

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS



TESIS

**“ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE UN SISTEMA
FOTOVOLTAICO DE 3,2 kW CONECTADO A LA RED
ELÉCTRICA EN LA UNI, LIMA”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
LICENCIADO EN FÍSICA

PRESENTADO POR:

CARLOS BRANY LAUREANO ORÉ

ASESOR:

DR. MANFRED JOSEF HORN MUTSCHLER

LIMA-PERÚ

2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme fortaleza para seguir adelante y siempre estar conmigo.

A mi familia, por haberme criado con valores. Gracias por su amor, paciencia y apoyo sincero e incondicional.

A mis amigos de la UNI. Estudiando entre nosotros, aprendimos más.

A los Ing. Rafael Espinoza y Carolina Luque por la ayuda brindada.

Al Ing. Oswaldo Rojas, por las facilidades de equipos.

Al Dr. Manfred Horn, referencia obligada de la Energía Solar en el Perú, de quien me siento muy honrado ser su tesista.

A todos, gracias totales.

TABLA DE CONTENIDOS

PRÓLOGO.....	v
ABSTRACT.....	vi
GLOSARIO DE ACRÓNIMOS	vii
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2: SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED.....	6
2.1. Definición.....	6
2.2. Elementos de un SFCR.....	7
2.2.1. Generador fotovoltaico	7
2.2.2. Inversor DC/AC.....	16
2.2.3. Control, medida y protección.....	21
2.2.4. Cableado	23
2.3. Productividad del Sistema	24
2.4. Pérdidas del Sistema.....	25
CAPÍTULO 3: ESTADO DEL ARTE Y SITUACIÓN ACTUAL	26
3.1. Estado del Arte	26
3.2. Panorama en el Perú	33
3.3. Panorama en el Mundo	38
CAPÍTULO 4: SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED – CTIC UNI.....	41
4.1. Emplazamiento del SFCR	41
4.2. Descripción del SFCR	41
4.2.1. Generador Fotovoltaico	41
4.2.2. Inversor	42
4.2.3. Medida, control y protección	43
4.2.4. Cableado	44
4.3. Tratamiento de datos	44
4.4. Trabajo realizado	45
4.5. Resultados	47
4.6. Efecto de la Suciedad	52
4.7. Estudio de Rentabilidad.....	55

CAPÍTULO 5: OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES	59
5.1. Observaciones	59
5.2. Conclusiones	61
BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXOS	67
Anexo A: Fotografías del Proyecto	67
Anexo B: Normativa	70
B.1. Normas relacionadas a las energías renovables	70
B.2. Normativa técnica	74
B.3. UNE-EN 61724:2000.....	76
Anexo C: Ficha técnica de los componentes del SFCR-CTIC.....	77
Anexo D: Análisis de desempeño diario del SFCR (CTIC-UNI)	81
Anexo E: Mapa de Irradiación-Lima.....	93

PRÓLOGO

El sistema fotovoltaico conectado a la red (SFCR) es una de las alternativas más rentables entre los sistemas que aprovechan las energías renovables.

El SFCR suministra electricidad para satisfacer las necesidades energéticas a partir de la energía solar, y reduce los costos por consumo energético.

Éste se compone principalmente de cuatro elementos: generador fotovoltaico, inversor, un subsistema de transporte de energía eléctrica y un subsistema de control, medida y protección.

Como ocurre en cualquier sistema de energía, se hace necesario monitorear y controlar que se produce la energía que se espera obtener y que las medidas realizadas sean fiables, por lo que en el presente trabajo se realiza el análisis de desempeño del sistema fotovoltaico que está conectado a la red de suministro convencional del Centro de Tecnologías de Información y Comunicaciones (CTIC-UNI) por un periodo de 2 años.

La presente tesis consta de seis capítulos:

El primer capítulo aborda conceptos generales referentes a sistemas fotovoltaicos.

El segundo capítulo brinda una reseña teórica de lo que es un SFCR, sus componentes, sus funciones y modo de operación.

El tercer capítulo abarca el estado del arte sobre SFCRs, así como la situación actual en el Perú y el mundo.

El cuarto capítulo trata enteramente de los equipos, del cableado, protecciones y otros, que intervienen en el SFCR desarrollado. A su vez, se presenta los resultados del análisis de desempeño y el análisis de rentabilidad para un sistema fotovoltaico de igual potencia.

En el quinto capítulo se mencionan las observaciones y conclusiones.

Por último, en los anexos se encuentra la normativa aplicable en Perú.

ABSTRACT

The photovoltaic system connected to the grid (SFCR) is one of the most cost-effective systems that use renewable energies.

SFCR supplies electricity to satisfy energy needs from solar energy and reduces the cost of energy consumption.

This system consists of four elements: a photovoltaic generator, an inverter, an electrical energy transport subsystem, control, measurement and protection subsystem.

As in any energy system, it is necessary to monitor and control that the expected energy is produced and that the measurements are reliable. Hence, in the present work, is presented a performance analysis of the photovoltaic system that is connected to the conventional supply grid of the Center for Information and Communication Technologies (CTIC-UNI) for a period of 2 years.

This thesis consists of six chapters:

The first chapter focuses on general concepts concerning photovoltaic systems.

The second chapter provides a theoretical overview of what an SFCR is, its components, its functions and its operation mode.

The third chapter covers the state of the art on SFCRs, as well as the current situation in Peru and the world.

The fourth chapter deals entirely with the equipment, wiring, protections and others involved in the SFCR at CTIC-UNI, and the results of the performance and profitability analysis are presented.

In the fifth chapter, observations and conclusions are presented.

Finally, in the annex, are reported the regulations applicable in Peru.

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

AC	Alternative Current (Corriente Alterna)
AM	Air Mass (Masa de Aire)
BT	Baja Tensión
CER	Certificate of Emission Reduction (Certificado de Reducción Emisiones)
CER-UNI	Centro de Energías Renovables y Uso Racional de la energía de la UNI
CF	Capacity Factor (Factor de Capacidad)
CTIC	Centro de Tecnologías de Información y Comunicaciones de la UNI
COE	Cost of Energy (Costo de Energía)
COES	Comité de Operaciones del Sistema Interconectado Nacional
DAQ	Data Acquisition (Adquisición de Datos)
DC	Direct Current (Corriente Directa)
EFCR	Edificio Fotovoltaico Conectado a la Red
EVA	Etyl Vynil Acetate (Etil, Vinil y Acetato)
FV	Fotovoltaico
GAP	Gap (Ancho de Banda)
GEI	(Gases de Efecto Invernadero
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
IEA	International Energy Agency
IEC	International Electrotechnical Comission
MEM	Ministerio de Energía y Minas-Perú
MPP	Maximum Power Point (Punto de Máxima Potencia)
MPPT	Maximum Power Point Tracking (Seguidor del Punto de Máxima Potencia)

MT	Media Tensión
NOTC	Normal Operation Test Conditions (Condiciones Normales de Testeo)
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en energía y Minería
PBI	Producto Bruto Interno
RER	Recursos de Energía Renovable
SEIN	Sistema Interconectado Nacional
SENATI	Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial
SFA	Sistema Fotovoltaico Autónomo
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red
SPD	Smart Panel Device
STC	Standard Test Conditions (Condiciones Estándar de Testeo)
UJA	Universidad de Jaén - España
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería - Perú
UNJBG	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Perú
UNSA	Univesidad Nacional San Agustín de Arequipa - Perú
UV	Ultravioleta
UNE	Norma de la Asociación Española de Normalización y Certificación

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El problema energético es una realidad en nuestros días, siendo el sector industrial el que más consume energía eléctrica en el Perú, lo que aumenta el desabastecimiento de energía en los sectores de comercio y vivienda, lo que conlleva a su vez a la construcción de más centrales hidroeléctricas y al uso en sobre medida de los combustibles fósiles, aumentando el contenido de dióxido de carbono CO₂, lo que produce el calentamiento global por el efecto invernadero.

Según Villanueva (2014), el 47.1% de electricidad total en el Perú proviene de centrales hidroeléctricas, y sólo el 1.8% proviene de paneles solares y parques eólicos. El restante proviene mayormente del gas natural.

Según World Energy Outlook (IEA, 2013) sólo quedan 142, 61 y 54 años de reservas probadas de carbón, gas natural y petróleo respectivamente; y si se toma en cuenta los recursos recuperables, se tendrán 2098, 172 y 124 años adicionales de los respectivos combustibles fósiles. Por lo que los recursos fósiles no tienen como mayor limitante su disponibilidad, sino el costo de extracción y las consecuencias en el cambio climático.

El mundo necesita de energía cada vez más barata y limpia, y que pueda ser usada en cualquier locación. Es imprescindible, por tanto, hablar de energías renovables.

Energías renovables

Las energías renovables son los recursos de energía que se producen continuamente y son inagotables a escala del hombre, en otras palabras, se crean más rápido de lo que se consumen.

A principios de este siglo, el uso de energías renovables representaba el 16 % del consumo energético mundial, pero el panorama está mejorando (Fouquet, 2009). En el

año 2010, aproximadamente la mitad de los 194 GW de la capacidad eléctrica añadida proviene de fuentes de energía renovable.

En la siguiente gráfica, desarrollada por el Comité de Cooperación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES), se observa la distribución de la producción energética del año 2016.

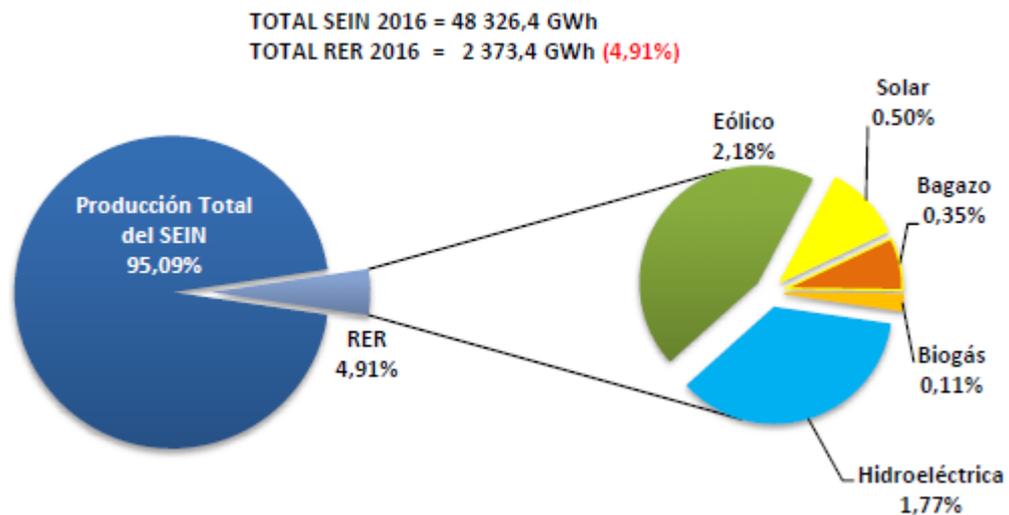


Figura 1.1: Matriz energética del Perú del año 2016 (COES, 2016)

Según COES, el consumo eléctrico aumentó el 5.1% entre 2002-2011, mientras la demanda creció de 2700 a 4800 MW, a causa del aumento del PBI. Esta situación ha generado que se mire a las centrales fotovoltaicas y los SFCR como una alternativa ante la demanda sin descuidar el factor ambiental.

Energía solar

Según GREENPEACE (2008), la energía solar podría entregar electricidad a 4 billones de personas para el año 2030.

“El sol provee el 99.98% de energía a nuestro planeta y es responsable, directa o indirectamente de la vida en la tierra”. (KIPP & ZONEN, s.f., pg. 4)

La energía solar consiste en la proveniente del sol en forma de radiación electromagnética que se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. Además, es complementaria y amigable con otros tipos de energía renovables en las que interviene directa o indirectamente en el origen. Asimismo, el carbón, el petróleo y la madera, son en última instancia, energía solar almacenada a lo largo del tiempo. (Méndez & Cuervo, 2009)

“En un día soleado, se puede recibir energía solar en un estimado de 5 kWh por metro cuadrado, energía comparable al consumo eléctrico en una casa pequeña”. (Valera, 1986, pg. 1)

La irradiancia que llega al exterior de la atmósfera terrestre es en promedio anual 1367 W/m², también llamada *constante solar*, variando +/- 3.4% alrededor de este valor, con un máximo en el perihelio y mínimo en el afelio.

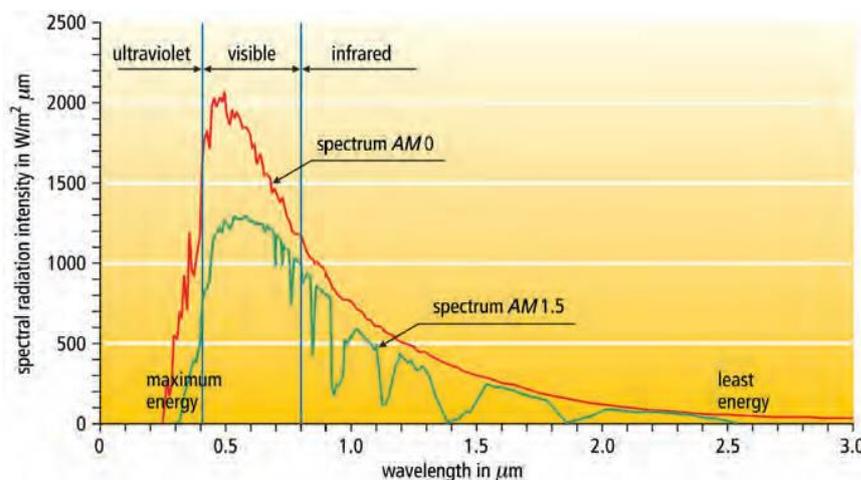


Figura 1.2: Espectro Solar (JAMES & JAMES, 2010)

La constante solar¹ es obtenida siguiendo la siguiente ecuación:

$$\int_{-\infty}^{\infty} P(\lambda) d\lambda = 1367 \frac{W}{m^2} \quad [1.1]$$

¹ La “constante solar” es definida como la intensidad de la radiación solar que llega en promedio anual a la parte exterior de la atmósfera de la tierra; su valor actualmente aceptado es 1367 W/m² (World Metereological Organisation).

A nivel del mar (0 msnm - AM 1.5) la disminución de intensidad está dada por los fenómenos de absorción y dispersión -estos a su vez dependen de la distancia recorrida por los rayos solares y la propia composición de la atmósfera- que se dan mientras los rayos solares atraviesan la atmósfera terrestre.

La tendencia del espectro de la radiación solar se asemeja mucho a la de un cuerpo negro, con un máximo a $\lambda \approx 0.55\mu\text{m}$, por lo que se infiere que el sol se comporta muy similar a un cuerpo negro, siguiendo su espectro a la ley de desplazamiento de Wien,

$$\lambda_{max} \cdot T = 0.0028976 \text{ m} \cdot K \quad [1.2]$$

De la figura 1.2 se aprecia que la mayor parte proviene del espectro visible e infrarrojo. Según Muneer (1997), la energía del espectro solar es aproximadamente distribuida de la siguiente forma: UV [15-380nm, 8%], Visible [380-780 nm, 46%] e Infrarrojo cercano [780-2500 nm, 46%].

La atmósfera terrestre está compuesta de: N (78 %), O₂ (21 %), Ar (0.9 %), CO₂ (0.03 %) y otros gases (incluido el O₃). El O₃ se origina de las reacciones $O_2 \rightarrow O + O$ y $O + O_2 \rightarrow O_3$, que se producen bajo la acción de las radiaciones UV (espectro en rango lejano y medio) y de descargas eléctricas. El O₃ absorbe gran parte de las radiaciones UV, de ahí su gran importancia para protegernos de los rayos UV.

Además del ozono, el vapor de agua tiene la capacidad de absorber parte de la radiación solar (en el espectro Infrarrojo) -el vapor de agua se encuentra en un 95 % en la capa 0-5 km de la superficie terrestre (Ccarita, 2000).

Según Méndez (2009), la radiación solar incide en la superficie de 3 formas:

- Radiación directa: Radiación incidente que no sufre cambios en su trayectoria.
- Radiación indirecta: Radiación que sufrió cambios en la trayectoria debido a la reflexión y dispersión en la atmósfera (provocado por nubes, polvo, etc.).
- Albedo: Radiación reflejada por la superficie u objetos cercanos.

Méndez también menciona que hay tres formas de aprovechamiento de la energía solar:

- Energía solar térmica pasiva; la radiación solar es absorbido por cualquier material.
- Energía solar térmica: Se aprovecha la radiación solar para el calentamiento de fluidos en el interior de colectores térmicos.
- Energía solar fotovoltaica: Se basa en el uso de la luz solar en forma de radiación electromagnética, la cual incide en una celda o célula solar, transformándose la energía de tipo solar a eléctrica por medio del efecto fotovoltaico, en el cual se absorben fotones y emiten electrones, produciendo una corriente eléctrica aprovechable.

Sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, SFCR o *grid tie*, usan la energía solar fotovoltaica que será transformada en energía eléctrica, con el propósito de reducir costos del suministro eléctrico dado por las compañías, pero principalmente es usado por su casi nulo impacto ambiental. (AC SOLAR XXI, 2005)

Los SFCRs incrementan la electricidad sin la necesidad de emitir gases de efecto invernadero, de modo que trae consigo desarrollo y una mejora en la calidad de vida para los usuarios. La ventaja fundamental de este tipo de instalación es que la energía generada se inyecta a la red eléctrica, sin necesidad de almacenarla.

CAPÍTULO 2: SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED

2.1. Definición

Es un sistema que cuenta con un generador fotovoltaico que está ligado a una red eléctrica por medio de un inversor que adapta las características de la corriente del generador fotovoltaico (corriente DC) a las características de la corriente de la red eléctrica (corriente AC).

Un SFCR se conforma de un generador fotovoltaico, un inversor, protecciones y cableado, y un el medidor de la energía inyectada a la red.

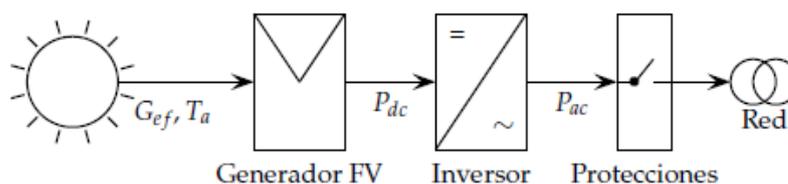


Figura 2.1: Esquema de un SFCR (Perpiñán, 2013)

Según Orosco (2005), se puede diferenciar 2 tipos de instalaciones eléctricas conectadas a la red: *parques solares* y *edificios fotovoltaicos*.

Los parques solares tienen como finalidad vender la totalidad de la energía generada, además los parques solares generalmente se encuentran alejadas de las poblaciones¹. Mientras que los edificios fotovoltaicos -los más usuales cuentan con potencia 2,5 a 5 kW llegando hasta los 100 kW- pueden comprar energía faltante y vender el excedente.

¹ Los parques solares se encuentran en lugares no urbanos debido al bajo costo de grandes extensiones de terreno y a la alta irradiancia en dichos lugares a lo largo del año. Es indispensable hacer un registro histórico de las variables meteorológicas en los posibles lugares de instalación.

Existen 2 formas de conectarse a la red en relación a la facturación: facturación neta (*net-metering*) y tarifa fotovoltaica (*feed-in tariff*).

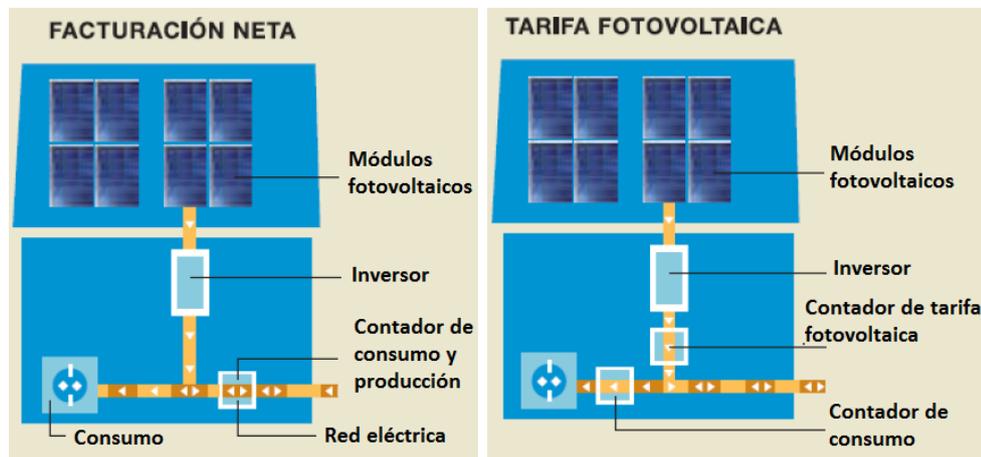


Figura 2.2: Esquema de facturación fotovoltaica (EPSEM, s.f.)

Para la facturación neta, la energía generada tiene prioridad en el uso. La energía sobrante se inyecta a la red. Se reduce el costo de corriente eléctrica pues el contador de consumo va conectado directamente a la red eléctrica.

En el caso de la tarifa fotovoltaica, se puede inyectar hasta el 100% de la electricidad generada y ser vendida a las compañías eléctricas². (Perpiñán, 2013)

2.2. Elementos de un SFCR

2.2.1. Generador fotovoltaico

Elemento fotovoltaico que capta y convierte la radiación solar en eléctrica. Está compuesto por módulos o paneles solares que a su vez están compuestos de células fotovoltaicas que dependiendo de la conexión en serio y/o paralelo, se llega a obtener el valor deseado para voltaje y corriente.

² Se da en países donde la legislación lo permita. Además, se contempla una tarifa para recompensar la potencia fotovoltaica generada.

El panel solar, aparte de contar con la conexión de células solares, está provisto también de diversos dispositivos:

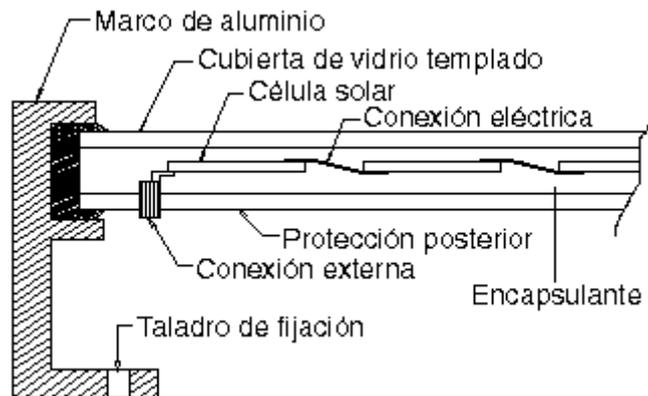


Figura 2.3: Corte transversal de un panel fotovoltaico (SOLENER.)

Por lo general, las características básicas de un generador fotovoltaico están señaladas bajo STC o *condiciones estándar*³. La Unión Europea, recomienda también especificar las características de los módulos a *condiciones normales de operación* NOTC⁴.

2.2.1.1. Célula fotovoltaica

Es un dispositivo que capta los fotones (energía radiante) y la transforma directamente en electricidad (energía eléctrica).

La célula solar más usada es la de unión *p-n*, y en la oscuridad, se comporta básicamente igual que un diodo pues sus características eléctricas corrientes-voltaje son muy similares. A la célula solar también se le conoce como *fotodiodo*, pues es altamente sensible a la luz solar.

³ STC o *Standard Test Conditions*, está definido por el espectro solar AM 1.5 (global), irradiancia perpendicular incidente de 1000W/m² y temperatura de célula a 25°C.

⁴ NOTC o *Normal Test Conditions* definido por el espectro solar AM 1.5, irradiancia perpendicular incidente de 800W/m², temperatura ambiente a 45 °C y velocidad del viento menor a 1 m/s.

2.2.1.2. Unión p-n y efecto fotovoltaico

Según Perpiñán (2013), cuando se dopa un cristal de silicio tetravalente con átomos de fósforo pentavalente, el electrón sobrante queda libre en la banda de conducción, con carga positiva (ion P^+) que por sí sola no contribuye a la conducción eléctrica. Como la concentración de electrones es mayor a la de huecos, a este semiconductor se le clasifica del tipo n .

Análogamente, cuando se dopa un cristal de silicio con átomos de boro trivalente queda una vacante en los enlaces o *hueco*. Éste hueco queda libre pero la carga negativa (ion B^-) permanece ligada a la red cristalina. Como la concentración de huecos es mayor a la de electrones, a este semiconductor se le clasifica del tipo p .

Cuando los semiconductores tipo p y tipo n se unen, se obtiene un desequilibrio debido a las diferentes concentraciones de electrones y huecos. El equilibrio se obtiene mediante la difusión de huecos desde el lado p al lado n , lo que genera una carga negativa, y a su vez se da un movimiento de electrones en sentido inverso, quedando una carga positiva.

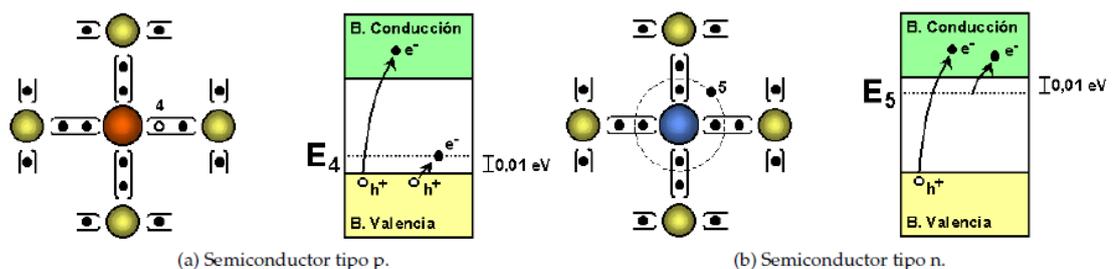


Figura 2.4: Semiconductores dopados (Perpiñán, 2013)

En la unión $p-n$ se da una diferencia de potencial cuando el conjunto se ilumina por igual y no sufre una variación de temperatura. Según Gonzales (1980), esta diferencia de potencial es imposible de medir con un voltímetro, pues las uniones terminales-semiconductores desarrollan un potencial que anula exactamente la generada. Si se recibe iluminación diferente en la unión $p-n$ y en las uniones metal-semiconductores, se rompe el equilibrio y se genera la corriente.

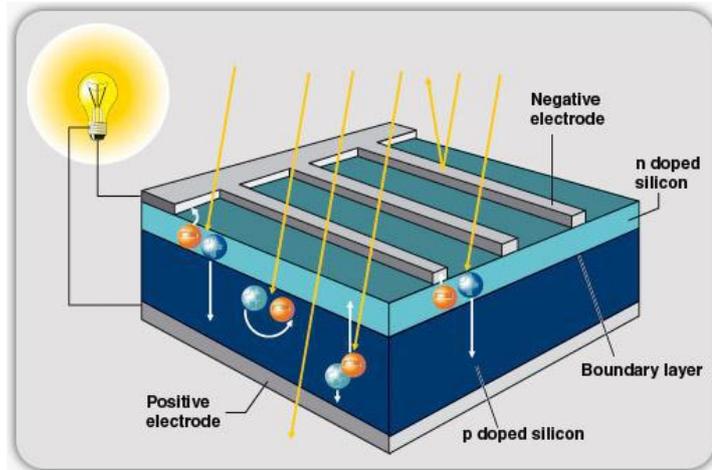


Figura 2.5: Célula solar de Silicio cristalino (Smets, 2014)

Cuando se recibe iluminación en la célula, solo parte del flujo es absorbido por el material. Sólo los fotones con mayor energía mayor al GAP o *banda prohibida* podrán ser absorbidos y generará un par electrón-hueco. Se cumple lo siguiente:

$$\lambda \leq \frac{hc}{E_G} \quad [2.1]$$

“Cuando el par electrón-hueco es producido en la unión, el campo eléctrico generado dirige el hueco hacia la región p y el electrón hacia n . Lo que genera una corriente de n a p , y en la unión la energía del fotón se convierte en energía eléctrica” (Kittel, 1975, pg. 404).

Según J.J. Lofersky, el rendimiento de la conversión energética es:

$$\eta = \left[\frac{Q(1-\tau)(1-e^{-\alpha l})q n_{Eg}}{NE_m} \right] V_{mp} \left[\frac{\left(\frac{q}{KT}\right)V_{mp}}{1+\frac{q}{KT}V_{mp}} \right] \quad [2.2]^5$$

De la ecuación anterior, según JJ. Lofersky, se obtiene un valor promedio E_g óptimo de 1.45 eV para el espectro de la radiación solar.

⁵ Q es la eficacia relacionado a los fenómenos internos, τ coef. de reflexión, α coef. de absorción, n_{Eg} es el número de fotones con energía mayor a E_g (energía media de los mismos fotones), N es el número de fotones por unid. de superficie y l es el espesor del dispositivo.

	E_g (eV)	η teórico %	η exp. %
Si	1.11	22	14
InP	1.25	24	6.7
AsGa	1.35	26	11
CdTe	1.45	23	7.2
CdS	2.4	18	8

Tabla 2.1: Rendimiento de diversos semiconductores (Castañer, 1985)

De la tabla anterior se aprecia que hay células con un *GAP* más cercano al óptimo, pero no necesariamente más eficiente, pues existen otros factores que influyen sobre los rendimientos⁶.

En el caso de la célula de silicio cristalino, una parte de las vibraciones de la red intervienen en la conversión de un fotón en un par electrón-hueco para conservar el momento, lo que reduce la capacidad de absorción por lo que se necesita un gran grosor para alcanzar grandes absorciones.

El circuito equivalente de una célula real fotovoltaica y su ecuación característica:

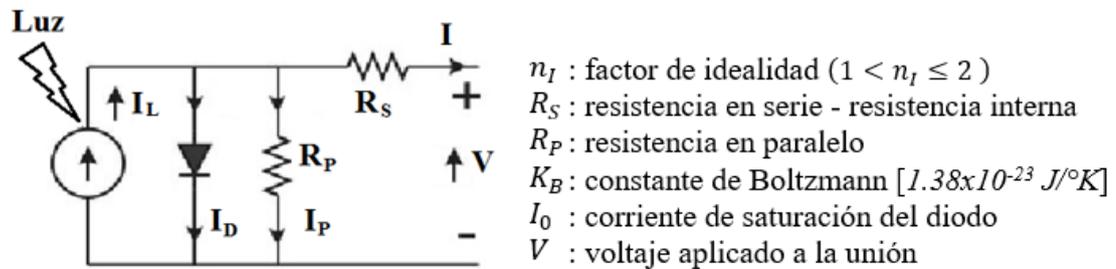


Figura 2.6: Circuito equivalente de una fotocélula (SCIELO)

$$I_D = I_L - I_0 \left[\exp \left(\frac{q_E(V+R_S I)}{n_i K_B T} \right) - 1 \right] - \frac{V+R_S I}{R_P} \quad [2.3]$$

Como señala Green (1992), cuando la célula solar es iluminada, la corriente total es $I_d = I_D + I_{ph} + I_{sh}$, donde I_{ph} y I_{sh} son la *fotocorriente* generada en la unión y la corriente debido a fugas respectivamente.

⁶ Factores como estabilidad, degradación bajo radiaciones, estado avanzado de tecnología, influyen sobre el rendimiento experimental. (Castañer, 1985)

2.2.1.3. Funcionamiento

Para Ibañez (2004), los parámetros eléctricos que definen la célula fotovoltaica son:

- Corriente de cortocircuito (I_{SC}): Máxima corriente que se da en cortocircuito (tensión nula entre los terminales)⁷. Su valor se relaciona con la ecuación 2.3

$$I_D = I_{SC} \left[1 - \exp\left(\frac{q_E(V-V_{OC})}{n_I K_B T}\right) \right] \quad [2.4]$$

- Tensión de circuito abierto (V_{OC}): Máximo voltaje en los bornes de la célula cuando no está conectada a ninguna carga (corriente nula). Su valor típico es 0.6 V para células de silicio.
- Potencia pico (P_{MAX}): Potencia máxima generada. En este punto de máxima potencia se cumple que:

$$\frac{dI}{dV} = -\frac{I_M}{V_M} \quad [2.5]$$

- Factor de forma (FF): Es la relación de áreas de los rectángulos generados por los ejes de coordenadas del P_{MAX} y los ejes de I_{SC} y V_{OC} . Para células de silicio, el FF toma valores entre 0.7 a 0.8.

$$FF = \frac{V_M I_M}{V_{OC} I_{SC}} \quad [2.6]$$

- Eficiencia (η_{CEL}): Eficiencia de conversión energética.

$$\eta_{CEL} = \frac{P_{MAX}}{I_s S_{CEL}} = \frac{I_M V_M}{I_s S_{CEL}} = \frac{FF \cdot V_{OC} \cdot I_{SC}}{I_s S_{CEL}} \quad [2.7]^8$$

El punto de máxima potencia P_{MAX} o MPP es de fundamental importancia en un SFCR, más que por su valor, su importancia radica en la obtención de éste por medio del *Seguimiento de Punto de Máxima Potencia* o *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) obtenido por el inversor, lo que permite entregar la máxima potencia bajo cualquier condición de carga. (Ver sección 2.2.2)

⁷ Generalmente tiene valor típico de ($\sim 10 - 40 \text{ mA}$) por cm^2 de célula solar.

⁸ I_s es la irradiancia y S_{CEL} es el área superficial de la célula solar.

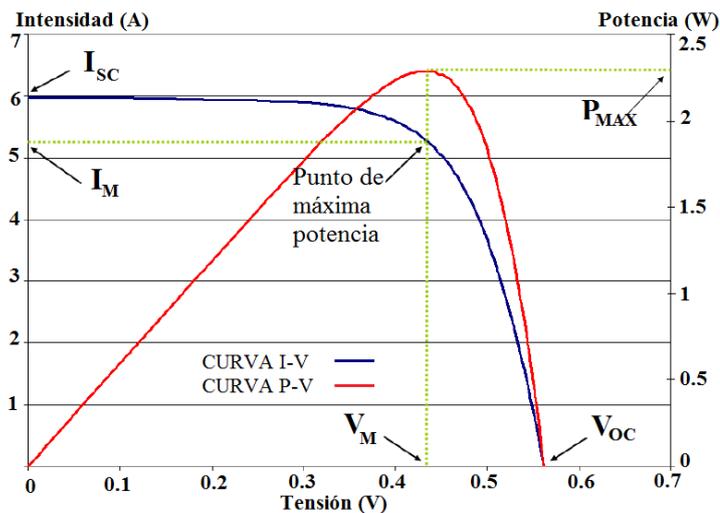


Figura 2.7: Curva característica de una célula solar (Muñoz, 2015)

Las principales causas de pérdida de potencia son:

- Los fotones con menor energía al GAP del semiconductor no serán absorbidos. (Castañer, 1985)
- Los fotones con mayor energía al GAP del semiconductor serán absorbidos por transiciones electrónicas (de la banda de valencia a la banda de conducción). La energía excedente será disipada por colisiones entre electrones y átomos o iones en la red cristalina⁹. (Suárez, 2015)
- Reflexión en la cara frontal. Para una célula de silicio es de 30%.¹⁰
- Pérdidas en las resistencias parásitas serie y paralelo. Son debidos a la geometría del dispositivo y a la fabricación.

Otro punto a tener en cuenta en las células solares, son los efectos de la irradiancia y la temperatura. Según Méndez, la tensión del circuito abierto V_{OC} disminuye $2.3 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ (si no hay especificación del fabricante) a la vez que se reduce la eficiencia en $0.4\%/^\circ\text{C}$ para las células de silicio. A pesar de esta variación, la corriente de cortocircuito I_{SC} prácticamente no varía.

⁹ Fotones no absorbidos o con una energía mayor al GAP , no implican una potencia útil en la carga.

¹⁰ Se recubre, generalmente, con una capa antirreflectante -de TiO_2 o ZnS - que disminuye τ en un factor 10. (ver ecuación 2.3) (Castañer, 1985)

Para el otro caso, el efecto de la irradiancia en la tensión de circuito abierto es menor comparable al efecto sobre la corriente, y es casi despreciable en muchos casos. A su vez, el factor de forma FF aumenta ligeramente debido a la irradiancia G y su eficiencia η crece logarítmicamente hasta llegar a un tope limitado por las características de la célula. (Perpiñán, 2013)

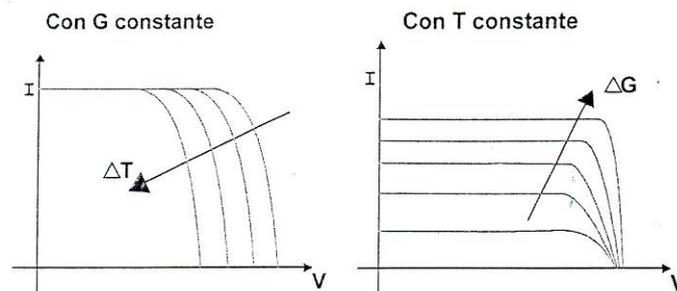


Figura 2.8: Efectos de la irradiancia y temperatura (Méndez & Cuervo, 2009)

Para la fabricación de la célula solar de silicio se emplea el proceso de Czochralsky.¹¹ Posteriormente se corta en obleas ($\sim 0.3\text{ mm}$) y se pule, llegándose a obtener semiconductor tipo p .

