

¿Es posible la Grid Parity en Ecuador?

Julio Barzola^a

^a Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Km. 30.5 Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador
jjbarzol@espol.edu.ec

Resumen

Ecuador debido a su ubicación geográfica cuenta con una irradiación solar de muy buena intensidad y duración. Ésta podría ser aprovechada a nivel residencial para la producción de energía eléctrica de autoconsumo sin incentivo o subsidio estatal.

El presente artículo desarrollará una simulación con RESTScreen para un sistema fotovoltaico, su producción eléctrica y análisis económico para el retorno de la inversión inicial considerando un consumo eléctrico medio mensual de clientes residenciales en la Guayaquil y la insolación solar de la localidad.

Entre las 3 fuentes consideradas para la irradiación solar consta aquella de la estación meteorológica del Laboratorio de Fuentes Renovables de Energías Espol.

Se asume un menor costo para el kWh producido por el sistema fotovoltaico para compararlo con el distribuido en la red nacional para clientes residenciales y así analizar junto con otros parámetros la viabilidad de la Grid Parity en la ciudad de estudio y país.

Palabras Clave: Grid Parity, Net-metering, Atlas Solar del Ecuador, Peak shaving.

1 Introducción

La Grid parity es un concepto actualmente muy difundido en Europa, surge cuando los precios de energía eléctrica producidos a partir de fuentes renovables son más rentables en comparación de aquellos adquiridos en la red eléctrica nacional [1].

Un caso de estudio de la Solar Energy Report publicado en abril 2013 muestra que en el sur de Italia que es la zona con mayor irradiación solar de este país con 1400 kWh/kW_p ya es posible considerar la grid parity de una instalación de 3 kW de potencia para el consumo de una familia de 4 personas cuyo consumo medio anual es de 3000 kWh. El valor de 1 kW de potencia ya instalada por las empresas de este sector están entorno a los 2300 euros según información a marzo 2013.

Con grid parity la finalidad ya no es enfocado en buscar un flujo financiero – económico de utilidad al recibir un incentivo estatal por cada kWh producido con esta fuente energética, sino la de invertir avisando un ahorro económico debido a la autoproducción y la minimización del consumo de la red eléctrica nacional cuya energía proviene de fuentes tradicionales y de la importación de otros países.

Por otra parte, esto ayudaría en un futuro tener un entorno distribuido en el que cada residencia podría tener su mini central de generación de autoconsumo energético y que utilizaría la red eléctrica nacional sólo en caso de exceso de producción o para

completar consumo debido a un mal tiempo u ausencia de sol. De esta manera se minimizaría la construcción de grandes instalaciones de generación eléctrica cuya energía debe ser transportada por cientos de kilómetros hasta el arribo del abonado.

Por otra parte, los componentes de un sistema fotovoltaico están bajando de precio sobre todo el principal y de mayor costo como son los paneles fotovoltaicos que ayudará evidentemente en el análisis económico para la viabilidad del la grid parity [2].

2 Objetivos.

El objetivo macro es demostrar la viabilidad o no de una una instalación fotovoltaica en la ciudad de Guayaquil recuperando la inversión mediante el ahorro económico en la planilla de energía eléctrica y considerando una TIR – Tasa Interna de Retorno mayor a cero durante 30 años.

Un objetivo secundario será la determinación de la duración de los días solares en Guayaquil y un contraste con una ciudad europea.

Finalmente con ayuda del Atlas Solar del Ecuador [3], las mediciones de la estación meteorológica del Laboratorio de Fuentes Renovables de Energías Espol [4] y los datos de la NASA utilizados por el proyecto RETScreen [5] evidenciar los altos valores de insolación solar presente en esta ciudad y todo el Ecuador.

3 Metodología.

Seguiremos los siguientes pasos para lograr el objetivo principal de este estudio de la viabilidad de la grid parity.

3.1 Duración solar e irradiación solar en el lugar.

Se entiende por duración solar el tiempo en horas que el sol hace su recorrido en el horizonte de un día. Esta duración depende de la latitud (φ) de lugar y de la declinación solar (δ).

La *latitud* se la mide en grados respecto al ecuador $\varphi = 0^\circ$, en el polo norte $\varphi = 90^\circ$ o $\varphi = 90^\circ N$, en el polo sur $\varphi = -90^\circ$ o $\varphi = 90^\circ S$.

