

## **MEJORAS EN UN GENERADOR FOTOVOLTAICO DE PEQUEÑO PORTE CONECTADO A RED EN LA ZONA URBANA DE SALTA CAPITAL – NOROESTE ARGENTINO**

**Verónica Mercedes Javi, Víctor Hugo Serrano y María Teresa Montero Larocca**

Instituto de Investigación en Energías No Convencionales INENCO (U.N.Sa- CONICET)

Facultad de Ciencias Exactas – Consejo de Investigaciones de la U.N.Sa (CIUNSa)

Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150. 4400. Salta - Argentina

Tel.: 54-387-4255424. Fax: 4255449– e-mail: [veroja@gmail.com](mailto:veroja@gmail.com); [serranovh@yahoo.com.ar](mailto:serranovh@yahoo.com.ar); [maritemontero9@gmail.com](mailto:maritemontero9@gmail.com)

*Recibido: 13/08/12; Aceptado: 05/10/12*

**Resumen:** El trabajo describe los primeros ajustes que se realizan a una minicentral fotovoltaica conectada a red en el predio de la Universidad Nacional de Salta, Ciudad de Salta (Noroeste argentino). Se trata de la ampliación del generador a un total de doce paneles conectados en un arreglo que optimiza la potencia de diseño del inversor y del cambio de ubicación. Se presentan las características básicas del nuevo arreglo de paneles que constituye la MCFVCR (caracterización de paneles, inversor, interfase diseñada y construida). Se analiza su inclinación actual y los ángulos sugeridos para la latitud del lugar (-24,9°). A partir de datos disponibles del consumo de energía de tres años en la nueva ubicación, se estima su posible contribución al ahorro de energía del sector edilicio considerado. Se realizan los primeros pasos para la aceptación formal de la MCFVCR como fuente alternativa de energía tanto ante los administradores del campus universitario como ante las correspondientes autoridades regulatorias argentinas como práctica de exploración de las barreras que las energías renovables tienen en el Noroeste argentino.

**Palabras clave:** sistema fotovoltaico, conexión a red, mini central, generación distribuida, barreras.

### **INTRODUCCIÓN**

En 2011 se logra la puesta en de una mini central fotovoltaica conectada a red (MCFVCR) en el predio de la Universidad Nacional de Salta (Serrano et al, 2011). Su funcionamiento continuo y confiable es el objetivo de logro más importante en la etapa actual que se enmarca en el proyecto CIUNSa N° 1988/2<sup>1</sup>. Se pretende, como objetivo general, analizar el desempeño operacional de la mini central, en el tiempo. El presente trabajo describe los cambios que se realizan tanto en la ubicación como en la conformación de la MCFVCR. Los avances corresponden a la primera de las etapas observadas en el relato de diversas experiencias del mismo tipo concretadas en centros de investigación universitarios en Sudamérica (Macedo Negro W. et al, 2008; de Souza Barbosa E.M., 2008; Figueiredo Pinto Filho G. et al, 2010). Las etapas serían: 1) puesta en marcha e instalación inicial del SFVCR con medidas de parámetros eléctricos y climáticos básicos (energía producida y entregada a la red, radiación), 2) logro de un uso continuo y confiable de la MCFVCR con mediciones simultáneas de parámetros eléctricos y climáticos, 3) evaluación del sistema y análisis de eficiencia, del índice de productividad y pérdidas (Moura de Sousa Barboza et al, 2008), análisis de calidad de la energía eléctrica producida, identificación de la contribución en paralelo con la red convencional, contribución al ahorro real de energía e impacto en el predio.

Un diagnóstico preliminar sobre aplicaciones y usos de la energía solar con el propósito último de analizar las barreras de las energías renovables en Argentina fue realizado en 2009 por la Secretaría de Energía de la Nación (Sec. de Energía et al., 2009). Este informe recomienda, entre otras acciones, "... *dedicar más esfuerzo a la integración edilicia de algunos sistemas (por ejemplo FV, calefones solares, etcétera), particularmente en áreas urbanas*". La presente acción investigativa continúa indagaciones previas tendientes a analizar las diferentes etapas que se seguirían en ocasión de una conexión fotogeneradora urbana hoy en día. La MCFVCR sería un ejemplo de generación distribuida urbana que aprovecha la energía solar para el autoabastecimiento de un cierto emplazamiento. En otros países, la energía eléctrica fotogenerada excedente puede ser vendida a la compañía eléctrica local.

