

## EXPERIENCIA EN LA EVALUACIÓN DE MICROSISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO AL SISTEMA ELECTROENERGÉTICO NACIONAL.

J. Camejo<sup>1</sup>, H. Rivas<sup>2</sup>, R. Heredia<sup>3</sup>.

<sup>1,2,3</sup> Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES). Micro 3 Reparto Abel Santamaría. C.P. 90800 - Santiago de Cuba. Cuba

Tel. 53-22-675076 <sup>1</sup>e-mail: [jcamejo@cies.ciges.inf.cu](mailto:jcamejo@cies.ciges.inf.cu)

*Recibido: 31/7/12; Aceptado: 26/09/12*

**RESUMEN:** Como resultado del proyecto, “**Microsistema con Energía Solar Fotovoltaica conectado a la red Eléctrica Nacional**”, se instaló en el *CIES - Centro de Investigaciones de Energía Solar* un Microsistema Fotovoltaico de 7.5 kWp conectado al Sistema Electroenergético Nacional, con el objetivo de evaluar en condiciones reales de explotación los parámetros eléctricos nominales de la instalación respecto a los declarados por el fabricante.

Las evaluaciones realizadas demostraron que existe una desviación de la *P<sub>máx</sub> - potencia máxima*, en los módulos *FV - fotovoltaicos* y en las cadenas de módulos *FV*, superior al valor de tolerancia admisible declarado por el fabricante. Los datos obtenidos permitieron el análisis de capacidad de producción de energía, la evaluación de la tecnología y sus potencialidades en correspondencia con las características de la red eléctrica nacional y las condiciones meteorológicas, aportando 11.4 MWh/año al Sistema Electroenergético Nacional.

**Palabras clave:** energía solar, sistemas fotovoltaicos de conexión a red, tecnología.

### INTRODUCCIÓN

Este trabajo aborda la evaluación en condiciones reales de explotación de los parámetros eléctricos nominales de la instalación fotovoltaica, respecto a los declarados por el fabricante, además, constituye la primera etapa de la investigación que deberá guiar a la apropiación total de la tecnología fotovoltaica conectada a la red eléctrica del país, para propiciar su expansión efectiva y para incentivar la producción de componentes nacionales, destinados a aplicaciones de este tipo.

En un futuro con cada vez menos petróleo, donde jugarán un papel mayor las energías renovables, los sistemas *FV* conectados a la red se muestran como una opción imprescindible, (Arias, 2005), por el simple hecho de que pueden utilizar espacios no aprovechados en la misma zona donde será consumida la energía que entregan y, porque la radiación solar está disponible en todo el territorio de un país, a diferencia de lo que ocurre con otras fuentes energéticas. Además de esto, la producción fotovoltaica se manifiesta durante el día, cuando es desarrollada la actividad productiva del hombre, y tiene su máximo en torno del medio día, cuando la demanda energética de la mayoría de los países, presenta valores pico, incluida Cuba.

Los grupos de investigaciones y algunas personas e instituciones de una fuerte postura ambientalista fueron los pioneros en la utilización de la tecnología, ya fuese para verificar o estudiar su funcionamiento o para autoabastecerse de energía, (Lorenzo, 2010). El mercado se encargó de difundir estos ejemplos y la aplicación como tal, y las organizaciones ecologistas y los partidos llamados verdes se encargaron de impulsar reglamentaciones para la entrega de créditos para la adquisición del equipamiento y para la compra de la energía obtenida, lo cual incentivó su utilización entre la población en general. En este punto también jugaron su papel intereses estratégicos de algunos países desarrollados, quienes incentivaron la utilización de la tecnología para disminuir la dependencia del petróleo que debían importar.

A partir del año 1997 el *CIES* dio un nuevo paso de avance en el desarrollo de las aplicaciones fotovoltaicas, al instalar las dos primeras centrales fotovoltaicas en el país, para la atención de alrededor de 200 habitantes del asentamiento rural “Santa María del Loreto” y “El Triunfo”, (Díaz J. et, 2000). Todo ello ha permitido ganar en experiencia y crear una infraestructura técnica que le permite continuar avanzando a niveles superiores en el campo de las investigaciones y aplicaciones, como es el caso de los sistemas fotovoltaicos de conexión a red.

Mucho queda aún por electrificar en el campo cubano, sin embargo, las aplicaciones conectadas a la red (y no solo para el ámbito urbano) deberán considerarse, en la preparación del país para la utilización de todas sus fuentes de energías renovables, como garantía de independencia y sostenibilidad energética, ante los elevados precios del petróleo y su previsible agotamiento, sentando las bases para futuros proyectos de mayor alcance tecnológico, que permitan estudiar, evaluar y validar este tipo de aplicación fotovoltaica y su posible generalización de forma paulatina en el país.

## Descripción del Sistema Fotovoltaico conectado a red.

### Generador Fotovoltaico.



El generador fotovoltaico, figura 1, esta compuesto en su totalidad por 30 módulos, modelo HELIENE, conectados en serie, para una potencia total de 7.5 kWp. Formado por 3 cadenas de 10 módulos FV, cada una, con una potencia de 2.5 kW, 303 VCD y 8.22 A.