Notese que los grados serán negativos en ubicaciones geográficas hacia el sur y positivos hacia el norte. Nuestro caso de estudio en Guayaquil será en la latitud $\varphi = 2,25^\circ S$.

La *declinación solar* δ es el ángulo formado entre el plano ecuatorial y los rayos que proceden del sol. Durante el movimiento de traslación la Tierra forma una inclinación fija de $23^\circ 27'$ entre el plano ecuatorial y el plano de la elíptica. De ahí que, δ oscila a lo largo del año solar entre $+23^\circ 27'$ en el solsticio de junio y $-23^\circ 27'$ en el solsticio de diciembre. Cada día del año tiene su respectivo valor de δ . En la tabla 1 se muestra los valores máximos y mínimos de δ en la latitud norte [6].

Equinoccio de primavera	21 de marzo	$\delta = 0^\circ$
Solsticio de verano	21 de junio	$\delta = +23^\circ 27'$
Equinoccio de otoño	21 de septiembre	$\delta = 0^\circ$
Solsticio de invierno	21 de diciembre	$\delta = -23^\circ 27'$

Tabla 1: Valores de δ mínimo y máximos.

Se puede calcular el valor de δ de cada día de año mediante la siguiente ecuación:

$$\delta = 23,45 \operatorname{Sen} \left[360 \left(\frac{284+n}{365} \right) \right] \quad (1)$$

Donde n es el número de día en el año.

Al conocerse la latitud del lugar de estudio y la declinación solar durante los 365 días del año, se puede calcular la duración del día mediante la siguiente ecuación:

$$\operatorname{Cos} \omega_a = -\tan \delta \tan \varphi \quad (2)$$

Donde ω_a es el arco medido en grados desde el orto (amanecer) en el Este hasta el ocaso (puesta del sol) en el Oeste. También se lo denomina como Angulo Horario, toma el valor 0 al medio día, valores positivo en horas de las tarde y negativos en horas de la mañana.

La duración de un día se lo calcula mediante la ecuación [6]:

$$N = \frac{2\omega_a}{15(\text{horas})} \quad (3)$$

Utilizando las ecuaciones (1) (2) (3) y considerando una latitud al interior del Campus Gustavo Galindo en Guayaquil con $\varphi = 2,25^\circ S$ se obtiene el siguiente gráfico donde se puede notar que en promedio los días mas largos en esta localidad se da durante el mes de diciembre y los días mas cortos se dan durante el mes de junio.

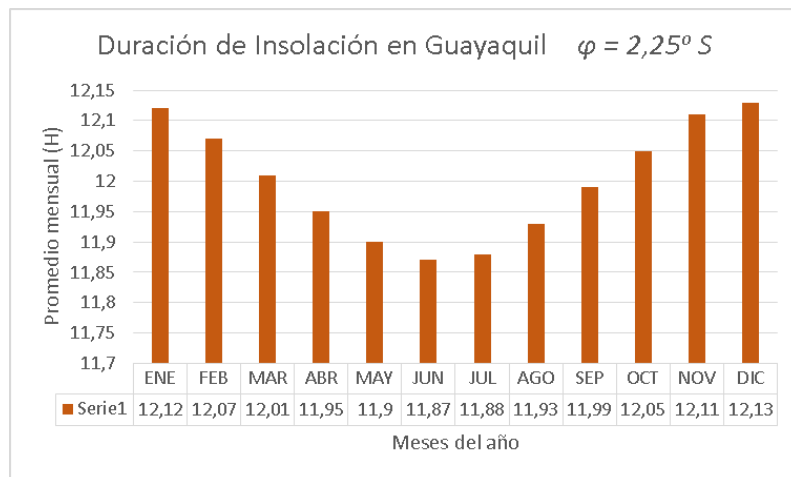


Fig. 1. Media mensual de la duración de los días en Guayaquil

Si quisieramos contractar la duración de los días con una localidad Europea, en el caso de Roma que se encuentra a una latitud $\varphi = 42^\circ N$, notamos que en promedio los días mas largos en esta localidad se da durante el mes de junio y los días mas cortos se dan durante el mes de diciembre.