En Salta y en Argentina constituye una innovación en el sistema. A los necesarios aprendizajes técnicos específicos de la tecnología fotovoltaica se agregan los referidos a la transferencia de esta tecnología alternativa al tratar su incorporación al sistema eléctrico del NOA argentino. La experiencia desarrollada en zona urbana, con un generador FV de pequeño porte pretende aportar elementos en la superación de barreras para la producción de energía solar fotovoltaica distribuida, conectada a red.

### **AJUSTES A LA MCFVCR**

#### *Cambio de ubicación de la MCFVCR en el campus universitario*

La ubicación inicial de la MCFVCR en el campus universitario se modifica en atención a un importante factor como es la medición de la potencia consumida por el sector edilicio al que aporta energía. El sistema de monitoreo y control de la

---

<sup>1</sup> Proyecto CIUNSa. N° 1988/2 "Desempeño Operacional de una mini central fotovoltaica conectada a red". Co-dirección de V. M. Javi y M. T. Montero Larocca.

energía eléctrica distribuida en la U.N.Sa se realiza a través del Programa (PSM) Powerlogic System Manager (Schneider Electric Argentina, 2011). Este software fue provisto por una firma local a la Dirección General de Obras y Servicios (DGOyS), dependencia universitaria que tiene a su cargo el mantenimiento, la instalación y el control del servicio eléctrico. El programa permite supervisar la alimentación de todo el complejo, configurar funciones como tablas de datos, medidores y gráficos de barras, tendencias y registros históricos, presentación de formas de ondas, análisis de armónicos, registro de eventos, etc. La DGOyS utiliza el software para controlar el consumo atendiendo especialmente a aspectos como el pago del servicio o problemas en el suministro eléctrico en meses y horas pico. La novedad de la instalación de la MCFVCR hace necesario volver a plantear, ahora más formalmente, ante la DGOyS la incorporación de la nueva fuente de energía y analizar la posibilidad de re-ubicarla donde se cuente con un medidor controlado por el PSM en forma independiente. Se decide así, mover la minicentral, siempre sobre el techo del edificio de física, a un sector conectado al medidor N° 2004122000053 (Sector PME 230). En el nuevo emplazamiento se ubican cuatro laboratorios, cuatro boxes de trabajo y una cocina pequeña (Fig. 1). La minicentral abastecería un sector más pequeño (comparado con la totalidad del edificio) favoreciendo un posterior análisis de su dimensionado (Camino Villacorta et al., 2010), desempeño y contribución al ahorro de energía.



Figura 1: A - Primera ubicación de la MCFVCR sobre el edificio de física en el campus de la U.N.Sa (Google maps, 2011) y B nueva ubicación sobre el sector PME 230.

#### Ampliación del generador

En 2011, año de la puesta en marcha de la MCFVCR (Serrano et al, 2011), se acuerdan metas básicas en el corto plazo para mejorar el desempeño de la pequeña central. La primera es aumentar la potencia del generador y así conectar el inversor a una potencia fotovoltaica adecuada. En 2012, a los iniciales 6 paneles que proveen 300 Wp se agregan seis paneles más de 65Wp cada uno. Así, el generador fotovoltaico actual, está compuesto por dos ramas en paralelo cada una de las cuales tiene seis módulos de idénticas características conectados en serie. Una de de las ramas está compuesta por módulos de 50 Wp y la otra por módulos de 65Wp.



Figura 2: Configuración de la MCFVCR para el año 2012 con un total de 12 paneles fotovoltaicos.