Por el proceso de difusión del fósforo presente en POCl_3 , se obtiene una concentración superficial en la placa de silicio de tipo n en un horno a $850\text{ }^\circ\text{C}$. Para construir la célula, es necesario eliminar la zona n de la cara posterior que se hace con un ataque químico.

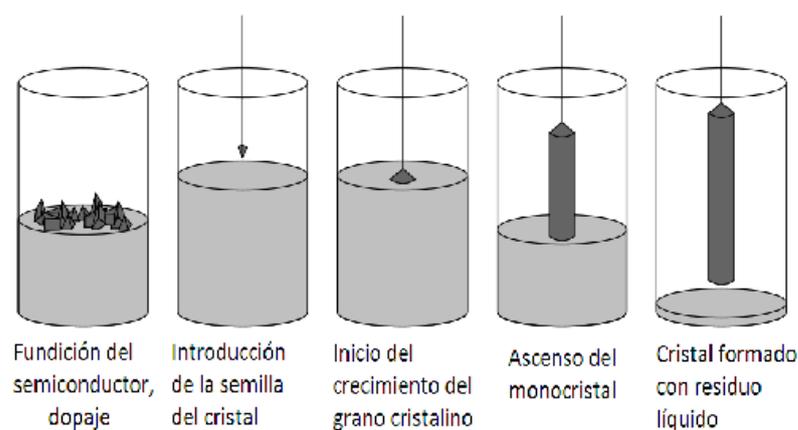


Figura 2.9: Proceso Czochralsky (TWISP)

¹¹ Proceso de Czochralsky: Se sumerge una varilla con un germen de silicio en un extremo, que, al ponerse al contacto con silicio fundido con impurezas de boro, se comienza a solidificar. Si la temperatura, velocidad de rotación y de extracción son controladas con precisión se obtiene el silicio monocristalino en forma de lingote cilíndrico. Con este método se puede obtener lingotes de 10 cm de diámetro y 1 m. de longitud. (Méndez & Cuervo, 2009)

Luego de todo el proceso, la superficie de la oblea es muy lisa y el índice de refracción del silicio ($n=4$) conllevan a que la radiación incidente se refleje hasta el 35%, lo que se subsana con el *texturado*: una superficie rugosa (micro pirámides) hace rebotar el rayo incidente hacia el interior de la célula. (Méndez & Cuervo, 2009)

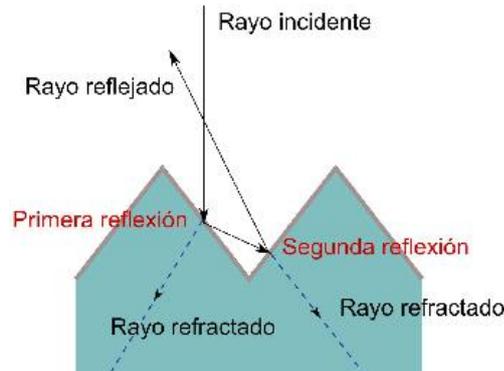


Figura 2.10: Principio del texturado (Sánchez, 2014)

Finalmente, usando técnicas de vacío, se aplica una película antirreflectante de material transparente azulado con índice de refracción $n=2,2$ (como el TiO_2 o SnO_2). Según Méndez, con este método y con el texturado, se consigue una pérdida sólo de 8-10 %-

Todos los parámetros y causas de pérdidas del apartado anterior, fueron dados para la célula fotovoltaica. El módulo tendrá una curva I-V idéntica y proporcional a la curva de las celdas individuales.

2.2.1.4. Fenómeno de Punto Caliente

Un punto importante a tratar, es el efecto de sombras sobre los módulos, pues reduce la producción de energía eléctrica y provoca el fenómeno de *punto caliente*¹² que se soluciona colocando un *diodo de paso* cada cierto número de células en serie.

¹² Células con desajustes en sus parámetros y/o sombras pueden hacer que algunas estén generando potencia y otra consumiendo por el efecto Joule. En el peor de los casos, se disipa en una célula toda potencia generada por el resto de células conectadas en serie.



Figura 2.11: Fenómeno de punto caliente (Muñoz, 2015)

Tomando en cuenta todos los parámetros mencionados en la sección anterior, el módulo fotovoltaico recibe radiación solar y emite tensión continua que posteriormente será transformada por el inversor.

2.2.2. Inversor DC/AC

Es un elemento de vital importancia en un SFCR. Transforma la corriente continua en corriente alterna y maximiza la producción en todo momento ante una potencia de entrada variable. Además, a la salida del inversor se tiene una señal sincronizada con las características eléctricas de la red (*ver sección 2.2.2.3*).

La tensión eficaz y la frecuencia de la red no son constantes en el tiempo (no permanece en 220 VAC y 60 Hz), por lo que el inversor tiene que sincronizarse todo el tiempo de manera perfecta con la red, antes de inyectar la electricidad a la red¹³. Una vez sincronizada, el inversor puede inyectar energía a la red.

Esta es una de las grandes diferencias de un sistema fotovoltaico *on-grid* de uno *off-grid*, aparte del uso de acumuladores de energía (baterías) y regulador de carga. Un sistema fotovoltaico autónomo (SFA), suele incorporar cargas DC, por lo que es innecesario incorporar un inversor. En caso que en el consumo estén incluido cargas de corriente alterna (como electrodomésticos), será necesario un inversor.

Según Perpiñán (2013), el funcionamiento de los inversores de SFA y SFCR son muy similares. La principal diferencia está en la salida: los SFA no están conectados a una

¹³ En el supuesto caso que el inversor entregue cualquier valor de voltaje, frecuencia a la de la red o se tenga un desfase, se produciría un cortocircuito pues en sistemas de corriente alterna, éstos se producen por diferencia en ángulos de desfase eléctrico.

red con la que sincronizar, por lo que deben funcionar como fuentes de tensión y no como fuentes de corriente (común en SFCRs), además que generalmente no incluyen un MPPT.

Los parámetros que determinan las características del inversor son:

- Potencia nominal: Determina la potencia que podrá suministrar a la red.
- Fases: Monofásico o trifásico según la potencia (para potencias mayores a 10 kW se usan trifásicos, para potencias menores inversores monofásicos).
- Rendimiento energético: Debe ser alto en toda la gama de potencias a trabajar.
- Protecciones: Protección ante tensiones y frecuencias fuera del margen, así como ante una tensión y corriente baja del generador, y fallos de la propia red eléctrica.
- *Forma de onda*: Representación de la tensión dada por el inversor en el tiempo. Los inversores pueden producir hasta tres formas de onda (cuadrangular, semi-senoidal y senoidal pura), siendo lo recomendable, la obtención de ondas senoidales puras que coinciden con la red.

2.2.2.1. Características

Según Perpiñán, los inversores tienen por lo general las siguientes características:

- Potencia nominal y máxima.
- Ventana del punto de máxima potencia: El inversor aplica un algoritmo para dar con este punto todo el tiempo. (*ver secciones 2.2.1.3 y 2.2.2.4*)
- Tensión máxima de entrada: Tensión límite a la que puede trabajar el inversor.
- Tensión nominal de salida.
- Eficiencia máxima: Máximo valor que toma la relación de potencias de salida y entrada.
- Umbral de arranque: Mínima potencia de entrada a la que el inversor trabaja.
- Distorsión armónica: % de contenido armónico de la onda de tensión de salida.

Por lo general, los inversores incorporan el seguidor de punto de máxima potencia. Cuando no se cuenta con éste, el inversor fija la tensión en el generador FV, lo que no conlleva mayores consecuencias al mismo, salvo las pérdidas energéticas. Mientras por un lado se ahorra energía por concepto de búsqueda del MPP, se deja de ganar mayor energía por no trabajar en el punto óptimo. (Perpiñán, 2013)

2.2.2.2. Tipos de inversores

Según su disposición:

- *Inversor central*: Un inversor para todo el generador fotovoltaico. Se reducen los costos y logra una aumenta la eficiencia.
- *String-inverter*: Un inversor para toda una rama del generador.
- *Módulo A-C*: Un inversor para cada módulo del generador. Uso no recomendable.

Según su conmutación:

- Inversores conmutados por la red: Puede trabajar a grandes potencias, sin embargo, presenta altos niveles de corriente reactiva y de distorsión armónica. Ante un fallo de la red, estos también fallan.
- Inversores auto conmutados: Basado en un puente de materiales semiconductores que se conectan y desconectan. Tiene señal de salida puramente senoidal y sincronizada con la red. Tiene como desventaja el funcionamiento a potencias menores y un rendimiento menor al primero.

2.2.2.3. Principio de funcionamiento

Según Perpiñán (2013), por lo general, el inversor está compuesto de los siguientes bloques:

- Filtro de entrada: Atenúa el rizado en la entrada.

- Convertidor DC-DC: Adapta la tensión de salida del inversor a la tensión necesaria.
- Puente inversor: Efectúa el troceado de la señal continua para convertirla en alterna.
- Filtro de salida: Atenúa los armónicos no deseados.
- Transformador: Adapta la tensión de salida del puente de conmutación al de la red y establece el aislamiento galvánico entre la entrada DC y la salida DC.
- Control: Supervisa la entrada y salida del convertidor DC/DC y del puente inversor. Acá se da el MPPT, y el inversor impone al generador una señal senoidal con poco contenido de armónicos.

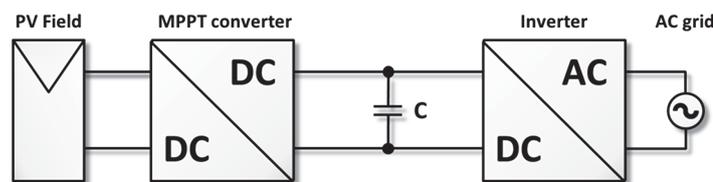


Figura 2.12: Estructura del inversor (Bosque, 2014)

Una de las partes críticas del inversor es el rizado – producido en la conmutación del convertidor DC-DC - que puede afectar el *MPPT* por lo que debe ser filtrado. Este problema es con una capacitancia - reduce las variaciones de la tensión en la entrada del inversor - adecuada entre el convertidor DC/DC y el puente inversor que debe tener el valor de:

$$C = \frac{P_p}{2 \cdot w_{red} \cdot V_c \cdot \Delta V_c} \quad [2.8]$$

P_p : potencia de los módulos fotovoltaicos
 V_c : tensión media
 ΔV_c : amplitud del rizado

En conclusión, los inversores inyectan energía a la red - la tensión de salida del inversor es fijada por la red. El inversor funciona correctamente debido a una combinación de control y elementos inductivos en la salida - reduce las variaciones de corriente - de modo que se comportará como una fuente de corriente en la salida.

“El control obligará a que esta fuente de corriente guarde una cierta fase con la tensión de la red y a que su amplitud esté en consonancia con la corriente de entrada al inversor, determinada por el algoritmo de búsqueda del MPP. Este control sobre la corriente compensará el factor de potencia¹⁴”. (Perpiñán, 2013, pg. 73)

2.2.2.4. Seguimiento del punto de máxima potencia

La potencia aprovechada del campo fotovoltaico debe ser maximizada (MPP) a lo largo del tiempo, siguiendo algún algoritmo.

Según Perpiñán, los algoritmos de MPPT más usados son:

- Algoritmo P&O (perturb and observe):

Es el más usado por la facilidad de su implementación. El algoritmo realiza un cambio en el punto de trabajo (perturb) y mide la potencia resultante en el nuevo punto (observe). Considerando los datos de tensión y potencia, este proceso se repetirá hasta llegar al MPP.

$$curva P - V: \begin{cases} \frac{dP}{dV} > 0 ; 0 < V < V_{mpp} \\ \frac{dP}{dV} = 0 ; V = V_{mpp} \\ \frac{dP}{dV} < 0 ; V_{mpp} < V < V_{oc} \end{cases} \quad [2.9]$$

- Algoritmo de Conductancia Incremental:

Puesto que $P_{dc} = I \cdot V$ e I/V es la conductancia de un elemento, la ecuación 2.9 se transforma en la ecuación 2.10. Este algoritmo no realiza ningún cambio sino hasta que sufra un cambio en la corriente.

$$curva I - V: \begin{cases} \frac{dI}{dV} > -\frac{I}{V} ; 0 < V < V_{mpp} \\ \frac{dI}{dV} = -\frac{I}{V} ; V = V_{mpp} \\ \frac{dI}{dV} < -\frac{I}{V} ; V_{mpp} < V < V_{oc} \end{cases} \quad [2.10]$$

¹⁴ Factor de potencia: Relación entre la potencia activa y aparente. Generalmente, los inversores tienen un *F.P.* igual a 1 (nula potencia reactiva, cargas puramente resistivas).

Para establecer el rendimiento del MPPT -y así compararlos con otros- se define la *eficiencia de seguimiento* (Gómez, 2011).

$$\eta_{MPPT} = \frac{\int_0^t P_{inst(t)} dt}{\int_0^t P_{max(t)} dt} \quad [2.11]$$

$P_{inst(t)}$: Potencia del generador bajo el control del sistema MPPT.

$P_{max(t)}$: Potencia real del MPP.

2.2.3. Control, medida y protección

2.2.3.1. Subsistema de control

El SFCR tiene diversos parámetros complejos que necesitan ser monitoreados y controlados constantemente. Opcionalmente, pueden estar considerados los sistemas de seguimiento solar y la posición de seguridad del generador en condiciones climatológicas extremas.

Un ejemplo claro de un sistema de control es el inversor con el algoritmo de MPPT.

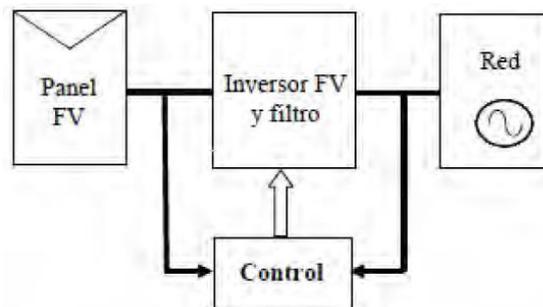


Figura 2.13: Esquema de inversor con bloque de control (Hassaine, 2010)

Según Schallenberg (2008), el bloque de control puede ser realizado de dos maneras:

- Sistemas manuales:

Los datos son suministrados por polímetros o por las luces de los distintos elementos que componen la instalación., y el usuario lleva a cabo el control empleando interruptores o conmutadores integrados en el mismo sistema.

- Sistemas automatizados:

Constan de equipos informáticos que están capturando señales del estado del sistema continuamente. Estos sistemas actúan ante una desviación en los parámetros preestablecidos para un funcionamiento normal y llevan a cabo un registro histórico de los parámetros con relación al funcionamiento del sistema.

2.2.3.2. Subsistema de medida

Este subsistema consiste en la medición de energía eléctrica en el SFCR. Está basado en contadores de energía activa (en kWh).

Se necesita dos contadores ubicados entre el inversor y la red de modo que uno cuantificará la energía que se entrega a la red y otro, el consumo el inversor en ausencia de radiación solar o de posibles consumos que se tenga - contador bidireccional (Schallenberg & otros, 2008, pg. 69).

2.2.3.3. Subsistema de protección

Los SFCR deben contar con dispositivos de protección de modo que garantice el funcionamiento de forma segura. Estos dependen exclusivamente de las características del sistema fotovoltaico y de la normativa vigente.

Según Méndez (2009), los SFCR contarán con las siguientes protecciones:

- Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Protección contra contactos directos e indirectos.
- Protección contra sobre tensiones.
- Protecciones asociadas a la interconexión con la red.

Entre los dispositivos de protección más importantes tenemos:

- Interruptor magnetotérmico: Interrumpe la corriente ante un límite.
- Interruptor diferencial: Dispositivo que protege de contactos directos e indirectos provocados por contacto.

- Interruptor automático de la interconexión con relé de enclavamiento accionado por variación de tensión o frecuencia.
- Separación galvánica entre la red y la instalación fotovoltaica.
- Varistores: Actúan frente a las descargas eléctricas de origen atmosférico.

2.2.4. Cableado

Este subsistema es de vital importancia pues de éste se generan pérdidas significantes para el SFCR, subsanables con un correcto dimensionamiento de los conductores.

Un cable¹⁵ -de sección circular- adecuado ayuda a limitar la tensión a la vez que aísla eléctricamente al generador y contactos externos, para así reducir el peligro de contactos fortuitos ante voltajes elevados. Además, debe asegurar que la caída de tensión en el sistema sea menor al 1% para instalaciones generadoras de baja tensión- de la tensión nominal en todo momento (Galarreta, 2013).

Existen criterios que se deben tomar en cuenta para la elección del sistema de cableado:

- Tipo de cable -deben ser de cobre según IDAE.
- Modo de instalación del cableado. Línea aérea, interior o subterránea.
- Sección de los conductores. Referente a las caídas de tensión y calentamientos.

Según el ITC-PT-40, la caída de tensión continua debe ser menor al 1.5% y 2% para tensión alterna, tomando como referencia la tensión de la caja de conexiones. Además, los cables deben admitir una intensidad no menor al 125% de la máxima intensidad del generador.

¹⁵ Un cable es todo un conjunto de uno o más conductores aislados y cada uno revestido, así como todo el conjunto. Puede contar con uno o más conductores no aislados también. (Ibañez, 2004)

2.3. Productividad del Sistema

Para que la productividad del SFCR sea alta, es imprescindible que el generador esté correctamente direccionado. En un sistema que cuenta con soporte fijo, el ángulo de inclinación del módulo queda dado por:

$$\theta_{\acute{o}pt} = 3.7^{\circ} + 0,69 \cdot \text{latitud} \quad [2.12]$$

Otro ángulo de inclinación recomendable es $\theta_{\acute{o}pt} = 15^{\circ} + \text{latitud}$. (para facilitar la limpieza del generador)

Para tener una idea de la productividad, es imprescindible tener un valor aproximado de la energía generada por un SFCR y queda dado por el *Factor de Capacidad*.

$$CF = \frac{\int_0^T P(t) dt}{P_{nom} \cdot T} \quad [2.13]$$

T : Período analizado

$P(t)$: Potencia generada por el sistema en un tiempo t

P_{nom} : Potencia nominal del sistema

Este factor hace una estimación de la energía generada en un SFCR (toma valores 0.16-0.21 aproximadamente, según Orosco)¹⁶. Puesto que CF depende directamente de la potencia nominal, está relacionado directamente también a la irradiancia.

Se determina la energía diaria que este sistema puede entregar utilizando la relación siguiente:

$$kWh_{\text{día}} = kWp \cdot 24 \cdot CF \quad [2.14]$$

Para el caso de Lima, considerando que el factor de capacidad es 0,1875, en un sistema de 1 kW_p, se generará 4,5 kWh diario aproximadamente. (Orosco, 2005, pg. 23)

¹⁶ Para el caso de Lima, es CF toma valores entre 0.18 y 0.20. (Orosco, 2005)

2.4. Pérdidas del Sistema

En un SFCR, se puede categorizar las pérdidas de la siguiente forma (Cornejo, 2013, pgs. 40,41):

- Pérdidas por incumplimiento de potencia nominal: Se da cuando los módulos de un generador no trabajan en el MPP.
- Pérdidas de desadaptación Se da en el caso que un módulo tenga una potencia nominal inferior al resto. Se subsana usando diodos de bypass.
- Pérdidas en los cables: Son las pérdidas por el efecto Joule.
- Pérdidas por caídas óhmicas en el cableado.
- Pérdidas por rendimiento del inversor.
- Pérdidas por rendimiento del MPPT.
- Pérdidas por el transformador.
- Pérdidas por polvo y suciedad.
- Pérdidas angulares.
- Pérdidas por temperatura y sombreado.

Según Orbegoso (2010), las proporciones de pérdidas de un SFCR en un año son:

Factor de pérdidas	Valor
Dispersión de parámetros entre los módulos	2-4%
Tolerancia de potencia de los módulos respecto a sus características nominales	3%
Temperatura	5-8%
Conversión DC/AC en el inversor	8-12%
Efecto Joule en los cables	2-3%
Conversión BT/MT en el transformador	2-3%
Disponibilidad del sistema	0,5-1%

Tabla 2.2: Pérdidas anuales en el Performance Ratio (Orbegoso & Arivilca, 2010)¹⁷

¹⁷ Performance Ratio es una estimación de las pérdidas en un sistema fotovoltaico en donde no se toma en cuenta las condiciones climatológicas.

CAPÍTULO 3: ESTADO DEL ARTE Y SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se abarcará sobre investigaciones recientes referente a los sistemas fotovoltaicos conectados a la red y la situación actual en el Perú y el mundo.

3.1. Estado del Arte

Estudios de análisis de desempeño de SFCR como el presente, han sido desarrollados en todo el mundo en los últimos quince años. Muchos de estos estudios solo se basan en la eficiencia de conversión de potencia alterna a continua, basándose solo en que la instalación esté ubicada en un lugar de alta irradiancia.

A continuación, se mencionan diferentes estudios:

El grupo del profesor Hun So (2006) realizó el monitoreo y análisis de un año de cuatro SFCR -con potencia nominal de 3 a 3.3 kW - en el Field Demonstration Test Center-Korea, y fueron comparados con los resultados del software de simulación fotovoltaica PVSYST desarrollado por el mismo centro. En la tabla se aprecia como la eficiencia del inversor alcanza 90% (2006); actualmente, la eficiencia es mayor al 98%.

Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

PV System		System 1	System 2	System 3	System 4
	Cell silicon type	multi	mono	mono	multi
	Power (kW)	3	3	3	3.3
PV array	Conversion efficiency (%)	10.1	9.2	9.5	9.5
	Output energy (kWh)	4135	3510	3980	3682
PCU	Efficiency (%)	89.1	86.1	83.5	87.1
	Output energy (kWh)	3686	3021	3322	3214
	Availability (%)	42.9	40.7	40.5	41.6
System	Capacity factor (%)	12.8	11.5	11.5	12.2
	System efficiency (%)	9	7.9	7.9	8.3

Tabla 3.1: Desempeño de 4 SFCR en Corea (Hun So, 2006)

Otro caso, es el desarrollado por los investigadores Mau y Jahn (2006). Ellos analizaron 21 sistemas FV -con tiempo de operación de 7 a 23 años y con potencia nominal entre 1 y 16 kW- en diferentes países (Bélgica, Alemania, Italia, Japón, Suiza y Suecia) en variadas condiciones climatológicas.

Los investigadores llegaron a la conclusión que se puede esperar un funcionamiento estable de los sistemas PV por muchos años, en caso de no ser afectados por la suciedad de los módulos y una reducción de la eficiencia de los componentes.

En el ámbito nacional, Montoya (2015) realizó la caracterización a un sistema fotovoltaico de 3.3 kW ubicado en la Universidad Nacional San Agustín-Arequipa usando la norma UNE-EN 71724:2000, en un periodo de diciembre 2015 a octubre 2016. Montoya menciona que se obtuvo un promedio para la eficiencia diaria mensual 13,63%, 98.54%, 13.43% en el rendimiento del módulo, inversor y sistema respectivamente. Los valores altos de eficiencia del módulo y del sistema se deben a la alta irradiancia a lo largo del año en Arequipa.

El uso de software de monitoreo de parámetros de interés de sistemas fotovoltaicos, así como de simulación para el dimensionamiento fotovoltaico se han vuelto imprescindibles en la última década.

El Ing. Dávila (2011) desarrolló diversos programas (extracción de parámetros, adquisición de datos, simulación de SFCCR de poca potencia) que junto con el software PSPICE se puede desarrollar simulaciones simples para el inversor de un SFCCR. Además, presenta el procedimiento a seguir para el registro de SFCCR de baja potencia nominal (para el caso de España). Según Dávila, la complejidad de la tramitación implica un gran freno para la expansión de los sistemas fotovoltaicos.

Por otra parte, si hablamos de sistemas fotovoltaicos, debemos hablar también de las grandes centrales fotovoltaicas.

El profesor Martinez (2012) y el grupo de Sistemas Fotovoltaicos del Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid, realizaron ensayos (duración 1 semana con resultados altamente repetitivos) en 50 grandes centrales fotovoltaicas

(potencia instalada 250 MW, la mayoría instaladas en España)¹ que ayuden a mejorar los procedimientos de control de calidad. Estos ensayos están enfocados a la reducción de la incertidumbre usando módulos del mismo tipo, caracterización superficial de producción de energía, y caracterización de generadores e inversores.

La justificación de su trabajo se basó en que en la actualidad, los controles en sistemas fotovoltaicos recaen a nivel de componentes, que el módulo solar tenga las certificaciones IEC 61215 ó IEC 61646 y salgan calibradas de fábrica, con lo que se asegura la fiabilidad y potencia. Sin embargo éstas medidas no contemplan el fenómeno de la polarización asociado al desplazamiento lento de la carga estática, ni se toma en cuenta que algunas células presenten fisuras con lo que se presenta el fenómeno de punto caliente.

Como menciona Martinez, la distribución de temperatura de operación e irradiancia, en un sistema fotovoltaico es menos homogénea cuanto mayor es la potencia instalada, un tema poco estudiado en investigaciones.

En la actualidad, en diversas partes del mundo se está llevando la caracterización de distintos sistemas fotovoltaicos. En Madrid, el Ing. Ferichola (2014) diseñó y construyó un dispositivo capaz de caracterizar módulos fotovoltaicos de hasta 9 kW de potencia, en el que se usa diversos equipos tradicionales en la caracterización, y adicionalmente un osciloscopio, sin embargo, el tiempo de medida es muy retardado (cerca a 1 minuto).

Investigaciones como ésta, permitirán desarrollar equipos que detecten fallas en sistemas fotovoltaicos que no cuenten con un correcto sistema de control y monitoreo, asimismo se aprecia un esfuerzo por tratar de reducir costos, con detrimento en el tiempo de adquisición de datos.

Otro tema de investigación recurrente es el estudio del punto de máxima potencia MPP y las diferentes alternativas para lograr obtenerlo.

¹ En la actualidad, el Perú cuenta con 5 grandes centrales fotovoltaicas con una potencia total de 96 MW instalada.

El Ing. Mosque (2014), desarrolló un dispositivo adaptador *Smart Panel Device* (SPD) que permite la introducción de cargas, almacenamiento y fuentes a sistemas fotovoltaicos, de modo que la curva de potencia-tensión en el output o salida no perturbe el punto de trabajo del sistema y sea compatible con el MMPT del inversor. El SPD fue usado para aumentar la potencia a centrales fotovoltaicas, además que añade baterías y fuentes. Otro uso del SPD, es el de adaptar cualquier generador de modo que la energía se envíe a la red eléctrica mediante un inversor tradicional formando estructuras que puedan ser tratadas como microrredes. (Bosque, 2014)

Un problema recurrente cuando se trabaja con SFCRs es el efecto de las sombras. El Ing. Masa (2014) desarrolló una metodología para tratar la caracterización de pérdidas de sombras en los sistemas fotovoltaicos, y validó con un caso real en el periodo de un año. Sin embargo, la precisión del método usado se reduce cuanto menos irradiancia llegue a la superficie del generador, pues el efecto de sombras se confunde con la baja irradiancia. Además llegó a la conclusión que los EFCR de pequeño tamaño, no suelen ser rentables pues se encarece y dificulta la supervisión y predicción de su producción.

Cuando se trata de estudios en sistemas fotovoltaicos, una parte importante son los que se basan en modelamientos acerca de la potencia saliente de los inversores, así como la irradiancia incidente.

El grupo del profesor Humada (2015) desarrolló un modelo matemático para un pequeño SFCR y los resultados fueron simulados en diferentes condiciones climatológicas en un sitio tropical como lo es Malasia.

El principal aporte del mencionado estudio, fue el mayor acercamiento a los datos experimentales en comparación con otros modelos contemporáneos para el mismo lugar.

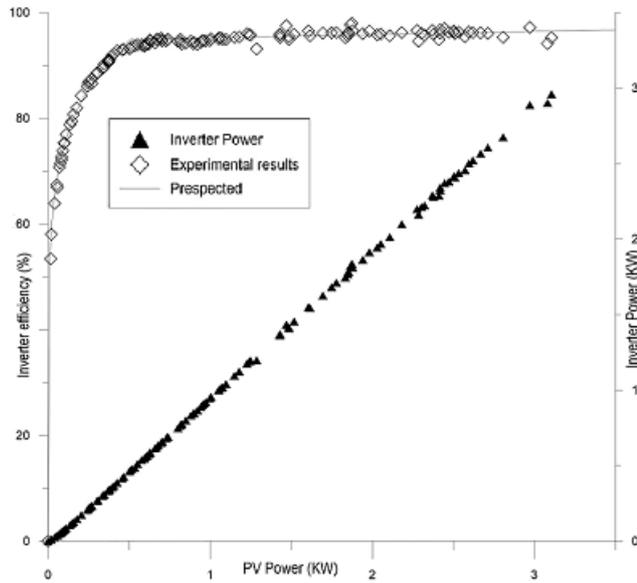


Figura 3.1: Eficiencia y potencia del inversor (Humada, 2015)

Otro de los grandes problemas de los SFCR radica en que mayormente los módulos fotovoltaicos no cuentan con un sistema de seguimiento solar por lo que la captación de energía no es máxima. Estos subsistemas consumen mucha energía y a menudo tienen errores de rastreo.

El grupo liderado por el profesor Wang (2016) desarrolló un sistema de seguimiento -de movimiento discreto para reducir el autoconsumo- sobre la base de la perturbación y observación, de modo que se maximiza la eficiencia de la conversión fotoeléctrica. El sensor fotoeléctrico usado por el profesor Wang tiene una resolución de 0.344° , con lo que se logra que el error de seguimiento sea menor a 2.5%. Este sistema llega a consumir una energía menor de 1 kWh en un día, y se puede llegar a alcanzar hasta 44.5% en mejora de la eficiencia de carga.

En la siguiente figura se muestra el algoritmo del seguidor solar anteriormente descrito.

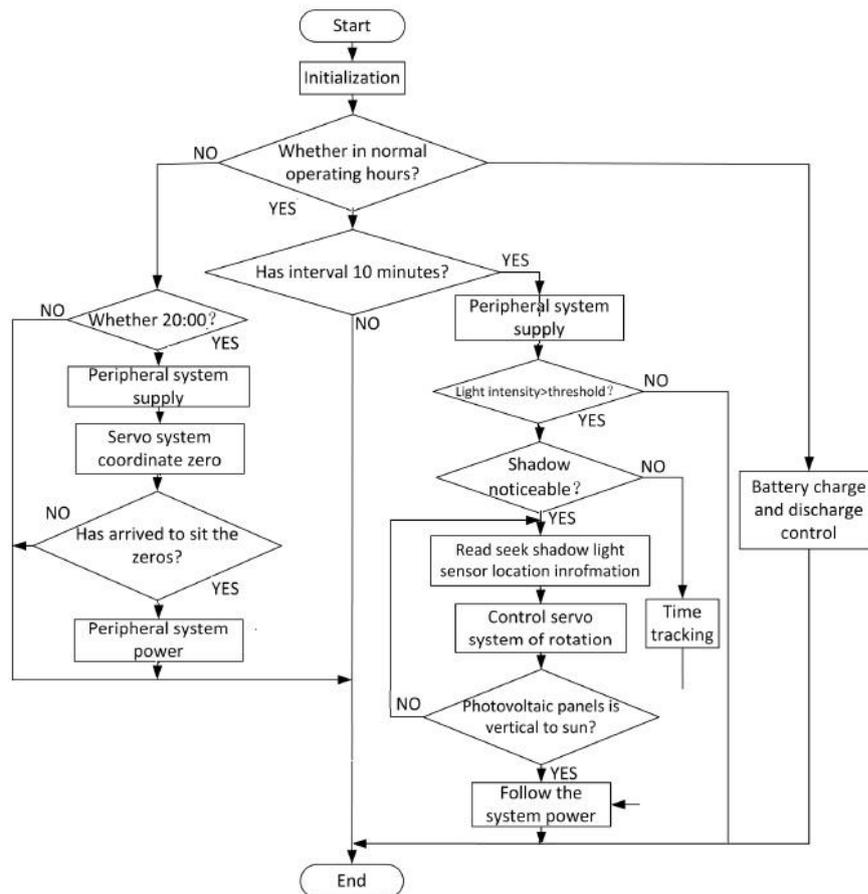


Figura 3.2: Flujo del software del seguidor solar (Wang, 2016)

Según Masa (2014), los SFCR tienen 2 condicionantes que impiden que el generador FV perciba la máxima irradiancia posible: orientación e inclinación, y los obstáculos en el entorno del sistema que proyectarán sombras.

Mientras que la orientación e inclinación no afectan considerablemente a la energía producida, las sombras sí.

Según Siraki (2012), una desviación de 20° respecto a la inclinación óptima, ocasiona un 5% de menor irradiancia captada. En contraste, para Jahn (2004), en un estudio sobre 334 EFCR en Alemania, se atribuye e más del 20% de pérdida a las sombras generadas por obstáculos.

Según el Ing. Masa (2014), esta pérdida por sombras que afectan la producción del SFCR, ha ocasionado que cada vez haya más modelos teóricos, así como software que toman en cuenta los obstáculos para obtener las pérdidas en la irradiancia, sin embargo, no calculan las pérdidas eléctricas ocasionadas por las mismas.

Actualmente, y con miras al futuro, se está trabajando con programas de simulación para obtener la irradiancia sin necesidad de realizar un estudio previo anterior a la instalación de un SFCR y así poder ver la cantidad de radiación incidente, estimación de pérdidas en el sistema, retorno de la inversión, etc., de modo que el análisis del SFCR se vuelve más sencillo (ver sección 3.7).

Para Dávila (2011), los programas que toman en cuenta la energía fotovoltaica se clasifican en tres grupos (adicionalmente se menciona ejemplos de cada uno):

- Software de viabilidad económica. RETScreen, PVSYST.
- Software de simulación. Homer, PV-DesignPro, PVSYST.
- Software de dimensionado. PVWatts, PVSYST, RETScreen,

Un concepto que está tomando importancia es los últimos años es el de *smart grid* o *redes inteligentes*.

La red eléctrica tal como la conocemos no ha cambiado desde su invención, pero la situación actual requiere que la red eléctrica convencional migre hacia una red inteligente o *smart grid*. Esta tiene la capacidad de intercambio bidireccional de energía e información, a la vez que es capaz de integrar instalaciones renovables de pequeño y mediano tamaño. Además, dispone de elementos de control que permiten conocer la situación de la red y solucionar problemas técnicos. Es capaz de actuar de manera remota sobre las incidencias de la red, mejorando el suministro y la relación con el medio ambiente.

El smart grid supone una nueva era en el sector eléctrico, pues pasamos de una gestión estática unidireccional a una dinámica bidireccional. De este modo, se aumenta la eficiencia y el ahorro energético.

Un problema global es la demanda de los consumidores de *smart grid*. Los cambios de clima afectan directamente la demanda de energía.

Para evaluar la probabilidad de eventos en procesos estocásticos como la demanda, el grupo del profesor S. Ali (2016), usó modelos probabilísticos en el que la energía demandada por los consumidores es modelada como una variable dependiente del

tiempo y funciones aleatorias de entrada, con el objetivo de lograr un flujo de equilibrio y minimizar las fluctuaciones que se presentan en ciertos periodos.

Este estudio corroboró la hipótesis de la dependencia de tiempo, sin embargo el modelo propuesto es incapaz de analizar la demanda variable en periodos de baja, media y alta demanda.

‘Los sistemas fotovoltaicos integrados a la arquitectura propia de los edificios siguen siendo la aplicación más importante de la industria fotovoltaica a nivel mundial por potencia instalada, y presentan un gran potencial de integración en las redes eléctricas’. (Masa, 2014, pg. 236)

3.2. Panorama en el Perú

Cuando se habla de SFCR en el Perú, se tiene un gran desconocimiento -se tiene la creencia que los sistemas fotovoltaicos y demás componentes, son demasiado caros y que la inversión no retornará -, pues nuestra realidad en el tema fotovoltaico está a niveles ínfimos comparado a países industriales de primer mundo en donde se tiene mayor conciencia respecto al calentamiento global.

Asimismo, unido a la falta de conocimiento y falta de interés sobre los RER en general, también contribuyen otros factores: (Masa, 2014, pg. 25)

- Es de esperar que las compañías eléctricas se opondrán a todo esfuerzo por usar RER, pues consideran a los sistemas fotovoltaicos y otros RER como añadidos no deseables, y que dificultan gestión².
- Debe haber un incentivo de parte del gobierno empleando mecanismos de apoyo como subsidiar a los usuarios que deseen contar con sistemas fotovoltaicos y bonos de carbono.