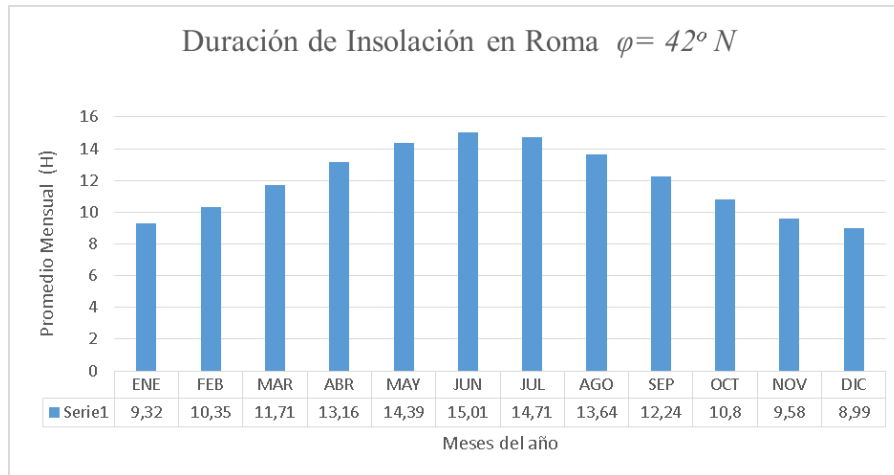


Fig. 2. Media mensual de la duración de los días en Roma

De las figuras 2 y 3 notamos que en Guayaquil la duración de los días son más estables en torno al promedio presentando una poca dispersión cuya varianza es de 0,0091 mientras que en Roma hay días demasiados cortos en invierno y demasiados largos en verano en torno al promedio, de ahí que hay una mayor dispersión cuya varianza es de 4,78.

En lo que se refiere a la irradiación solar se han considerado tres fuentes a analizar como se muestra en la figura 3.

Serie 1: Insolación global del 2009, cuyas mediciones se hicieron cada 10 minutos durante todo el año en la Estación meteorológica del Laboratorio de Fuentes Renovables de Energias Espol en Guayaquil[4].

Serie 2: Insolación global promedio mensual del Ecuador[3].

Serie 3: La insolación global promedio mensual de Guayaquil calculada por el proyecto canadiense ReTScreen cuyas bases de datos son principalmente de la NASA[5].

Cabe señalar que las tres fuentes anteriores han considerado una superficie plana, no obstante, con la inclinación de la superficie irradiada y cielo despejado se logra una mayor intensidad de insolación [6].

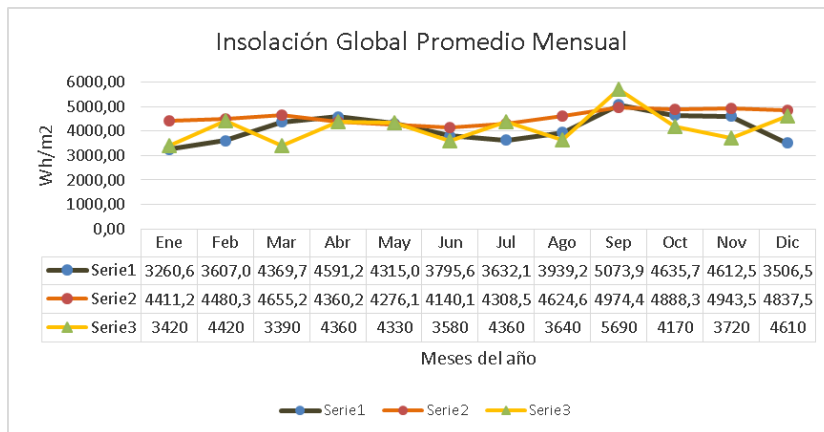


Fig. 3. Media mensual de irradiación solar de Ecuador (serie 2) y Guayaquil (serie 1 y 3) de tres diferentes fuentes.

3.2 Cálculo medio del consumo de una hogar en Guayaquil.

Según las estadísticas del sector eléctrico ecuatoriano del año 2011[7] el precio medio del kWh es de 7,97 centésimos de dólares para clientes regulados. A nivel residencial la tarifa promedio nacional es 9,42 c/kWh. En Guayaquil el precio del kWh a nivel residencial fue de 8,27 c/kWh [8].

En lo que refiere a consumo eléctrico de clientes residenciales según estadísticas del sector eléctrico ecuatoriano 2011 el promedio mensual fue de 121,31 kWh[7]. En Guayaquil el consumo promedio mensual de clientes residenciales fue de 187,17 kWh [8].