### Curvas I-V de los módulos, las dos ramas y del generador

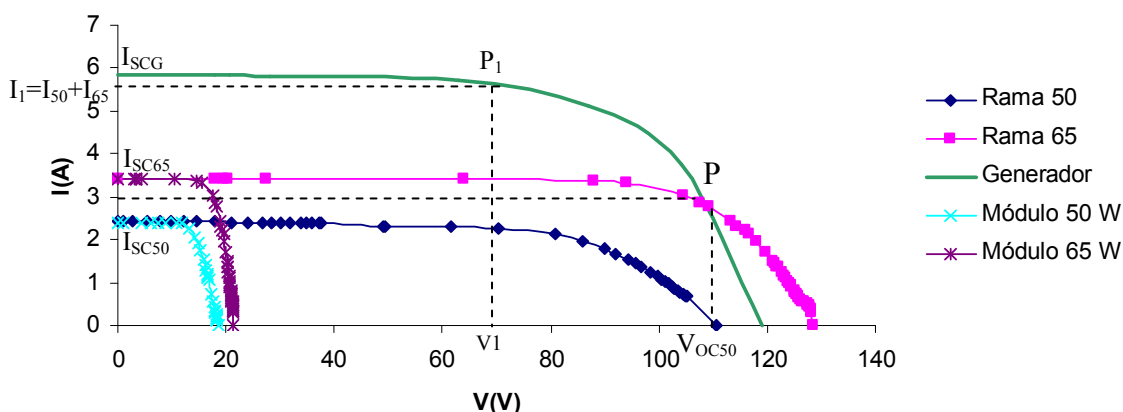


Figura 3: Curvas I-V de los módulos, las dos ramas y del generador

En la figura 3 se observan las curvas I-V de los módulos en forma individual, de las ramas compuestas por 6 módulos iguales en serie en cada rama, y las dos ramas en paralelo obtenidas a través de mediciones (Fernández Ferichola J., 2009). Para su obtención, los paneles fueron cargados con una carga resistiva variable en condiciones de trabajo, luego se realizan correcciones por irradiancia y por temperatura a efectos de trasladarlas a condiciones standard (1000 W/m<sup>2</sup> y 25°C). Con la incorporación la conexión que se realizan, se consigue alcanzar la potencia del diseño del inversor.

A partir de los fundamentos de la interconexión de módulos diferentes en paralelo además de las relaciones entre las curvas I – V de los módulos, de las ramas y del generador, se establece que los puntos característicos cumplen con las siguientes condiciones (Fernández Ferichola J., 2009):

$$\text{La corriente de cortocircuito es } I_{SCG} = I_{SC50} + I_{SC65} \quad (1)$$

$$\text{Para la tensión de circuito abierto } I_G = I_{50} + I_{65} = 0 \Rightarrow I_{65} = -I_{50} \quad (2)$$

Donde:

ISC50 es la corriente de cortocircuito en la rama compuesta por seis paneles de 50W en serie.

ISC65 es la corriente de cortocircuito en la rama compuesta por seis paneles de 65W en serie.

I50 es la corriente fotogenerada por la rama de paneles de 50W.

I65 es la corriente fotogenerada por la rama de paneles de 65W.

En el punto genérico P1 la tensión es V1 y la corriente es la suma de las corrientes de cada rama.

El punto P corresponde a la tensión de circuito abierto de la rama de menor potencia, es decir V<sub>G</sub>=V<sub>OC50</sub> y la corriente en ese punto es la corriente de la rama de 65 W ya que en la rama de 50 W la corriente es nula por tratarse del punto de circuito abierto.

#### Inversor e interfase

El inversor y la interfase se presentan en 2011 (Serrano et al, 2011). Son los principales elementos constitutivos de la MCFVCR: el inversor convierte la corriente continua producida por el generador y la interfase relaciona los protocolos del inversor y la computadora que registra los datos. El inversor, un Soladin 600 (especificaciones en Tab. 1) se compró fuera de Argentina y cumple la función de adaptar la energía que provee el generador para entregarla a la red eléctrica con la misma frecuencia y fase de esta última.

Entrada (DC)						
Poten Nominal	Potencia PV	Tensión MPP	Tensión máx	Corriente MPP	Seguimiento del punto de máxima potencia	Potencia de encendido
25°C						45V DC
550W	160-700 Wp	45-125V DC	155V DC	8A		1W
Salida – Conexión a la red eléctrica (AC)						
Tensión	Potencia	Corriente	Fuse: 3,15A -T	Frecuencia	Eficiencia máxima	Eficiencia europea
[V <sub>Ac</sub> ]	Nominal	Nominal		50 Hz	93%	91%
230	525W	2,25A		(49,8-50,2 Hz)		
Protección de isla: Tiempo de reacción máximo: 100 ms. Limitación de potencia por sobretensión. Protección por sobre temperatura. Protección por conexión inversa.						

Tabla 1: Especificaciones del inversor Soladin 600

El circuito impreso, base del montaje de los componentes de la interfase, se obtiene utilizando un programa de código libre. La conexión del hardware y del software entre el inversor y la computadora permiten adquirir parámetros que describen el funcionamiento de la MCFVCR: potencia entregada, horas de operación diaria hasta 10 días, tensión y corriente que entregan los paneles, tensión (V), corriente (A) y frecuencia (Hz) entregada a la red eléctrica, temperatura interna, potencia total (kWh) en función de las horas de operación.