² Las compañías de generación eléctrica, prefieren usar energía hidráulica por la rentabilidad. Sin embargo, empresas como ENEL (ex-EDELNOR) está construyendo la central solar Rubí de 144.5 MW, mientras que ENGIE (ex-ENERSUR) construye la central Intipampa de 40 MW, pues se están dando los mecanismos para que recuperen la inversión.

Sin embargo, el panorama está cambiando, según el informe anual desarrollado por COES, la producción de energía solar pasó de 199.3 a 241.8 GWh [2014-2016], aún a pesar que se redujo la participación porcentual de producción energética respecto del 2015 (0.52 a 0.5%).

En la siguiente tabla, desarrollada por el Comité de Cooperación Económica del Sistema Interconectado Nacional COES, se observa la distribución de la producción energética anual.

Recurso Energético	Acumulado Anual			Hace 2 años	
	2016	2015	Var (%)	2014	Var (%)
Hidro	23 009,6	22 456,2	2,5%	21 002,9	6,9%
Gas Natural de Camisea	21 324,5	19 523,1	9,2%	19 012,9	2,7%
Gas Natural de Aguaytía	368,5	440,7	-16,4%	380,0	16,0%
Gas Natural de Malacas	651,7	565,7	15,2%	437,1	29,4%
Gas Natural de Las Isla	112,5	143,2	-21,5%	80,0	79,0%
Carbón	772,9	248,1	211,5%	163,2	52,0%
Residual 500	191,0	41,4	361,8%	29,8	38,8%
Residual 6	3,2	1,9	65,7%	2,8	-30,8%
Diesel 2	458,9	170,8	168,7%	55,1	210,1%
Bagazo	86,5	90,5	-4,5%	146,1	-38,0%
Biogás	51,2	36,7	39,4%	30,3	21,1%
Solar	241,8	231,0	4,7%	199,3	15,9%
Eólica	1 054,1	590,7	78,4%	256,3	130,5%
Producción Total del SEIN	48 326,4	44 540,0	8,5%	41 795,9	6,6%

Tabla 3.2: Producción energética anual por tipo de Recurso (COES, 2016)

Mención importante es la producción energética de energía eólica, que en 2 años pasó de producir 256.3 a 1054.1 GWh - esto no hace más que confirmar el crecimiento de las energías renovables en el Perú, especialmente la fuente Eólica.

Asimismo, se aprecia que las fuentes de energía renovable alcanzan el 4.91% (2373.4 GWh), muy cerca del exigido por el D.S. N° 012-2011-EM Nuevo reglamento de la generación de electricidad con Energías Renovables, que menciona que el 5% del consumo debe provenir de RER. (la participación de los RER en la producción energética alcanzó el 3.12%, 4.15% y 4.91% en los años 2014, 2015 y 2016 respectivamente)

Por otro aspecto, hasta el momento, en el país no se cuenta con una normativa respecto a la caracterización de SFCRs, por lo que se suele adoptar la normativa técnica europea.

El próximo paso para que la industria fotovoltaica en el país siga creciendo, es la ejecución del D.L. 1221 (*ver ANEXO B*) y la promulgación del reglamento sobre regulación de la generación distribuida que autoriza instalaciones con RER, consumir y vender el excedente, con lo que el Perú contaría con mucho mayor número de sistemas fotovoltaicos.

Una de las preocupaciones en investigaciones nacionales sobre sistemas fotovoltaicos conectados a la red, radica en conocer con mayor exactitud cuánta energía eléctrica es producida, así como predecir la producción eléctrica a mediano plazo.

Asimismo, conocer cuánta energía será generada a largo plazo será de vital importancia para los futuros usuarios que deseen someterse al DL. 1221 y poder vender el excedente de energía. Es de vital importancia, por tanto, realizar estudios previos en los que se cuantifique la energía entre los diferentes módulos fotovoltaicos de diferente tipo, y de acuerdo a los resultados seleccionar la que se mejor adapte a sus condiciones.

Se tienen diversas experiencias sobre los SFCR en el país, enmarcados en el sector educativo, de modo que se amplíe el conocimiento y/o capacite a profesionales en conexión de instalaciones fotovoltaicas:

La Universidad de Jaén-España, ha desarrollado 3 SFCR en Perú en el marco de cooperación sobre transferencia tecnológica en energía fotovoltaica '*Emergiendo con el Sol*', la cual es financiado por la Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AACID).

- UNI (2014). Redacción de un proyecto técnico de SFCR de 3.225 kW_p a partir de la instalación (2013) con módulos de silicio policristalino, para ensayo y capacitación con diferentes tecnologías.
- A fines de 2014, se instalaron 2 SFCR en UNSA y UNJBG de potencia 3.24 kW_p con módulos de silicio monocristalino en Arequipa y Tacna.

- UNI (2016). La empresa peruana DeltaVolt, instaló un SFCR de 3.452 kW_p con módulos de película delgada de silicio amorfo y microcristalina implementado por el CER-UNI.

Asimismo, en SENATI-Sede Independencia, la empresa alemana SUNSET instaló un SFCR tipo *on grid* de potencia 25 kW_p con módulos de silicio monocristalino y policristalino (noviembre-2016), de modo que se reducen los costos en el consumo de energía.

Todas las investigaciones anteriores contribuirán significativamente a la experiencia local en SFCRs, en vista del D.L. 1221 que permitirá la conexión de sistemas de generación distribuida a la red eléctrica.

Por otra parte, no se puede dejar de mencionar las grandes centrales FV con las que cuenta el Perú. Existen 5 centrales generadoras con energía FV en el país, que resultaron adjudicadas por cuales pasaron por subastas llevada a cabo por OSINERGMIN y les fueron conferidas mediante resolución ministerial. Estos proyectos gozan del beneficio de la prima que asegura la tarifa adjudicada en las subastas de suministro de electricidad de origen renovable, a fin de asegurar la rentabilidad de las inversiones.

PROYECTO	Potencia (MW)	Tarifa adjudicada US\$/MWh	Prima \$/kW mes (T.C. s/3.17)	Energía adjudicada anual	Inversión estimada (MM US\$)
Panamericana	20	215.00	0.137	50.676	87
Majes Solar	20	222.50	0.109	37.676	70.5
Repartición Solar	20	223.00	0.108	37.440	70.2
Tacna Solar	20	225.00	0.129	47.000	85
Moquegua FV	16	119.90	0.079	43.000	43

Tabla 3.3: Centrales Fotovoltaica en Perú (Díaz, 2015)³

³ A pesar que todas las centrales FV nacionales, son de potencia y efectos bajo irradiancia similar, la energía adjudicada anual es muy diferente. Esto se debe a los propios términos definidos en las subastas.

Las centrales Panamericana, Majes, Repartición y Tacna, cada una con potencia 20 MW fueron adjudicadas en la primera convocatoria de la primera subasta de energías renovables -marzo 2010.

El objetivo de la primera subasta de electricidad generada con RER fue suministrar electricidad al SEIN, teniendo como límites: fecha límite de operación diciembre 2012, cuota de energía para cada tipo y precios base máximo.

Puesto que, al no haberse cubierto la totalidad de energía requerida, se realizó una segunda convocatoria (agosto 2011) que la que ningún proyecto solar fue adjudicado. En la que segunda subasta fue adjudicada la central fotovoltaica de Moquegua de 16 MW. En la tercera subasta RER, no se adjudicó ninguna central solar. En la cuarta subasta (setiembre 2015), se adjudicó 2 centrales solares, actualmente en construcción: Rubí (144.5 MW-Moquegua) e Intipampa (40 MW-Moquegua).

Subasta	Biomasa		Eólica		Solar		Hidráulica		Total	
	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°
Oferta	800.96	241.78	764.14	1351.4	263.04	257.48	1981.9	1044	3810	2894.7
Requerido	813	828	320	429	181	43	3066	681	4380	1981
Adjudicado	143.3	14.02	571	415.76	172.94	43	1084.3	679.93	1971.6	1152.7

Tabla 3. 4: Energía requerida (GWh) en la 1° y 2° subasta (OSINERGMIN)⁴

En el sector fotovoltaico, el Perú es bien visto por inversionistas extranjeros, debido a: éxito de las subastas de RER auspiciadas por el gobierno, los programas de electrificación rural, y el favorecimiento a nuevos generadores de energía limpia⁵. Asimismo, en el 2011, Perú atrajo más inversión solar (165 MM US\$) que otro país en la región debido al compromiso de subasta. (León, 2013)

En el marco actual, existe un apetito por desarrollar centrales solares en el país. La oferta de propuestas para plantas solares excedió 21 veces la demanda para dicho RER. (OSINERGMIN, 2017)

⁴ Para RER del tipo solar fotovoltaico, se adjudicó el 96.4% de lo requerido en la primera subasta. Nótese que, en la primera convocatoria, para el RER de tipo eólico, se adjudicó el 178.4% de lo requerido. Esto se debe a que el precio de la energía ofertada estuvo por debajo del precio máximo.

⁵ El éxito de las subastas es forzado por la competencia en el proceso y la reducción de precios de diferentes tecnologías RER. Los proyectos con sistemas fotovoltaicos han reducido los precios de 221 a 48 US\$/MWh, mientras que, los proyectos eólicos han reducido de 80 a 38 US\$/MWh, todo en 6 años (OSINERGMIN, 2017).

Adicionalmente, en 2013, se ejecutó la primera subasta RER *off-grid*, en la que ERGON S.A.C. ganó la licitación para instalar 450 mil sistemas fotovoltaicos autónomos (equivalentes a 50 MW) en zonas rurales, y se hará cargo de la operación y mantenimiento de los mismos por 15 años.

3.3. Panorama en el Mundo

Tradicionalmente, la energía fotovoltaica ha sido considerada como una fuente de energía no fiable y a su vez, incapaz de ser regulada. Por lo que las compañías de sistemas eléctricos de diferentes países, no lo han tenido en cuenta. Pero el panorama está cambiando, ahora la energía fotovoltaica es una de las fuentes de energía con mayor tasa de crecimiento a futuro, esto debido principalmente a la constante reducción de sus costos y por la necesidad de asumir retos en materia de generación energética.

Del año 2009 al 2013, la capacidad fotovoltaica creció de 24 a 137.5 GW con una capacidad de producción eléctrica de 160 TWh/año. (Cañete, 2015)

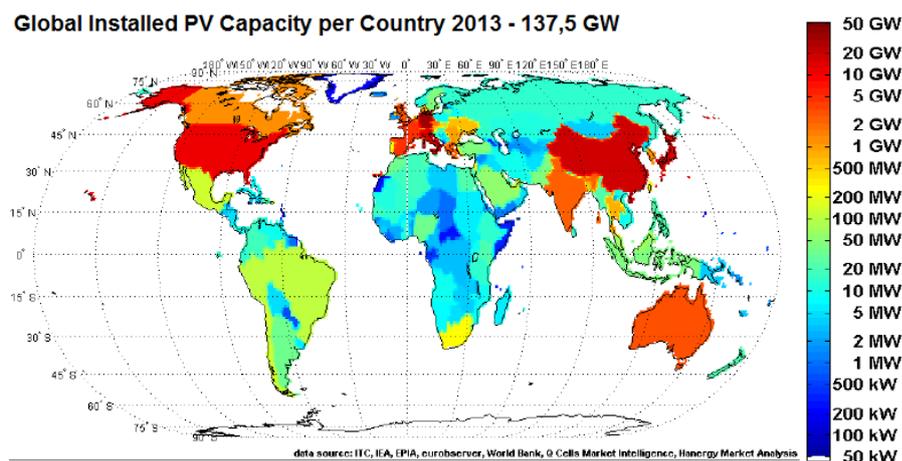


Figura 3.3: Capacidad fotovoltaica instalada (IEA, 2013)

Según la Alianza del Mercado Fotovoltaico (PVMA), en el 2016 se aumentó la capacidad fotovoltaica en 75 GW, mayor a los 50 GW instalados en el 2015, con lo que la potencia total instalada supera los 300 GW.

El mayor propulsor del crecimiento del 2016, fue China⁶ que instaló en el último año 34.2 GW (aumento del 126% respecto al 2015) y ahora es líder mundial en instalaciones fotovoltaicas. El podio lo completan Estados Unidos y Japón con 13 y 8.6 GW instalados el último año respectivamente.

Mención especial, que todo Europa solo registró un aumento de 6.5 GW, repitiendo pobres crecimientos de años anteriores como se ve en la siguiente gráfica.

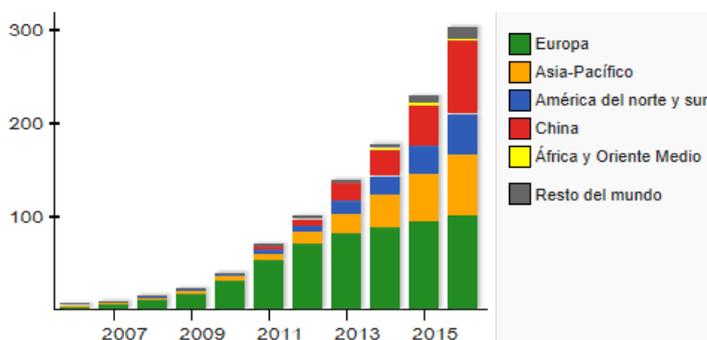


Figura 3.4: Potencia fotovoltaica instalada (IEA, 2016)

El crecimiento notable del sector fotovoltaico en el mundo, será afectado el 2017. Según PVMA, habrá una caída de 13% (se prevé instalación de solo 65 GW).

Esta caída se atribuye principalmente a 2 factores: reducción de incentivos financieros a las instalaciones solares en China y la reciente salida de Estados Unidos del Acuerdo de París⁷ (1° de Junio del 2016).

Según OSINERGMIN (2017), existe una creciente preocupación por los efectos del cambio climático, lo que ha llevado a acuerdos entre diversos países para reducir las emisiones de GEI. Entre los acuerdos internacionales para promoción de los RER, destacan:

⁶ No es casualidad que China sea líder fotovoltaico. China cuenta con 400 empresas dedicadas al sector fotovoltaico, entre los que destacan los gigantes mundiales en producción de paneles fotovoltaicos: Yingli y Suntech.

Tiene tal capacidad de producción de paneles por la que incluso supera la demanda mundial, que incluso la Unión Europea acusó a la industria china de realizar *dumping*.

⁷ Esta salida de EEUU, en el peor de los casos, originaría un aumento adicional de 0.3°C de calentamiento global hasta fines de siglo respecto a los niveles preindustriales (OOM).

Esta decisión del presidente Trump (EEUU), ha generado que China y la Unión Europea forjen una alianza contra el cambio climático. Entre los objetivos, se menciona: mayor cooperación en la reducción de consumo en los edificios, así como mayor intercambio técnico entre ambas partes.

- Protocolo de Kioto (1997). Se definió tope de emisiones de CO₂, comercio de los Certificados de Emisiones Reducidas (CER) y Unidades de Reducción de Emisiones (ERU).
- Acuerdo de Copenhague (2009). Política de incentivos a los países en desarrollo con bajas emisiones y mayores recursos de los países desarrollados para la mitigación.
- Plataforma de Durban (2012). Mejora de las metas para reducir GEI con el objetivo de mantener el incremento de la temperatura global por debajo de 2°C.
- Acuerdo de Paris (2015). Compromiso de transición a una economía baja en carbono. 147 de 189 países mencionaron a los recursos renovables como medio de reducción de emisiones de CO₂.
- Proclamación de Marrakech (2016). Los 50 países más vulnerables al cambio climático se comprometieron a usar 100% de su energía con recursos renovables en el menor plazo.

National Renewable Energy Laboratory (NREL) clasificó cada tecnología fotovoltaica con su eficiencia alcanzada el laboratorio. Entre los tipos de células, destacan: Silicio cristalino (25%-laboratorio NREL). Silicio policristalino (20.8%-laboratorio Trina Solar). Película delgada (21.2%-laboratorio SOLEXEL).

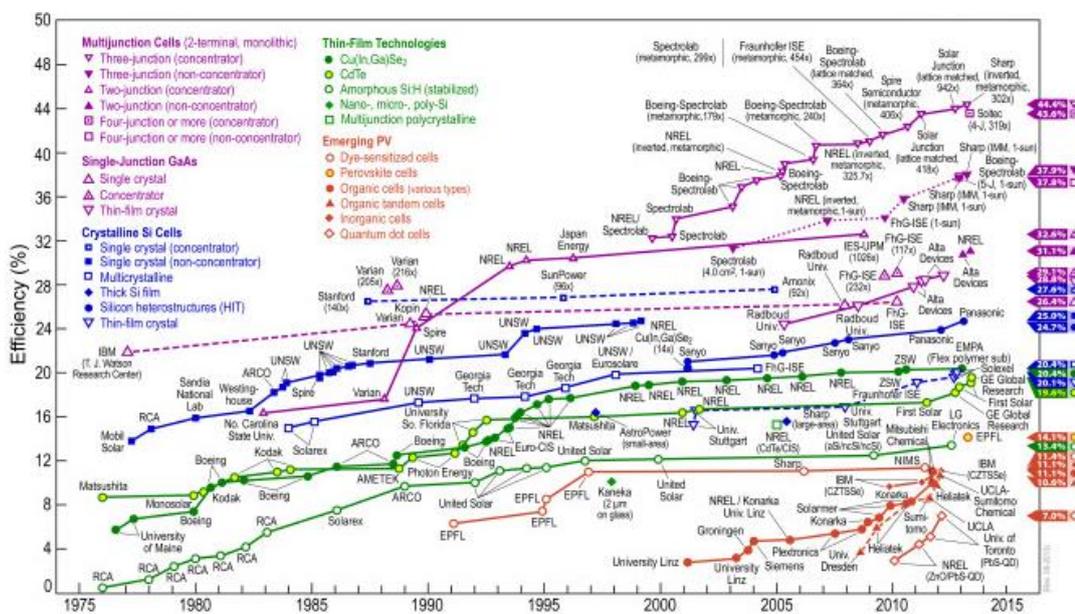


Figura 3.5: Evolución de la eficiencia de células fotovoltaicas (NREL,2013)

CAPÍTULO 4: SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED – CTIC UNI

En el presente capítulo se describirá la instalación y los componentes del SFCR del campus de la UNI ubicado frente al edificio del CTIC-UNI (en adelante, SFCR-CTIC). Además, mencionará los cálculos y resultados obtenidos de la toma de datos a lo largo del periodo estudiado.

4.1. Emplazamiento del SFCR

Los principales componentes del SFCR-CTIC son donación de la empresa CIME Comercial S.A.

Es importante mencionar que se encuentran edificaciones y dos árboles de gran tamaño, cercanos al generador fotovoltaico.

Las coordenadas de la ubicación del sistema son:

Latitud: 12° 1'0.70"S

Longitud: 77° 3'1.07"O

Un aspecto importante es la orientación de los paneles. Según lo visto en la sección 2.3 (*ecuación 2.12*), el ángulo de inclinación óptimo resulta $\theta_{opt} = 14,05^\circ$, valor cercano al ángulo real dispuesto 15° .

4.2. Descripción del SFCR

El generador fotovoltaico está compuesto por las siguientes componentes:

4.2.1. Generador Fotovoltaico

El generador está compuesto por 15 paneles solares de la marca SolarWorld modelo SW215, todos ellos conectados en serie, dando una potencia total de 3225 W.

Se tiene las siguientes características eléctricas para el generador SFCR-CTIC:

	STC	NOTC
Potencia en el punto de máx. potencia $P_{m\acute{a}x}$	3225 W _p	2305.5 W _p
Tensión en vacío V_{oc}	547.5 V	495 V
Tensión a máxima potencia V_{mpp}	433.5 V	388.5 V
Corriente de cortocircuito I_{sc}	8 .A	6.61 A
Corriente a potencia máxima I_{mpp}	7.44 A	5.94 A

Tabla 4.1: Características eléctricas del generador instalado

Cada módulo cuenta con 60 células (6x10) de silicio policristalino. La longitud de cada célula es 156 mm x156 mm (área de un módulo 1.46 m², área total 21.9 m²).

En lo referente a la estructura (*ver sección 2.2.1*), la cubierta superior es de vidrio reforzado, el encapsulante es el EVA y la cubierta posterior es una lámina de Tedlar.

4.2.2. Inversor

El SFCR-CTIC cuenta con el inversor StecaGrid3000. Este inversor está indicado para todos los módulos solares cuyas conexiones no deben requerir una puesta a tierra.

Este inversor monofásico tiene las siguientes características eléctricas:

Datos de entrada CC		Datos de salida CA	
Tensión de entrada máxima	800 V	Tensión de salida nominal	230 V
Tensión mínima de entrada	350 V	Corriente máxima de salida	16 .A
Tensión MPP	350-650 V	Potencia máxima de salida	3000 W
Corriente de entrada máxima	10 .A	Consumos propio nocturno	< 0.9 W
Potencia máxima de entrada	3060 W	Factor de potencia	> 0.99
Potencia FV recomendada	3800 W _p	Coefficiente de distorsión	< 2%

Tabla 4.2: Características eléctricas del inversor StecaGrid300 (Steca Elektronik)

Además, según el fabricante, el autoconsumo es menor a 8 W, mientras que la potencia de conexión y en standby son de 10 y 6 W respectivamente, y se puede obtener una eficiencia máxima de 98.6%.

Este inversor StecaGrid3000, tiene la ventaja de contar con un display en el que se pueden ver parámetros de funcionamiento, además guarda los rendimientos y las muestra en forma de lista para periodos diarios, mensuales y anuales, todos con muy limitada capacidad de espacio. Por último, cuenta con dos interfaces RS485, mediante los cuales se comunica con otros dispositivos.

4.2.3. Medida, control y protección

El sistema modular de medida de datos para el generador fotovoltaico, en donde se gestiona la información es EOS ARRAY.

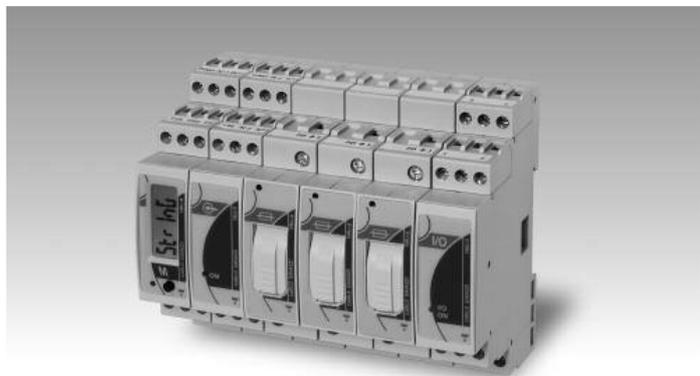


Figura 4.1: EOS ARRAY (Carlo Gavazzi)

Características del EOS ARRAY:

- Medición y control inmediato en módulos independientes.
- Mide las eficiencias de strings y del sistema.
- Cuenta con protección integrada de fusibles.
- Se puede ampliar de acuerdo a la capacidad del sistema.

Este arreglo en el sistema, está conformado por:

- 1 analizador de redes trifásico EM24 DIN AV9 3 X IS.
- 1 módulo maestro y registrador de datos VMU-M 4 A S1 T2 X.
- 1 módulo de medición de strings VMU-S AV30 X S XX.
- 1 módulo de medición de variables ambientales VMU-P 2TIW X S X. Está conectada a la célula solar calibrada STP005BP de 5 W y a los sensores de temperatura TEMSOL1000 e IKE200K.

El sistema de control recae en el inversor, visto en el apartado anterior, mientras que el de protección recae en el inversor y en los interruptores magnetotérmicos de 6 amperios con los que cuenta el sistema.

4.2.4. Cableado

La instalación cuenta con 10 metros de cable de interconexión entre equipos de medida. Estos son de diferente tipo, todos cumpliendo la normativa.

4.3. Tratamiento de datos

El SFCR-CTIC cuenta con un sistema de adquisición de datos para su posterior análisis, en el que se usa el módulo EOS ARRAY y el software de automatización LabView. Éste último almacena los datos de parámetros de interés (tensión y corriente AC/DC, potencia DC, potencia activa y parámetros ambientales) en formato *.csv*.

LabView toma y graba datos cada 15 segundos y los almacena en un archivo diario, sin embargo, el sistema cuenta con problemas de adquisición de datos, por lo que también se cuenta con datos corruptos y faltantes, por lo que es imprescindible realizar un monitoreo diario.

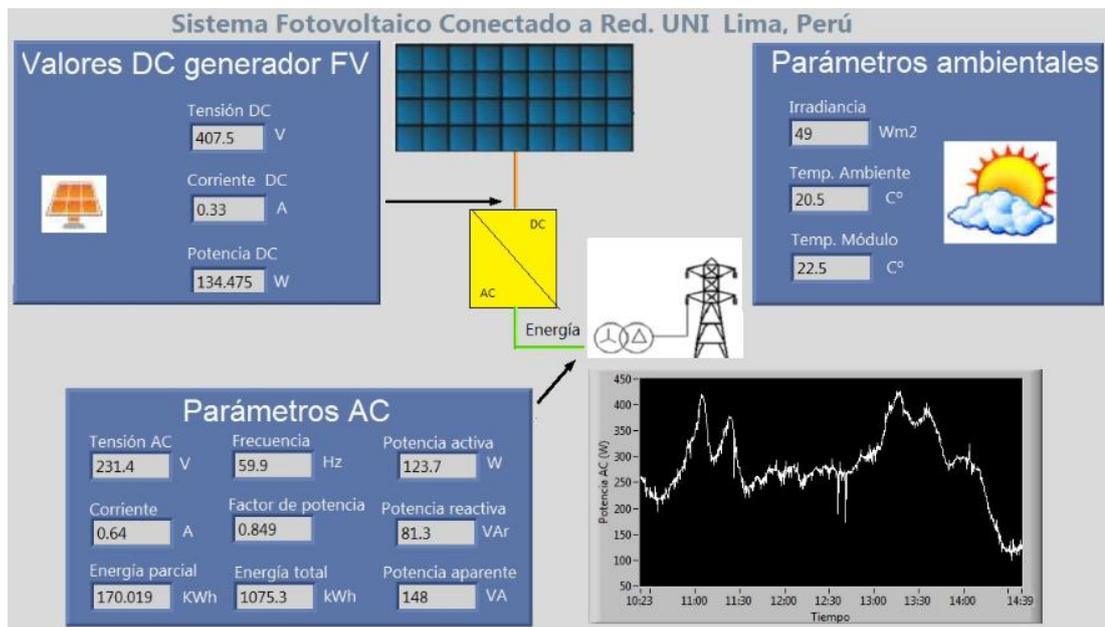


Figura 4.2: Pantalla de monitoreo SFCR-CTIC desarrollado por UJA

4.4. Trabajo realizado

Como se mencionó anteriormente, el DAQ del sistema guarda los datos de interés diarios en ficheros *csv. normalizado*, por lo que, por conveniencia, se agrupó en un solo archivo *.xlsx* los datos registrados por mes para el posterior análisis de desempeño, de modo que, para cada mes se tiene un archivo de Excel con varias hojas en los que se especifica los datos diarios. Adicionalmente se creó una hoja resumen para cada archivo, en el que se muestra los resultados de análisis de desempeño diario y por mes del SFCR (*ver ANEXO D*).

Para el análisis de desempeño del SFCR, se tomó como referencia a la norma UNE-EN 61724:2000 Norma de monitorización de sistemas fotovoltaicos y guía para la medida, el intercambio de datos y análisis (*ver ANEXO B.3*).

Los cálculos para el análisis de desempeño del SFCR mencionados en la norma son:

$$\text{Productividad de referencia: } Y_R = \frac{I_t[\text{kWh/m}^2]}{I[1\text{kW/m}^2]}$$

$$\text{Productividad del generador FV: } Y_A = \frac{E_{DC}[\text{kWh}]}{P_{\text{nominal}}[\text{kW}_p]}$$

Productividad Final:	$Y_F = \frac{E_{AC}[kWh]}{P_{nominal}[kW_p]}$
Pérdidas de captura:	$L_C = Y_R - Y_A$
Pérdidas del sistema:	$L_S = Y_A - Y_F$
Rendimiento Global:	$PR = \frac{Y_F}{Y_R}$
Eficiencia del inversor:	$\eta_F = \frac{E_{AC}}{E_{DC}}$
Eficiencia del módulo:	$\eta_A = \frac{E_{DC}}{I_t A_{mod}}$
Eficiencia del sistema:	$\eta_{SFCR} = \frac{E_{AC}}{I_t A_{mod}}$

Donde:

I_t	:	Irradiación incidente en el plano del generador FV [kWh/m ²]
I	:	Irradiancia en condiciones estándar [1 kW/m ²]
$E_{DC/AC}$:	Energía DC o AC diaria producida [kWh]
A_{mod}	:	Área del módulo
$P_{nominal}$:	Potencia nominal del generador FV

Las pérdidas de captura L_C suelen ser debidos a: sombras, suciedad de módulo, pérdidas por reflexión y absorción, eficiencia a baja irradiancia, pérdida en conexiones y cableado DC y pérdidas por no trabajar en el MPP.

Por otra parte, las pérdidas del sistema L_S tienen como causas: pérdidas en el inversor (transformador, diodos, dispositivos de conmutación, resistencias, bobinas) y pérdidas en conexiones y cableado AC.

Cuando se mencionó a la energía $E_{DC/AC}$, puesto que el datalogger no cuenta con un contador de energía directa y alterna, para obtener estos valores se usaron las relaciones:

$$E_{DC} = \int_T P_{GEN(t)} dt \quad E_{AC} = \int_T P_{INV(t)} dt$$

En las relaciones anteriores, se suele tomar un periodo fijo donde se registre irradiancia no nula (por ejemplo, de 7 am. A 6 pm.). Sin embargo, a pesar de que se tenga

irradiancia no nula, suele tenerse Potencia DC nula, por lo que no se acumula energía continua y por tanto no haya conversión a energía alterna. Para superar dicho impase, se tomó en cuenta solo los datos en los cuales la potencia continua no es nula, con el objetivo de obtener ratios de productividad más fiables, por lo que el periodo en el que se hace el análisis de desempeño, así como la cantidad de datos válidos, es diferente para cada día.

4.5. Resultados

Cuando se estudian los SFCR, los rendimientos del panel e inversor no son tan importantes como los índices de productividades (referencia, generador y final) y el Rendimiento Global, tal como lo menciona la norma de monitorización de sistemas fotovoltaicos UNE-EN 61724:2000. (*ver ANEXO B.3*)

En la siguiente tabla se muestra el resultado del análisis de desempeño del SFCR desde abril 2015 – junio 2017. Los meses de julio, setiembre y octubre del 2016 el sistema de adquisición no funcionó correctamente o algunos sensores estaban siendo revisados por lo que no se tienen registros fiables.

	E_{DC} (kWh)	E_{AC} (kWh)	E_{SOLAR} (kWh)	η_{INV}	η_{PANEL}	η_{SFCR}	Y_R	Y_A	Y_F	L_C	L_{BOS}	PR	Irrad.	$T_{MÓDULO}$	$T_{AMB.}$	Días útiles	$E_{INC,DÍA}$ kWhm ⁻²
Abr-15	226.89	216.52	2068.1	0.954	0.11	0.105	4.5	3.35	3.2	1.15	0.15	0.711	449.85	40.78	26.82	21	4.5
May-15	190.92	187.85	1594.1	0.984	0.12	0.118	2.7	2.19	2.16	0.51	0.03	0.8	250.27	31.84	24.24	28	2.6
Jun-15	155.3	152.24	1259.2	0.98	0.123	0.121	1.92	1.61	1.57	0.31	0.04	0.818	187.55	28.91	23.01	30	1.92
Jul-15	146.44	142.91	1155.8	0.976	0.127	0.124	1.7	1.46	1.43	0.24	0.03	0.841	166.22	26.1	20.76	31	1.7
Ago-15	112.75	109.44	990.16	0.971	0.114	0.111	1.46	1.13	1.09	0.33	0.04	0.747	146.47	25.49	20.05	31	1.46
Set-15	159.59	156.3	1392.9	0.979	0.115	0.112	2.19	1.71	1.67	0.48	0.04	0.763	205.95	28.26	21.16	21	3.03
Oct-15	215.22	211.16	1856	0.981	0.116	0.114	2.73	2.15	2.11	0.58	0.04	0.773	239.51	30.11	22.2	31	2.73
Nov-15	154.92	151.8	1342	0.98	0.115	0.113	2.04	1.6	1.57	0.44	0.03	0.77	171.88	28.28	22	30	2.04
Dic-15	180.08	177.25	1603.3	0.984	0.112	0.111	2.52	1.93	1.9	0.59	0.03	0.754	226.84	32.19	24.4	30	2.44
Ene-16	294.84	290.69	2519.4	0.986	0.117	0.115	3.71	2.95	2.91	0.76	0.04	0.784	315.84	37.98	27.79	31	3.71
Feb-16	312.38	307.76	2780.1	0.985	0.112	0.111	4.38	3.34	3.29	1.04	0.05	0.751	390.13	42.44	30.05	29	4.38
Mar-16	308.75	304.23	2999	0.985	0.103	0.101	4.42	3.09	3.04	1.33	0.05	0.688	434.02	45.88	30.74	31	4.42
Abr-16	306.96	302.52	2774	0.986	0.111	0.109	4.22	3.17	3.13	1.05	0.04	0.742	405.8	41.6	27.51	30	4.22
May-16	269.56	265.55	2252.5	0.985	0.12	0.118	3.32	2.7	2.66	0.62	0.04	0.801	314.11	35.9	24.31	31	3.32
Jun-16	113.97	111.51	929.52	0.978	0.123	0.12	1.52	1.26	1.23	0.26	0.03	0.809	166.06	27.92	20.63	28	1.52
Ago-16	48.348	46.784	526.18	0.968	0.092	0.089	1.41	0.88	0.85	0.53	0.03	0.603	145.2	26.23	19.46	17	1.41
Nov-16	160.46	158.23	2354.4	0.986	0.068	0.067	3.58	1.66	1.64	1.92	0.02	0.458	311.84	35.58	23.93	30	3.58
Dic-16	99.589	97.861	2538.4	0.983	0.039	0.039	3.74	1	0.98	2.74	0.02	0.262	368.06	39.26	26.38	31	3.74
Ene-17	188.83	185.6	2238.7	0.983	0.084	0.083	4.09	2.34	2.3	1.75	0.04	0.562	387.29	42.43	29.73	25	4.09
Feb-17	343.08	337.51	2986.2	0.984	0.115	0.113	5.24	4.09	4.03	1.15	0.06	0.769	483.81	45.5	31.25	26	5.24
Mar-17	406.75	400.12	3445	0.984	0.118	0.116	5.24	4.2	4.14	1.04	0.06	0.79	505.86	45.88	31.05	30	5.24
Abr-17	293.74	289.58	2510.3	0.986	0.117	0.115	4.25	3.37	3.33	0.88	0.04	0.784	416.58	40.66	27.56	27	4.25
May-17	193.61	190.66	1633.8	0.985	0.119	0.117	2.57	2.07	2.04	0.5	0.03	0.794	258.43	33.7	24.53	29	2.57
Jun-17	109.83	107.48	980.07	0.979	0.112	0.11	1.72	1.31	1.28	0.41	0.03	0.744	174.45	27.44	21.21	26	1.72
Total	4992.8	4901.5	46729	0.982	0.107	0.105	3.15	2.28	2.24	0.87	0.04	0.711	297.56	35.12	25.11	674	3.17

Tabla 4.3: Índices de desempeño del SFCR

En los siguientes gráficos se presenta los resultados del cuadro anterior:

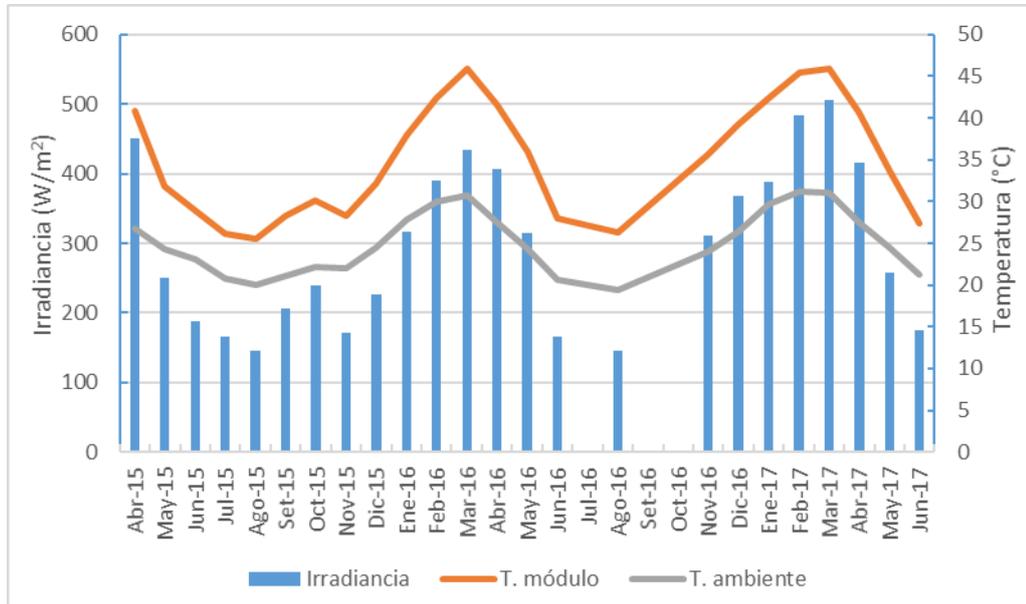


Figura 4.3: Irradiancia promedio mensual

Para el día 16 de marzo de 2017, se tuvo la máxima irradiancia captada por la celda patrón (615.37 W/m^2 promedio con un máximo de 1118 W/m^2) a lo largo de 2 años. En la siguiente gráfica se muestra la relación entre Irradiancia y potencia AC entre las 8 am-2:30 pm.