La figura 4 muestra los GWh facturados durante el 2011 en cada mes con su respectivo precio medio. El mes de mayor demanda energética fue diciembre con una facturación de 1285 GWh.

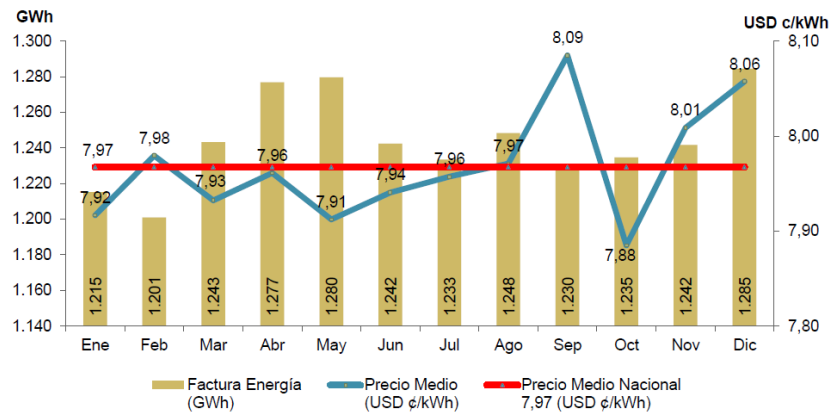


Fig. 4. Facturación de energía y precio medio mensual a clientes finales en los sistemas de distribución [7].

Si el consumo medio mensual a clientes residencial en Guayaquil es de 187,17 kWh, con la finalidad de tener una idea de las cargas que podrían abarcar este consumo, la tabla 2 se ha construido con un instructivo de servicio de la empresa eléctrica de Guayaquil para el consumo de una familia de 3 integrantes [9].

Artefacto o equipo	Cantidad	Potencia unitaria (W)	Potencia total (W)	Potencia total (kW)	Horas de uso por día	Consumo kWh/día	Días de uso por mes	consumo kWh/mes	Porcentaje consumo %
Foco ahorrador	7	23	161	0,161	6	0,97	30	28,98	15,36
Equipo de computo	1	300	300	0,3	4	1,20	30	36	19,08
Televisor 13 -17 pulg.	1	60	60	0,06	6	0,36	30	10,8	5,73
Equipo de sonido	1	50	50	0,05	4	0,20	30	6	3,18
Licudadora	1	400	400	0,4	0,17	0,07	30	2,04	1,08
Homo Microondas	1	1200	1200	1,2	0,25	0,30	30	9	4,77
Plancha	1	1000	1000	1	3	3,00	4	12	6,36
Lavadora de Ropa	1	550	550	0,55	4	2,20	8	17,6	9,33
Bomba de agua 1/2 HP	1	400	400	0,4	0,33	0,13	30	3,96	2,10
Refrigerador (11-12 pies)	1	250	250	0,25	8	2,00	30	60	31,81
Ventilador de mesa	1	25	25	0,025	3	0,08	30	2,25	1,19
						10,50		188,63	

Tabla 2: Estimación de cargas del consumo eléctrico medio mensual de Guayaquil

4 Analisis de la viabilidad Grid Parity.

Con la información de las secciones anteriores y con ayuda de un software facilitado por el proyecto RETScreen, se desarrollará un análisis del sistema eléctrico de potencia y del financiero. Pero antes revisemos el concepto net-metering que ha sido utilizado para nuestro análisis.

4.1 El net-metering y su utilización.

Al tener una instalación fotovoltaica la producción energética a régimen se la tendrá durante las horas solares. Esta energía producida en el día puede utilizarse como

consumo diurno de las cargas de una residencia, sin necesidad de utilizar la energía de la red eléctrica externa tradicional.

No obstante, durante el día a nivel residencial no es tan alto el consumo eléctrico en comparación de aquel demandado durante la noche; de ahí que, se puede tener una sobreproducción de energía eléctrica del sistema fotovoltaico durante el día y sería necesario almacenar esos kWh para utilizarlos durante la noche.

En Italia y países europeos donde se está difundiendo la utilización de las energías renovables se está utilizando la red eléctrica tradicional para almacenar estos kWh de sobreproducción, el cual se lo denomina como *net-metering*.