## **LA INCLINACIÓN DE LA MCFVCR Y MEDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR**

El conjunto actual de doce paneles se encuentra inclinado 28,02°N hacia el Norte. Este es uno de los parámetros que se debe ajustar para lograr un mejor rendimiento de la MCFVCR. Righini R. y Grossi Gallegos H. (Righini R. y Grossi Gallegos H., 1999) recomiendan inclinar las aplicaciones un ángulo fijo igual a la latitud del lugar o 10° grados más que ella. Los autores discuten también el ángulo de inclinación del plano que maximiza la suma anual de la radiación recibida y los ángulos óptimos para los meses de invierno y para todo el año exceptuando el invierno. Sugieren una inclinación a adaptar en alguna aplicación para los meses correspondientes que tenga en cuenta las características del lugar. Los datos analizados se toman de las cartas de radiación solar en Argentina (Grossi Gallegos H., 1988 a y b). La diferencia porcentual entre la radiación colectada en invierno con el ángulo óptimo invernal asciende a 9,88% en Cerrillos, ciudad distante unos 22 Km del campus universitario de la U.N.Sa. Por otra parte, Righini y Grossi Gallegos (Righini R. y Grossi Gallegos H., 1999) encontraron que la diferencia porcentual entre la energía colectada anualmente manteniendo un ángulo fijo igual a la latitud y la recibida variando dos veces el ángulo (óptimo invernal y óptimo para el resto del año) es de entre el 2 % y el 4%. La inclinación del arreglo de paneles (28,02°) se encuentra entre el ángulo habitualmente recomendado (34,9°) y el óptimo anual (12,02°).

El grupo se plantea la posibilidad de utilizar los valores de los ángulos óptimos para un mejor aprovechamiento de la radiación solar: un ángulo de 50° para invierno y un ángulo de 12° para el resto del año. Ante la inquietud, que implica considerar al menos más de una posición para el arreglo de paneles se vuelve sobre los valores que se aconsejan.

Como comprobación de estos valores angulares, asociados a verano e invierno, se obtiene de medidas que se realizan en el mismo emplazamiento de la MCFVCR. Con el objeto de obtener el ángulo óptimo del sistema se mide la radiación que llega a la superficie del módulo y se compara la corriente de cortocircuito que este genera para distintas inclinaciones. Se comprueba que los ángulos óptimos son 12° para febrero y 45° para julio (Montero Larocca M. T., 2003).

Para el conjunto de los 12 paneles, se adecuan las estructuras de aluminio con cinco posiciones angulares posibles: 12°, 25°, 28° y 50°. Sin embargo, si se trata de indagar integralmente las barreras que un usuario / cogenerador urbano tiene al adoptar tecnología solar fotovoltaica, cabe preguntarse si vale la pena acondicionar la estructura que soporta los paneles y cambiar su inclinación durante el año. Se recoge la opinión del Dr. Arno Krenzinger (Universidad Federal Río Grande Do Sul) en el sentido de que si bien existen SF con seguimiento solar, en general la tendencia es mantener una única inclinación durante todo el año<sup>2</sup>.

## **RESULTADOS**

Los resultados que se obtienen y se presentan a continuación serían el conjunto base para comenzar a analizar el funcionamiento la MCFVCR: la energía por ella generada y en las horas de conexión, la energía consumida en el sector destino de la energía en cuanto a evaluar el aporte de la nueva fuente. La contrastación de la energía que se espera generar, con la efectivamente se obtiene sirve para analizar su desempeño.

La toma de datos de la energía generada se realiza desde la inclusión de los nuevos paneles, el día 4 de agosto hasta el día 12 de agosto, completando un total de 9 días. En la Fig. 3 se representan tres parámetros: energía generada, horas de conexión del inversor y el día al cual corresponden. La incorporación de los nuevos paneles logra entonces, el aprovechamiento de la potencia del inversor.

---

<sup>2</sup> Consulta personal con el Dr. Arno Krenzinger en ocasión de su visita a Salta, agosto de 2012.