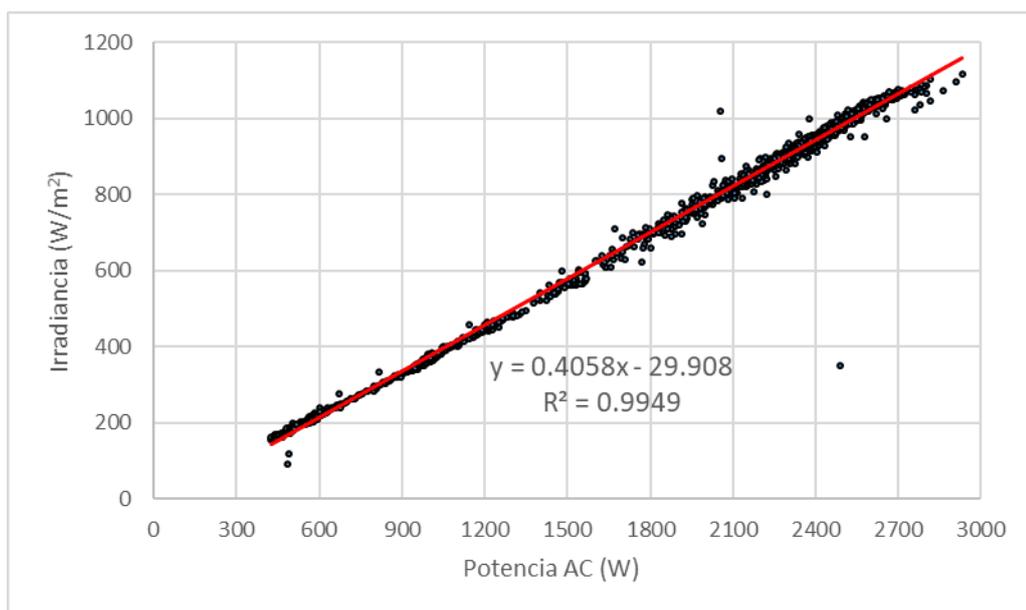


Figura 4.4: Potencia AC vs Irradiancia

El 16 de marzo 2017, el rendimiento del generador fue 11.3%, mientras que el del inversor 98.3% (*ver anexo B*), y puesto que el área del arreglo fotovoltaico es 21.9 m², la pendiente de la recta debe tener el valor 0.4111. Se consideró solo el tiempo [8 am-2:30pm] para la anterior gráfica, puesto que después la potencia DC es menor que la Irradiancia captada por la celda patrón, esto causado por la sombra que incide en el sensor de irradiancia.

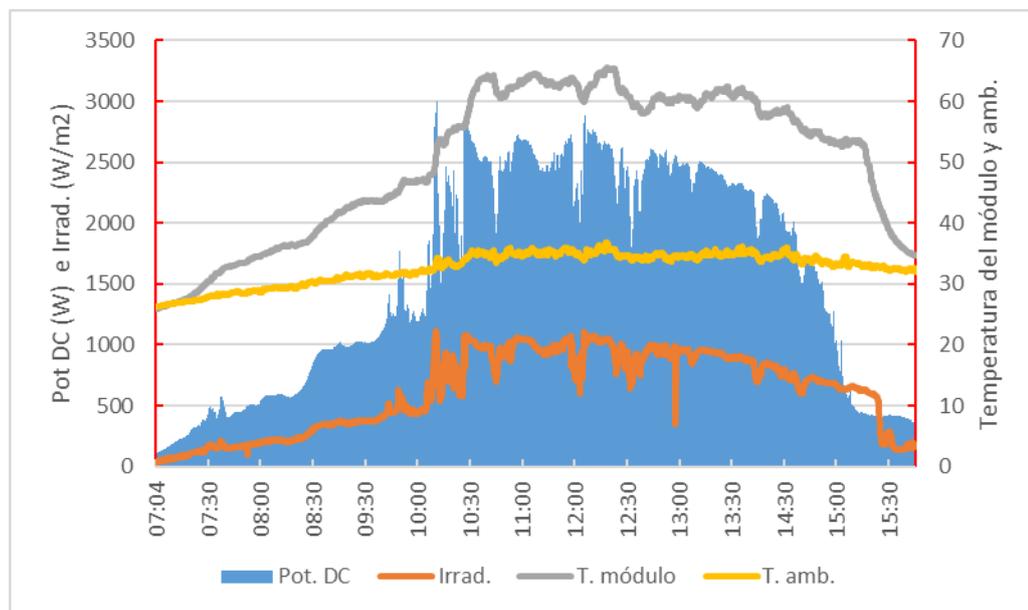


Figura 4.5: Potencia DC en un día soleado

Para el día 16 de marzo del 2017, se tiene el siguiente comportamiento de temperatura del medio ambiente y del módulo fotovoltaico a diferentes niveles de irradiancia.

Irradiancia (W/m ²)	% de Irradiancia	T _{módulo prom.}	T _{amb. prom.}
0-200	17.26	31.68	28.74
200 - 400	17.03	39.32	30.47
400 - 600	8.17	46.37	32
600 - 800	18.04	55.35	33.82
800 - 1000	29.02	60.87	34.77
1000 - 1200	10.47	62.34	35.17
> 600	57.5	59.4	34.5

Tabla 4.4: Temperatura a diferentes niveles de irradiancia

La energía DC, energía activa y energía solar a lo largo de 2 años de datos, se muestran en la siguiente gráfica.

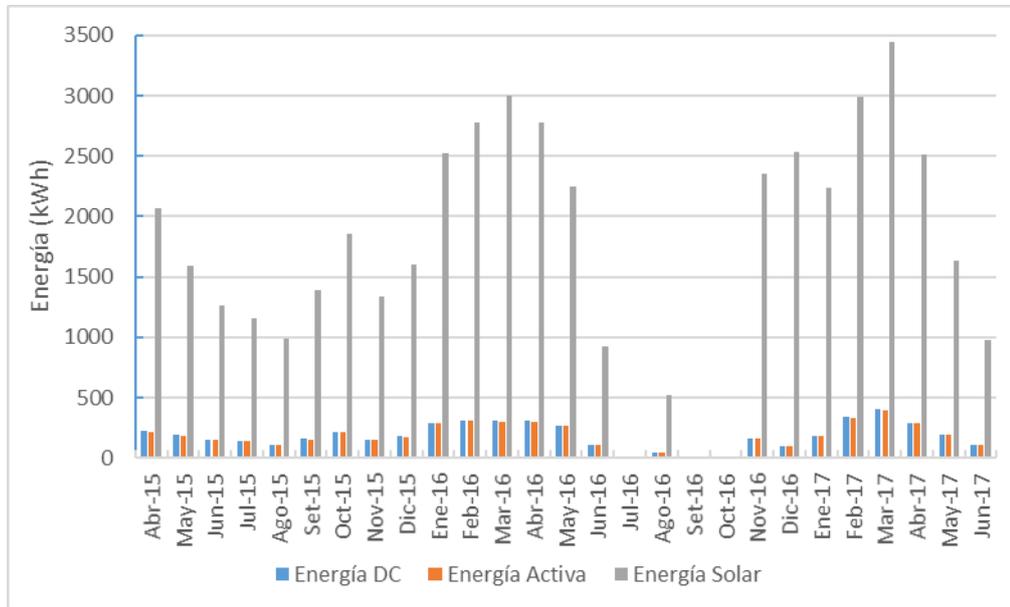


Figura 4.6: Energía producida por el SFCR

Finalmente, y como parte medular del presente trabajo, se presenta los índices de desempeño del sistema:

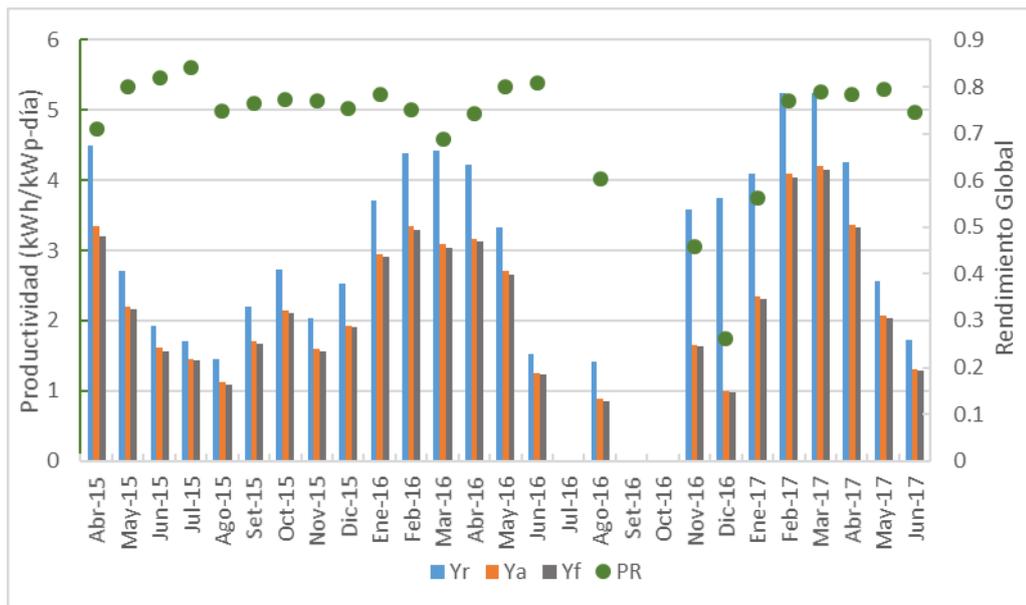


Figura 4.7: Productividad media diaria mensual

Por último, se presenta las pérdidas por captura y pérdidas del sistema fotovoltaico (ver sección 3.4). Como se aprecia, las pérdidas por captura suelen ser muy superiores a las pérdidas del sistema.

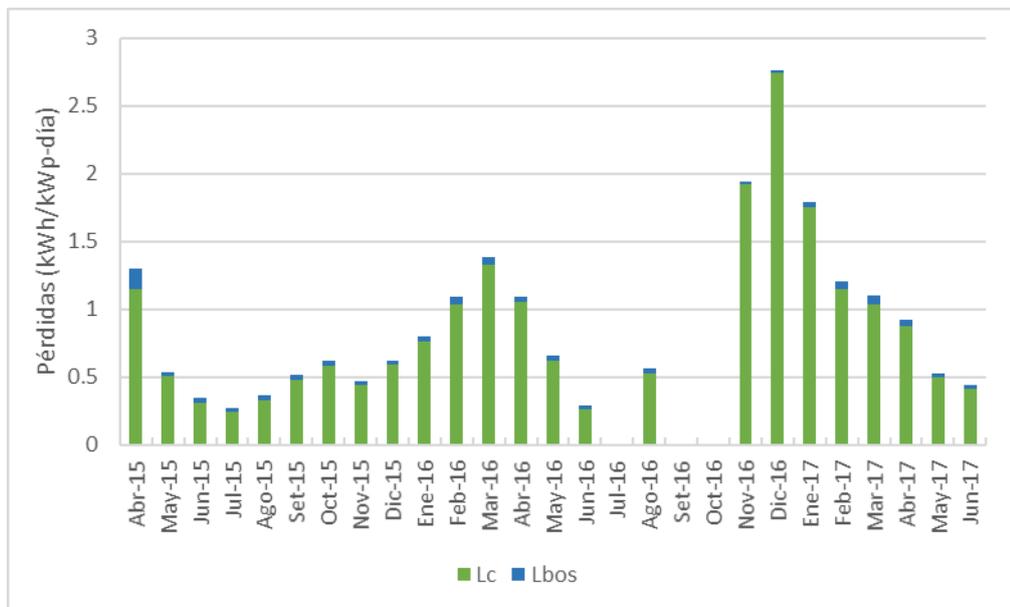


Figura 4.8: Pérdidas de captura y del sistema del SFCR

4.6. Efecto de la Suciedad

Un aspecto importante es el efecto de la suciedad en los paneles fotovoltaicos. Por lógica, cuanto más sucio se encuentre la superficie del panel, se producirá menor captación de rayos solares por lo que se habrá menor ocurrencia del efecto fotovoltaico.

Los siguientes gráficos contienen datos de parámetros tomados por el propio DAQ del sistema, así como valores de irradiancia dados por un piranómetro¹ con cercano ángulo de inclinación del arreglo fotovoltaico.

¹ Los piranómetros captan mayor rango de longitudes de onda que una celda solar, por lo que captan mayor irradiancia. Se acepta que este instrumento, tiene una lectura más fiable. En el presente trabajo, el piranómetro va conectado a un voltímetro calibrado en la escala [0-20 mV] y se obtiene la irradiancia mediante la fórmula $\mu V/8.07$ en W/m^2 especificado por el fabricante.

Para ver el efecto de la suciedad, se desarrollaron 3 casos:

1. El día 24 de noviembre del 2016, se realizó una limpieza a la celda patrón o referencial de irradiancia, mas no al sistema en conjunto. El día 24, pasó de tener 586 W/m² (12:48 p.m.) a 916 W/m² (12:50 p.m.).

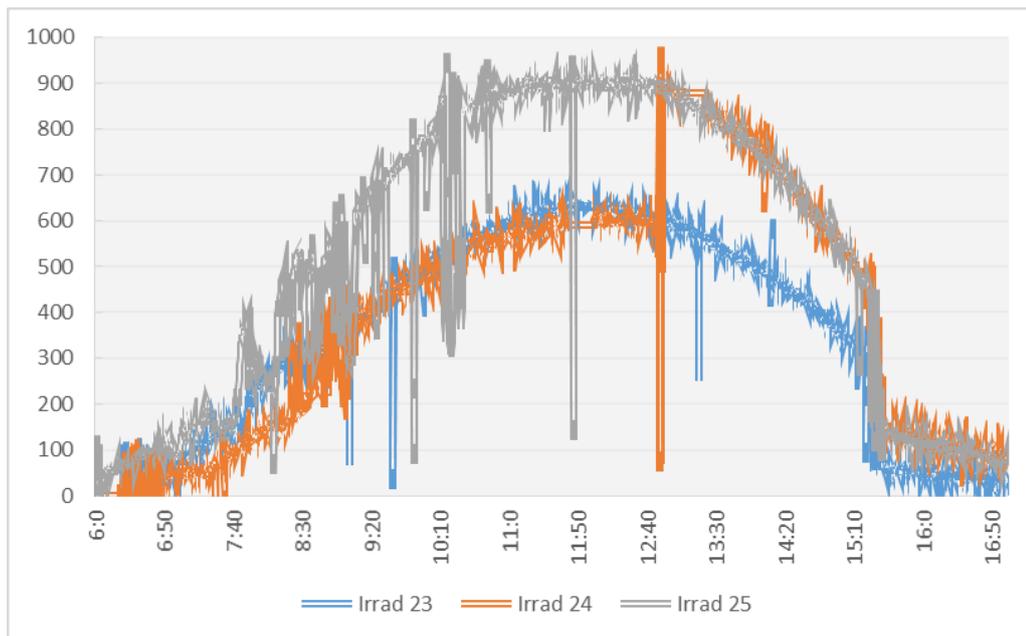


Figura 4.9: Irradiancia captada por la celda patrón

La captación de energía no se vio alterada, como se muestra en la siguiente tabla, en la que incluso la irradiancia promedio y energía solar aumenta, en comparación con la energía continua que disminuye, aún a temperatura del módulo cercana al día anterior de la limpieza.

	E_{DC} (kWh)	E_{AC} (kWh)	E_{SOLAR} (kWh)	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 23	6.285	6.205	84.523	325.81	38.9	25.41
Día 24	4.187	4.143	97.101	374.69	37.63	24.6
Día 25	5.92	5.838	126.924	474.41	37.13	25.05

Tabla 4.5: Parámetros en los días 23-25 Nov 2016

2. El día 12 de enero del 2017, se realizó una limpieza al panel fotovoltaico en conjunto. Al mismo tiempo, se tomó datos con un piranómetro patrón para obtener la irradiancia ‘real’ para ser contrastada.

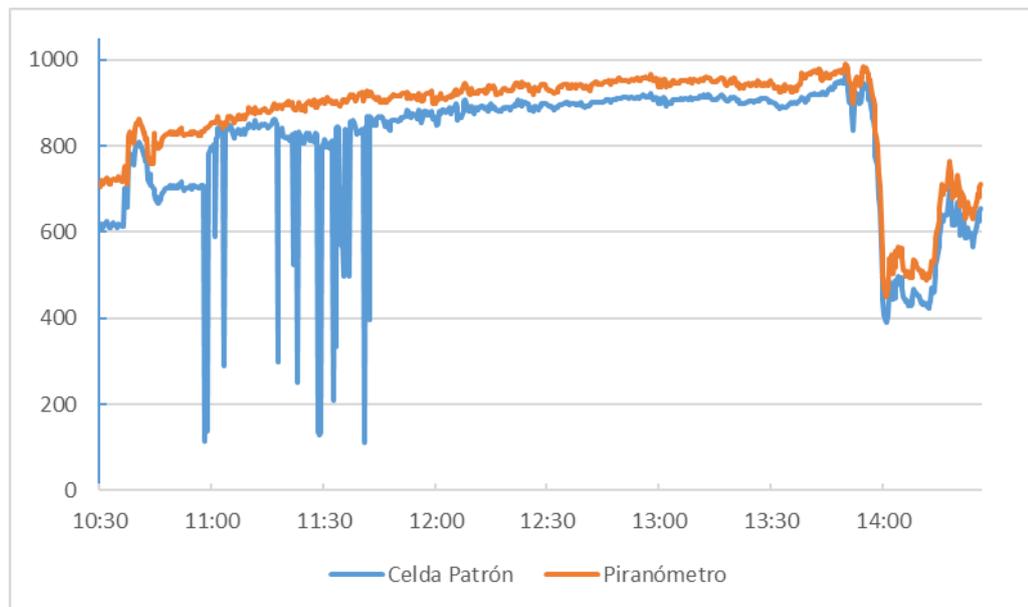


Figura 4.10: Efecto de la limpieza en la captación de irradiancia²

Los picos de la figura anterior son debidos a la sombra generada al momento de la limpieza [10:57 - 11:42 am.]. Los picos posteriores se deben a la presencia de nubes.

En el periodo [11:42 - 14:26³] se captarían 49.68 y 52.42 kWh de energía solar con la celda patrón y el piranómetro respectivamente.

3. En la madrugada del día 28 de marzo del 2017, se tuvo una lluvia de aproximadamente 3 horas. Como se aprecia en la siguiente figura, la lluvia influye mínimamente en la mejora de captación de energía solar, aunque el cambio es considerable a nivel visual (*ver anexo A*).

² En contraste con la Figura 4.9, la irradiancia captada por la celda patrón no tiene un cambio brusco.

³ Por problemas con el envío de datos del sistema, solo se tomó en cuenta para el cálculo hasta las 14:26 del 12 de enero del 2017, momento en el cual se comienza a registrar una irradiancia constante.

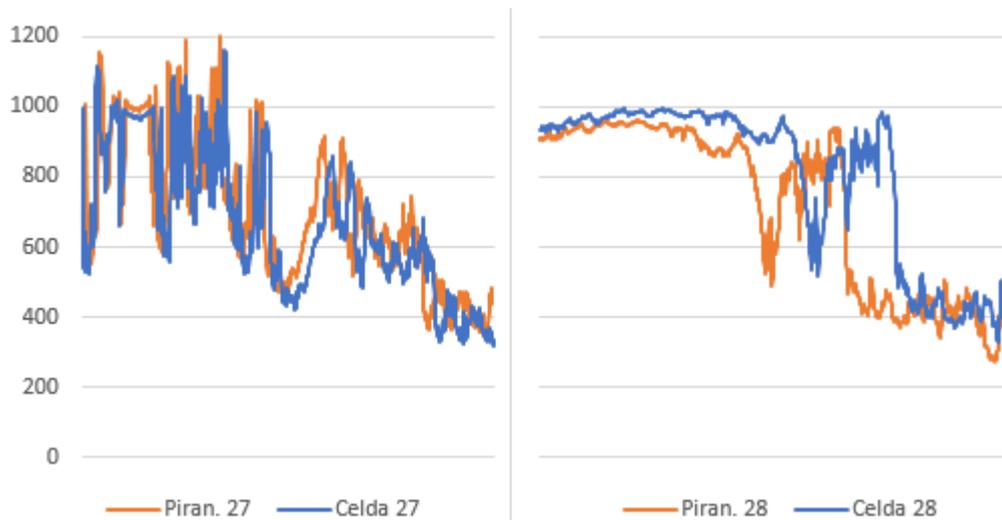


Figura 4.11: Efecto de la lluvia en la captación de irradiancia⁴

4.7. Estudio de Rentabilidad

En esta sección se verá la rentabilidad de un proyecto de instalación de un sistema fotovoltaico conectado a la red como el analizado en la tesis bajo las condiciones climatológicas de Lima. Para esto, nos basaremos en el presupuesto de la instalación y en el estimado de energía que se inyecta a la red.

Puesto que, en Perú, aún no se tiene establecido los valores de venta de energía de un SFCR, se calculará el costo de energía (COE), para poder calcular la retribución por la energía inyectada a la red. (Cornejo, 2013)

En la siguiente tabla, se muestra el presupuesto a gran nivel (columna inversión) para un SFCR de 3.225 kW_p de potencia, en la que se consideró precios promedios del mercado, una estimación análoga de costos del SFCR diseñado por Cornejo (2013) y participación promedio de los componentes del trabajo. Además, se considera que la vida útil del SFCR es 25 años.

⁴ Los datos de irradiancia en la gráfica corresponden a [11:30-16:00 aproximadamente] en ambos días. Se tiene un desfase entre las formas debido a un error en la captación de datos del multímetro- falta de registro de todos los datos cada 15 segundos como estaba programado. Error de software.

	Inversión (S/.)	Inversión Anual (S/.)	Reemplazo (S/.)	Reemplazo Anual (S/.)	Mantenim. (S/.)
15 paneles SolarWorld SW215	12191.8	1523.98			90
Inversor StecaGrid 3000	8210.6	1026.33	8210.6	65.68	30
Medidor	550.68	68.84	550.68	4.41	30
Estructura soporte	4329.6	541.2			
Cables	1100.1	137.51			
Puesta a tierra	439.2	54.9	439.2	6.86	
Protecciones	3102.5	387.81	220	4.07	
Transporte	220	27.5			
Instalación	7910.3	988.79			
Costo Total	38054.78	4756.86	9420.48	81.02	150
COE (S/. /kWh)		1.199		0.0204	0.0378

Tabla 4.6: Presupuesto y COE producida

Para ver el análisis de rentabilidad de un SFCR, es importante también, conocer la energía anual inyectada a la red en forma aproximada. Para dicho cometido, se basará en los cálculos obtenidos por Global Solar Atlas⁵.

SITE INFO

Site name: **Avenida Tupac Amaru, Lima, Lima Province, Peru**

Latitude: -12.016861°

Longitude: -77.050297°

Altitude: 106 m a.s.l.



PHOTOVOLTAIC POWER OUTPUT

Photovoltaic system of size 3.225 kWp with modules facing 0° tilted at 15°, long-term yearly and daily averages

Photovoltaic electricity [kWh]:	4077 per year (11.171 per day)
Global tilted irradiation [kWh/sq m]:	1709 per year (4.683 per day)

Tabla 4.7: Resultados de la simulación del Panel SFCR-Lima (GlobalSolarAtlas)

⁵ Global Solar Atlas es parte de una iniciativa global de mapeo de fuentes RER. Otra forma de obtener la E_{AC} anual aproximada, sería usar datos del Atlas de Radiación Solar de Perú (ver ANEXO E), pero no se especifica los valores de irradiación promedio mensuales ni tampoco se conocen el factor de corrección por el ángulo de inclinación, solo el número de horas de sol. Tampoco se usan los valores obtenidos del SFCR-CTIC pues se realizó la limpieza al generador pocas veces al año, y se tuvo fallas en la comunicación de datos.

Considerando que se desconoce las eficiencias de los módulos en el arreglo fotovoltaico usado por Global Solar Atlas, se considerará solo el dato de irradiación global 1709 kWh/m² y a su vez considerando área (21.9 m²) y eficiencia de células solares policristalinas (10.6% según Tabla 3.3), se tiene 3967.3 kWh de energía anual.

Para el estudio de rentabilidad, se debe conocer también, el incremento anual del costo de energía, así como la tarifa eléctrica a la que estará sometida.

En la tabla 3.8 se muestra el tiempo de recuperación, suponiendo que la compañía de electricidad (ENEL o Luz del Sur-Lima) pague el precio COE, por la producción energética.

Producción anual E _{AC}	3967.3 kWh
Costo de la Energía COE	1.2572 S./kWh
Retribución obtenida por producción energética	S/.4987.69
Incremento anual -supuesto- del COE	3%

Año	COE	Retribución Anual (S/.)	Retribución Total (S/.)
1	1.2572	4987.6896	4987.6896
2	1.2949	5137.2568	10124.9464
3	1.3337	5291.188	15416.1344
4	1.3737	5449.88	20866.0144
5	1.4149	5613.3328	26479.3472
6	1.4573	5781.5463	32260.8935
7	1.501	5954.9173	38215.8108
8	1.546	6133.4458	44349.2566
9	1.5924	6317.5285	50666.7851
10	1.6402	6507.1655	57173.9506

Tabla 4.8: Costo de retribución anual

Si la compañía eléctrica pagara el COE⁶ (1.2572 S./kWh) por producción eléctrica al propietario del SFCR, se recuperaría la inversión en 6.97 años.

⁶ COE – Costo de Energía: Monto que incluye la inversión, costos de operación, reemplazo de componentes y mantenimiento. Este monto es el valor monetario por cada kWh y se usa para determinar el tiempo de recuperación de la inversión

Para la tarifa BT5B residencial, para el sector Lima Sur (Luz del Sur-vigente desde 4 mayo 2017), el costo por energía activa para un consumo mensual mayor a 100 kWh es 45.23 ctm.S/./kWh.

Cargo por energía activa	45.23 ctm.S/./kWh
Producción anual E_{AC}	3967.3 kWh
Retribución por energía inyectada	S/.1794.4098

Según la memoria 2016 de Luz del Sur, las tarifas promedio aumentaron 5.2% respecto al año 2015 para los usuarios finales. Considerando idealmente, que se mantendrá la misma tasa de crecimiento, se tendrá los costos por producción energética para la tarifa BT5B en el sector Lima Sur.

Año	Costo BT5B	Costo Anual (S/.)	Costo Total (S/.)
1	0.4523	1794.4098	1794.4098
2	0.4758	1887.6413	3682.0511
3	0.5005	1985.6337	5667.6848
4	0.5265	2088.7835	7756.4683
5	0.5539	2197.4875	9953.9558
6	0.5827	2311.7457	12265.7015
7	0.613	2431.9549	14697.6564
8	0.6449	2558.5118	17256.1682
9	0.6784	2691.4163	19947.5845
10	0.7137	2831.462	22779.0465
11	0.7508	2978.6488	25757.6953
12	0.7898	3133.3735	28891.0688
13	0.8309	3296.4296	32187.4984
14	0.8741	3467.8169	35655.3153
15	0.9196	3648.3291	39303.6444
16	0.9674	3837.966	43141.6104
17	1.0177	4037.5212	47179.1316

Tabla 4.9: Costo de producción eléctrica BT5B-Lima Sur

De la tabla anterior se obtiene que el SFCR propuesto, se amortizaría en el año 15.7, y a partir de ahí recién comenzará a obtener beneficios, por lo que se considera que el SFCR no es rentable pues se considera que su vida útil es 25 años.

CAPÍTULO 5: OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

5.1. Observaciones

1. El SFCR-CTIC se encuentra ubicado cerca de una construcción y un árbol, por lo que queda expuesto a la suciedad y sombras, lo que reduce considerablemente a la energía solar incidente.
2. En el XXII Simposio Peruano de Energía Solar, se presentó un trabajo de los Ingenieros Carolina Luque y Rafael Espinoza del Centro de Energías Renovables de la UNI (CER-UNI) en el que se realizaba la caracterización del SFCR-CTIC para un universo de datos de 180 días, entre los cuales se tuvo solo 6 elementos de muestra. Además, el CER tomó como válidos los datos entre 07-18 horas [abril-setiembre 2015]. Para esto, se elaboró un cuadro comparativo entre los resultados del CER y de Elaboración Propia (E.P.).

	Abr-15		May-15		Jun-15		Jul-15		Ago-15		Set-15	
	CER	E.P.										
PR	0.687	0.711	0.909	0.8	0.805	0.818	0.888	0.841	0.747	0.747	0.832	0.763
η_{INV}	0.99	0.954	0.99	0.984	0.98	0.98	0.97	0.976	0.95	0.971	0.96	0.979
η_{PANEL}	0.89	0.11	0.118	0.12	0.105	0.123	0.117	0.127	0.1	0.114	0.112	0.115

	CER-UNI	Elab. Propia	
		mín	máx
η_{PANEL}	0.09-0.12	0.09	0.21
η_{SFCR}	0.09-0.12	0.09	0.21
PR	0.75-0.98	0.6	1.42
Y_R	0.95-5.80	0.45	6.29
Y_F	0.7-4.6	0.39	4.56

Tabla 5.1: Comparación de análisis del SFCR-CTIC (Luque & Espinoza, 2015)

Los resultados de ambos análisis arrojan valores similares. La variación quedaría explicada, pues a diferencia del análisis realizado por CER-UNI, el análisis desarrollado en la presente tesis, el muestreo fue global y se tomó

valores en los periodos en el que la potencia DC era no nulo (al margen que haya irradiancia), adicionalmente que se contó con días sin información grabada o insuficiente por lo que se les desestimó.

- El día 29-06-16, se tuvo una eficiencia de 14% para el panel FV. En julio-2016, no se contó con ningún dato, y cuando se reestableció el sistema en 13-08-16 se tuvo la eficiencia 9.6%; de ahí en adelante el rendimiento siguió decreciendo hasta llegar a 3.5% el 12 de enero. Cuando se reestableció el sistema, el día 19-01-16 se contaba con una eficiencia de 11.6%.

Asimismo, en la figura 3.7 se observa que, en diciembre-2016, los rendimientos Y_A , Y_F y PR tienen valores bajos, que contradicen la tendencia de incremento, por lo que, en la figura 3.8, se aprecia que la pérdida de captura L_C en diciembre es mayor que cualquier otro mes registrado y, además, un L_S mínimo. Esto queda explicado por la errónea eficiencia promedio de 3.9% del panel FV para ese mes. En este punto, se hace notorio la importancia del seguimiento continuo de parámetros del SFCR.

- Los meses abril, mayo y junio se repitieron tres veces en el periodo de análisis. En la siguiente tabla se muestra el resultado -obtenidos de la *tabla 4.3-* de parámetros de interés en los cuales es indiferente el número de días analizados de tales meses. Como se aprecia, los resultados son similares.

	η_{INV}	η_{PANEL}	η_{SFCR}	PR	Irrad.	$T_{MÓDULO}$	$T_{AMB.}$	$E_{INC,DÍA}$ kWhm ⁻²
Abr-15	0.954	0.11	0.105	0.711	449.85	40.78	26.82	4.5
Abr-16	0.986	0.111	0.109	0.742	405.8	41.6	27.51	4.22
Abr-17	0.986	0.117	0.115	0.784	416.58	40.66	27.56	4.25
May-15	0.984	0.12	0.118	0.8	250.27	31.84	24.24	2.6
May-16	0.985	0.12	0.118	0.801	314.11	35.9	24.31	3.32
May-17	0.985	0.119	0.117	0.794	258.43	33.7	24.53	2.57
Jun-15	0.98	0.123	0.121	0.818	187.55	28.91	23.01	1.92
Jun-16	0.978	0.123	0.12	0.809	166.06	27.92	20.63	1.52
Jun-17	0.979	0.112	0.11	0.744	174.45	27.44	21.21	1.72

Tabla 5. 2: Comparación de parámetros abril-junio

5. La energía eléctrica generada desde el comienzo de registro de datos (10-04-15) hasta fines de junio-2017, según la caracterización alcanza 4901.5 kWh; mientras que el contador de energía registra 5302 kWh, lo que supone un error de 7.55%. Esto se debe mayormente a los días que ingresaba energía a la red, pero no se tenía registro, y a la entrada de data errónea.
6. El ahorro de CO₂ por el uso del sistema fotovoltaico desarrollado (según el manual del inversor StecaGrid 300) es 508 gr/kWh, por lo que los 4901.5 kWh inyectados a la red implica un ahorro 2490 kg de CO₂ (2.49 CER-certificado de reducción de emisiones).
7. El inversor del SFCR-CTIC también registra los datos de interés de la instalación, pero no se consideró en el presente trabajo, pues los valores eran superiores a los reales y la memoria del equipo era muy limitada.

5.2. Conclusiones

1. En la presente tesis, se describe a un sistema fotovoltaico conectado a la red y se analiza su desempeño. Todo esto, con miras de la futura promulgación del reglamento del D.L. 1221, que autoriza que instalaciones con RER, puedan vender el excedente de energía.
2. En la caracterización del SFCR, se observaron errores en la toma de datos. La responsabilidad recae en el módulo EOS ARRAY, que es el sistema de medida de datos para el generador fotovoltaico. Asimismo, se notó la importancia de una continua monitorización de los parámetros. Es inadmisibles que se haya tenido 4 meses con data errónea.
3. El sistema de medida y control no tiene mayor implicancia en la energía eléctrica inyectada a la red. Un error de data que señala menor cantidad, tanto de generación generada como inyectada a la red, no implica que la cantidad de

energía 'real' no sea inyectada, pero se pierde el objetivo de la caracterización. No se sabrá correctamente cuánto de energía se inyectó a la red, por lo que usar esa data como válida para implementación de un SFCR similar no sería adecuado, pues resultaría aún menos rentable.

4. Referente a la rentabilidad de un SFCR de similar potencia:

- Si la compañía eléctrica pagara el COE (1.2572 S/./kWh) por producción eléctrica la inversión se recuperaría en 6.97 años.
- Si la compañía eléctrica pagara la tarifa a la que será sometida el SFCR, el costo por energía activa y teniendo en cuenta que la tarifa crece anualmente 5.2%, el periodo de recuperación sería 15.7 años.

Por lo que se estima que un SFCR de 3.225 kW_p en Lima, no es rentable. Para mejorar la rentabilidad del sistema, se propone las opciones: Incentivo del ministerio o de la compañía eléctrica, y Bonos de carbono.

5. El Rendimiento Global PR para el SFCR-CTIC registra los valores [0.688-0.841] que están dentro de los rangos característicos de otros SFCR en el resto del mundo. En el rango anterior, no están contemplados los datos falsos registrados.
6. La masificación de uso de energías renovables será decisiva en el futuro, a la vez que se reduzcan los costos. El cambio climático es una realidad, y la energía solar será uno de los protagonistas en dicho escenario. Es conveniente que el sector solar siga teniendo un acelerado crecimiento global, pero el Perú no debe conformarse con 7 centrales solares, sino que debe masificar en pequeña escala también -dejando de lado los sistemas fotovoltaicos autónomos-, no solo por el concepto de venta de energía, sino para reducir las emisiones de CO₂.

BIBLIOGRAFÍA

1. AC SOLAR XXI. (2005). *Guiactiva Energía Solar Fotovoltaica*. Navarra: CEIN S.A.
2. Ali, S., Mehmood, C., Khan, B., & Jawad, M. (2016). *Stochastic and Statistical Analysis of utility revenues and weather data analysis for consumer demand estimation in Smart Grids*. Pekín: CrossMark.
3. Amador, J. (2011). Evaluación energética de instalaciones fotovoltaicas. *Monitorización, teledorada y calidad de Sistemas Fotovoltaicos* (pág. 34). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
4. Bosque, J. (2014). *Ampliación, mejora e integración en la red de un sistema Fotovoltaico*. Tarragona: Universitat Rovira I Virgili. Tesis de doctorado.
5. Cañete, C. (2015). *Modelos para la caracterización eléctrica de módulos fotovoltaicos en condiciones de sol real*. Málaga: Tesis de doctorado. Universidad de Málaga.
6. Castañer, L. (1985). *Conversión directa de la energía solar. Problemas y realidades*. Barcelona: BOIXEAREU.
7. Ccarita, F. (2000). *Evaluación térmica de un invernadero enterrado*. Lima: Tesis de maestría. Universidad Nacional de Ingeniería.
8. COES. (2016). *Portal COES*. Recuperado el 27 de Abril de 2017, de <http://www.coes.org.pe/Portal/Publicaciones/Estadisticas/>
9. Cornejo, H. A. (2013). *Sistema solar fotovoltaico de conexión a red en el Centro Materno Infantil de la Universidad de Piura*. Piura: Tesis de licenciatura. Universidad de Piura.
10. Dávila, L. (2011). *Modelado para la simulación, diseño y validación de inversores fotovoltaicos conectados a la red eléctrica*. Valencia: Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
11. Díaz, E. (2015). La concesión eléctrica para producir electricidad en el Perú con energía solar fotovoltaica. *XXII SPES* (p. 12). Arequipa: APES.
12. EPSEM. (s.f.). *Instalación Solar Fotovoltaica conectada a red*. Catalunya: Proyecto de fin de carrera. Universitat Politècnica de Catalunya.
13. Ferichola, J. F. (2014). *Caracterización de Módulos Fotovoltaicos con dispositivo móvil*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. Tesis Maestría.