La empresa eléctrica local instala un segundo contador para contabilizar la los kWh que están siendo depositados en la red eléctrica. Estos kWh almacenados en la red son considerados como créditos para el cliente residencial. El cliente al no ser capaz de producir energía con el sistema fotovoltaico durante la noche, tendrá que utilizar normalmente la energía de la red eléctrica externa. Al final del mes en la planilla eléctrica aparece el desglose de consumo-almacenamiento en la red y el cliente según sus créditos puede liquidar el valor de los kWh utilizados en la red con los autoproducidos; hasta podría tener créditos a favor para el próximo mes. [10]

4.2 Información del proyecto.

Para este análisis se ha considerado la base de datos de NASA utilizado por RETScreen y que se aproxima a los datos obtenidos por la estación meteorológica de FREE – ESPOL, los cuales se evidencian en la figura 4.

Como referencia se ha considerado el consumo medio mensual de clientes residencial en Guayaquil que es 187,17 kWh, es decir un consumo medio anual acumulativo de 2246,04 kWh.

El precio del kWh a nivel residencial de Guayaquil es de 8,27 c/kWh, para el proyecto se ha considerado un valor de 8 c/kWh y cumplir con la grid parity de que el precio del kWh de fuente renovable sea menor que aquel kWh de fuentes tradicionales.

Como precio referencial en Italia a marzo 2013 de una instalación fotovoltaica con todos sus componentes y lista para funcionar; el valor de 2300 euros [1] que en dólares sería aproximadamente USD 2990

4.3 Sistema Eléctrico de Potencia.

La potencia del sistema eléctrico considerado a partir de la irradiación solar del lugar y de la cantidad de energía que satisface la demanda anual energética del cliente residente es de 1,75 kW.

Con una instalación fotovoltaica de 1,75 kW de potencia nominal se logra abarcar el consumo medio acumulado anual residencial en Guayaquil, el sistema producirá 2255 kWh. Los paneles tienen bases fijas, con una inclinación tilt de 2° y direccionados a 0° azimut hacia el Norte.

Se han utilizado 7 paneles fotovoltaicos monocristalinos con una potencia nominal de 250 W y cuya eficiencia es de 14,9 %. El area total de la superficie a ser irradiada es de 12 m².

La tabla 3 muestra la producción del sistema fotovoltaico de 1,75 kW.

Mes	Radiación solar diaria - horizontal kWh/m ² /d	Radiación solar diaria - inclinado kWh/m ² /d	Tarifa de exportación de electricidad \$/MWh	Electricidad exportada a la red MWh
Enero	3,42	3,44	80,0	0,161
Febrero	4,42	4,44	80,0	0,185
Marzo	3,39	3,39	80,0	0,158
Abril	4,36	4,34	80,0	0,193
Mayo	4,33	4,29	80,0	0,198
Junio	3,58	3,54	80,0	0,160
Julio	4,36	4,31	80,0	0,200
Agosto	3,64	3,62	80,0	0,170
Setiembre	5,69	5,68	80,0	0,252
Octubre	4,17	4,18	80,0	0,195
Noviembre	3,72	3,74	80,0	0,169
Diciembre	4,61	4,65	80,0	0,215
Anual	4,14	4,13	80,00	2,255

Tabla 3: Producción mensual de energía eléctrica de un sistema de 1,75 kW en Guayaquil [5]

4.4 Análisis Financiero del sistema.

Se ha considerado para este análisis que toda la energía eléctrica producida por el sistema fotovoltaico es almacenada en la red eléctrica de baja tensión y que el precio de crédito por cada kWh a nuestro favor es de 8 c/kWh.

El costo inicial del sistema fotovoltaico es de USD 5232,5 y el de la conexión del contador de la empresa eléctrica es de USD 150. Es decir, la inversión total es de USD 5383, estimando una inflación del 2% y una vida de 30 años que corresponde a la garantía de paneles fotovoltaicos[1].

El valor de crédito de energía eléctrica utilizando net-metering será de USD 180 anuales. Es decir, este valor es el ahorrado durante el año y que servirá para pagar el sistema fotovoltaico de 1,75 kW.

El resultado del análisis nos arroja una tasa interna de retorno del 2%. Con los ahorros de la energía eléctrica producida por el sistema fotovoltaico, el costo total de la inversión se pagaría a los 23,3 años. Como se muestra en la figura 5.