Además, la estructura de soporte sirve para unir y rigidizar las configuraciones de los módulos, conformada por un bastidor de perfiles de aluminio. Esta diseñada para soportar todas las cargas mecánicas que pudieran presentarse en cada caso: vientos sostenidos hasta de 250 km/h, contracciones y dilataciones por cambios de temperaturas.

Figura 1. Generador Fotovoltaico

### Inversor. Unidad de acondicionamiento de potencia.

El dispositivo fundamental de un sistema FV conectado a la red es el Inversor, figura 2. Funciona como interfase entre el generador fotovoltaico y la red eléctrica. De este modo, el sistema FV conectado a la red forma parte de los sistemas de generación que alimentan a dicha red. El sistema FV de conexión a la red, esta formado por 3 Inversores, modelo SUNNY BOY, conectado cada uno, a una cadena de 10 módulos FV. Estos inversores siguen la frecuencia a la tensión correspondiente de la red a la que se encuentra conectado.



Figura 2. Inversores

Los inversores están provistos de un sistema de información automatizada que brinda toda la información necesaria de la producción de energía y demás datos del generador FV y del sistema en su conjunto. De igual forma ofrecen la posibilidad de comunicación por cable RS485 a través de un dispositivo SUNNY WEBBOX, (SMA), con el ordenador.

La instalación fotovoltaica está dotada de la instrumentación necesaria para realizar las mediciones, tanto manuales como automatizadas, para ello cuenta con:

### Equipo multifunción I-V 400

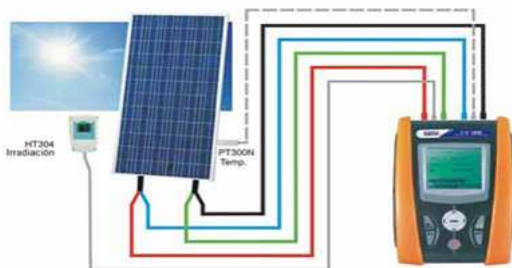


Figura 3. Equipo Multifunción I-V 400

El instrumento, figura 3, modelo I-V 400, permite la obtención sobre el campo de la característica más importante de los módulos FV, curva I-V y los principales parámetros característicos tanto de un único módulo FV, como de un grupo de módulos FV, hasta un máximo de 1000 V y 10 A. Este instrumento permite determinar inmediatamente si los módulos o grupo de módulos respetan los parámetros declarado por el fabricante. Incorpora una base de dato interna siendo actualizable en cualquier momento por el usuario tanto por el programa de gestión como directamente a través de la interfaz usuario del instrumento.

### Sistema de Adquisición de Datos SUNNY WEBBOX

La instalación FV, está prevista de un Sistema de Adquisición de Datos SUNNY WEBBOX que interacciona con la misma, a partir del software, que permite conocer y visualizar en tiempo real la producción de energía del sistema, (horaria, diaria, mensual y anual), además de otros parámetros característicos, por citar solo la reducción de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y los datos registrados por los inversores, todos ellos resumidos en un fichero, que constituyen una base de datos muy importante para los análisis estadísticos y futuras investigaciones.

### Estación Actinométrica.



El CIES cuenta con una Estación Actinométrica, figura 4, la cual tiene un papel fundamental en las mediciones. La potencia que entrega una central fotovoltaica resulta primordialmente de su respuesta a dos condiciones de operación: la irradiancia incidente sobre el generador y la temperatura de operación de sus módulos, (E., Julio 2010).

En consecuencia, un elemento clave para caracterizar o evaluar el funcionamiento de una central fotovoltaica consiste en la medida de estas condiciones con la menor incertidumbre posible. Directa o indirectamente, las condiciones de operación del generador fotovoltaico, dependen de las condiciones ambientales:

Irradiancia global horizontal, temperatura ambiente y velocidad de viento.

Figura 4. Estación Actinométrica CIES

## RESULTADOS

### Diseño y simulación.

Para obtener un adecuado y eficiente diseño de la instalación se requiere, a partir del software comercial PVSYST V5.53.2, introducir una serie de datos característicos de la zona, tales como irradiancia, temperatura y velocidad del viento, así como los datos característicos del módulo *FV* e inversor a utilizar, todo ello, nos brinda las siguientes informaciones para el diseño:

1. Datos anuales promedios: Para ello se toman los datos promedios mensuales de las variables actinométricas, tomadas de la Estación Actinométrica del CIES y demás datos relacionados con la instalación:
  - $G_{LOBHOR}$ : Irradiancia Global ( $kWh/m^2$ )
  - $T_{amb}$ : Temperatura ambiente ( $^{\circ}C$ )
  - $W_{indVel}$ : Velocidad del viento ( $m/s$ )
  - $O_{hmLoss}$ : Pérdida óhmica ( $MWh$ )
  - $E_{ArrMPP}$ : Energía virtual del generador en el punto de máxima potencia ( $MWh$ )
  - $U_{Array}$ : Voltaje del generador ( $V$ )
  - $I_{Array}$ : Corriente del generador ( $Ah$ )
  - $E_{OutInv}$ : Energía disponible a la salida del inversor ( $MWh$ )
2. Diseño del generador fotovoltaico: A partir de los datos técnicos seleccionados como potencia estimada a instalar, potencia del módulo fotovoltaico y potencia del inversor, permite determinar el diseño del generador, número de módulos y cuantas cadenas de módulos se necesitan y la cantidad de  $m^2$  que abarcaría la instalación.
3. Diagrama de pérdidas de la instalación.
4. Producción Normalizada por  $kWp$  instalado.