14. Fouquet, R. (2009). *A brief history of energy*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
15. Galarreta, O. (2013). *Diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red para el sector industrial*. Lima: Informe de suficiencia. Universidad Nacional de Ingeniería.
16. Gómez, J. M. (2011). *Diseño, modelado y optimización de sistemas de seguimiento del punto de máxima potencia de generadores fotovoltaicos mediante convertidores CC/CC*. Huelva: Tesis de doctorado. Universidad de Huelva.
17. Gonzales, J. (1980). *Energía Solar*. Madrid: Alhambra.
18. Green, M. (1992). *Solar cells: Operating Principles Technology and System Application*. Knsington: University of NSW.
19. Hassaine, L. (2010). *Implementación de un control digital de potencia activa y reactiva para inversores. Aplicación a Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Red*. Madrid: Tesis de doctorado. Universidad Carlos III de Madrid.
20. Humada, A., Mojgan, H., Mohd, B., & Hussein, H. (2015). *Photovoltaic Grid-Connected modeling and characterization based on experimental results*. Malaysia: CrossMark.
21. Hun So, J., Seok Jung, Y., Jong Yu, G., Yeop Choi, J., & Ho Choi, J. (2006, Noviembre 30). *Performance results and analysis of 3 kW grid-connected PV systems*. Retrieved Setiembre 29, 2016, from ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148106002722>
22. Ibañez, M. (2004). *Tecnología Solar*. Madrid: Mundi-Prensa.
23. IEA. (2013). *World Energy Outlook*. Londres: International Energy Agency.
24. Jahn, U., & Nasse, W. (2004). Operational performance of grid-connected PV systems on buildings in Germany. *Progress in Photovoltaics: research and applications*, 12, 441-448.
25. JAMES & JAMES. (2010). *Planning and installing Solar Therman Systems. A guide for installers, architects, and engineers* (2° ed.). Londres: Earsthcan.
26. KIPP & ZONEN. (s.f.). *Solar Radiation Measurements for Solar Energy Applications*.
27. Kittel, C. (1975). *Introducción a la Física del Estado sólido* (2° ed.). Madrid: REVERTÉ.
28. León, P. (2013). Regulación de las Energías Renovables en el Perú. *Foro Regional sobre Eficiencia y Nuevas Tecnologías en los Sistemas Eléctricos*, (pp. 2-30). Ica.

29. Luque, C., & Espinoza, R. (2015). Comparación de indicadores de rendimiento sobre Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red-Proyecto Emergiendo con el Sol. *XXII SPES*. Arequipa.
30. Martínez, F. (2012). *Caracterización y modelado de grandes centrales fotovoltaicas*. Madrid: Tesis de doctorado. Universidad Politécnica de Madrid.
31. Masa, D. (2014). *Contribución a la Integración de Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red Eléctrica: recurso solar y predicción de la generación*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Tesis de Doctorado.
32. Mau, S., & Jahn, U. (2006). Performance Analysis of grid-connected PV systems. *21st European Photovoltaic Solar energy Conference* (págs. 19-23). Dresden: IEA.
33. Méndez, J., & Cuervo, R. (2009). *Energía Solar Fotovoltaica* (7° ed.). Madrid: Fundación Confemetal.
34. Montoya, A. (2015). Evaluación de desempeño de un Sistema Fotovoltaico Conectado a Red de 3.3 kW en la ciudad de Arequipa. *XXII Simposio Peruano de Energía Solar* (pág. 12). Arequipa: APES.
35. Muneer, T. (1997). *Solar Radiation and daylight models*. Oxford: Elsevier.
36. Muñoz, E. (2015). Elementos de un SFCR. *Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red* (p. 28). Lima: Grupo IDEA.
37. Muñoz, E. (2015). Módulo interconexionado. *Introducción a los Sistemas Fotovoltaicos conectados a la red eléctrica* (pág. 9). Lima: XXII SPES.
38. Orbegozo, C., & Arivilca, R. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica*. Obtenido de Energía Verde: http://energiaverde.pe/wp-content/uploads/2010/06/Manual_ES_Fotovoltaica.pdf
39. Orosco, D. (2005). *Ubicación de los Sistemas Fotovoltaicos conectados a la red en el mercado eléctrico peruano*. Lima: Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Ingeniería.
40. OSINERGMIN. (2017). *La Industria de la Energía Renovable en el Perú. 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático*. Lima: Biblios.
41. Perpiñán, Ó. (2013). *Energía Solar Fotovoltaica*. (C. Commons, Ed.) Obtenido de <https://procomun.wordpress.com/documentos/libroesf/>
42. Sánchez, F. (2014). *Tecnologías de células y módulos fotovoltaicos*. Recuperado el 21 de Mayo de 2015, de <http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/tecnologia-de-celulas-y-modulos-fotovoltaicos/Materiales/unidad-3>

43. Schallenberg, J., Piernavieja, G., & Hernández, C. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Canarias: ITC.
44. Siraki, A., & Pillay, P. (2012). Study of optimum tilt angles for solar panels in different latitudes for urban applications. *Solar Energy*, 86, 1920-1928.
45. Smets, A. (2014). *Open course ET 3034 TUX Solar Energy*. Recuperado el 08 de Noviembre de 2015, de <http://delftxdownloads.tudelft.nl/solar/>
46. Suárez, J. (2015). *Optimization of transparent conducting oxides in heterojunction solar cells by Excimer Laser Annealing*. Lima: Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Ingeniería.
47. Valera, A. (1986). *Electricidad Solar*. Lima: Ciencias.
48. Villanueva, L. M. (2014). *Diseño e Implementación de un equipo de metrología para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos y eólicos*. Lima: Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Perú.
49. Wang, Y., Shi, Y., Yu, X., & Liu, Y. (2016). *Intelligent Photovoltaic Systems by combining the Improved Perturbation Method of Observation and Sun Location Tracking*. Pekín: CrossMark.
50. Werner, C., Gerlach, A., Breyer, C., & Masson, G. (2014). Global Installed Photovoltaic Capacity and Identification of Hidden Growth Markets. *29th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, (pp. 3848-3865). Amsterdam.

ANEXOS

Anexo A: Fotografías del Proyecto



Figura A.1: Ubicación del SFCR (Google Earth)



Figura A.2: Vista frontal y posterior del SFCR



Figura A.3: EOS ARRAY



Figura A.4: Inversor StecaGrid3000



Figura A.5: Efecto de la lluvia en la limpieza



Figura A.6: Verificación de multímetro usado en la medición de irradiancia

Anexo B: Normativa

Cuando hablamos de normativa del SFCR, hablamos del marco regulatorio del uso de generación distribuida y RER¹ y de la normativa técnica aplicable al sistema fotovoltaico, Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como las ordenanzas y medidas de seguridad de equipos que lo componen, y a los sistemas complementarios (especialmente, el sistema de monitoreo).

B.1. Normas relacionadas a las energías renovables

Referente al marco que regula el uso de generación distribuida y recursos de energía renovable, para el caso de Perú, es imprescindible mencionar los siguientes decretos:

- DL 1002 Ley de promoción de la inversión para la generación de la electricidad con el uso de energías renovables. (publicado: 02/05/2008, actualizado: 13/09/2010)
- D.S. N° 012-2011-EM Nuevo reglamento de la generación de electricidad con Energías Renovables.
- D.L. 25844 Ley de Concesiones Eléctricas.

A continuación, se detalla los decretos mencionados²:

DL 1002: Brinda una idea poco clara acerca de los incentivos o facilidades, pero si da algunos puntos acerca del uso de las energías renovables:

- El MEM establecerá cada 5 años el porcentaje mínimo del consumo nacional que deberá ser cubierta por los RER (se comenzó con 5% desde el 2008). Los generadores de RER tienen prioridad para conectarse.

¹ El Estado Peruano reconoce como recursos de energía renovable RER a la energía solar, eólica, geotérmica, mareomotriz, biomasa y energía hidráulica si la potencia instalada no supera los 20 MW.

² Se tomó como referencia a los decretos promulgados obtenidos en el diario oficial El Peruano.

- El MEM es la autoridad nacional encargada de la promoción de proyectos donde intervienen RER. A nivel regional, la promoción cae en manos de los gobiernos regionales. Si la potencia es menor a 10 MW, la concesión puede ser otorgada por gobiernos regionales y ya no por el MEM, con lo que se evitaría las cargas burocráticas y tiempo que conlleva.
- La venta de energía eléctrica de los RER se da cuando los propietarios de estos coloquen estos recursos en el mercado de corto plazo y a precio del mercado considerando la clasificación de los distintos RER. Habrá un pago por el uso de redes de distribución de parte de los generadores que usen RER con características de cogeneración o generación distribuida.

D.S. N° 012-2011-EM: Este decreto es complementario al DL 1002, y sus puntos más importantes son los siguientes:

- En una subasta de la energía requerida se tiene en cuenta el crecimiento del consumo nacional de electricidad (de los cuales al menos 5% debe ser por RER) y a su vez, la tasa de crecimiento de la tarifa. Además, el MEM define el porcentaje de participación de cada RER. Este porcentaje sólo será cubierto por ofertas para dicha tecnología³.
- Se establece cada 2 años como el periodo en el que el MEM analizará la necesidad de convocar a subasta.

Los otros puntos que toca este decreto están guiados a los requisitos del postor y obligaciones del adjudicatario. Adicionalmente, el D.L. 25844 toca el tema de las concesiones.

El D.L. 25844 Ley de Concesiones Eléctricas, reconoce 2 títulos habilitantes para realizar la actividad de generación de electricidad: concesión y autorización. La concesión está pensada para los RER. Asimismo, establece que existen 2 tipos de

³ Es relativamente contradictorio el hecho que, si el porcentaje de participación de un tipo de RER no es cubierto, no se le dé el porcentaje sobrante a otro RER.

El Estado Peruano visiona en la Nueva Matriz Energética Sostenible 2010-2040 (NUMES) una futura producción de electricidad al 2040 en las proporciones: 19% RER, Hidráulica 39% y Térmica 42%.

concesiones para producir electricidad: concesión por aprovechamiento de recursos hidro energéticos y concesión por aprovechamiento de recursos energéticos renovables (recurso hidro energético con potencia menor a 20 MW, se da por concesión de RER).

Las concesiones eléctricas con RER tienen como características:

- Plazo indefinido. No tiene fecha de expiración.
- Competencia para su otorgamiento. Se otorgan mediante resolución ministerial. Si la potencia es menor a 20 MW, puede ser otorgada por gobiernos regionales o por la Dirección General de Electrificación Rural del MEM si se trata de áreas rurales.
- Derechos. Se tienen tres derechos: derecho a construir la central, derecho a usar bienes de uso público y obtener la imposición de servidumbres para la construcción y operación de la central.
- Obligaciones. Está sujeto a la normativa vigente y al OSINERGMIN.
- Diferencia con la concesión de suministro. En esos se obliga a producir la electricidad ofertada, mientras que en el contrato de concesión se formaliza la habilitación para emplear el recurso energético.

Ante lo visto anteriormente, queda la pregunta: *¿Es necesario resultar ser adjudicatario de una subasta para usar energía fotovoltaica?*

La respuesta es obvia, NO. Los peruanos estamos sujetos bajo la constitución Política del Perú y ésta señala que los recursos naturales son patrimonio de la nación, y que solo bajo un determinado procedimiento, los titulares con derechos concedidos pueden aprovecharse sobre los productos. El sol en sí mismo no es un recurso para producir energía (nadie se puede adjudicar ser dueño del astro).

Sin embargo, la energía solar FV sí es un recurso natural que se encuentra bajo soberanía estatal, mientras sea un recurso mantenido en su fuente, y la electricidad (que no es un recurso natural), al ser un producto procedente de un recurso natural, se encuentra bajo el dominio de los titulares con derechos.

En palabras más simples, la energía solar les pertenece a todos, pero si es aprovechada -energía solar fotovoltaica- le pertenece al estado, pero éste puede otorgar derechos a titulares. (Díaz, 2015)

Ante lo visto anteriormente, surge una pregunta obvia: *¿Qué pasa si se desea instalar un sistema FV conectado a la red con potencia menor a 500 kW?*

Para responder esta pregunta es necesario referirse al D.L. 1221 *Decreto Legislativo que mejora la regulación de la electricidad para promover el acceso de la energía eléctrica en el Perú*, donde se mencionan los principales puntos referidos a nuestro sistema de generación distribuida:

- Las actividades de generación, transmisión y distribución, que no requieren de concesión ni autorización, pueden ser efectuadas libremente cumpliendo las normas técnicas y disposiciones de conservación del medio ambiente y del Patrimonio Cultural de la Nación. Se debe comunicar al MEM toda la información sobre la actividad eléctrica que desempeña.
- Los usuarios del servicio público de electricidad que disponen de equipamiento de generación eléctrica renovable no convencional (como el sistema fotovoltaico) o de cogeneración, hasta la potencia máxima establecida para cada tecnología (500 kW), tienen derecho a disponer de ellos para su propio consumo o pueden inyectar sus excedentes al sistema de distribución, sujeto a que no afecte la seguridad operacional del sistema de distribución al cual está conectado.

En conclusión, debajo de 500 kW, el titular del generador debe cumplir con las normas ambientales y técnicas, además de informar al MEM sobre dicha actividad y contar con la aprobación de la compañía distribuidora.

Es importante también, mencionar que el *balance neto* y la tarifa fotovoltaica no se encuentran normados en el país. Esto quiere decir que, si la energía generada es mayor de lo que consumo, se inyectará la energía, pero sin recibir beneficio económico.

Es importante también mencionar que el D.L. 1221 entró en vigencia el 25 de Setiembre del 2015, con excepción a las modificaciones sobre regulación de la generación distribuida que autoriza instalaciones con RER, consumir y vender el excedente. Se espera que se promulgue el reglamento en el año 2017.

B.2. Normativa técnica

En el país, si un usuario desea implementar un SFCR, debe demostrar y garantizar que este sistema cumpla con las normas técnicas correspondientes -normas internacionales, las que no presentan problemas en la operación de la red de distribución-, por lo que debe coordinar los aspectos técnicos con la operadora de red de distribución. (Orosco, 2005)

Dentro de las normas internacionales más conocidas y ampliamente usadas para los componentes de un sistema fotovoltaico, se tienen a las normas UNE⁴ de AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) y las normas IEC⁵ (Comisión Electrotécnica Internacional), siendo esta última recomendada por sus aspectos técnicos.

En el año 2005, según AC SOLAR XXI, no existía normativa para la instalación de sistemas fotovoltaicos conectados y aislados, ni aún en las normas UNE. Actualmente, en España, se cuentan con dos decretos que regulaban el proceso de conexión de las instalaciones fotovoltaicas (Méndez & Cuervo, 2009):

- RD 1663/2000 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- RD 1578/2008 sobre retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del RD 661/2007.

⁴ Se toma en cuenta las normas AENOR, normas obligatorias aplicables en España puesto que el sistema fue instalado por profesionales de la Universidad de Jaén-España que se guían bajo esta normativa.

⁵ En la presente tesis sólo se mencionan las normas UNE, pues éstas se fundamentan en las normas IEC. Muchas de las normas de AENOR son copia de las normas de IEC y llevan el mismo nombre y código.

Entre las normas UNE más importantes para sistemas fotovoltaicos, se tiene:

- UNE-EN 50380:2003 Informaciones de las hojas de datos y de las placas características para módulos fotovoltaicos.
- UNE-EN 50461:2007 Información técnica y datos del producto para células solares de silicio cristalino.
- UNE-EN 60904-1:1994 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 1: Medida de la característica I-V de módulos fotovoltaicos.
- UNE-EN 60904-2:1994 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 2: Requisitos de células solares de referencia.
- UNE-EN 60904-3:1994: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 3: Fundamentos de medida de dispositivos solares fotovoltaicos con datos de irradiancia espectral de referencia.
- UNE-EN 60904-5:1996: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 5: Determinación de la temperatura de la célula equivalente de dispositivos fotovoltaicos por el método de la tensión de circuito abierto.
- UNE-EN 60904-6:1997: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 6: Requisitos para los módulos solares de referencia.
- UNE-EN 61173:1998: Protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos – Guía.
- UNE-EN 61683:2001: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- UNE-EN 61724:2000 Monitorización de sistemas fotovoltaicos. Guías para la medida, el intercambio de datos y el análisis.
- UNE-EN 61727:1996 Sistemas fotovoltaicos. Características de la interfaz de conexión a la red eléctrica.
- UNE-EN 61829:2000: Campos fotovoltaicos de silicio cristalino. Medida en el sitio de características I-V.
- UNE-EN 62446:2011 Sistemas fotovoltaicos. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.

- UNE-EN 66177:2000 Sistemas fotovoltaicos terrestres generadores de Potencia. Generalidades y guía.

B.3. UNE-EN 61724:2000

Mención importante es la norma de monitorización de sistemas fotovoltaicos y guía para la medida, el intercambio de datos y análisis.

Según Amador (2011), el cumplimiento de esta norma:

- Brinda información sobre el funcionamiento del sistema fotovoltaico.
- Muestra las pérdidas y eficiencias del sistema.
- Puede llegar a predecir la energía generada en un lapso de tiempo.

Ésta norma exige que las siguientes variables sean monitorizadas:

Irradiancia sobre el plano del módulo, tensión y corriente de salida del generador, intensidad hacia y desde la red, tensión de la red, temperatura del ambiente y del módulo, potencia de salida, y potencia de obtenida/entregada de la red.

Esta norma también indica los cálculos a realizar para obtener los ratios de productividad del SFCR. (*ver sección 3.4*). Además, esta norma tiene ciertos requisitos técnicos:

- Sensor de irradiancia: Medición en el plano del generador y la precisión debe ser mayor a 5%. Exactitud de 1°K.
- Sensor de temperatura del módulo y del ambiente: Medición en la parte posterior del módulo y bajo sombra. Exactitud de 1°K.
- Respecto a la medida de tensión y corriente se debe tener precisión mayor al 1% y para la potencia, 2%.
- Se debe contar un sensor de potencia en alterna que tome en cuenta la distorsión armónica y el factor de potencia.
- El periodo entre cada toma de muestra deberá ser menos a un minuto. Esto, debido a su dependencia con la irradiancia.

Anexo C: Ficha técnica de los componentes del SFCR-CTIC

Sunmodule⁺

SW 200/205/210/215/220/225 poly

Comportamiento bajo condiciones estándar de prueba

		SW 200	SW 205	SW 210	SW 215	SW 220	SW 225
Potencia en el punto de máx. potencia	P_{max}	200 Wp	205 Wp	210 Wp	215 Wp	220 Wp	225 Wp
Tensión en vacío	V_{oc}	36,1 V	36,2 V	36,4 V	36,5 V	36,6 V	36,8 V
Tensión a potencia máxima	V_{mpp}	28,3 V	28,5 V	28,7 V	28,9 V	29,2 V	29,5 V
Corriente de cortocircuito	I_{sc}	7,70 A	7,80 A	7,90 A	8,00 A	8,08 A	8,17 A
Corriente a potencia máxima	I_{mpp}	7,07 A	7,20 A	7,32 A	7,44 A	7,54 A	7,63 A

Comportamiento a 800 W/m², NOCT, AM 1,5

		SW 200	SW 205	SW 210	SW 215	SW 220	SW 225
Potencia en el punto de máx. potencia	P_{max}	143,0 Wp	146,6 Wp	150,1 Wp	153,7 Wp	157,3 Wp	160,9 Wp
Tensión en circuito abierto	V_{oc}	32,7 V	32,8 V	32,9 V	33,0 V	33,1 V	33,3 V
Tensión a potencia máxima	V_{mpp}	25,4 V	25,5 V	25,7 V	25,9 V	26,2 V	26,5 V
Corriente de cortocircuito	I_{sc}	6,36 A	6,45 A	6,53 A	6,61 A	6,68 A	6,75 A
Corriente a potencia máxima	I_{mpp}	5,64 A	5,74 A	5,84 A	5,94 A	6,01 A	6,08 A

Ligera reducción de la eficiencia en el comportamiento con carga parcial a 25°C: A 200 W/m² se alcanza el 95 % (+/- 3 %) de la eficiencia bajo condiciones estándar de prueba (1000 W/m²).

Materiales empleados

Células por módulo	60
Tipo de célula	Silicio policristalino
Medidas de la célula	156 x 156 mm ²

Parámetros térmicos característicos

NOCT	46°C
TK I_{sc}	0,034 %/K
TK V_{oc}	-0,34 %/K

Parámetros característicos para la integración óptima en el sistema

Tensión máxima del sistema SK II	1,000 V_{oc}
Carga máxima de corriente inversa	no aplicar tensiones externas al módulo mayores que el valor de V_{oc}

Otros datos

Tolerancia de potencia	+/- 3 %
Caja de conexión	IP 65
Enchufe	MC tipo 4

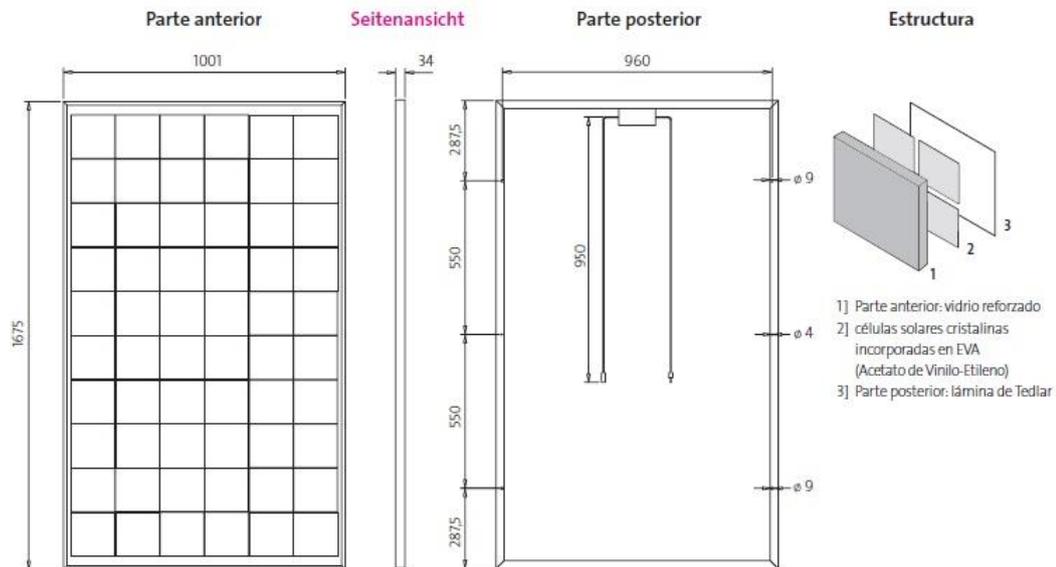


Figura C.1: Panel SW215 (SolarWorld)

StecaGrid 3000 y StecaGrid 3600

	StecaGrid 3000	StecaGrid 3600
Datos de entrada CC (generador FV)		
Tensión máxima inicial	800 V	
Tensión de entrada máxima	800 V	
Tensión mínima de entrada	350 V	
Tensión mínima de entrada para potencia nominal	350 V	365 V
Tensión MPP	350 V ... 650 V	
Corriente de entrada máxima	10 A	
Potencia máxima de entrada	3.060 W	3.690 W
Potencia FV máxima recomendada	3.800 Wp	4.500 Wp
Reducción / limitación de potencia	automática en los siguientes casos - mayor potencia de entrada disponible - refrigeración insuficiente del aparato - corrientes de entrada > 10 A - corriente de la red > 16 A (las corrientes mayores son limitadas por el aparato y, por lo tanto, no dañan el inversor)	
Datos de salida CA (conexión a la red)		
Tensión de salida	185 V ... 276 V [en función de los ajustes de cada país]	
Tensión de salida nominal	230 V	
Corriente máxima de salida	16 A	
Potencia máxima de salida	3.000 W	3.600 W
Potencia nominal	3.000 W	3.600 W
Frecuencia nominal	50 Hz	
Frecuencia	45 Hz ... 65 Hz [en función de los ajustes de cada país]	
Consumo propio nocturno	< 0,9 W	
Fases de inyección	monofásico	
Factor de potencia	> 0,99	
Coefficiente de distorsión	< 2 %	
Funcionamiento		
Eficiencia máxima	98,6 %	
Eficiencia europeo	98,2 %	98,1 %
Coefficiente de rendimiento MPP	> 99,7 % (estático), > 99 % (dinámico)	
Consumo propio	< 8 W	
Reducción de potencia a máxima potencia	a partir de 50 °C (T _{amb})	a partir de 45 °C (T _{amb})
Potencia de conexión	10 W	
Potencia en standby	6 W	
Seguridad		
Principio de separación	no separación galvánica, sin transformador	
Monitorización de la red	sí, integrado	
Condiciones de uso		
Área de uso	interiores con o sin climatización	
Temperatura ambiente	-15 °C ... +60 °C	
Temperatura de almacenamiento	-30 °C ... +80 °C	
Humedad relativa	0 % ... 95 %, sin condensación	
Emisiones de ruido	< 42 dBA	
Equipamiento y diseño		
Grado de protección	IP 51 (componente de potencia), IP 21 (conjunto del aparato)	
Categoría de sobretensión	III (AC), II (DC), ≤ 2000 m sobre el nivel normal cero	
Conexión CC	MultiContact MC 4 (1 par)	
Conexión CA	conector Wieland RST25i3, contraconector incluido en el volumen de suministro	
Dimensiones (X x Y x Z)	340 x 608 x 222 mm	
Peso	9 kg	
Interfaz de comunicación	RS485, 2 conectores hembra RJ45, conexión al StecaGrid Vision, Meteocontrol WEB'log, Solar-Log™ o StecaGrid Monitor	
Interruptor CC integrado	sí, conforme según DIN VDE 0100-712	
Principio de refrigeración	ventilador interior controlado por temperatura (variable de revoluciones)	
Certificado de comprobación	certificado de cumplimiento según DIN VDE 0126-1-1, marca CE, DK: 5940, G83, UTE C 15-712-1; en proceso: AS4777	

Figura C.2: Inversor StecaGrid 3000 (Steca Elektronik)

Contadores y analizadores de energía

Analizador de redes trifásico compacto

Modelo EM24 DIN



Descripción del Producto

Analizador de energía trifásico con joystick incorporado y display de datos LCD; especialmente indicado para medidas de energía activa y reactiva y asignación de costes. Caja para montaje a

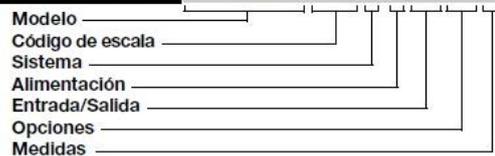
carril DIN con grado de protección (frontal) IP50. Conexión directa de hasta 65A y por medio de transformadores externos de intensidad y tensión. Además, el medidor puede incorporar salidas

digitales, que pueden ser utilizadas como salidas digitales, proporcionales a la energía activa (generada y consumida) y reactiva medidas, o como salidas de alarma. Otras alternativas son el

puerto de comunicación RS485 y 3 entradas digitales o el puerto Dupline y 3 entradas digitales o el puerto de comunicación M-bus, disponibles como opción

MID Certificado conforme con la Directiva MID, Anexo "B" y Anexo "D" referente a los medidores de energía eléctrica activa (ver Anexo MI-003 MID). Puede usarse para metrología fiscal (legal), dependiendo de la normativa de cada país.

Código de pedido **EM24 DIN AV5 3 D O2 PF A**



Códigos de escala	Sistema	Alimentación	Entrada/Salida
AV5: 400V _{LL} CA - 1/5 (10)A (conexión mediante CT) AV2: 400V _{LL} CA 10(65)A (conexión directa) V _{LN} : 113V - 265V _{LN} V _{LL} : 196V - 460V _{LL} AV9: 400V _{LL} CA - 10(65)A (conexión directa) V _{LN} : 113V - 265V _{LN} V _{LL} : 196V - 460V _{LL}	3: Trifásico, 4 hilos Medidas A: Integra la potencia positiva y negativa (no importa la polaridad del trafo, siempre mide la potencia y refleja en positivo el resultado de la generada y consumida) y el medidor de energía positiva total está certificado conforme con MID. B: Solo el medidor de energía total positiva consumida está certificado conforme con MID. El medidor de energía total negativa generada no tiene certificación MID.	X: Autoalimentación (Vea "las especificaciones de alimentación") D: 115/230 VCA (50Hz)	XX: Ninguna O2: Dos salidas de colector abierto (dos salidas de pulsos o una salida de pulsos + una salida de alarma o dos salidas de alarma) IS: 3 entradas digitales para selección de tarifa o medidas de Gas/ Agua/calefacción remota + puerto RS485 DP: Puerto Dupline más 3 entradas digitales para medidas Gas / Agua / calefacción remota M1: Puerto M-bus
Opciones			
PF Certificado conforme con la Directiva MID, Anexo "B" y Anexo "D" referente a los medidores de energía eléctrica activa (ver Anexo MI-003 MID). Puede usarse para metrología fiscal (legal), dependiendo de la normativa			

NOTA: consultar la disponibilidad del código en las tablas de verificación antes de realizar el pedido

CT = Trafo de intensidad; VT = Trafo de tensión; PT = Trafo de potencia;

Figura C.3: Analizador de redes EM24DINAV93XIS (Carlo Gavazzi)

VMU-M, Módulo maestro y registro de datos



Código **VMU-M 4 A S1 T2 X**



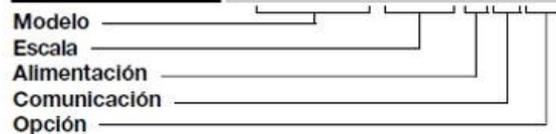
Selección del Modelo

Función	Alimentación	Comunicación	Entradas
4: Almacenamiento de datos 4Mbyte (*)	A: De 12 a 28VCC(*)	S1: RS485 Modbus (*)	T2: dos entradas de temperatura o dos entradas digitales para contactos libres de potencial (*)
Opción	(*) estándar.		
X: Ninguna			

VMU-P, unidad de variables ambientales



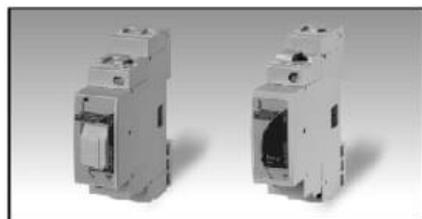
Código **VMU-P 2TIW X S X**



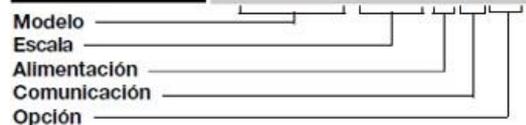
Selección del Modelo

Escala	Alimentación	Comunicación	Opción
2TIW: Dos sondas de temperatura tipo "Pt", entradas de medición mV de la irradiación solar y velocidad del viento (*)	X: Autoalimentación de 12 a 28VCC, desde la unidad VMU-M	S: Bus de comunicación auxiliar, sólo compatible con el módulo VMU-M (*)	X: Ninguna
2TCW: Dos sondas de temperatura tipo "Pt", entradas de medición mA de la irradiación solar y velocidad del viento (*)	(*) estándar.		