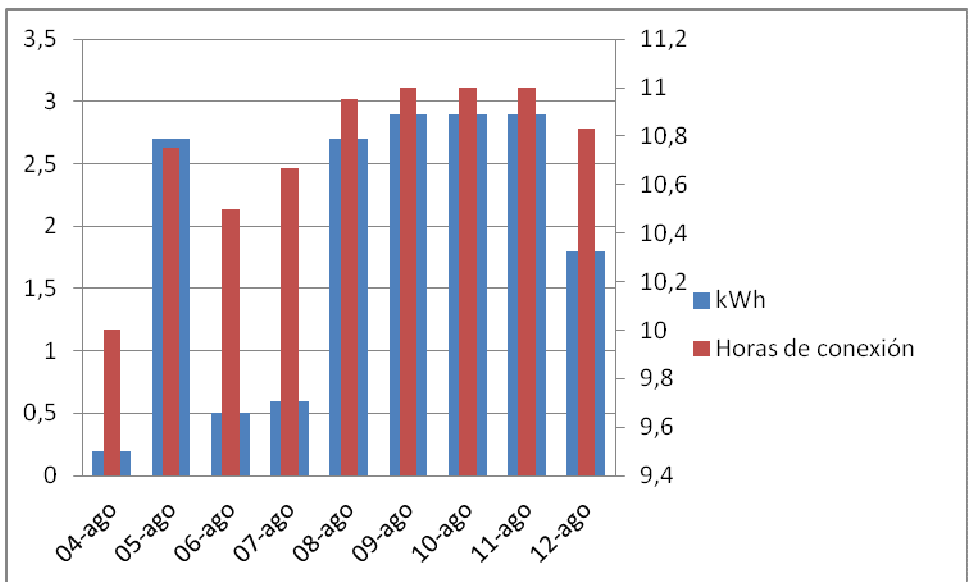


Figura 3: Energía generada y horas de conexión por día desde 4 al 12 de agosto.

En la figura 4 se presentan los datos de consumo mensual promedio de energía del nuevo emplazamiento de la MCFVCR que corresponden a los meses de marzo a noviembre de los años 2009, 2010 y 2011 provistos por la DGOyS de la U.N.Sa.

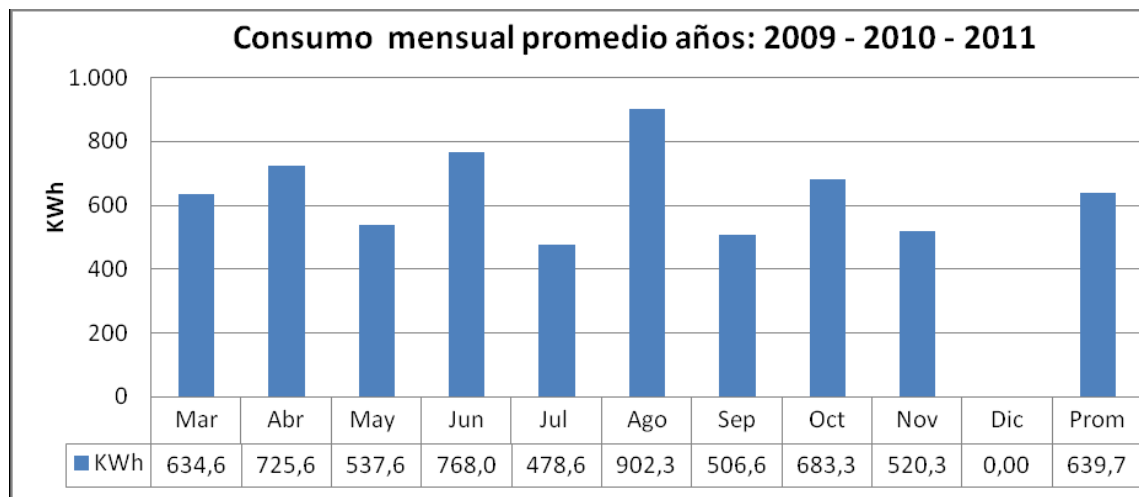


Figura 4 : Consumo mensual promedio en los años 2009, 2010, 2011 correspondiente al nuevo emplazamiento de la MCFVCR.

La producción estimada de energía mensual a lo largo de un año de la MCFVCR se calcula con la fórmula (3) (Lorenzo E., 2006) teniendo en cuenta los datos de la irradiación mensual que recibe el generador fotovoltaico. Se trata de datos medios mensuales de irradiación solar tomado de la base de datos SWERA (Maxwell E.L. et al, 1998) (celda satelital que contiene a la ciudad de Salta).

$$EAC = P * (G_{daeff}/G^*) FS * PR \quad (3)$$

EAC = Energía producida en forma anual

P \* = Potencia nominal del generador medida en condiciones estándar [1000W/m<sup>2</sup> - 25°C]

G<sub>daeff</sub> = Irradiación anual efectiva sobre el plano del generador

G\* = 1000 W/m<sup>2</sup>

PR: Performance Ratio. Factor de rendimiento global (Se considera un valor del (0,95) (Souza Barbosa E. et al, 2010).

FS = Factor para pérdida de sombreado (0,97 para todos los meses del año).