Viabilidad financiera		
TIR antes - impuestos - activos	%	2,0%
Pago simple de retorno del capital	año	29,8
Repago - capital	año	23,3

Gráfico de flujo de caja acumulado

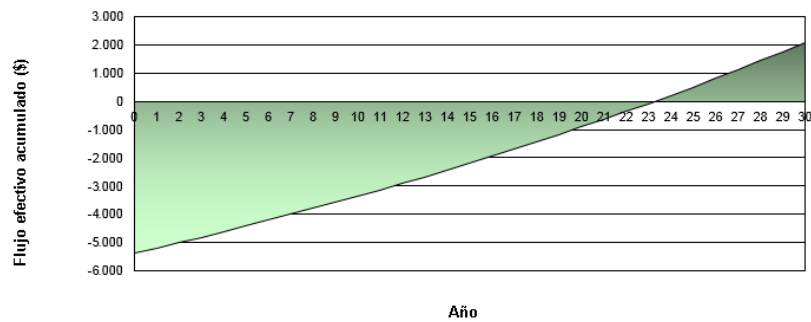


Fig. 5. Retorno de la inversión inicial del sistema fotovoltaico y flujo de caja acumulado[5].

Conclusiones

Si el objetivo no es el de un flujo financiero para recibir un incentivo estatal o ganar una utilidad económica por medio de la fuentes renovables, el presente artículo confirma la viabilidad de la grid parity en Guayaquil y Ecuador.

La grid parity se puede desarrollar en todo el Ecuador por los altos valores de insolación solar como se muestra en el Atlas Solar del Ecuador[3], además, la duración de los días solares en nuestro país son más estables en comparación de países europeos como lo muestra el presente artículo.

Con la difusión de la grid parity en Ecuador, se podría minimizar el *peak shaving*, es es decir la sobredemanda de la energía eléctrica en las horas pico durante el día por parte de los clientes comerciales e industriales.

Al Gobierno nacional le conviene la grid parity pues reduciría el costo del subsidio en la energía eléctrica. Sería muy oportuno apoyar esta iniciativa al igual como lo realizado con los focos ahorradores. Se podría conceder préstamos a bajos intereses para la adquisición e instalación del sistema fotovoltaico residencial.

Los precios de los paneles solares han bajado de precio en los últimos años y se espera que continúe en los próximos años pero sin perjudicar la eficiencia, calidad y garantía. Los fabricantes de módulos fotovoltaicos deben mejorar la secuencia confiable de pruebas que certifiquen esta garantía de 25 o 30 años [11].

Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado durante el primer semestre del Master de Eficiencia Energética y Fuentes de Energías Renovables en su VIII edición en la Universidad de Roma “La Sapienza”.

El autor desea expresar su agradecimiento a la Dra. Silvia Sangiorgio quien ha coordinado las actividades académicas del master.

Referencias

1. Solar Energy Report 2013, www.energystrategy.it
2. Ong S., Clark N., Denholm P. and Margolis R., “*Breakeven Prices for Photovoltaics on Supermarkets in the United States*”, National Renewable energy Laboratory, Technical Report Published on March 2013
3. Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica, publicado por Conelec, Quito, Ago. 2008
4. Parámetros mensuales del 2009, FREE – ESPOL, www.fimcp.espol.edu.ec
5. Software de Análisis de Proyectos de Energía Limpia, RETScreen International, www.etscreen.net
6. Colonna, D.: Radiación Solar, Roma, 7 Feb. 2013
7. Boletín Estadístico Sector Eléctrico Ecuatoriano 2011, publicado por Conelec, Quito, Dic. 2012
8. Plan Estratégico 2010-2014 de la Unidad Eléctrica Guayaquil, Plan Operativo 2011
9. Instructivo de servicio, Unidad de Generación, distribución y comercialización de energía eléctrica de Guayaquil, Guayaquil, Jul. 2010
10. Carmassi, G.: Fotovoltaico: Dimensionamiento y valoración económica para incentivos, Grafill, 2012
11. Wohlgenuth, J. and Kurtz S.: Reliability Testing Beyond Qualification as a Key Component in Photovoltaic’s Progress Toward Grid Parity, National Renewable energy Laboratory, IEEE International Reliability Physics Symposium, Monterey-California April 10-14, 2011