VMU-S, unidad de medición de string



Código **VMU-S AV10 X S FX**



Selección del Modelo

Escala	Alimentación	Comunicación	Opción
AV10: 1000V CC, 16A (Conexión directa) (*)	X: Autoalimentación de 12 a 28VCC, alimentado por la unidad VMU-M	S: Bus de comunicación auxiliar, sólo compatible con el módulo VMU-M (*)	XX: Ninguna (sin portafusible)
AV30: 1000V CC, 30A (Conexión directa (**)). En este caso, la opción es "XX".	(*) estándar. (**) opcional		
			FX: Con portafusible

Figura C.4: Módulos del EOS ARRAY (Carlo Gavazzi)

Anexo D: Análisis de desempeño diario del SFCR (CTIC-UNI)

Período: abril 2015 - junio 2017

Abr-15	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 10	11.033	10.872	51.919	0.985	0.213	0.209	2.371	3.421	3.371	-1.05	0.05	1.422	302.37	44.58	27.48
Día 11	19.059	11.566	115.44	0.607	0.165	0.1	5.271	5.91	3.586	-0.639	2.324	0.68	543.46	43.34	27.54
Día 12	14.053	13.85	137.725	0.986	0.102	0.101	6.289	4.358	4.295	1.931	0.063	0.683	600.4	45.93	28.83
Día 13	11.186	11.017	109.181	0.985	0.102	0.101	4.985	3.469	3.416	1.516	0.053	0.685	474.86	41.74	28.64
Día 14	13.148	12.969	125.44	0.986	0.105	0.103	5.728	4.077	4.021	1.651	0.056	0.702	553.43	42.69	27.4
Día 15	13.059	12.868	127.06	0.985	0.103	0.101	5.802	4.049	3.99	1.753	0.059	0.688	548.22	45.39	29.38
Día 16	13.498	13.322	130.528	0.987	0.103	0.102	5.96	4.185	4.131	1.775	0.054	0.693	600.32	44.83	28.61
Día 17	10.948	10.813	104.925	0.988	0.104	0.103	4.791	3.395	3.353	1.396	0.042	0.7	486.04	42.86	28.09
Día 18	11.083	10.937	105	0.987	0.106	0.104	4.795	3.437	3.391	1.358	0.046	0.707	463.07	40.21	26.27
Día 19	12.265	12.098	118.644	0.986	0.103	0.102	5.418	3.803	3.751	1.615	0.052	0.692	511.84	42.52	26.88
Día 20	11.446	11.296	110.479	0.987	0.104	0.102	5.045	3.549	3.503	1.496	0.046	0.694	508.31	42.31	26.77
Día 21	11.793	11.629	113.965	0.986	0.103	0.102	5.204	3.657	3.606	1.547	0.051	0.693	458.49	41.01	26.73
Día 22	12.052	11.895	117.372	0.987	0.103	0.101	5.359	3.737	3.688	1.622	0.049	0.688	531.11	43.8	27.32
Día 23	11.721	11.577	114.16	0.988	0.103	0.101	5.213	3.634	3.59	1.579	0.044	0.689	510.67	42.75	26.86
Día 24	5.684	5.592	53.569	0.984	0.106	0.104	2.446	1.762	1.734	0.684	0.028	0.709	214.88	30.71	23.66
Día 25	9.17	9.036	87.472	0.985	0.105	0.103	3.994	2.843	2.802	1.151	0.041	0.702	377.25	37.13	24.89
Día 26	10.698	10.546	103.461	0.986	0.103	0.102	4.724	3.317	3.27	1.407	0.047	0.692	417.15	38.7	25.67
Día 27	11.01	10.864	106.284	0.987	0.104	0.102	4.853	3.414	3.369	1.439	0.045	0.694	455.71	40.94	26.2
Día 28	1.665	1.629	15.828	0.978	0.105	0.103	0.723	0.516	0.505	0.207	0.011	0.698	78.88	25.32	22.76
Día 29	3.771	3.721	37.228	0.987	0.101	0.1	1.7	1.169	1.154	0.531	0.015	0.679	372.23	38.8	26.55
Día 30	8.551	8.427	82.421	0.985	0.104	0.102	3.764	2.651	2.613	1.113	0.038	0.694	438.16	40.78	26.64
Total	226.893	216.524	2068.1	0.954	0.11	0.105	4.5	3.35	3.2	1.15	0.15	0.711	449.85	40.78	26.82

May-15	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 4	6.511	6.407	62.969	0.984	0.103	0.102	2.875	2.019	1.987	0.856	0.032	0.691	256.34	32.32	24.69
Día 5	10.4	10.273	104.049	0.988	0.1	0.099	4.751	3.225	3.185	1.526	0.04	0.67	496.66	43.14	27.22
Día 6	9.988	9.858	98.357	0.987	0.102	0.1	4.491	3.097	3.057	1.394	0.04	0.681	403.1	39	25.87
Día 8	5.994	5.895	60.068	0.983	0.1	0.098	2.743	1.859	1.828	0.884	0.031	0.666	245.54	32.46	24.47
Día 9	5.446	5.363	53.592	0.985	0.102	0.1	2.447	1.689	1.663	0.758	0.026	0.68	224.42	31.58	24.3
Día 10	4.21	4.138	42.386	0.983	0.099	0.098	1.935	1.305	1.283	0.63	0.022	0.663	178.66	30.72	24.14
Día 11	9.605	9.475	97.559	0.986	0.098	0.097	4.455	2.978	2.938	1.477	0.04	0.659	401.63	39	26.09
Día 12	8.983	8.874	91.842	0.988	0.098	0.097	4.194	2.785	2.752	1.409	0.033	0.656	408.65	38.1	25.77
Día 13	4.41	4.341	45.858	0.984	0.096	0.095	2.094	1.367	1.346	0.727	0.021	0.643	191.45	31.42	24.72
Día 14	7.605	7.496	59.14	0.986	0.129	0.127	2.7	2.358	2.324	0.342	0.034	0.861	248.03	32.16	24.95
Día 15	11.503	11.351	84.788	0.987	0.136	0.134	3.872	3.567	3.52	0.305	0.047	0.909	344.4	33.62	24.64
Día 16	10.784	10.609	81.028	0.984	0.133	0.131	3.7	3.344	3.29	0.356	0.054	0.889	330.1	34.29	25.08
Día 17	12.238	12.062	92.438	0.986	0.132	0.13	4.221	3.795	3.74	0.426	0.055	0.886	372.57	36.51	26.39
Día 18	11.793	11.632	88.047	0.986	0.134	0.132	4.02	3.657	3.607	0.363	0.05	0.897	358.03	35.7	26.1
Día 19	2.722	2.642	19.508	0.971	0.14	0.135	0.891	0.844	0.819	0.047	0.025	0.919	83.26	24.97	22.39
Día 20	2.88	2.783	20.396	0.966	0.141	0.136	0.931	0.893	0.863	0.038	0.03	0.927	86.74	24.65	22.1
Día 21	9.097	8.952	69.146	0.984	0.132	0.129	3.157	2.821	2.776	0.336	0.045	0.879	285.63	33.43	24.4
Día 22	2.047	1.942	14.332	0.949	0.143	0.136	0.654	0.635	0.602	0.019	0.033	0.92	61.69	23.63	21.64
Día 23	4.258	4.175	30.756	0.981	0.138	0.136	1.404	1.32	1.295	0.084	0.025	0.922	129.54	26.79	22.67
Día 24	8.055	7.92	59.843	0.983	0.135	0.132	2.733	2.498	2.456	0.235	0.042	0.899	247.01	29.32	22.8
Día 25	3.93	3.845	28.537	0.978	0.138	0.135	1.303	1.219	1.192	0.084	0.027	0.915	117.48	26.41	22.62
Día 26	6.291	6.213	46.575	0.988	0.135	0.133	2.127	1.951	1.927	0.176	0.024	0.906	223.9	30.84	23.63
Día 27	3.795	3.72	28.367	0.98	0.134	0.131	1.295	1.177	1.153	0.118	0.024	0.89	124.65	27.32	22.97
Día 28	2.222	2.12	15.685	0.954	0.142	0.135	0.716	0.689	0.657	0.027	0.032	0.918	66.99	23.87	21.63
Día 29	5.966	5.873	43.756	0.984	0.136	0.134	1.998	1.85	1.821	0.148	0.029	0.911	178.06	29.1	23.83
Día 30	5.289	5.196	39.453	0.982	0.134	0.132	1.802	1.64	1.611	0.162	0.029	0.894	164.33	28.12	23.31
Día 31	14.902	14.69	115.658	0.986	0.129	0.127	5.281	4.621	4.555	0.66	0.066	0.863	528.37	41.13	25.99
Total	190.924	187.845	1594.13	0.984	0.12	0.118	2.7	2.19	2.16	0.51	0.03	0.8	250.27	31.84	24.24

Jun-15	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	9.869	9.746	75.289	0.988	0.131	0.129	3.438	3.06	3.022	0.378	0.038	0.879	338.73	21.35	21.5
Día 2	1.785	1.681	12.772	0.942	0.14	0.132	0.583	0.553	0.521	0.03	0.032	0.894	55.7	22.84	21.16
Día 3	1.643	1.542	11.756	0.939	0.14	0.131	0.537	0.509	0.478	0.028	0.031	0.89	54.2	22.65	21.01
Día 4	2.026	1.93	14.952	0.953	0.136	0.129	0.683	0.628	0.598	0.055	0.03	0.876	65.81	23.54	21.59
Día 5	3.915	3.839	29.064	0.981	0.135	0.132	1.327	1.214	1.19	0.113	0.024	0.897	123.74	26.66	22.92
Día 6	5.319	5.237	40.038	0.985	0.133	0.131	1.828	1.649	1.624	0.179	0.025	0.888	168.57	30.41	24.29
Día 7	4.809	4.731	36.26	0.984	0.133	0.13	1.656	1.491	1.467	0.165	0.024	0.886	164.54	31.29	25.15
Día 8	8.057	7.964	62.799	0.988	0.128	0.127	2.868	2.498	2.469	0.37	0.029	0.861	303.73	36.37	26.32
Día 9	6.753	6.674	52.578	0.988	0.128	0.127	2.401	2.094	2.069	0.307	0.025	0.862	251.74	34.21	26.05
Día 10	12.71	12.545	101.362	0.987	0.125	0.124	4.628	3.941	3.89	0.687	0.051	0.841	482.8	41.49	27.2
Día 11	12.628	12.456	100.357	0.986	0.126	0.124	4.583	3.916	3.862	0.667	0.054	0.843	475.13	39.98	25.68
Día 12	1.839	1.731	13.349	0.941	0.138	0.13	0.61	0.57	0.537	0.04	0.033	0.88	58.96	22.4	20.86
Día 13	2.402	2.29	18.236	0.953	0.132	0.126	0.833	0.745	0.71	0.088	0.035	0.852	79.24	23.57	21.37
Día 14	1.513	1.39	11.148	0.919	0.136	0.125	0.509	0.469	0.431	0.04	0.038	0.847	49.24	21.64	20.27
Día 15	5.568	5.476	46.146	0.983	0.121	0.119	2.107	1.727	1.698	0.38	0.029	0.806	199.81	29.59	22.61
Día 16	2.565	2.471	21.33	0.963	0.12	0.116	0.974	0.795	0.766	0.179	0.029	0.786	91.03	24.8	21.52
Día 17	2.016	1.914	16.415	0.949	0.123	0.117	0.75	0.625	0.593	0.125	0.032	0.791	71.1	23.09	20.78
Día 18	4.772	4.677	40.068	0.98	0.119	0.117	1.83	1.48	1.45	0.35	0.03	0.792	173.15	29.11	22.72
Día 19	7.181	7.062	61.488	0.983	0.117	0.115	2.808	2.227	2.19	0.581	0.037	0.78	258.08	31.49	23.09
Día 20	7.165	7.051	61.488	0.984	0.117	0.115	2.808	2.222	2.186	0.586	0.036	0.778	272.26	32.1	23.22
Día 21	3.152	3.086	26.669	0.979	0.118	0.116	1.218	0.977	0.957	0.241	0.02	0.786	121.88	28.01	23.07
Día 22	6.289	6.182	54.583	0.983	0.115	0.113	2.492	1.95	1.917	0.542	0.033	0.769	228.75	31.84	23.73
Día 23	9.791	9.657	84.283	0.986	0.116	0.115	3.849	3.036	2.994	0.813	0.042	0.778	355.25	36.09	24.23
Día 24	9.095	8.96	77.317	0.985	0.118	0.116	3.53	2.82	2.778	0.71	0.042	0.787	331.89	33.85	23.34
Día 25	1.686	1.593	13.643	0.945	0.124	0.117	0.623	0.523	0.494	0.1	0.029	0.793	59.78	23.42	21.24
Día 26	4.928	4.852	41.615	0.985	0.118	0.117	1.9	1.528	1.504	0.372	0.024	0.792	197.09	31.1	23.49
Día 27	5.394	5.315	45.783	0.985	0.118	0.116	2.091	1.673	1.648	0.418	0.025	0.788	195.91	31.35	24.29
Día 28	2.731	2.64	22.383	0.967	0.122	0.118	1.022	0.847	0.819	0.175	0.028	0.801	98.23	25.25	21.48
Día 29	3.462	3.37	28.975	0.973	0.119	0.116	1.323	1.073	1.045	0.25	0.028	0.79	130.51	27.5	22.12
Día 30	4.241	4.173	37.066	0.984	0.114	0.113	1.693	1.315	1.294	0.378	0.021	0.764	169.6	30.43	23.96
Total	155.304	152.235	1259.21	0.98	0.123	0.121	1.92	1.61	1.57	0.31	0.04	0.818	187.55	28.91	23.01

Jul-15	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	9.825	9.687	86.244	0.986	0.114	0.112	3.938	3.047	3.004	0.891	0.043	0.763	376.25	37.55	25.24
Día 2	2.686	2.608	22.788	0.971	0.118	0.114	1.041	0.833	0.809	0.208	0.024	0.777	100.7	25.9	21.81
Día 3	1.544	1.479	13.185	0.958	0.117	0.112	0.602	0.479	0.459	0.123	0.02	0.762	69.89	24.52	21.62
Día 4	1.357	1.246	10.998	0.918	0.123	0.113	0.502	0.421	0.386	0.081	0.035	0.769	47.32	22.31	20.62
Día 5	5.082	4.993	39.036	0.982	0.13	0.128	1.782	1.576	1.548	0.206	0.028	0.869	170.3	28.31	22.39
Día 6	1.658	1.584	12.267	0.955	0.135	0.129	0.56	0.514	0.491	0.046	0.023	0.877	76.12	22.96	20.67
Día 7	2.735	2.601	20.156	0.951	0.136	0.129	0.92	0.848	0.807	0.072	0.041	0.877	85.42	22.7	20.05
Día 8	4.283	4.18	32.233	0.976	0.133	0.13	1.472	1.328	1.296	0.144	0.032	0.88	138.69	25.78	21.11
Día 9	9.879	9.725	76.843	0.984	0.129	0.127	3.509	3.063	3.016	0.446	0.047	0.86	320.07	30.91	21.92
Día 10	8.074	7.966	60.928	0.987	0.133	0.131	2.782	2.504	2.47	0.278	0.034	0.888	252.34	28.83	21.48
Día 11	7.485	7.376	56.876	0.985	0.132	0.13	2.597	2.321	2.287	0.276	0.034	0.881	248.13	28.17	21.26
Día 12	10.642	10.495	82.448	0.986	0.129	0.127	3.765	3.3	3.254	0.465	0.046	0.864	340.19	31.46	22.14
Día 13	4.812	4.7	36.4	0.977	0.132	0.129	1.662	1.492	1.457	0.17	0.035	0.877	154.14	24.71	20.55
Día 14	1.348	1.264	9.859	0.938	0.137	0.128	0.45	0.418	0.392	0.032	0.026	0.871	67.44	21.46	19.25
Día 15	3.817	3.7	28.442	0.969	0.134	0.13	1.299	1.184	1.147	0.115	0.037	0.883	120.3	24.19	20.25
Día 16	2.836	2.732	21.511	0.963	0.132	0.127	0.982	0.879	0.847	0.103	0.032	0.863	112.06	24.3	20.28
Día 17	2.264	2.149	17.065	0.949	0.133	0.126	0.779	0.702	0.666	0.077	0.036	0.855	85.76	22.29	19.28
Día 18	2.19	2.07	16.615	0.945	0.132	0.125	0.759	0.679	0.642	0.08	0.037	0.846	82.89	21.99	19.07
Día 19	3.31	3.209	25.477	0.969	0.13	0.126	1.163	1.026	0.995	0.137	0.031	0.856	131.09	24.19	19.69
Día 20	9.449	9.283	75.935	0.982	0.124	0.122	3.467	2.93	2.878	0.537	0.052	0.83	315.93	30.56	21.43
Día 21	12.901	12.716	105.25	0.986	0.123	0.121	4.806	4	3.943	0.806	0.057	0.82	429.1	36.74	23.72
Día 22	7.715	7.602	61.166	0.985	0.126	0.124	2.793	2.392	2.357	0.401	0.035	0.844	254.1	30.31	22.51
Día 23	2.039	1.938	15.801	0.95	0.129	0.123	0.722	0.632	0.601	0.09	0.031	0.832	85.78	22.47	19.37
Día 24	2.316	2.214	18.555	0.956	0.125	0.119	0.847	0.718	0.687	0.129	0.031	0.811	95.16	22.97	19.33
Día 25	3.285	3.165	25.917	0.963	0.127	0.122	1.183	1.019	0.981	0.164	0.038	0.829	111.95	23.62	19.33
Día 26	2.325	2.23	19.161	0.959	0.121	0.116	0.875	0.721	0.691	0.154	0.03	0.79	108.26	23.03	19.14
Día 27	2.778	2.662	22.943	0.958	0.121	0.116	1.048	0.861	0.825	0.187	0.036	0.787	106.13	23.15	19.12
Día 28	3.697	3.602	30.032	0.974	0.123	0.12	1.371	1.146	1.117	0.225	0.029	0.815	147.47	25.88	20.05
Día 29	9.199	9.055	74.22	0.984	0.124	0.122	3.389	2.852	2.808	0.537	0.044	0.829	342.33	33.67	22.1
Día 30	2.579	2.45	19.547	0.95	0.132	0.125	0.893	0.8	0.76	0.093	0.04	0.851	82.36	21.74	19.29
Día 31	2.328	2.226	17.86	0.956	0.13	0.125	0.816	0.722	0.69	0.094	0.032	0.846	95.17	22.49	19.56
Total	146.438	142.907	1155.76	0.976	0.127	0.124	1.7	1.46	1.43	0.24	0.03	0.841	166.22	26.1	20.76

Ago-15	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	1.983	1.853	15.382	0.934	0.129	0.12	0.702	0.615	0.575	0.087	0.04	0.819	65.54	20.39	18.42
Día 2	1.967	1.84	15.455	0.935	0.127	0.119	0.706	0.61	0.571	0.096	0.039	0.809	67.4	21.31	18.96
Día 3	2.92	2.785	23.167	0.954	0.126	0.12	1.058	0.905	0.864	0.153	0.041	0.817	96.28	22.02	18.73
Día 4	3.57	3.498	30.717	0.98	0.116	0.114	1.403	1.107	1.085	0.296	0.022	0.773	173.9	26.63	20.4
Día 5	1.598	1.529	13.559	0.957	0.118	0.113	0.619	0.496	0.474	0.123	0.022	0.766	98.83	23.68	19.54
Día 6	6.428	6.317	55.044	0.983	0.117	0.115	2.513	1.993	1.959	0.52	0.034	0.78	256.02	29.46	20.73
Día 7	1.625	1.52	14.129	0.935	0.115	0.108	0.645	0.504	0.471	0.141	0.033	0.73	75.99	21.78	18.72
Día 8	1.462	1.33	12.17	0.91	0.12	0.109	0.556	0.453	0.412	0.103	0.041	0.741	52.57	20.68	18.92
Día 9	4.018	3.9	34.764	0.971	0.116	0.112	1.587	1.246	1.209	0.341	0.037	0.762	145.41	23.9	19.76
Día 10	7.621	7.503	67.791	0.985	0.112	0.111	3.095	2.363	2.327	0.732	0.036	0.752	277.62	32.03	22.11
Día 11	1.751	1.63	15.109	0.931	0.116	0.108	0.69	0.543	0.505	0.147	0.038	0.732	71.04	21.29	19.25
Día 12	2.533	2.43	21.586	0.959	0.117	0.113	0.986	0.785	0.753	0.201	0.032	0.764	113.58	23.28	19.2
Día 13	1.803	1.71	15.454	0.948	0.117	0.111	0.706	0.559	0.53	0.147	0.029	0.751	88.68	23.08	19.36
Día 14	3.122	3.049	26.915	0.977	0.116	0.113	1.229	0.968	0.945	0.261	0.023	0.769	158.53	26.58	20.31
Día 15	2.39	2.275	20.679	0.952	0.116	0.11	0.944	0.741	0.705	0.203	0.036	0.747	90.4	22.89	19.21
Día 16	2.81	2.697	24.237	0.96	0.116	0.111	1.107	0.871	0.836	0.236	0.035	0.755	113.13	23.7	19.39
Día 17	5.86	5.774	53.059	0.985	0.11	0.109	2.423	1.817	1.79	0.606	0.027	0.739	279.43	32.34	21.64
Día 18	4.953	4.862	43.938	0.982	0.113	0.111	2.006	1.536	1.508	0.47	0.028	0.752	198	28.91	20.92
Día 19	1.66	1.565	14.407	0.943	0.115	0.109	0.658	0.515	0.485	0.143	0.03	0.737	76.25	21.66	18.64
Día 20	1.931	1.815	16.18	0.94	0.119	0.112	0.739	0.599	0.563	0.14	0.036	0.762	71.54	21.73	18.74
Día 21	1.642	1.559	13.711	0.949	0.12	0.114	0.626	0.509	0.483	0.117	0.026	0.772	87.07	22.53	19.16
Día 22	4.752	4.637	40.259	0.976	0.118	0.115	1.838	1.473	1.438	0.365	0.035	0.782	173.22	26.44	20.09
Día 23	4.409	4.326	38.404	0.981	0.115	0.113	1.754	1.367	1.341	0.387	0.026	0.765	182.21	28.49	20.93
Día 24	5.037	4.939	46.017	0.981	0.109	0.107	2.101	1.562	1.531	0.539	0.031	0.729	197.3	28.8	21.27
Día 25	1.555	1.423	12.911	0.915	0.12	0.11	0.59	0.482	0.441	0.108	0.041	0.747	54.86	19.99	18.64
Día 26	2.254	2.136	19.326	0.948	0.117	0.111	0.882	0.699	0.662	0.183	0.037	0.751	82.41	22.66	19.27
Día 27	8.92	8.777	81.054	0.984	0.11	0.108	3.701	2.766	2.722	0.935	0.044	0.735	327.41	34.42	22.97
Día 28	6.766	6.644	61.769	0.982	0.11	0.108	2.821	2.098	2.06	0.723	0.038	0.73	255.44	31.23	21.91
Día 29	7.707	7.594	70.334	0.985	0.11	0.108	3.212	2.39	2.355	0.822	0.035	0.733	288.25	33.05	22.03
Día 30	4.072	3.998	39.42	0.982	0.103	0.101	1.8	1.263	1.24	0.537	0.023	0.689	184.31	29.09	21.91
Día 31	3.631	3.529	33.211	0.972	0.109	0.106	1.516	1.126	1.094	0.39	0.032	0.722	138.07	26.11	20.37
Total	112.75	109.444	990.158	0.971	0.114	0.111	1.46	1.13	1.09	0.33	0.04	0.747	146.47	25.49	20.05

Set-15	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	6.849	6.739	66.018	0.984	0.104	0.102	3.015	2.124	2.09	0.891	0.034	0.693	268.65	32.93	22.9
Día 2	7.886	7.773	75.014	0.986	0.105	0.104	3.425	2.445	2.41	0.98	0.035	0.704	309.28	34.22	23.08
Día 3	3.082	3.002	28.58	0.974	0.108	0.105	1.305	0.956	0.931	0.349	0.025	0.713	116.26	26.85	21.73
Día 4	6.005	5.897	58.745	0.982	0.102	0.1	2.682	1.862	1.829	0.82	0.033	0.682	239.86	30.97	22.6
Día 5	5.654	5.554	54.402	0.982	0.104	0.102	2.484	1.753	1.722	0.731	0.031	0.693	226.43	31.15	22.45
Día 6	5.048	4.957	47.751	0.982	0.106	0.104	2.18	1.565	1.537	0.615	0.028	0.705	201.81	29.76	21.95
Día 7	2.124	2.018	19.734	0.95	0.108	0.102	0.901	0.659	0.626	0.242	0.033	0.695	82.76	23.69	20.23
Día 9	2.191	2.16	24.369	0.986	0.09	0.089	1.113	0.679	0.67	0.434	0.009	0.602	288.29	32.95	22.77
Día 10	4.551	4.476	36.844	0.984	0.124	0.121	1.682	1.411	1.388	0.271	0.023	0.825	192.95	27.73	20.69
Día 11	4.613	4.497	36.617	0.975	0.126	0.123	1.672	1.43	1.394	0.242	0.036	0.834	149.28	24.57	19.69
Día 12	13.709	13.511	118.079	0.986	0.116	0.114	5.392	4.251	4.189	1.141	0.062	0.777	465.98	36.29	22.81
Día 13	9.585	9.427	83.386	0.984	0.115	0.113	3.808	2.972	2.923	0.836	0.049	0.768	326.95	32.08	21.28
Día 14	5.561	5.452	41.74	0.98	0.133	0.131	1.906	1.724	1.691	0.182	0.033	0.887	168.29	26.25	20.08
Día 15	2.774	2.644	21.489	0.953	0.129	0.123	0.981	0.86	0.82	0.121	0.04	0.836	87.64	22	18.85
Día 16	2.918	2.782	22.791	0.953	0.128	0.122	1.041	0.905	0.863	0.136	0.042	0.829	92.71	21.75	18.79
Día 17	7.744	7.614	69.607	0.983	0.111	0.109	3.178	2.401	2.361	0.777	0.04	0.743	303.68	30.76	21.36
Día 18	8.457	8.318	76.333	0.984	0.111	0.109	3.486	2.622	2.579	0.864	0.043	0.74	302.98	32.19	22.03
Día 19	9.727	9.567	81.21	0.984	0.12	0.118	3.708	3.016	2.967	0.692	0.049	0.8	326.12	32.77	21.84
Día 20	5.5	5.43	44.836	0.987	0.123	0.121	2.047	1.705	1.684	0.342	0.021	0.823	222.27	30.04	22.12
Día 21	7.531	7.397	66	0.982	0.114	0.112	3.014	2.335	2.294	0.679	0.041	0.761	261.68	29.73	21.56
Día 22	7.972	7.838	66.416	0.983	0.12	0.118	3.033	2.472	2.43	0.561	0.042	0.801	273.73	29.96	21.2
Día 23	2.782	2.696	22.534	0.969	0.123	0.12	1.029	0.863	0.836	0.166	0.027	0.812	118.7	24.8	20.4
Día 24	2.79	2.656	22.325	0.952	0.125	0.119	1.019	0.865	0.824	0.154	0.041	0.809	90.92	22.35	19.56
Día 25	2.549	2.427	20.624	0.952	0.124	0.118	0.942	0.79	0.753	0.152	0.037	0.799	83.83	23.03	20
Día 26	5.046	4.947	40.978	0.98	0.123	0.121	1.871	1.565	1.534	0.306	0.031	0.82	161.6	26.16	20.68
Día 27	1.957	1.873	15.764	0.957	0.124	0.119	0.72	0.607	0.581	0.113	0.026	0.807	95.01	23.39	19.54
Día 28	3.02	2.898	24.304	0.96	0.124	0.119	1.11	0.936	0.899	0.174	0.037	0.81	97.63	23.34	19.69
Día 29	5.059	4.971	42.526	0.983	0.119	0.117	1.942	1.569	1.541	0.373	0.028	0.794	169.9	27.82	21.45
Día 30	6.903	6.778	63.874	0.982	0.108	0.106	2.917	2.14	2.102	0.777	0.038	0.721	247.35	30.06	22.19
Total	159.587	156.299	1392.89	0.979	0.115	0.112	2.19	1.71	1.67	0.48	0.04	0.763	205.95	28.26	21.16

Oct-15	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	12.741	12.545	113.425	0.985	0.112	0.111	5.179	3.951	3.89	1.228	0.061	0.751	440.47	36.85	23.57
Día 2	10.435	10.267	92.923	0.984	0.112	0.11	4.243	3.236	3.184	1.007	0.052	0.75	372.34	34.69	23.23
Día 3	7.004	6.901	58.704	0.985	0.119	0.118	2.681	2.172	2.14	0.509	0.032	0.798	235.05	30.27	22.25
Día 4	11.237	11.079	103.107	0.986	0.109	0.107	4.708	3.484	3.435	1.224	0.049	0.73	423.36	35.71	23.66
Día 5	2.691	2.595	22.523	0.964	0.119	0.115	1.028	0.834	0.805	0.194	0.029	0.783	108.51	24.36	20.6
Día 6	2.154	2.082	18.122	0.967	0.119	0.115	0.827	0.668	0.646	0.159	0.022	0.781	94.14	24.5	20.82
Día 7	2.246	2.126	17.726	0.947	0.127	0.12	0.809	0.696	0.659	0.113	0.037	0.815	72.3	22.27	19.96
Día 8	11.314	11.153	99.995	0.986	0.113	0.112	4.566	3.508	3.458	1.058	0.05	0.757	384.91	36.48	24.34
Día 9	6.206	6.09	52.228	0.981	0.119	0.117	2.385	1.924	1.888	0.461	0.036	0.792	201.54	29.23	22.52
Día 10	10.936	10.769	95.882	0.985	0.114	0.112	4.378	3.391	3.339	0.987	0.052	0.763	371.42	34.74	23.11
Día 11	7.362	7.229	65.154	0.982	0.113	0.111	2.975	2.283	2.242	0.692	0.041	0.754	255.01	30.46	22.11
Día 12	5.911	5.822	51.874	0.985	0.114	0.112	2.369	1.833	1.805	0.536	0.028	0.762	220.69	30.06	22.21
Día 13	7.461	7.349	64.96	0.985	0.115	0.113	2.966	2.313	2.279	0.653	0.034	0.768	294.67	32.32	22.68
Día 14	8.99	8.85	78.734	0.984	0.114	0.112	3.595	2.788	2.744	0.807	0.044	0.763	311.38	32.6	22.29
Día 15	5.159	5.075	44.376	0.984	0.116	0.114	2.026	1.6	1.574	0.426	0.026	0.771	190.64	28.53	21.58
Día 16	11.323	11.139	98.11	0.984	0.115	0.114	4.48	3.511	3.454	0.969	0.057	0.777	379.25	36.23	23.55
Día 17	3.057	2.94	25.473	0.962	0.12	0.115	1.163	0.948	0.912	0.215	0.036	0.784	102.03	24.56	20.69
Día 18	11.301	11.128	99.814	0.985	0.113	0.111	4.558	3.504	3.451	1.054	0.053	0.757	386.66	37.33	24.09
Día 19	12.831	12.65	111.089	0.986	0.116	0.114	5.073	3.979	3.922	1.094	0.057	0.773	421.54	37.37	24.4
Día 20	11.849	11.675	102.27	0.985	0.116	0.114	4.67	3.674	3.62	0.996	0.054	0.775	402.57	37.13	23.81
Día 21	2.684	2.573	21.648	0.959	0.124	0.119	0.988	0.832	0.798	0.156	0.034	0.808	89.05	23.51	20.45
Día 22	2.325	2.209	17.963	0.95	0.129	0.123	0.82	0.721	0.685	0.099	0.036	0.835	71.74	23.29	20.54
Día 23	4.319	4.256	36.305	0.985	0.119	0.117	1.658	1.339	1.32	0.319	0.019	0.796	183.54	28.15	22.16
Día 24	2.942	2.825	23.144	0.96	0.127	0.122	1.057	0.912	0.876	0.145	0.036	0.829	91.8	23.85	20.61
Día 25	2.926	2.811	23.34	0.961	0.125	0.12	1.066	0.907	0.872	0.159	0.035	0.818	89.81	24	20.68
Día 26	2.966	2.858	24.065	0.964	0.123	0.119	1.099	0.92	0.886	0.179	0.034	0.806	92.86	24.51	20.88
Día 27	9.737	9.582	83.814	0.984	0.116	0.114	3.827	3.019	2.971	0.808	0.048	0.776	323.76	34.36	23.35
Día 28	7.742	7.622	64.959	0.985	0.119	0.117	2.966	2.401	2.363	0.565	0.038	0.797	251.19	31.56	22.98
Día 29	12.082	11.897	101.199	0.985	0.119	0.118	4.621	3.746	3.689	0.875	0.057	0.798	393.27	37.05	23.81
Día 30	2.593	2.481	20.892	0.957	0.124	0.119	0.954	0.804	0.769	0.15	0.035	0.806	82.62	23.64	20.56
Día 31	2.698	2.581	22.14	0.957	0.122	0.117	1.011	0.837	0.8	0.174	0.037	0.791	86.69	23.91	20.65
Total	215.222	211.159	1855.96	0.981	0.116	0.114	2.73	2.15	2.11	0.58	0.04	0.773	239.51	30.11	22.2

Nov-15	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	3.62	3.506	30.19	0.969	0.12	0.116	1.379	1.122	1.087	0.257	0.035	0.788	116.09	24.58	20.62
Día 2	3.019	2.907	25.132	0.963	0.12	0.116	1.148	0.936	0.901	0.212	0.035	0.785	96.57	24.36	20.8
Día 3	4.28	4.187	36.358	0.978	0.118	0.115	1.66	1.327	1.298	0.333	0.029	0.782	140.59	26.46	21.85
Día 4	6.948	6.836	60.419	0.984	0.115	0.113	2.759	2.154	2.12	0.605	0.034	0.768	230.79	30.89	22.43
Día 5	3.966	3.862	32.932	0.974	0.12	0.117	1.504	1.23	1.198	0.274	0.032	0.797	129.49	26.08	20.98
Día 6	5.235	5.138	45.792	0.981	0.114	0.112	2.091	1.623	1.593	0.468	0.03	0.762	171.74	28.12	21.96
Día 7	3.58	3.486	30.996	0.974	0.115	0.112	1.415	1.11	1.081	0.305	0.029	0.764	121.8	26.25	21.23
Día 8	3.993	3.883	34.419	0.972	0.116	0.113	1.572	1.238	1.204	0.334	0.034	0.766	132.12	26.32	21.09
Día 9	4.91	4.81	44.487	0.98	0.11	0.108	2.031	1.522	1.491	0.509	0.031	0.734	172.76	28.19	22.09
Día 10	12.177	12.026	109.144	0.988	0.112	0.11	4.984	3.776	3.729	1.208	0.047	0.748	407.25	38.48	24.73
Día 11	5.292	5.179	45.755	0.979	0.116	0.113	2.089	1.641	1.606	0.448	0.035	0.769	176.12	27.58	21.63
Día 12	6.914	6.806	60.99	0.984	0.113	0.112	2.785	2.144	2.11	0.641	0.034	0.758	230.71	32.14	23.08
Día 13	3.661	3.568	31.244	0.975	0.117	0.114	1.427	1.135	1.106	0.292	0.029	0.775	119.43	26.23	21.26
Día 14	2.548	2.442	21.631	0.958	0.118	0.113	0.988	0.79	0.757	0.198	0.033	0.766	83.44	23.9	20.47
Día 15	4.298	4.199	37.277	0.977	0.115	0.113	1.702	1.333	1.302	0.369	0.031	0.765	144.05	26.57	21.18
Día 16	3.75	3.657	33.938	0.975	0.11	0.108	1.55	1.163	1.134	0.387	0.029	0.732	131.61	26.18	21.24
Día 17	4.435	4.351	40.876	0.981	0.108	0.106	1.866	1.375	1.349	0.491	0.026	0.723	158.63	28.29	21.89
Día 18	4.909	4.82	41.941	0.982	0.117	0.115	1.915	1.522	1.495	0.393	0.027	0.781	160.37	27.98	21.87
Día 19	4.659	4.573	38.767	0.982	0.12	0.118	1.77	1.445	1.418	0.325	0.027	0.801	145.79	27.27	21.78
Día 20	7.437	7.314	63.537	0.983	0.117	0.115	2.901	2.306	2.268	0.595	0.038	0.782	243.89	32.03	22.94
Día 21	8.314	8.207	71.889	0.987	0.116	0.114	3.283	2.578	2.545	0.705	0.033	0.775	262.17	32.05	22.97
Día 22	2.527	2.413	20.921	0.955	0.121	0.115	0.955	0.784	0.748	0.171	0.036	0.783	79.52	23.69	20.84
Día 23	5.444	5.351	47.196	0.983	0.115	0.113	2.155	1.688	1.659	0.467	0.029	0.77	216.52	31.03	22.74
Día 24	5.205	5.119	46.924	0.983	0.111	0.109	2.143	1.614	1.587	0.529	0.027	0.741	176.84	29.19	22.8
Día 25	6.91	6.791	61.692	0.983	0.112	0.11	2.817	2.143	2.106	0.674	0.037	0.748	233.69	31.11	23.21
Día 26	4.125	4.044	36.263	0.98	0.114	0.112	1.656	1.279	1.254	0.377	0.025	0.757	141.52	27.85	22.51
Día 27	1.855	1.747	15.713	0.942	0.118	0.111	0.717	0.575	0.542	0.142	0.033	0.756	59.73	23.34	21.11
Día 28	5.981	5.874	49.66	0.982	0.12	0.118	2.268	1.855	1.821	0.413	0.034	0.803	190.29	29.17	22.49
Día 29	6.703	6.597	57.217	0.984	0.117	0.115	2.613	2.078	2.046	0.535	0.032	0.783	219.09	30.58	23.1
Día 30	8.228	8.109	68.685	0.986	0.12	0.118	3.136	2.551	2.514	0.585	0.037	0.802	263.74	32.55	23.16
Total	154.923	151.802	1341.99	0.98	0.115	0.113	2.04	1.6	1.57	0.44	0.03	0.77	171.88	28.28	22

Dic-15	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	4.287	4.193	35.492	0.978	0.121	0.118	1.621	1.329	1.3	0.292	0.029	0.802	135	26.58	21.86
Día 2	6.144	6.063	52.271	0.987	0.118	0.116	2.387	1.905	1.88	0.482	0.025	0.788	249.83	31.84	23.37
Día 3	8.284	8.171	73.063	0.986	0.113	0.112	3.336	2.569	2.534	0.767	0.035	0.76	336.87	35.05	24.3
Día 4	5.607	5.501	49.687	0.981	0.113	0.111	2.269	1.739	1.706	0.53	0.033	0.752	193.5	29.44	22.67
Día 5	6.912	6.807	63.178	0.985	0.109	0.108	2.885	2.143	2.111	0.742	0.032	0.732	245.17	32.63	24.26
Día 6	8.607	8.474	77.328	0.985	0.111	0.11	3.531	2.669	2.628	0.862	0.041	0.744	297.34	33.09	23.7
Día 7	3.015	2.934	26.485	0.973	0.114	0.111	1.209	0.935	0.91	0.274	0.025	0.753	102.81	25.76	22.11
Día 8	4.817	4.738	45.093	0.984	0.107	0.105	2.059	1.494	1.469	0.565	0.025	0.713	169.58	29.52	23.37
Día 9	11.307	11.134	107.236	0.985	0.105	0.104	4.897	3.506	3.452	1.391	0.054	0.705	399.32	40.26	27.29
Día 10	11.326	11.165	107.07	0.986	0.106	0.104	4.889	3.512	3.462	1.377	0.05	0.708	394.41	40.01	26.73
Día 11	3.476	3.406	32.333	0.98	0.108	0.105	1.476	1.078	1.056	0.398	0.022	0.715	122.74	28.07	23.17
Día 12	6.365	6.271	57.052	0.985	0.112	0.11	2.605	1.974	1.944	0.631	0.03	0.746	219.84	31.55	24.05
Día 13	3.117	3.037	26.857	0.974	0.116	0.113	1.226	0.967	0.942	0.259	0.025	0.768	104.33	26.61	22.63
Día 14	3.776	3.712	34.019	0.983	0.111	0.109	1.553	1.171	1.151	0.382	0.02	0.741	130.49	27.75	23.14
Día 15	8.005	7.881	73.663	0.985	0.109	0.107	3.364	2.482	2.444	0.882	0.038	0.722	277.51	35.18	25.35
Día 16	11.092	10.931	102.722	0.985	0.108	0.106	4.691	3.439	3.389	1.252	0.05	0.727	384.47	38.95	26.16
Día 17	4.197	4.122	38.515	0.982	0.109	0.107	1.759	1.301	1.278	0.458	0.023	0.727	146.91	29.94	24.14
Día 18	2.461	2.363	20.36	0.96	0.121	0.116	0.93	0.763	0.733	0.167	0.03	0.788	76.02	24.63	22.24
Día 19	4.457	4.38	38.3	0.983	0.116	0.114	1.749	1.382	1.358	0.367	0.024	0.776	152.07	28.81	23.88
Día 20	5.438	5.369	46.807	0.987	0.116	0.115	2.137	1.686	1.665	0.451	0.021	0.779	197.07	30.82	24.15
Día 21	3.398	3.321	29.139	0.977	0.117	0.114	1.331	1.054	1.03	0.277	0.024	0.774	112.52	27.43	23.14
Día 22	5.208	5.12	44.736	0.983	0.116	0.114	2.043	1.615	1.588	0.428	0.027	0.777	170.17	30.5	24.16
Día 24	3.675	3.632	30.854	0.988	0.119	0.118	1.409	1.14	1.126	0.269	0.014	0.799	226.83	33.51	25.15
Día 25	6.646	6.552	56.015	0.986	0.119	0.117	2.558	2.061	2.032	0.497	0.029	0.794	239.24	33.85	25.06
Día 26	1.804	1.784	16.614	0.989	0.109	0.107	0.759	0.559	0.553	0.2	0.006	0.729	203.76	33.43	25.82
Día 28	9.926	9.841	93.46	0.991	0.106	0.105	4.268	3.078	3.051	1.19	0.027	0.715	433.36	42.62	28.79
Día 29	13.523	13.346	113.928	0.987	0.119	0.117	5.202	4.193	4.138	1.009	0.055	0.795	437.47	41.65	27.93
Día 30	7.295	7.186	62.048	0.985	0.118	0.116	2.833	2.262	2.228	0.571	0.034	0.786	232.55	33.21	25.03
Día 31	5.911	5.815	48.956	0.984	0.121	0.119	2.235	1.833	1.803	0.402	0.03	0.807	187.26	30.82	24.03
Total	180.076	177.249	1603.28	0.984	0.112	0.111	2.52	1.93	1.9	0.59	0.03	0.754	226.84	32.19	24.4