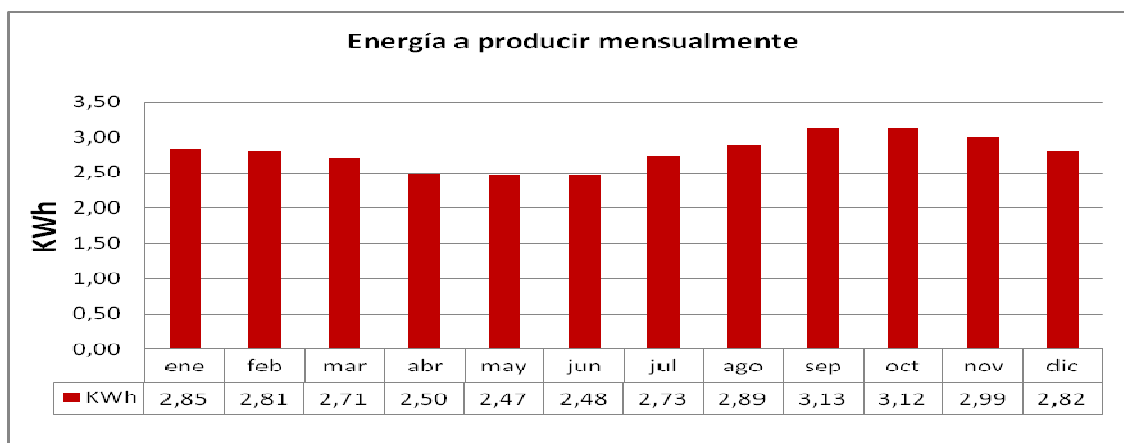


Figura 5: Estimación de la energía a producir mensualmente.

Los datos de energía a producir [KWh] y los de consumo mensual promedio [KWh] se tabularon en la tabla 2 para visualizar cuanta energía puede aportar la MCFVCR al nuevo sector del edificio de física en los meses de marzo hasta noviembre.

	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Anual
Energía a producir [KWh]	2,71	2,50	2,47	2,48	2,73	2,89	3,13	3,12	2,99	25,02
Consumo mensual promedio 2009-2010-2011 [KWh]	634,67	725,67	537,67	768,00	478,67	902,33	506,67	683,33	520,33	5.757,33
Aporte energético [%]	0,43	0,34	0,46	0,32	0,57	0,32	0,62	0,46	0,57	4,09

Tabla 2 : aporte de la MCFVCR vs. Consumo mensual real del sector edilicio.

## BARRERAS REGULADORAS QUE LAS ENERGÍAS RENOVABLES TIENEN

### Primeros pasos ante la Autoridad Regulatoria Argentina

Como otro objetivo, el grupo de investigación se plantea recorrer los pasos administrativos – legales que logren la aprobación de la instalación de esta nueva fuente de energía en zona urbana, aún cuando el caso que nos ocupa cuenta con el aval institucional de la universidad. Para lograr la instalación plena de la MCFVCR en el sistema argentino la gestión ante la autoridad correspondiente es iniciada para lograr su incorporación a la red, en carácter de co-generador. Se realizan comunicaciones personales y se eleva la consulta ante la Coordinación de Energías Renovables - Dirección Nacional de Promoción de la Secretaría de Energía<sup>3</sup>. Los pasos que una nueva instalación como es la MCFVCR requiere se relatan a continuación (se trate de energía solar fotovoltaica u otra energía alternativa).

En una primera instancia y como una suerte de primer paso, es necesario presentar informalmente el proyecto de innovación para que su viabilidad técnica sea analizada. En un segundo paso, la oficina de Coordinación mencionada contrastará planillas de flujo a efectos de determinar el costo de la energía a ser comercializada. A partir de ellas, se podrán ajustar los valores y encontrar una estimación para el MWh que se encuadre dentro de valores viables. Luego será necesario arribar a un acuerdo entre las partes, lo que habilita la presentación formal de una solicitud como agente de mercado. Esta presentación formal requiere de un estudio de pre-factibilidad eléctrico que denote las características de la instalación, el punto de conexión al sistema y la posibilidad de evacuar la energía producida al SIN (Servicio Interconectado Nacional). Se requiere también de una pre-factibilidad ambiental, que será evaluada. Luego se deberán cumplimentar los requisitos planteados en los Procedimientos Técnicos de CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A.). Cabe destacar que la Ley 26.190 de Fomento de Energías Renovables otorga la posibilidad de elegir uno entre una amortización acelerada o una devolución anticipada del Impuesto al valor Agregado (IVA) como apoyo a la inversión realizada. Dado el porte de la minicentral (encuadrada en el rango menor a 2 MW) la modalidad de ingreso al mercado mayorista queda amparada bajo la Resolución interna N° 220/2008 de la Secretaría de Energía y la comercialización bajo la Res. SE N° 108/2011 (MECON, 2012).

### Auspicioso antecedente en Brasil

A la fecha, se cuenta con un dato aportador en Brasil: en abril de 2012 la ANEEL (Agencia Nacional de Energía Eléctrica de Brasil) reglamenta la inyección a red de excedentes de energía eléctrica producida por un usuario no bajo la figura de co-

<sup>3</sup> Comunicación personal Geog. Pablo Carulla, la misma cuenta con su aprobación fehaciente.

generador al que la compañía de electricidad debe remunerar. El excedente de energía debe ser cuantificado y el usuario obtiene un crédito que puede utilizar para abonar su propio consumo en tres años. La regulación clasifica también a los SF de acuerdo a su porte<sup>4</sup>.

