidad y la poca difusión de los SF a nivel residencial en el Ecuador.

Por otra parte, de existir un incentivo estatal se podría mejorar el escenario como lo notamos en las hipótesis 2 y 3, además de que con la difusión de SF ayudaría a disminuir el costo de inversión inicial ofertado por las empresas locales en libre mercado.

También es eminente una normativa que regule la conexión del SF a las líneas de distribución, para evitar problemas de inestabilidad en el sistema nacional (interconectado).

Los análisis de este trabajo pueden ser replicados en otras ciudades del país que cuentan con mayor irradiación solar según el mapa solar (Conelec, 2015), con lo cual el número de paneles disminuiría y la inversión inicial se vería reducida.

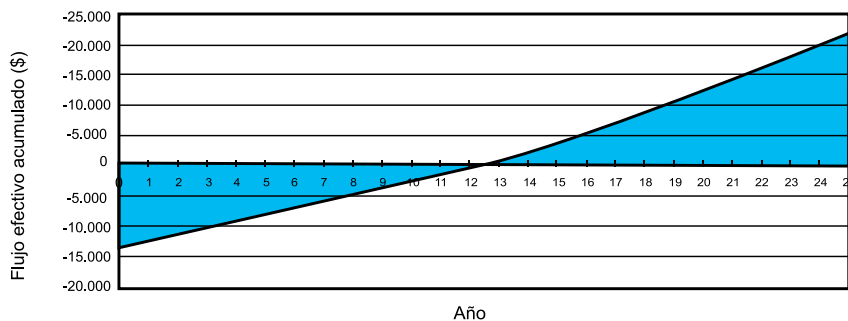


Figura 7. Flujo de caja acumulado de la viabilidad financiera para la hipótesis 3

Referencias

- Barzola, J. (2014). ¿Es posible la Grid Parity en Ecuador? *RTE*, 27(1), 30-39.
- Banco Central del Ecuador. (2015). *Inflación mensual y anual*. Recuperado de <http://www.bce.fin.ec/>
- Breyer, Ch., Gerlach, A., Mueller, J., Behacker, H., y Milner, A. (2008). *Grid-parity análisis for EU and US regions and market segments-dynamics of grid-parity and dependence on solar irradiance, local electricity prices and pv progress ratio*. Proc EUPVSEC, 4492-4500.
- Conelec. (2015). *Reporte estadístico de energía eléctrica*. Recuperado de <http://www.conelec.gob.ec/>
- Delfanti, M., Olivieri, V. y Turturro, G. (2013). *Reaching PV grid parity: LCOE análisis for the Italian Framework*, Proc CIRE, 10-13. Doi:10.1049/cp.2013.1268
- Eclareon. (2014). *PV Grid Parity Monitor*. Recuperado de <http://www.eclareon.com/es/gpm>
- SunShot. (2014). *PV System Pricing Trends*. Recuperado de <http://www.nrel.gov/docs/fy14osti/62558.pdf>

Para citar este artículo utilice el siguiente formato:

Barzola, J. y Rubini, L. (junio de 2015). Análisis técnico y financiero de grid parity residencial con fuente de energía solar. *YACHANA, Revista Científica*, 4(1), 11-18.