Ene-16	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	5.558	5.502	48.781	0.99	0.114	0.113	2.227	1.723	1.706	0.504	0.017	0.766	222.12	32.35	24.82
Día 2	13.072	12.893	113.393	0.986	0.115	0.114	5.178	4.053	3.998	1.125	0.055	0.772	464.05	43.59	28.28
Día 3	13.179	13.006	114.582	0.987	0.115	0.114	5.232	4.087	4.033	1.145	0.054	0.771	472.63	43.73	28.2
Día 4	11.932	11.766	101.901	0.986	0.117	0.115	4.653	3.7	3.648	0.953	0.052	0.784	377.4	39.7	27.35
Día 5	12.833	12.65	110.194	0.986	0.116	0.115	5.032	3.979	3.922	1.053	0.057	0.779	410.05	40.34	28.1
Día 6	12.927	12.74	110.696	0.986	0.117	0.115	5.055	4.008	3.95	1.047	0.058	0.781	412.2	39.93	27.78
Día 7	3.347	3.301	28.879	0.986	0.116	0.114	1.319	1.038	1.024	0.281	0.014	0.776	108.42	28.38	25.01
Día 8	4.368	4.315	36.084	0.988	0.121	0.12	1.648	1.354	1.338	0.294	0.016	0.812	187.21	32.25	25.77
Día 9	8.014	7.912	68.129	0.987	0.118	0.116	3.111	2.485	2.453	0.626	0.032	0.788	291.78	36.79	27
Día 10	10.078	9.933	84.96	0.986	0.119	0.117	3.879	3.125	3.08	0.754	0.045	0.794	319.52	37.59	27.35
Día 11	9.238	9.095	76.757	0.985	0.12	0.118	3.505	2.864	2.82	0.641	0.044	0.805	287.88	37.02	27.25
Día 12	12.714	12.526	106.434	0.985	0.119	0.118	4.86	3.942	3.884	0.918	0.058	0.799	392.73	40.14	28.18
Día 13	9.739	9.606	82.396	0.986	0.118	0.117	3.762	3.02	2.979	0.742	0.041	0.792	313.1	37.81	27.8
Día 14	3.083	3.028	25.535	0.982	0.121	0.119	1.166	0.956	0.939	0.21	0.017	0.805	99.41	28.22	24.71
Día 15	9.518	9.389	78.53	0.986	0.121	0.12	3.586	2.951	2.911	0.635	0.04	0.812	295.13	35.5	26.93
Día 16	13.159	12.962	111.459	0.985	0.118	0.116	5.089	4.08	4.019	1.009	0.061	0.79	407.7	41.48	28.62
Día 17	11.682	11.501	97.944	0.985	0.119	0.117	4.472	3.622	3.566	0.85	0.056	0.797	363.73	40.22	28.73
Día 18	13.929	13.726	118.2	0.985	0.118	0.116	5.397	4.319	4.256	1.078	0.063	0.789	431.06	42.06	29.21
Día 19	8.007	7.903	66.964	0.987	0.12	0.118	3.058	2.483	2.451	0.575	0.032	0.802	261.25	35.51	27
Día 20	8.7	8.585	74.69	0.987	0.116	0.115	3.411	2.698	2.662	0.713	0.036	0.78	289.13	37.69	28.11
Día 21	6.234	6.154	51.23	0.987	0.122	0.12	2.339	1.933	1.908	0.406	0.025	0.816	199.23	34.21	27.45
Día 22	8.699	8.583	71.934	0.987	0.121	0.119	3.285	2.697	2.661	0.588	0.036	0.81	292.74	37.9	27.92
Día 23	8.034	7.928	69.653	0.987	0.115	0.114	3.181	2.491	2.458	0.69	0.033	0.773	277.47	36.48	27.48
Día 24	4.343	4.283	36.65	0.986	0.118	0.117	1.674	1.347	1.328	0.327	0.019	0.793	160.28	32.33	26.37
Día 25	7.433	7.353	65.12	0.989	0.114	0.113	2.974	2.305	2.28	0.669	0.025	0.767	269.2	38.43	28.83
Día 26	11.885	11.71	103.429	0.985	0.115	0.113	4.723	3.685	3.631	1.038	0.054	0.769	388.17	42.12	29.77
Día 27	12.603	12.417	109.783	0.985	0.115	0.113	5.013	3.908	3.85	1.105	0.058	0.768	449.26	44.08	29.7
Día 28	7	6.895	58.755	0.985	0.119	0.117	2.683	2.171	2.138	0.512	0.033	0.797	223.65	36.31	28.43
Día 29	11.191	11.021	97.808	0.985	0.114	0.113	4.466	3.47	3.417	0.996	0.053	0.765	370.12	41.99	30.04
Día 30	10.429	10.275	92.685	0.985	0.113	0.111	4.232	3.234	3.186	0.998	0.048	0.753	354.28	40.72	28.95
Día 31	11.909	11.734	105.849	0.985	0.113	0.111	4.833	3.693	3.638	1.14	0.055	0.753	400	42.4	30.45
Total	294.837	290.692	2519.4	0.986	0.117	0.115	3.71	2.95	2.91	0.76	0.04	0.784	315.84	37.98	27.79

Feb-16	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	9.905	9.77	87.352	0.986	0.113	0.112	3.989	3.071	3.029	0.918	0.042	0.759	370.63	40.62	29.07
Día 2	9.242	9.109	81.413	0.986	0.114	0.112	3.717	2.866	2.824	0.851	0.042	0.76	316.61	39.19	28.91
Día 3	11.067	10.909	100.734	0.986	0.11	0.108	4.6	3.432	3.383	1.168	0.049	0.735	376.51	41.33	29.56
Día 4	12.302	12.134	110.893	0.986	0.111	0.109	5.064	3.815	3.762	1.249	0.053	0.743	443.21	43.72	30.27
Día 5	11.087	10.915	101.139	0.984	0.11	0.108	4.618	3.438	3.384	1.18	0.054	0.733	381.8	42.82	30.47
Día 6	11.608	11.441	105.449	0.986	0.11	0.108	4.815	3.599	3.548	1.216	0.051	0.737	415.25	42.56	29.77
Día 7	12.088	11.916	108.978	0.986	0.111	0.109	4.976	3.748	3.695	1.228	0.053	0.743	437.79	44.16	29.77
Día 8	4.271	4.208	38.326	0.985	0.111	0.11	1.75	1.324	1.305	0.426	0.019	0.746	156.26	32.8	26.99
Día 9	8.731	8.606	81.061	0.986	0.108	0.106	3.701	2.707	2.669	0.994	0.038	0.721	399.09	43.21	29.59
Día 10	11.438	11.26	96.239	0.984	0.119	0.117	4.394	3.547	3.491	0.847	0.056	0.794	379.1	41.89	29.41
Día 11	9.394	9.257	77.82	0.985	0.121	0.119	3.553	2.913	2.87	0.64	0.043	0.808	307.1	38.06	28.49
Día 12	9.847	9.707	84.991	0.986	0.116	0.114	3.881	3.053	3.01	0.828	0.043	0.776	326.01	40.31	29.5
Día 13	13.445	13.246	118.04	0.985	0.114	0.112	5.39	4.169	4.107	1.221	0.062	0.762	470.58	45.36	30.73
Día 14	13.88	13.684	122.121	0.986	0.114	0.112	5.576	4.304	4.243	1.272	0.061	0.761	500.33	45.61	30.62
Día 15	9.19	9.062	81.586	0.986	0.113	0.111	3.725	2.85	2.81	0.875	0.04	0.754	272.51	36.37	28.01
Día 16	12.151	11.971	104.314	0.985	0.116	0.115	4.763	3.768	3.712	0.995	0.056	0.779	426.41	43.4	29.44
Día 17	13.662	13.453	120.733	0.985	0.113	0.111	5.513	4.236	4.171	1.277	0.065	0.757	479.4	45.81	30.88
Día 18	13.244	13.042	119.413	0.985	0.111	0.109	5.453	4.107	4.044	1.346	0.063	0.742	488.5	45.86	31.19
Día 19	11.235	11.056	102.223	0.984	0.11	0.108	4.668	3.484	3.428	1.184	0.056	0.734	421.8	43.03	29.72
Día 20	12.122	11.939	109.209	0.985	0.111	0.109	4.987	3.759	3.702	1.228	0.057	0.742	442.62	44.61	30.45
Día 21	11.507	11.338	103.418	0.985	0.111	0.11	4.722	3.568	3.516	1.154	0.052	0.745	441.18	45.05	31.05
Día 22	11.886	11.698	106.559	0.984	0.112	0.11	4.866	3.686	3.627	1.18	0.059	0.745	438.87	45.32	31.45
Día 23	13.313	13.1	118.726	0.984	0.112	0.11	5.421	4.128	4.062	1.293	0.066	0.749	485.68	46.3	31.52
Día 24	12.154	11.975	107.962	0.985	0.113	0.111	4.93	3.769	3.713	1.161	0.056	0.753	451.07	43.76	30.39
Día 25	5.032	4.961	46.79	0.986	0.108	0.106	2.137	1.56	1.538	0.577	0.022	0.72	232.67	38.04	29.68
Día 26	5.183	5.107	44.974	0.985	0.115	0.114	2.054	1.607	1.584	0.447	0.023	0.771	202.25	37.97	30.45
Día 27	12.272	12.077	108.139	0.984	0.113	0.112	4.938	3.805	3.745	1.133	0.06	0.758	451.13	46.55	32.11
Día 28	12.838	12.636	117.137	0.984	0.11	0.108	5.349	3.981	3.918	1.368	0.063	0.732	481.34	47.95	32.55
Día 29	8.283	8.179	74.404	0.987	0.111	0.11	3.397	2.568	2.536	0.829	0.032	0.747	318.03	39.24	29.27
Total	312.377	307.756	2780.14	0.985	0.112	0.111	4.38	3.34	3.29	1.04	0.05	0.751	390.13	42.44	30.05

Mar-16	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	9.152	9.014	79.461	0.985	0.115	0.113	3.628	2.838	2.795	0.79	0.043	0.77	340.85	41.83	30.09
Día 2	11.661	11.487	105.427	0.985	0.111	0.109	4.814	3.616	3.562	1.198	0.054	0.74	440.15	45.93	31.21
Día 3	9.767	9.66	85.218	0.989	0.115	0.113	3.891	3.029	2.995	0.862	0.034	0.77	370.02	43.57	30.37
Día 4	11.463	11.277	100.978	0.984	0.114	0.112	4.611	3.554	3.497	1.057	0.057	0.758	442.33	46.98	31.67
Día 5	11.454	11.278	102.298	0.985	0.112	0.11	4.671	3.552	3.497	1.119	0.055	0.749	486.61	45.66	31.08
Día 6	12.168	11.991	111.089	0.985	0.11	0.108	5.073	3.773	3.718	1.3	0.055	0.733	489.54	46.22	31.06
Día 7	7.41	7.297	65.475	0.985	0.113	0.111	2.99	2.298	2.263	0.692	0.035	0.757	289.46	40.35	30.57
Día 8	11.453	11.275	105.684	0.984	0.108	0.107	4.826	3.551	3.496	1.275	0.055	0.724	445.3	46.81	31.78
Día 9	12.151	11.971	111.609	0.985	0.109	0.107	5.096	3.768	3.712	1.328	0.056	0.728	486.37	47.84	30.88
Día 10	7.236	7.141	68.626	0.987	0.105	0.104	3.134	2.244	2.214	0.89	0.03	0.706	309.52	40.18	29.47
Día 11	8.52	8.391	76.52	0.985	0.111	0.11	3.494	2.642	2.602	0.852	0.04	0.745	352.36	43.96	30.92
Día 12	10.719	10.56	97.099	0.985	0.11	0.109	4.434	3.324	3.274	1.11	0.05	0.738	419.14	45.58	30.68
Día 13	10.159	10.016	98.399	0.986	0.103	0.102	4.493	3.15	3.106	1.343	0.044	0.691	474.03	48.11	31.39
Día 14	10.58	10.423	102.339	0.985	0.103	0.102	4.673	3.281	3.232	1.392	0.049	0.692	460.25	48.15	31.42
Día 15	10.328	10.184	97.186	0.986	0.106	0.105	4.438	3.202	3.158	1.236	0.044	0.712	443.24	46.11	30.1
Día 16	9.264	9.139	87.848	0.987	0.105	0.104	4.011	2.873	2.834	1.138	0.039	0.707	410.93	43.22	28.89
Día 17	10.417	10.272	103.027	0.986	0.101	0.1	4.704	3.23	3.185	1.474	0.045	0.677	475.83	46.59	29.92
Día 18	10.026	9.883	100.912	0.986	0.099	0.098	4.608	3.109	3.064	1.499	0.045	0.665	460.06	45.8	29.86
Día 19	9.863	9.722	99.519	0.986	0.099	0.098	4.544	3.058	3.015	1.486	0.043	0.664	472.37	46.89	30.14
Día 20	10.383	10.234	106.542	0.986	0.097	0.096	4.865	3.22	3.173	1.645	0.047	0.652	468.94	47.4	30.87
Día 21	7.808	7.692	81.829	0.985	0.095	0.094	3.736	2.421	2.385	1.315	0.036	0.638	411.2	45.45	30.7
Día 22	9.842	9.696	104.277	0.985	0.094	0.093	4.762	3.052	3.007	1.71	0.045	0.631	448.87	47.15	31.36
Día 23	9.443	9.305	94.032	0.985	0.1	0.099	4.294	2.928	2.885	1.366	0.043	0.672	426.73	45.41	29.85
Día 24	9.612	9.477	103.685	0.986	0.093	0.091	4.734	2.98	2.939	1.754	0.041	0.621	464.42	47.1	30.71
Día 25	9.764	9.625	106.517	0.986	0.092	0.09	4.864	3.028	2.984	1.836	0.044	0.613	486.22	48.11	30.1
Día 26	8.913	8.775	94.002	0.985	0.095	0.093	4.292	2.764	2.721	1.528	0.043	0.634	409.15	45.23	31.08
Día 27	9.992	9.85	107.225	0.986	0.093	0.092	4.896	3.098	3.054	1.798	0.044	0.624	465.59	46.26	30.6
Día 28	9.571	9.425	102.816	0.985	0.093	0.092	4.695	2.968	2.922	1.727	0.046	0.622	457.69	47.88	31.17
Día 29	8.902	8.756	94.953	0.984	0.094	0.092	4.336	2.76	2.715	1.576	0.045	0.626	430.19	47.29	31.49
Día 30	9.281	9.135	100.805	0.984	0.092	0.091	4.603	2.878	2.833	1.725	0.045	0.615	440.85	47.53	31.84
Día 31	11.451	11.279	103.565	0.985	0.111	0.109	4.729	3.551	3.497	1.178	0.054	0.739	476.51	47.67	31.66
Total	308.753	304.23	2998.96	0.985	0.103	0.101	4.42	3.09	3.04	1.33	0.05	0.688	434.02	45.88	30.74

Abr-16	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	9.152	9.015	95.851	0.985	0.095	0.094	4.377	2.838	2.795	1.539	0.043	0.639	426.85	46.8	30.75
Día 2	9.073	8.943	93.651	0.986	0.097	0.095	4.276	2.813	2.773	1.463	0.04	0.649	414.03	44.83	29.02
Día 3	5.874	5.773	60.065	0.983	0.098	0.096	2.743	1.821	1.79	0.922	0.031	0.653	268.15	40.99	29.48
Día 4	9.596	9.457	99.698	0.986	0.096	0.095	4.552	2.976	2.932	1.576	0.044	0.644	450.95	48.32	30.94
Día 5	9.116	8.986	97.869	0.986	0.093	0.092	4.469	2.827	2.786	1.642	0.041	0.623	444.71	47.9	30.77
Día 6	9.513	9.381	103.303	0.986	0.092	0.091	4.717	2.95	2.909	1.767	0.041	0.617	469.01	46.45	29.58
Día 7	5.459	5.378	61.943	0.985	0.088	0.087	2.828	1.693	1.668	1.135	0.025	0.59	365.98	41.64	27.89
Día 8	7.118	7.031	77.427	0.988	0.092	0.091	3.535	2.207	2.18	1.328	0.027	0.617	442.9	45.21	28.42
Día 9	6.831	6.735	74.709	0.986	0.091	0.09	3.411	2.118	2.088	1.293	0.03	0.612	428.02	45.02	28.62
Día 10	5.811	5.738	64.066	0.987	0.091	0.09	2.925	1.802	1.779	1.123	0.023	0.608	401.93	44.1	28.32
Día 11	8.551	8.435	88.951	0.986	0.096	0.095	4.062	2.651	2.616	1.411	0.035	0.644	411.7	43.55	28.22
Día 12	5.183	5.106	56.252	0.985	0.092	0.091	2.569	1.607	1.583	0.962	0.024	0.616	300.02	39.44	28.23
Día 13	7.855	7.749	86.858	0.987	0.09	0.089	3.966	2.436	2.403	1.53	0.033	0.606	408.92	45.36	29.58
Día 14	12.775	12.591	118.731	0.986	0.108	0.106	5.422	3.961	3.904	1.461	0.057	0.72	541.51	47.12	30.25
Día 15	14.56	14.318	119.204	0.983	0.122	0.12	5.443	4.515	4.44	0.928	0.075	0.816	474.35	42.21	27.33
Día 16	14.626	14.414	120.01	0.986	0.122	0.12	5.48	4.535	4.469	0.945	0.066	0.816	471.39	42.07	27.55
Día 17	14.608	14.505	120.872	0.993	0.121	0.12	5.519	4.53	4.498	0.989	0.032	0.815	476.14	42.65	27.5
Día 18	13.859	13.647	113.105	0.985	0.123	0.121	5.165	4.297	4.232	0.868	0.065	0.819	448.77	40.37	26.93
Día 19	9.519	9.389	76.96	0.986	0.124	0.122	3.514	2.952	2.911	0.562	0.041	0.828	309.28	36.34	26
Día 20	12.574	12.401	101.985	0.986	0.123	0.122	4.657	3.899	3.845	0.758	0.054	0.826	403.05	38.84	25.68
Día 21	12.443	12.25	100.906	0.984	0.123	0.121	4.608	3.858	3.798	0.75	0.06	0.824	412.77	37.78	24.88
Día 22	10.088	9.927	81.994	0.984	0.123	0.121	3.744	3.128	3.078	0.616	0.05	0.822	332.68	35.21	24.16
Día 23	11.381	11.212	92.085	0.985	0.124	0.122	4.205	3.529	3.477	0.676	0.052	0.827	375.99	36.25	24.06
Día 24	12.933	12.748	106.114	0.986	0.122	0.12	4.845	4.01	3.953	0.835	0.057	0.816	425.97	39.61	25.39
Día 25	12.895	12.701	105.144	0.985	0.123	0.121	4.801	3.998	3.938	0.803	0.06	0.82	428.99	41.37	27.22
Día 26	13.872	13.674	114.719	0.986	0.121	0.119	5.238	4.301	4.24	0.937	0.061	0.809	458.33	41.53	27.1
Día 27	12.711	12.524	104.329	0.985	0.122	0.12	4.764	3.941	3.883	0.823	0.058	0.815	417.43	39.98	25.79
Día 28	13.545	13.358	111.595	0.986	0.121	0.12	5.096	4.2	4.142	0.896	0.058	0.813	455.31	41.14	26.15
Día 29	13.077	12.86	107.441	0.983	0.122	0.12	4.906	4.055	3.988	0.851	0.067	0.813	433.04	41.29	27.59
Día 30	2.364	2.275	18.178	0.962	0.13	0.125	0.83	0.733	0.705	0.097	0.028	0.849	75.97	24.73	22.04
Total	306.962	302.521	2774.02	0.986	0.111	0.109	4.22	3.17	3.13	1.05	0.04	0.742	405.8	41.6	27.51

May-16	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	13.828	13.621	114.503	0.985	0.121	0.119	5.228	4.288	4.224	0.94	0.064	0.808	459.64	41.16	27.58
Día 2	13.391	13.192	110.701	0.985	0.121	0.119	5.055	4.152	4.091	0.903	0.061	0.809	444.71	42.01	27.42
Día 3	12.72	12.531	104.733	0.985	0.121	0.12	4.782	3.944	3.886	0.838	0.058	0.813	421.82	41.08	26.36
Día 4	12.809	12.625	106.074	0.986	0.121	0.119	4.844	3.972	3.915	0.872	0.057	0.808	426.9	41.52	26.94
Día 5	13.186	12.989	109.812	0.985	0.12	0.118	5.014	4.089	4.028	0.925	0.061	0.803	442.43	41.59	27.3
Día 6	12.617	12.439	104.637	0.986	0.121	0.119	4.778	3.912	3.857	0.866	0.055	0.807	420.35	40.01	26.17
Día 7	10.941	10.793	89.976	0.986	0.122	0.12	4.108	3.393	3.347	0.715	0.046	0.815	365.88	37.72	25.37
Día 8	12.365	12.192	104.368	0.986	0.118	0.117	4.766	3.834	3.78	0.932	0.054	0.793	426.14	41.01	26.26
Día 9	11.011	10.841	92.878	0.985	0.119	0.117	4.241	3.414	3.362	0.827	0.052	0.793	377.4	39.18	26.04
Día 10	12.402	12.221	104.975	0.985	0.118	0.116	4.793	3.846	3.789	0.947	0.057	0.791	427.82	40.32	26.51
Día 11	12.216	12.033	103.916	0.985	0.118	0.116	4.745	3.788	3.731	0.957	0.057	0.786	421.31	40.75	27.36
Día 12	11.721	11.549	99.782	0.985	0.117	0.116	4.556	3.634	3.581	0.922	0.053	0.786	405	39.78	25.69
Día 13	10.315	10.16	87.442	0.985	0.118	0.116	3.993	3.198	3.15	0.795	0.048	0.789	359.71	37.61	24.57
Día 14	2.315	2.22	17.995	0.959	0.129	0.123	0.822	0.718	0.688	0.104	0.03	0.837	75.13	24.69	21.7
Día 15	5.804	5.71	47.821	0.984	0.121	0.119	2.184	1.8	1.771	0.384	0.029	0.811	196.58	30.51	22.86
Día 16	6.23	6.131	50.778	0.984	0.123	0.121	2.319	1.932	1.901	0.387	0.031	0.82	206.41	30.75	22.59
Día 17	9.269	9.153	77.77	0.987	0.119	0.118	3.551	2.874	2.838	0.677	0.036	0.799	322.34	36.06	24.03
Día 18	7.008	6.886	58.827	0.983	0.119	0.117	2.686	2.173	2.135	0.513	0.038	0.795	253.61	32.63	22.91
Día 19	7.393	7.298	61.592	0.987	0.12	0.118	2.812	2.292	2.263	0.52	0.029	0.805	302.29	35.11	23.35
Día 20	3.265	3.216	26.888	0.985	0.121	0.12	1.228	1.012	0.997	0.216	0.015	0.812	147.72	29.07	22.18
Día 21	4.218	4.15	34.711	0.984	0.122	0.12	1.585	1.308	1.287	0.277	0.021	0.812	163.55	29.39	21.92
Día 22	4.286	4.23	36.145	0.987	0.119	0.117	1.65	1.329	1.312	0.321	0.017	0.795	265.87	33.36	22.89
Día 23	6.532	6.439	54.64	0.986	0.12	0.118	2.495	2.025	1.997	0.47	0.028	0.8	253.83	33.13	22.65
Día 24	9.344	9.222	78.448	0.987	0.119	0.118	3.582	2.897	2.86	0.685	0.037	0.798	339.13	37.62	24.21
Día 25	9.528	9.404	80.738	0.987	0.118	0.116	3.687	2.954	2.916	0.733	0.038	0.791	364.28	39.58	24.71
Día 26	3.741	3.667	30.074	0.98	0.124	0.122	1.373	1.16	1.137	0.213	0.023	0.828	138.82	27.99	21.3
Día 27	6.046	5.955	50.702	0.985	0.119	0.117	2.315	1.875	1.847	0.44	0.028	0.798	277.13	34.85	22.92
Día 28	5.797	5.69	48.074	0.982	0.121	0.118	2.195	1.798	1.764	0.397	0.034	0.804	229.66	32.56	22.4
Día 29	9.195	9.078	77.332	0.987	0.119	0.117	3.531	2.851	2.815	0.68	0.036	0.797	348.62	37.95	23.44
Día 30	5.784	5.695	49.547	0.985	0.117	0.115	2.262	1.793	1.766	0.469	0.027	0.781	260.68	34.07	22.66
Día 31	4.28	4.22	36.644	0.986	0.117	0.115	1.673	1.327	1.309	0.346	0.018	0.782	192.8	29.76	21.43
Total	269.557	265.55	2252.52	0.985	0.12	0.118	3.32	2.7	2.66	0.62	0.04	0.801	314.11	35.9	24.31

Jun-16	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	1.54	1.481	13.252	0.962	0.116	0.112	0.605	0.478	0.459	0.127	0.019	0.759	97.89	24.19	19.81
Día 2	7.437	7.329	64.531	0.985	0.115	0.114	2.947	2.306	2.273	0.641	0.033	0.771	304.7	35.99	22.7
Día 3	4.945	4.874	40.841	0.986	0.121	0.119	1.865	1.533	1.511	0.332	0.022	0.81	242.21	30.93	21.16
Día 4	4.502	4.399	36.433	0.977	0.124	0.121	1.664	1.396	1.364	0.268	0.032	0.82	156.94	27.74	20.34
Día 5	6.839	6.747	56.216	0.987	0.122	0.12	2.567	2.121	2.092	0.446	0.029	0.815	251.15	32.82	21.67
Día 6	6.153	6.031	50.55	0.98	0.122	0.119	2.308	1.908	1.87	0.4	0.038	0.81	215.05	30.38	21.06
Día 7	4.777	4.702	39.277	0.984	0.122	0.12	1.793	1.481	1.458	0.312	0.023	0.813	204.3	30.48	21.17
Día 8	5.545	5.452	46.225	0.983	0.12	0.118	2.111	1.719	1.691	0.392	0.028	0.801	204.03	29.86	21.04
Día 9	3.59	3.511	29.168	0.978	0.123	0.12	1.332	1.113	1.089	0.219	0.024	0.818	139.41	26.01	19.94
Día 10	3.304	3.227	27.459	0.977	0.12	0.118	1.254	1.024	1.001	0.23	0.023	0.798	127.35	26.84	20.42
Día 11	4.168	4.111	35.02	0.986	0.119	0.117	1.599	1.292	1.275	0.307	0.017	0.797	226.04	32.38	21.76
Día 12	4.859	4.786	41.552	0.985	0.117	0.115	1.897	1.507	1.484	0.39	0.023	0.782	250.49	34.37	22.87
Día 13	8.688	8.59	74.964	0.989	0.116	0.115	3.423	2.694	2.664	0.729	0.03	0.778	362.9	37.81	23
Día 14	7.972	7.855	68.785	0.985	0.116	0.114	3.141	2.472	2.436	0.669	0.036	0.776	320.23	36.79	22.75
Día 15	2.122	2.049	17.742	0.966	0.12	0.115	0.81	0.658	0.635	0.152	0.023	0.784	93.9	25.6	20.61
Día 16	4.516	4.424	37.519	0.98	0.12	0.118	1.713	1.4	1.372	0.313	0.028	0.801	166.2	28.74	20.8
Día 17	1.965	1.877	16.156	0.955	0.122	0.116	0.738	0.609	0.582	0.129	0.027	0.789	78.66	24.12	20.14
Día 18	1.731	1.639	14.415	0.947	0.12	0.114	0.658	0.537	0.508	0.121	0.029	0.772	67.68	23.94	20.15
Día 19	3.41	3.315	28.364	0.972	0.12	0.117	1.295	1.057	1.028	0.238	0.029	0.794	121.85	27.03	20.78
Día 20	1.607	1.508	12.528	0.938	0.128	0.12	0.572	0.498	0.468	0.074	0.03	0.818	62.55	21.59	18.93
Día 21	1.048	0.956	8.071	0.912	0.13	0.118	0.369	0.325	0.296	0.044	0.029	0.802	49.31	21.19	18.56
Día 22	1.04	0.956	7.923	0.919	0.131	0.121	0.362	0.322	0.296	0.04	0.026	0.818	51.67	21.36	18.65
Día 24	4.965	4.866	36.084	0.98	0.138	0.135	1.648	1.54	1.509	0.108	0.031	0.916	171.72	26.15	20.72
Día 25	6.754	6.695	49.682	0.991	0.136	0.135	2.269	2.094	2.076	0.175	0.018	0.915	244.29	30.18	21.03
Día 26	3.865	3.771	28.42	0.976	0.136	0.133	1.298	1.198	1.169	0.1	0.029	0.901	139.67	25.67	19.88
Día 27	2.763	2.659	20.399	0.962	0.135	0.13	0.931	0.857	0.824	0.074	0.033	0.885	107.76	23.77	19.5
Día 28	2.51	2.426	18.256	0.967	0.137	0.133	0.834	0.778	0.752	0.056	0.026	0.902	115.2	23.79	19.29
Día 29	1.352	1.274	9.69	0.942	0.14	0.131	0.442	0.419	0.395	0.023	0.024	0.894	76.54	22.09	18.8
Total	113.967	111.51	929.522	0.978	0.123	0.12	1.52	1.26	1.23	0.26	0.03	0.809	166.06	27.92	20.63

Ago-16	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 13	3.603	3.521	37.618	0.977	0.096	0.094	1.718	1.117	1.092	0.601	0.025	0.636	174.31	27.44	19.7
Día 14	3.025	2.944	31.471	0.973	0.096	0.094	1.437	0.938	0.913	0.499	0.025	0.635	145.53	26.48	19.51
Día 15	1.779	1.654	17.834	0.93	0.1	0.093	0.814	0.552	0.513	0.262	0.039	0.63	77.93	21.7	18.17
Día 16	1.592	1.457	16.043	0.915	0.099	0.091	0.733	0.494	0.452	0.239	0.042	0.617	68.7	21.14	18.06
Día 17	4.466	4.377	48.498	0.98	0.092	0.09	2.215	1.385	1.357	0.83	0.028	0.613	207.61	28.36	19.68
Día 18	4.653	4.555	50.908	0.979	0.091	0.089	2.325	1.443	1.412	0.882	0.031	0.607	217.17	29.55	19.83
Día 19	1.088	0.954	11.017	0.877	0.099	0.087	0.503	0.337	0.296	0.166	0.041	0.588	47.59	20	17.7
Día 20	1.046	0.945	10.611	0.903	0.099	0.089	0.485	0.324	0.293	0.161	0.031	0.604	63.22	21.4	17.96
Día 21	5.153	5.114	57.259	0.992	0.09	0.089	2.615	1.598	1.586	1.017	0.012	0.607	204.73	28.47	19.55
Día 22	5.489	5.395	59.451	0.983	0.092	0.091	2.715	1.702	1.673	1.013	0.029	0.616	253.12	32.51	20.91
Día 23	2.093	2.005	22.295	0.958	0.094	0.09	1.018	0.649	0.622	0.369	0.027	0.611	110.78	25.18	19.39
Día 24	1.831	1.721	19.356	0.94	0.095	0.089	0.884	0.568	0.534	0.316	0.034	0.604	88.42	24.14	19.45
Día 25	3.704	3.632	41.208	0.981	0.09	0.088	1.882	1.149	1.126	0.733	0.023	0.598	195.34	29.75	20.54
Día 26	1.377	1.275	14.982	0.926	0.092	0.085	0.684	0.427	0.395	0.257	0.032	0.577	80.86	23.36	18.95
Día 27	1.358	1.262	14.662	0.929	0.093	0.086	0.669	0.421	0.391	0.248	0.03	0.584	80.2	22.76	18.51
Día 28	3.601	3.56	44.673	0.989	0.081	0.08	2.04	1.117	1.104	0.923	0.013	0.541	304.31	36.95	23.16
Día 29	2.49	2.413	28.293	0.969	0.088	0.085	1.292	0.772	0.748	0.52	0.024	0.579	148.65	26.68	19.76
Total	48.348	46.784	526.179	0.968	0.092	0.089	1.41	0.88	0.85	0.53	0.03	0.603	145.2	26.23	19.46

Nov-16	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	4.837	4.741	58.866	0.98	0.082	0.081	2.688	1.5	1.47	1.188	0.03	0.547	231.22	32.32	22.38
Día 2	3.524	3.471	42.287	0.985	0.083	0.082	1.931	1.093	1.076	0.838	0.017	0.557	193.83	30.7	22
Día 3	6.238	6.173	74.798	0.99	0.083	0.083	3.415	1.934	1.914	1.481	0.02	0.56	335.55	37.19	23.06
Día 4	6.699	6.606	79.317	0.986	0.084	0.083	3.622	2.077	2.048	1.545	0.029	0.565	299.01	35.09	22.66
Día 5	4.626	4.541	54.558	0.982	0.085	0.083	2.491	1.434	1.408	1.057	0.026	0.565	208.11	30.35	21.58
Día 6	1.731	1.636	20.023	0.945	0.086	0.082	0.914	0.537	0.507	0.377	0.03	0.555	76.56	24.01	20.1
Día 7	7.116	7.02	85.011	0.987	0.084	0.083	3.882	2.207	2.177	1.675	0.03	0.561	320.59	36.04	23.79
Día 8	7.005	6.928	84.963	0.989	0.082	0.082	3.88	2.172	2.148	1.708	0.024	0.554	321.29	37.61	24.2
Día 9	6.602	6.515	80.758	0.987	0.082	0.081	3.688	2.047	2.02	1.641	0.027	0.548	306.55	37.22	23.73
Día 10	6.195	6.115	76.031	0.987	0.081	0.08	3.472	1.921	1.896	1.551	0.025	0.546	300.58	35.99	23.69
Día 11	3.96	3.877	49.971	0.979	0.079	0.078	2.282	1.228	1.202	1.054	0.026	0.527	195.37	31.18	22.88
Día 12	6.026	5.962	76.312	0.989	0.079	0.078	3.485	1.869	1.849	1.616	0.02	0.531	353.92	39.74	25.27
Día 13	3.642	3.595	47.88	0.987	0.076	0.075	2.186	1.129	1.115	1.057	0.014	0.51	224.73	33.37	24.11
Día 14	5.01	4.959	63.99	0.99	0.078	0.077	2.922	1.553	1.538	1.369	0.015	0.526	327.87	39.35	25.37
Día 15	2.095	2.04	26.559	0.974	0.079	0.077	1.213	0.65	0.633	0.563	0.017	0.522	102.23	27.1	22.38
Día 16	5.465	5.39	68.646	0.986	0.08	0.079	3.135	1.695	1.671	1.44	0.024	0.533	265.73	34.42	23.77
Día 17	6.612	6.532	83.082	0.988	0.08	0.079	3.794	2.05	2.025	1.744	0.025	0.534	319.92	37.6	24.6
Día 18	6.68	6.611	85.447	0.99	0.078	0.077	3.902	2.071	2.05	1.831	0.021	0.525	324.69	37.83	24.29
Día 19	6.175	6.094	78.64	0.987	0.079	0.077	3.591	1.915	1.89	1.676	0.025	0.526	299.87	36.52	24.07
Día 20	6.224	6.145	80.349	0.987	0.077	0.076	3.669	1.93	1.905	1.739	0.025	0.519	306.38	37.2	24.46
Día 21	6.064	5.988	78.656	0.987	0.077	0.076	3.592	1.88	1.857	1.712	0.023	0.517	305.24	37.71	25.26
Día 22	6.197	6.128	81.721	0.989	0.076	0.075	3.732	1.922	1.9	1.81	0.022	0.509	323.08	38.95	25.15
Día 23	6.285	6.205	84.523	0.987	0.074	0.073	3.859	1.949	1.924	1.91	0.025	0.499	325.81	38.9	25.41
Día 24	4.187	4.143	97.101	0.989	0.043	0.043	4.434	1.298	1.285	3.136	0.013	0.29	374.69	37.63	24.6
Día 25	5.92	5.838	126.924	0.986	0.047	0.046	5.796	1.836	1.81	3.96	0.026	0.312	474.41	37.13	25.05
Día 26	5.613	5.537	121.371	0.986	0.046	0.046	5.542	1.74	1.717	3.802	0.023	0.31	473.17	38.78	25.74
Día 27	4.569	4.502	100.788	0.985	0.045	0.045	4.602	1.417	1.396	3.185	0.021	0.303	399.33	33.99	23.87
Día 28	5.338	5.257	119.752	0.985	0.045	0.044	5.468	1.655	1.63	3.813	0.025	0.298	470.71	38.08	24.94
Día 29	5.148	5.081	117.056	0.987	0.044	0.043	5.345	1.596	1.576	3.749	0.02	0.295	456.51	37.38	24.48
Día 30	4.672	4.602	108.999	0.985	0.043	0.042	4.977	1.449	1.427	3.528	0.022	0.287	438.2	37.88	25.1
Total	160.455	158.232	2354.38	0.986	0.068	0.067	3.58	1.66	1.64	1.92	0.02	0.458	311.84	35.58	23.93