## CONCLUSIONES

Los ajustes que se realizan en la MCFVCR permiten el aprovechamiento a pleno del inversor Soladín 600 y contribuyen a obtener datos para la posterior evaluación técnica de su desempeño operacional, su dimensionamiento y su impacto en el ahorro de energía. En ese sentido, la ampliación del generador con nuevos seis paneles que se caracterizan es importante. Pero también lo es el cambio de ubicación que permite ahora evaluar el aporte de la MCFVCR en un sector del edificio más reducido del que se disponen, además, datos de consumo desde tres años atrás. Los datos aportados en la tabla 2 deben ser contrastados al momento de contar con datos medidos de todo el período. El aporte energético es mínimo para el consumo del sector nuevo, pero la información recabada será de gran utilidad para continuar la adecuación de la nueva fuente al sector cuya demanda se pretende abastecer y también para comenzar a analizar su contribución al ahorro de la energía.

Si bien los datos de radiación fueron presentados por los autores en 2011, se pretende, como una contribución al análisis general de los SF (Sistemas Fotovoltaicos), compartir las discusiones que al interior del grupo se generan respecto a mantener una posición fija o realizar cambios en la inclinación de los paneles a lo largo del año. El grupo de investigación considera, a la fecha, las dos posibilidades en cuanto a la inclinación de los paneles: utilizar los ángulos óptimos invernal y resto del año o una posición fija de 28°. La investigación cuenta con opiniones debidamente sustentadas, en ambos casos.

A los efectos de mejores análisis respecto al rendimiento anual de la MCFVCR debe medirse la radiación solar recibida sobre el plano de los paneles. Con ese propósito se adquiere un sensor fotovoltaico CNEA 810- 2 con precisión del 5%, ya instalado. La captura y análisis de los datos de radiación sobre el plano del SF es una de las tareas que el grupo prevé en lo inmediato.

La ventaja económica de los SFVCR (Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Red) de menor costo, por no incluir sistemas de almacenamiento (Macedo W.N. et al, 2008) son corroboradas en esta experiencia.

Se consideran importantes, a los fines de la evaluación de las barreras que las energías renovables tienen en el Noroeste argentino, los primeros pasos realizados para la consideración formal de la MCFVCR como fuente alternativa de generación de energía eléctrica, tanto a nivel de la administración universitaria como ante la Secretaría de Energía de la Nación. En pasos futuros debiera hacerse efectiva la consideración de la MCFVCR ante la Autoridad Regulatoria. Sin embargo, no parece ser ésta una meta fácil de alcanzar: los pasos que deben cumplimentarse son complejos y resultan lejanos para un “usuario particular”. La solución que el sistema brasileño se da a sí mismo, parece, en contraposición facilitar la adopción de sistemas fotovoltaico de generación distribuida de pequeño porte.

## BIBLIOGRAFÍA

- Camino Villacorta M., Egidio Aguilera M. A., Eduardo E. N. y Salazar I (2010). *Evaluación de campo del proyecto “Electrificación rural fotovoltaica – II Etapa” en el Perú*. IV Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES – CLA) y XVII Simposio Peruano de Energía Solar (XVII-SPES), Cusco, Perú.
- Fernández Ferichola, Julio. (2009). Caracterización de módulos fotovoltaicos con dispositivo portátil. Tesis de Titulación en Ingeniería. Universidad Carlos III, Madrid, España. <http://hdl.handle.net/10016/6037>
- Figueiredo Pinto Filho G., Negrão Macêdo W., Barros Galhardo M. A., Arrifano Manito A. R., Tavares Pinho J.(2010). Avaliação de desempenho operacional do primeiro sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica e integrado à edificação da amazônia brasileira. IV Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES CLA).Cusco, Perú. .
- Google maps (2001). <http://maps.google.com/maps?ll=-24.727533,-65.407473&z=15&t=h&hl=es>
- Grossi Gallegos, H. (1998 a). Distribución de la radiación solar global en la República Argentina. I. Análisis de la información. *Energías Renovables y Medio Ambiente* 4, 119-123.
- Grossi Gallegos, H. (1998 b). Distribución de la radiación solar global en la República Argentina. II. Cartas de radiación. *Energías Renovables y Medio Ambiente* 5, 33-42..
- <http://maps.google.com/maps/ms?ie=UTF8&t=h&oe=UTF8&msa=0&msid=107869442816251578444.0004767b3336f8cf8a133>
- Lorenzo E. (2006) “Electricidad Solar Fotovoltaica” Vol. II “Radiación Solar y Dispositivos Fotovoltaicos”. ProgenSA, primera edición..
- Maxwell E.L., George R.L., Wilcox S.M. (1998). *A climatological solar radiation model*. In Annual Conference- American Solar Energy Society. Albuquerque, NM: American Solar Energy Society. <http://en.openei.org/wiki/SWERA/Data>. Fecha de consulta: julio de 2011.
- MECON. (2012). <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3045>. Fecha página web: 23 de setiembre de 2012. Fecha de consulta: setiembre de 2012.
- Montero Larocca M. T. (2003). *Evaluación y Análisis del Comportamiento Eléctrico de Paneles Fotovoltaicos Expuestos a la Intemperie por más de 10 Años*. Tesis de Maestría en Energías Renovables. Facultad de Ciencias Exactas. U.N.Sa. Salta. Inédito.