Dic-16	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	2.481	2.44	59.207	0.983	0.042	0.041	2.704	0.769	0.757	1.935	0.012	0.28	304.08	34.22	24.15
Día 2	2.499	2.449	60.678	0.98	0.041	0.04	2.771	0.775	0.759	1.996	0.016	0.274	293.73	34.12	24.38
Día 3	4.052	3.976	97.048	0.981	0.042	0.041	4.431	1.256	1.233	3.175	0.023	0.278	390.44	39.41	26.43
Día 4	3.848	3.786	93.988	0.984	0.041	0.04	4.292	1.193	1.174	3.099	0.019	0.274	388.11	39.28	26.08
Día 5	4.137	4.091	100.929	0.989	0.041	0.041	4.609	1.283	1.269	3.326	0.014	0.275	415.68	39.1	25.62
Día 6	2.308	2.275	56.588	0.986	0.041	0.04	2.584	0.716	0.705	1.868	0.011	0.273	294.78	35.29	24.93
Día 7	3.895	3.809	94.195	0.978	0.041	0.04	4.301	1.208	1.181	3.093	0.027	0.275	364.12	38.09	25.26
Día 8	3.447	3.381	84.522	0.981	0.041	0.04	3.859	1.069	1.048	2.79	0.021	0.272	421.08	40.81	25.92
Día 9	3.81	3.754	92.692	0.985	0.041	0.04	4.233	1.181	1.164	3.052	0.017	0.275	443.83	42.16	26.96
Día 10	3.513	3.467	85.659	0.987	0.041	0.04	3.911	1.089	1.075	2.822	0.014	0.275	449.22	42.83	26.81
Día 11	3.078	3.039	74.186	0.987	0.041	0.041	3.387	0.954	0.942	2.433	0.012	0.278	465.72	43.92	27.03
Día 12	3.012	2.981	73.242	0.99	0.041	0.041	3.344	0.934	0.924	2.41	0.01	0.276	379.69	38.14	24.84
Día 13	2.482	2.461	61.491	0.992	0.04	0.04	2.808	0.77	0.763	2.038	0.007	0.272	338.86	37.32	25.26
Día 14	3.918	3.857	97.495	0.984	0.04	0.04	4.452	1.215	1.196	3.237	0.019	0.269	399.74	40.09	26.27
Día 15	1.269	1.246	33.417	0.982	0.038	0.037	1.526	0.393	0.386	1.133	0.007	0.253	177.82	30.23	23.76
Día 16	3.681	3.639	92.39	0.989	0.04	0.039	4.219	1.141	1.128	3.078	0.013	0.267	395.14	39.32	26.38
Día 17	3.632	3.551	91.942	0.978	0.04	0.039	4.198	1.126	1.101	3.072	0.025	0.262	368.82	39.21	26.37
Día 18	3.229	3.175	83.308	0.983	0.039	0.038	3.804	1.001	0.984	2.803	0.017	0.259	374.34	40.35	27.07
Día 19	3.555	3.494	93.809	0.983	0.038	0.037	4.284	1.102	1.083	3.182	0.019	0.253	370.74	39.66	26.82
Día 20	3.599	3.544	95.516	0.985	0.038	0.037	4.361	1.116	1.099	3.245	0.017	0.252	448.93	44.24	27.94
Día 21	2.91	2.858	76.958	0.982	0.038	0.037	3.514	0.902	0.886	2.612	0.016	0.252	327.61	37.59	25.69
Día 22	2.009	1.968	54.827	0.98	0.037	0.036	2.504	0.623	0.61	1.881	0.013	0.244	300.49	38.22	26.62
Día 23	3.567	3.5	96.218	0.981	0.037	0.036	4.394	1.106	1.085	3.288	0.021	0.247	406.35	41.41	27.76
Día 24	3.556	3.479	95.611	0.978	0.037	0.036	4.366	1.103	1.079	3.263	0.024	0.247	384.65	40.23	27.18
Día 25	3.545	3.481	94.486	0.982	0.038	0.037	4.314	1.099	1.079	3.215	0.02	0.25	422.15	42.45	28.07
Día 26	3.34	3.272	89.035	0.98	0.038	0.037	4.066	1.036	1.015	3.03	0.021	0.25	347.36	38.09	26.25
Día 27	3.525	3.458	95.356	0.981	0.037	0.036	4.354	1.093	1.072	3.261	0.021	0.246	362.47	40.27	27.75
Día 28	3.16	3.079	86.178	0.974	0.037	0.036	3.935	0.98	0.955	2.955	0.025	0.243	338.99	39.93	27.43
Día 29	3.186	3.113	84.252	0.977	0.038	0.037	3.847	0.988	0.965	2.859	0.023	0.251	330.46	38.5	26.47
Día 30	2.592	2.542	69.703	0.981	0.037	0.036	3.183	0.804	0.788	2.379	0.016	0.248	362.07	41.41	28.03
Día 31	2.754	2.696	73.503	0.979	0.037	0.037	3.356	0.854	0.836	2.502	0.018	0.249	342.52	41.05	28.3
Total	99.589	97.861	2538.43	0.983	0.039	0.039	3.74	1	0.98	2.74	0.02	0.262	368.06	39.26	26.38

Ene-17	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	2.9	2.826	78.489	0.974	0.037	0.036	3.584	0.899	0.876	2.685	0.023	0.244	368.74	42.89	28.93
Día 2	3.258	3.191	87.26	0.979	0.037	0.037	3.984	1.01	0.989	2.974	0.021	0.248	394.88	41.79	27.1
Día 3	2.986	2.923	81.001	0.979	0.037	0.036	3.699	0.926	0.906	2.773	0.02	0.245	386.31	42.39	27.19
Día 4	2.086	2.035	59.246	0.976	0.035	0.034	2.705	0.647	0.631	2.058	0.016	0.233	272.94	37.01	26.34
Día 5	2.43	2.367	66.815	0.974	0.036	0.035	3.051	0.753	0.734	2.298	0.019	0.241	126.94	35.33	29.46
Día 6	3.167	3.083	88.733	0.973	0.036	0.035	4.052	0.982	0.956	3.07	0.026	0.236	398.88	45.9	32.03
Día 7	3.362	3.282	94.082	0.976	0.036	0.035	4.296	1.042	1.018	3.254	0.024	0.237	441.01	46.73	31.21
Día 8	1.753	1.713	51.351	0.977	0.034	0.033	2.345	0.544	0.531	1.801	0.013	0.226	269.05	36.85	26.78
Día 9	2.548	2.477	74.004	0.972	0.034	0.033	3.379	0.79	0.768	2.589	0.022	0.227	340.5	42.71	30.07
Día 10	2.809	2.744	79.941	0.977	0.035	0.034	3.65	0.871	0.851	2.779	0.02	0.233	352.84	42.7	29.67
Día 11	3.201	3.129	92.341	0.978	0.035	0.034	4.216	0.993	0.97	3.223	0.023	0.23	429.02	46.53	30.56
Día 12	6.97	6.866	92.375	0.985	0.075	0.074	4.218	2.161	2.129	2.057	0.032	0.505	599.58	46.79	29.61
Día 19	7.002	6.894	60.467	0.985	0.116	0.114	2.761	2.171	2.138	0.59	0.033	0.774	423.91	43.07	29.85
Día 20	11.486	11.304	98.729	0.984	0.116	0.114	4.508	3.562	3.505	0.946	0.057	0.778	417.61	42.62	29.91
Día 21	10.33	10.183	87.397	0.986	0.118	0.117	3.991	3.203	3.158	0.788	0.045	0.791	347.02	40.04	29.58
Día 22	13.843	13.623	118.466	0.984	0.117	0.115	5.409	4.292	4.224	1.117	0.068	0.781	478.9	45.76	31.65
Día 23	7.326	7.224	60.505	0.986	0.121	0.119	2.763	2.272	2.24	0.491	0.032	0.811	254.84	34.57	27.83
Día 24	4.482	4.41	36.935	0.984	0.121	0.119	1.687	1.39	1.367	0.297	0.023	0.81	136.24	30.78	26.93
Día 25	12.244	12.043	104.863	0.984	0.117	0.115	4.788	3.797	3.734	0.991	0.063	0.78	383.06	41.29	30.02
Día 26	14.389	14.145	124.686	0.983	0.115	0.113	5.693	4.462	4.386	1.231	0.076	0.77	518.39	47.3	31.76
Día 27	13.179	12.977	112.585	0.985	0.117	0.115	5.141	4.087	4.024	1.054	0.063	0.783	456.65	45.23	31.48
Día 28	14.898	14.663	128.21	0.984	0.116	0.114	5.854	4.62	4.547	1.234	0.073	0.777	476.61	45.51	31.34
Día 29	13.614	13.395	113.777	0.984	0.12	0.118	5.195	4.221	4.153	0.974	0.068	0.799	429.36	43.65	30.93
Día 30	14.127	13.897	121.247	0.984	0.117	0.115	5.536	4.38	4.309	1.156	0.071	0.778	501.81	47.71	32.05
Día 31	14.439	14.206	125.202	0.984	0.115	0.113	5.717	4.477	4.405	1.24	0.072	0.771	477.25	45.5	30.9
Total	188.829	185.6	2238.71	0.983	0.084	0.083	4.09	2.34	2.3	1.75	0.04	0.562	387.29	42.43	29.73

Feb-17	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	13.824	13.606	119.009	0.984	0.116	0.114	5.434	4.287	4.219	1.147	0.068	0.776	472.04	45.96	31.58
Día 2	14.405	14.172	126.369	0.984	0.114	0.112	5.77	4.467	4.394	1.303	0.073	0.762	522.43	47.65	31.79
Día 3	11.616	11.429	101.69	0.984	0.114	0.112	4.643	3.602	3.544	1.041	0.058	0.763	396.89	42.3	30.28
Día 4	12.39	12.199	108.069	0.985	0.115	0.113	4.935	3.842	3.783	1.093	0.059	0.767	467.95	45.59	31.24
Día 5	13.75	13.538	118.884	0.985	0.116	0.114	5.428	4.264	4.198	1.164	0.066	0.773	497.68	45.81	30.99
Día 6	13.331	13.129	117.502	0.985	0.113	0.112	5.365	4.134	4.071	1.231	0.063	0.759	462.37	43.74	29.74
Día 7	13.21	13.009	115.595	0.985	0.114	0.113	5.278	4.096	4.034	1.182	0.062	0.764	468.84	43.15	29.22
Día 8	8.546	8.419	74.569	0.985	0.115	0.113	3.405	2.65	2.611	0.755	0.039	0.767	523.12	45.53	29.82
Día 10	10.745	10.582	91.554	0.985	0.117	0.116	4.181	3.332	3.281	0.849	0.051	0.785	430.49	42.5	30.18
Día 11	13.303	13.065	114.363	0.982	0.116	0.114	5.222	4.125	4.051	1.097	0.074	0.776	460.78	44.78	31.82
Día 12	15.523	15.253	135.814	0.983	0.114	0.112	6.202	4.813	4.73	1.389	0.083	0.763	553.12	47.83	31.73
Día 13	10.65	10.48	89.684	0.984	0.119	0.117	4.095	3.302	3.25	0.793	0.052	0.794	370.34	41.27	30.49
Día 14	14.509	14.297	124.956	0.985	0.116	0.114	5.706	4.499	4.433	1.207	0.066	0.777	515.79	46.29	31.63
Día 15	15.176	14.927	134.565	0.984	0.113	0.111	6.145	4.706	4.629	1.439	0.077	0.753	529.33	47.37	32.19
Día 16	13.912	13.672	121.709	0.983	0.114	0.112	5.557	4.314	4.239	1.243	0.075	0.763	525.15	47.92	32.49
Día 17	10.84	10.667	94.788	0.984	0.114	0.113	4.328	3.361	3.308	0.967	0.053	0.764	423.49	44.28	31.06
Día 18	15.308	15.064	135.031	0.984	0.113	0.112	6.166	4.747	4.671	1.419	0.076	0.758	547.08	46.97	31.14
Día 19	14.647	14.401	129.719	0.983	0.113	0.111	5.923	4.542	4.465	1.381	0.077	0.754	533.65	47.91	32.1
Día 20	14.017	13.791	123.29	0.984	0.114	0.112	5.63	4.346	4.276	1.284	0.07	0.76	522.3	47.01	31.25
Día 21	8.946	8.813	77.542	0.985	0.115	0.114	3.541	2.774	2.733	0.767	0.041	0.772	335.26	40.71	30.39
Día 22	13.618	13.394	122.255	0.984	0.111	0.11	5.582	4.223	4.153	1.359	0.07	0.744	521.76	48.09	32.09
Día 24	13.756	13.534	119.885	0.984	0.115	0.113	5.474	4.265	4.197	1.209	0.068	0.767	508.08	46.69	31.59
Día 25	14.517	14.274	123.67	0.983	0.117	0.115	5.647	4.501	4.426	1.146	0.075	0.784	535.07	47.12	31.7
Día 26	12.992	12.769	110.913	0.983	0.117	0.115	5.065	4.029	3.959	1.036	0.07	0.782	428.89	44.2	31.78
Día 27	13.982	13.727	119.526	0.982	0.117	0.115	5.458	4.336	4.256	1.122	0.08	0.78	515.51	46.8	32.68
Día 28	15.563	15.297	135.261	0.983	0.115	0.113	6.176	4.826	4.743	1.35	0.083	0.768	511.67	45.62	31.46
Total	343.076	337.508	2986.21	0.984	0.115	0.113	5.24	4.09	4.03	1.15	0.06	0.769	483.81	45.5	31.25

Mar-17	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	14.277	14.038	121.44	0.983	0.118	0.116	5.545	4.427	4.353	1.118	0.074	0.785	508.96	46.87	31.17
Día 2	14.313	14.069	124.864	0.983	0.115	0.113	5.702	4.438	4.362	1.264	0.076	0.765	515.41	46.64	31.71
Día 3	15.174	14.914	130.252	0.983	0.116	0.115	5.948	4.705	4.624	1.243	0.081	0.777	539.68	49.23	32.97
Día 4	14.734	14.498	125.188	0.984	0.118	0.116	5.716	4.569	4.496	1.147	0.073	0.787	523.26	47.81	31.97
Día 5	15.331	15.081	132.778	0.984	0.115	0.114	6.063	4.754	4.676	1.309	0.078	0.771	538.74	46.94	31.4
Día 6	14.02	13.782	120.526	0.983	0.116	0.114	5.503	4.347	4.273	1.156	0.074	0.776	521.68	47.31	31.54
Día 7	13.977	13.739	121.175	0.983	0.115	0.113	5.533	4.334	4.26	1.199	0.074	0.77	497.48	47.4	32.06
Día 8	8.946	8.811	73.668	0.985	0.121	0.12	3.364	2.774	2.732	0.59	0.042	0.812	315.87	38.82	29.8
Día 9	14.943	14.704	126.925	0.984	0.118	0.116	5.796	4.633	4.559	1.163	0.074	0.787	506.91	46.36	31.72
Día 10	10.443	10.277	85.616	0.984	0.122	0.12	3.909	3.238	3.187	0.671	0.051	0.815	365.66	41.61	30.95
Día 11	13.737	13.512	116.26	0.984	0.118	0.116	5.309	4.26	4.19	1.049	0.07	0.789	517.95	47.3	31.55
Día 12	14.404	14.175	124.549	0.984	0.116	0.114	5.687	4.466	4.395	1.221	0.071	0.773	527.85	48.21	32.13
Día 13	14.835	14.591	128.872	0.984	0.115	0.113	5.885	4.6	4.524	1.285	0.076	0.769	533.37	46.8	31.74
Día 14	6.569	6.473	53.555	0.985	0.123	0.121	2.445	2.037	2.007	0.408	0.03	0.821	234.87	37	29.19
Día 15	7.775	7.639	70.197	0.983	0.111	0.109	3.205	2.411	2.369	0.794	0.042	0.739	515.05	46.6	31.6
Día 16	13.831	13.593	122.29	0.983	0.113	0.111	5.584	4.289	4.215	1.295	0.074	0.755	615.37	50.13	32.64
Día 18	10.195	10.013	89.385	0.982	0.114	0.112	4.082	3.161	3.105	0.921	0.056	0.761	588.95	50	32.79
Día 19	15.783	15.522	131.91	0.983	0.12	0.118	6.023	4.894	4.813	1.129	0.081	0.799	554.96	46.87	30.99
Día 20	15.907	15.654	133.601	0.984	0.119	0.117	6.101	4.932	4.854	1.169	0.078	0.799	528.38	46	30.64
Día 21	16.078	15.815	134.924	0.984	0.119	0.117	6.161	4.985	4.904	1.176	0.081	0.796	555.68	47.6	31.52
Día 22	14.558	14.326	123.329	0.984	0.118	0.116	5.631	4.514	4.442	1.117	0.072	0.789	526.52	46.4	30.63
Día 23	15.005	14.768	126.78	0.984	0.118	0.116	5.789	4.653	4.579	1.136	0.074	0.791	553.12	47.34	31.31
Día 24	5.999	5.914	50.803	0.986	0.118	0.116	2.32	1.86	1.834	0.46	0.026	0.791	390.17	40.83	29.41
Día 25	15.165	14.917	126.149	0.984	0.12	0.118	5.76	4.702	4.625	1.058	0.077	0.803	533.59	47.15	31.35
Día 26	13.292	13.094	108.979	0.985	0.122	0.12	4.976	4.122	4.06	0.854	0.062	0.816	476.21	44.31	29.96
Día 27	12.923	12.667	106.416	0.98	0.121	0.119	4.859	4.007	3.928	0.852	0.079	0.808	452.57	44.65	30.99
Día 28	16.06	15.786	134.425	0.983	0.119	0.117	6.138	4.98	4.895	1.158	0.085	0.797	582.99	47.16	30.94
Día 29	17.383	17.128	144.115	0.985	0.121	0.119	6.581	5.39	5.311	1.191	0.079	0.807	607.7	46.2	29.39
Día 30	15.883	15.641	129.435	0.985	0.123	0.121	5.91	4.925	4.85	0.985	0.075	0.821	519.02	42.18	27.83
Día 31	15.212	14.977	126.546	0.985	0.12	0.118	5.778	4.717	4.644	1.061	0.073	0.804	527.91	44.79	29.48
Total	406.752	400.118	3444.95	0.984	0.118	0.116	5.24	4.2	4.14	1.04	0.06	0.79	505.86	45.88	31.05

Abr-17	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	13.594	13.401	111.491	0.986	0.122	0.12	5.091	4.215	4.155	0.876	0.06	0.816	452.71	41	28.82
Día 2	13.605	13.416	111.937	0.986	0.122	0.12	5.111	4.219	4.16	0.892	0.059	0.814	475.85	42.41	28.35
Día 3	14.729	14.509	121.358	0.985	0.121	0.12	5.541	4.567	4.499	0.974	0.068	0.812	481.87	41.84	27.87
Día 4	14.11	13.895	117.248	0.985	0.12	0.119	5.354	4.375	4.309	0.979	0.066	0.805	513.77	43.87	28.66
Día 5	14.994	14.764	124.612	0.985	0.12	0.118	5.69	4.649	4.578	1.041	0.071	0.805	582.37	46.63	29.23
Día 6	10.289	10.148	83.35	0.986	0.123	0.122	3.806	3.19	3.147	0.616	0.043	0.827	350.52	38.68	27.83
Día 7	15.352	15.13	128.007	0.986	0.12	0.118	5.845	4.76	4.691	1.085	0.069	0.803	548.22	45.68	30.21
Día 10	7.514	7.402	65.991	0.985	0.114	0.112	3.013	2.33	2.295	0.683	0.035	0.762	509.24	44.87	30.07
Día 11	11.569	11.419	100.549	0.987	0.115	0.114	4.591	3.587	3.541	1.004	0.046	0.771	457.27	42.06	28.03
Día 12	14.049	13.854	123.179	0.986	0.114	0.112	5.625	4.356	4.296	1.269	0.06	0.764	528.57	45.73	29.38
Día 13	13.758	13.564	120.787	0.986	0.114	0.112	5.515	4.266	4.206	1.249	0.06	0.763	510.1	44.65	28.93
Día 14	13.595	13.416	119.573	0.987	0.114	0.112	5.46	4.216	4.16	1.244	0.056	0.762	522.3	44.73	28.49
Día 15	12.509	12.343	110.79	0.987	0.113	0.111	5.059	3.879	3.827	1.18	0.052	0.756	506.55	44.68	28.46
Día 16	12.168	12.003	106.146	0.986	0.115	0.113	4.847	3.773	3.722	1.074	0.051	0.768	457.08	41.43	27
Día 17	12.938	12.772	112.913	0.987	0.115	0.113	5.156	4.012	3.96	1.144	0.052	0.768	489.69	42.75	27.78
Día 18	12.688	12.514	111.716	0.986	0.114	0.112	5.101	3.934	3.88	1.167	0.054	0.761	498.71	46.8	30.34
Día 19	10.508	10.348	90.62	0.985	0.116	0.114	4.138	3.258	3.209	0.88	0.049	0.775	378.76	40.88	28.13
Día 21	10.153	10.029	87.848	0.988	0.116	0.114	4.011	3.148	3.11	0.863	0.038	0.775	403.36	40.52	27.3
Día 22	12.251	12.095	108.327	0.987	0.113	0.112	4.946	3.799	3.75	1.147	0.049	0.758	491.81	44.76	28.39
Día 23	6.408	6.337	56.36	0.989	0.114	0.112	2.574	1.987	1.965	0.587	0.022	0.763	292.32	35.59	25.46
Día 24	2.683	2.644	22.172	0.985	0.121	0.119	1.012	0.832	0.82	0.18	0.012	0.81	113.56	27.95	23.65
Día 25	7.686	7.574	63.551	0.985	0.121	0.119	2.902	2.383	2.349	0.519	0.034	0.809	257.85	35.07	26.68
Día 26	11.545	11.387	99.241	0.986	0.116	0.115	4.532	3.58	3.531	0.952	0.049	0.779	456.43	43.37	27.76
Día 27	11.893	11.725	102.244	0.986	0.116	0.115	4.669	3.688	3.636	0.981	0.052	0.779	463.99	44.31	27.99
Día 28	9.169	9.048	78.733	0.987	0.116	0.115	3.595	2.843	2.806	0.752	0.037	0.781	358.62	38.4	25.6
Día 29	1.352	1.277	11.107	0.945	0.122	0.115	0.507	0.419	0.396	0.088	0.023	0.781	48.67	22.94	21.37
Día 30	2.629	2.566	20.407	0.976	0.129	0.126	0.932	0.815	0.796	0.117	0.019	0.854	97.59	26.22	22.33
Total	293.738	289.58	2510.26	0.986	0.117	0.115	4.25	3.37	3.33	0.88	0.04	0.784	416.58	40.66	27.56

May-17	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	9.433	9.287	75.263	0.985	0.125	0.123	3.437	2.925	2.88	0.512	0.045	0.838	304.92	34.06	24.34
Día 2	3.23	3.161	25.164	0.979	0.128	0.126	1.149	1.002	0.98	0.147	0.022	0.853	108.61	26.37	22.36
Día 3	10.262	10.114	84.399	0.986	0.122	0.12	3.854	3.182	3.136	0.672	0.046	0.814	366.59	38	25.61
Día 4	12.304	12.153	102.338	0.988	0.12	0.119	4.673	3.815	3.768	0.858	0.047	0.806	460.61	41.89	25.93
Día 5	12.09	11.93	101.995	0.987	0.119	0.117	4.657	3.749	3.699	0.908	0.05	0.794	450.36	42.2	26.62
Día 6	9.936	9.813	83.583	0.988	0.119	0.117	3.817	3.081	3.043	0.736	0.038	0.797	400.01	39.34	26.31
Día 7	11.95	11.785	100.749	0.986	0.119	0.117	4.6	3.705	3.654	0.895	0.051	0.794	406.22	39.92	27.46
Día 8	6.193	6.122	50.446	0.989	0.123	0.121	2.303	1.92	1.898	0.383	0.022	0.824	243.34	33.14	23.81
Día 9	11.505	11.349	97.619	0.986	0.118	0.116	4.457	3.567	3.519	0.89	0.048	0.79	447.46	43.56	27.58
Día 10	11.927	11.739	103.024	0.984	0.116	0.114	4.704	3.698	3.64	1.006	0.058	0.774	431.92	44.86	30.31
Día 11	11.307	11.143	95.903	0.985	0.118	0.116	4.379	3.506	3.455	0.873	0.051	0.789	396.45	40.54	28.41
Día 12	11.776	11.61	100.626	0.986	0.117	0.115	4.595	3.651	3.6	0.944	0.051	0.783	454.58	42.87	27.83
Día 13	11.735	11.588	98.346	0.987	0.119	0.118	4.491	3.639	3.593	0.852	0.046	0.8	461.8	43.17	26.64
Día 14	6.05	5.954	51.313	0.984	0.118	0.116	2.343	1.876	1.846	0.467	0.03	0.788	237.37	34.07	24.84
Día 15	5.779	5.705	50.64	0.987	0.114	0.113	2.312	1.792	1.769	0.52	0.023	0.765	249.42	33.83	25.43
Día 16	5.424	5.345	47.096	0.985	0.115	0.113	2.151	1.682	1.657	0.469	0.025	0.77	212.92	31.78	24.24
Día 17	3.044	2.99	26.165	0.982	0.116	0.114	1.195	0.944	0.927	0.251	0.017	0.776	123.71	27.97	22.9
Día 18	4.449	4.384	38.725	0.985	0.115	0.113	1.768	1.38	1.359	0.388	0.021	0.769	176.69	30.67	23.46
Día 19	4.261	4.19	37.319	0.983	0.114	0.112	1.704	1.321	1.299	0.383	0.022	0.762	218.26	31.56	23.34
Día 20	2.774	2.731	24.152	0.984	0.115	0.113	1.103	0.86	0.847	0.243	0.013	0.768	121.2	27.43	22.24
Día 21	1.367	1.304	11.869	0.954	0.115	0.11	0.542	0.424	0.404	0.118	0.02	0.745	68.4	23.49	20.78
Día 22	1.915	1.876	16.785	0.98	0.114	0.112	0.766	0.594	0.582	0.172	0.012	0.76	124.88	27.61	22.15
Día 23	8.007	7.899	71.285	0.987	0.112	0.111	3.255	2.483	2.449	0.772	0.034	0.752	368.18	38.83	24.67
Día 24	1.542	1.492	12.389	0.968	0.124	0.12	0.566	0.478	0.463	0.088	0.015	0.818	77.96	24.78	21.63
Día 25	2.906	2.839	23.525	0.977	0.124	0.121	1.074	0.901	0.88	0.173	0.021	0.819	103.29	26.23	22.4
Día 26	2.143	2.078	17.443	0.97	0.123	0.119	0.796	0.664	0.644	0.132	0.02	0.809	75.74	25.35	22.32
Día 27	6.185	6.08	52.375	0.983	0.118	0.116	2.392	1.918	1.885	0.474	0.033	0.788	232.47	32.73	23.88
Día 28	1.912	1.853	15.712	0.969	0.122	0.118	0.717	0.593	0.575	0.124	0.018	0.802	81.34	25.37	21.88
Día 29	2.206	2.15	17.515	0.975	0.126	0.123	0.8	0.684	0.667	0.116	0.017	0.834	89.83	25.81	22
Total	193.612	190.664	1633.76	0.985	0.119	0.117	2.57	2.07	2.04	0.5	0.03	0.794	258.43	33.7	24.53

Jun-17	E _{DC} (kWh)	E _{AC} (kWh)	E _{SOLAR} (kWh)	Rendim. Inversor	Rendim. Panel	Rendim. SFCR	Y _R	Y _A	Y _F	L _C	L _{BOS}	PR	Irrad.	Temp. Módulo	Temp. Amb.
Día 1	1.442	1.392	12.039	0.965	0.12	0.116	0.55	0.447	0.432	0.103	0.015	0.785	87.04	24.58	21.18
Día 2	2.233	2.148	18.866	0.962	0.118	0.114	0.861	0.692	0.666	0.169	0.026	0.774	80.32	24.14	21.34
Día 3	4.24	4.164	35.806	0.982	0.118	0.116	1.635	1.315	1.291	0.32	0.024	0.79	158.93	27.49	21.6
Día 4	2.75	2.659	23.042	0.967	0.119	0.115	1.052	0.853	0.824	0.199	0.029	0.783	101.54	24.41	20.48
Día 5	1.699	1.614	14.205	0.95	0.12	0.114	0.649	0.527	0.5	0.122	0.027	0.77	70.35	23.08	20.34
Día 6	1.557	1.465	13.011	0.941	0.12	0.113	0.594	0.483	0.454	0.111	0.029	0.764	64.35	22.75	20.26
Día 7	3.771	3.69	32.134	0.979	0.117	0.115	1.467	1.169	1.144	0.298	0.025	0.78	136.49	26.4	21.69
Día 8	1.672	1.632	14.422	0.976	0.116	0.113	0.659	0.518	0.506	0.141	0.012	0.768	98.21	25.29	21.27
Día 9	1.527	1.44	12.835	0.943	0.119	0.112	0.586	0.473	0.447	0.113	0.026	0.763	62.1	23.08	20.59
Día 10	1.676	1.587	14.056	0.947	0.119	0.113	0.642	0.52	0.492	0.122	0.028	0.766	69.96	22.47	19.68
Día 11	2.491	2.411	21.125	0.968	0.118	0.114	0.965	0.772	0.748	0.193	0.024	0.775	115.89	24.98	20.15
Día 12	5.944	5.833	52.217	0.981	0.114	0.112	2.384	1.843	1.809	0.541	0.034	0.759	230.74	30.1	21.86
Día 13	7.436	7.337	65.783	0.987	0.113	0.112	3.004	2.306	2.275	0.698	0.031	0.757	317.59	33.94	22.7
Día 14	6.467	6.351	56.619	0.982	0.114	0.112	2.585	2.005	1.969	0.58	0.036	0.762	254.5	30.16	21.44
Día 15	9.79	9.663	86.327	0.987	0.113	0.112	3.942	3.036	2.996	0.906	0.04	0.76	384.9	35.13	22.4
Día 16	5.703	5.625	49.671	0.986	0.115	0.113	2.268	1.768	1.744	0.5	0.024	0.769	251.79	31.3	21.46
Día 18	3.165	3.099	27.376	0.979	0.116	0.113	1.25	0.981	0.961	0.269	0.02	0.769	149.44	26.91	21.08
Día 19	5.127	5.031	46.609	0.981	0.11	0.108	2.128	1.59	1.56	0.538	0.03	0.733	210.47	29.57	21.71
Día 20	5.273	5.194	47.018	0.985	0.112	0.11	2.147	1.635	1.611	0.512	0.024	0.75	223.64	29.28	21.39
Día 21	8.602	8.47	78.699	0.985	0.109	0.108	3.594	2.667	2.626	0.927	0.041	0.731	365.29	34.01	22.32
Día 22	4.284	4.213	39.549	0.983	0.108	0.107	1.806	1.328	1.306	0.478	0.022	0.723	172.74	27.05	20.95
Día 23	5.955	5.837	56.941	0.98	0.105	0.103	2.6	1.847	1.81	0.753	0.037	0.696	240.74	30.59	21.78
Día 24	4.618	4.528	43.96	0.981	0.105	0.103	2.007	1.432	1.404	0.575	0.028	0.7	185.36	28.26	21.39
Día 25	8.938	8.814	86.389	0.986	0.103	0.102	3.945	2.771	2.733	1.174	0.038	0.693	357.12	33.6	22.36
Día 26	1.724	1.637	15.764	0.95	0.109	0.104	0.72	0.535	0.508	0.185	0.027	0.706	77.89	22.19	19.87
Día 27	1.742	1.641	15.602	0.942	0.112	0.105	0.712	0.54	0.509	0.172	0.031	0.715	68.31	22.75	20.14
Total	109.826	107.475	980.065	0.979	0.112	0.11	1.72	1.31	1.28	0.41	0.03	0.744	174.45	27.44	21.21

Anexo E: Mapa de Irradiación-Lima

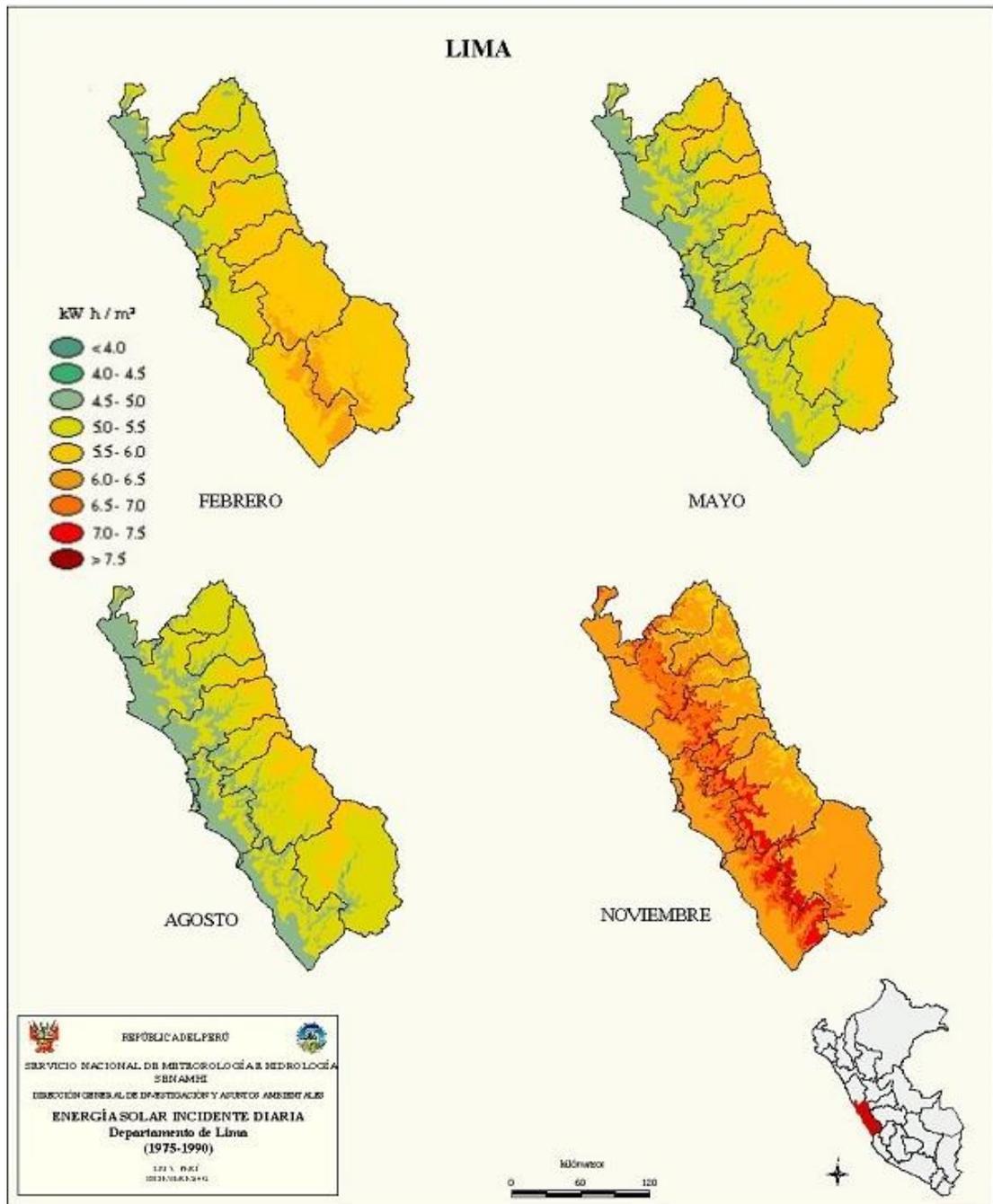


Figura E: Energía solar incidente en Lima (Atlas de Energía Solar)