---

<sup>4</sup> Comunicación personal con el Dr. Arno Krenzinger en ocasión de su visita a Salta, agosto de 2012

- Montero Larocca y Javi V. (2008). Proyecto CIUNSa N° 1807 *Estudios y mediciones iniciales de una mini central fotovoltaica experimental conectada a red (MCFVCR)*. U.N.Sa. Salta. Inédito.
- Moura de Souza Barbosa E., de Andrade Lima F., Melo R., Oliveira D.. (2008). Sistema fotovoltaico conectado a rede UFPE-III. II Congresso Brasileiro de Energia Solar e III Conferência Regional Latino-Americana da ISES - Florianópolis.
- Negrão Macedo Wilson, Gilberto Figueiredo Pinto Filho, João Tavares Pinho. (2008) Experiências com o primeiro sistema fotovoltaico integrado a edificação e conectado à rede na região amazônica brasileira. II Congresso Brasileiro de Energia Solar e III Conferência Regional Latino-Americana da ISES - Florianópolis.
- Righini R., H. Grossi Gallegos. (1999). Angulos Sugeridos para Optimizar la Colección anual de irradiación Solar Diaria en Argentina sobre planos Orientados al Norte. AVERMA, Vol. 3 N° 2, pp. 11.33-11.37.
- Schneider Electric Argentina (2011). [http://www.schneider-electric.com.ar/argentina/es/productos-servicios/distribucion-electrica/oferta-de-productos/presentacion-de-rango.page?p\\_function\\_id=161&p\\_family\\_id=448&p\\_range\\_id=1111](http://www.schneider-electric.com.ar/argentina/es/productos-servicios/distribucion-electrica/oferta-de-productos/presentacion-de-rango.page?p_function_id=161&p_family_id=448&p_range_id=1111). (2,8,2011)
- Serrano V. H., Javi V.M y Montero Larocca M. T. (2011). Puesta en marcha de la primer mini central fotovoltaica conectada a red en la Universidad Nacional de Salta. AVERMA (Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente), ISSN 0329-5184, pág., Volumen 15.
- Serrano V. H., Montero Larocca M. T. y Javi V.M. (2010). Mediciones iniciales de una mini central fotovoltaica conectada a red. AVERMA (Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente), ISSN 0329-5184, pág. 479-484, Volumen 14.
- Souza Barbosa E. M. de, Andrade Lima F. R. de, Pereira O. S. (2010). Potencial técnico de SFCR- determinação da densidade de potencia Especifica para a região urbana de Recife. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 14, 2010. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.

### **IMPROVEMENTS IN A SMALL PHOTOVOLTAIC GENERATOR GRID CONNECTED IN THE URBAN AREA OF SALTA CAPITAL – NORTH WEST OF ARGENTINA**

**Abstract:** The paper describes the first adjustments to a photovoltaic minicentral connected to network on the campus of the Universidad Nacional de Salta, city of Salta (Northwest of Argentina). It is about the expansion of the generator, with six new panels and a change of location. Are presented the basic characteristics of the MCFVCR (characterization of panels, inverter, and the interface designed and constructed). It's discussed the current inclination of the arrangement of panels and angles suggested to the latitude of the place (-24.9 °). With the new configuration it's expected a generation of energy closer to the nominal power of the inverter, a Soladin 600. Based on available data of energy consumption of three years in the new location, is calculated its potential contribution to the energy savings of this building area. Also are the first steps to the formal acceptance of the both MCFVCR as alternative source of energy to the administrators of the University campus, as well as to the regulatory authorities in Argentina; as a practice of exploration of barriers faced by renewable energies in the Argentine Northwest.

**Keywords:** photovoltaic systems, grid connection, barriers.