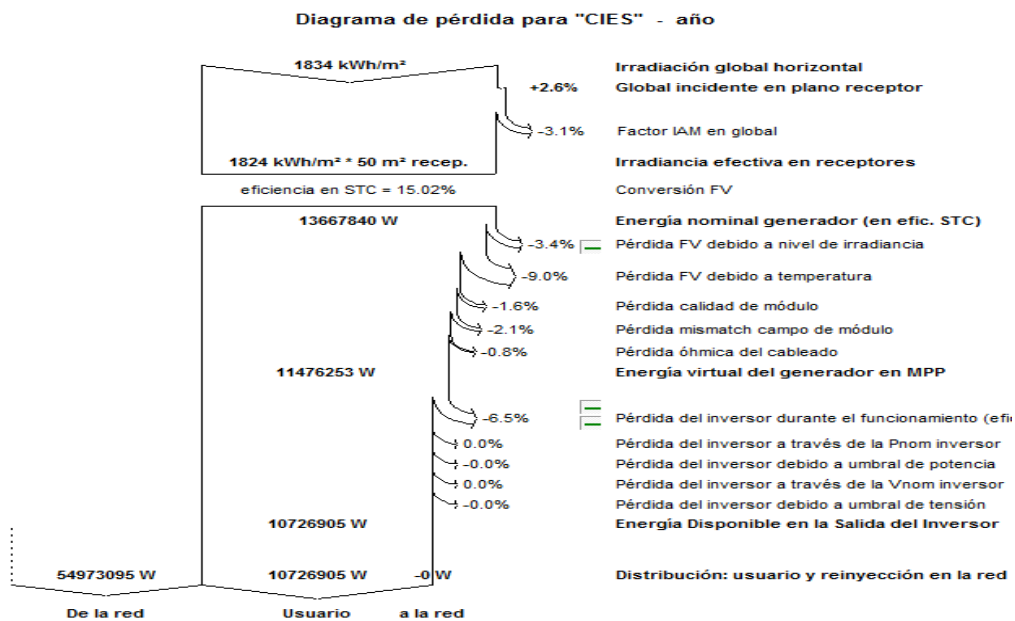
La tabla 1, resume los datos anuales promedios de las variables medidas por la Estación Actinométrica durante el período del año 2010 y demás datos obtenidos con la simulación de las características técnicas de los principales componente de la instalación fotovoltaica (módulos e inversores), que nos permiten estimar la energía promedio disponible a la salida de los inversores ( $E_{OutInv}$ ) de 10.727  $MWh$  y la producción anual estimada ( $E_{ArrMPP}$ ) de 11.476  $MWh$ .

**CIES**  
**Datos anuales promedios de la instalación**

	<b>GlobHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>T Amb</b> °C	<b>WindVel</b> m/s	<b>OhmLoss</b> MWh	<b>EArrMPP</b> MWh	<b>UArray</b> V	<b>IArray</b> Ah	<b>EOutInv</b> MWh
<b>Enero</b>	131.7	23.70	1.6	0.008	1.005	114.1	3675.9	0.941
<b>Febrero</b>	100.8	23.50	1.9	0.004	0.674	129.3	2446.9	0.628
<b>Marzo</b>	122.8	24.50	2.0	0.005	0.776	132.7	2841.0	0.723
<b>Abril</b>	171.9	26.00	2.1	0.008	1.020	135.0	3774.0	0.954
<b>Mayo</b>	189.4	27.10	1.8	0.008	1.035	133.7	3869.8	0.968
<b>Junio</b>	184.2	27.50	1.6	0.007	0.986	147.3	3673.9	0.920
<b>Julio</b>	171.5	27.00	1.5	0.006	0.942	139.1	3492.1	0.881
<b>Agosto</b>	189.5	27.80	1.6	0.009	1.087	133.5	4074.4	1.017
<b>Septiembre</b>	180.6	27.30	1.5	0.010	1.124	133.1	4204.8	1.052
<b>Octubre</b>	139.1	26.20	1.4	0.007	0.929	130.0	3444.7	0.868
<b>Noviembre</b>	139.5	25.40	1.6	0.009	1.042	117.9	3853.2	0.976
<b>Diciembre</b>	113.1	24.50	2.0	0.007	0.857	113.2	3145.8	0.801
<b>Año</b>	1834.1	25.89	1.7	0.089	11.476	129.9	42496.3	10.727

Tabla 1. Datos anuales promedios.

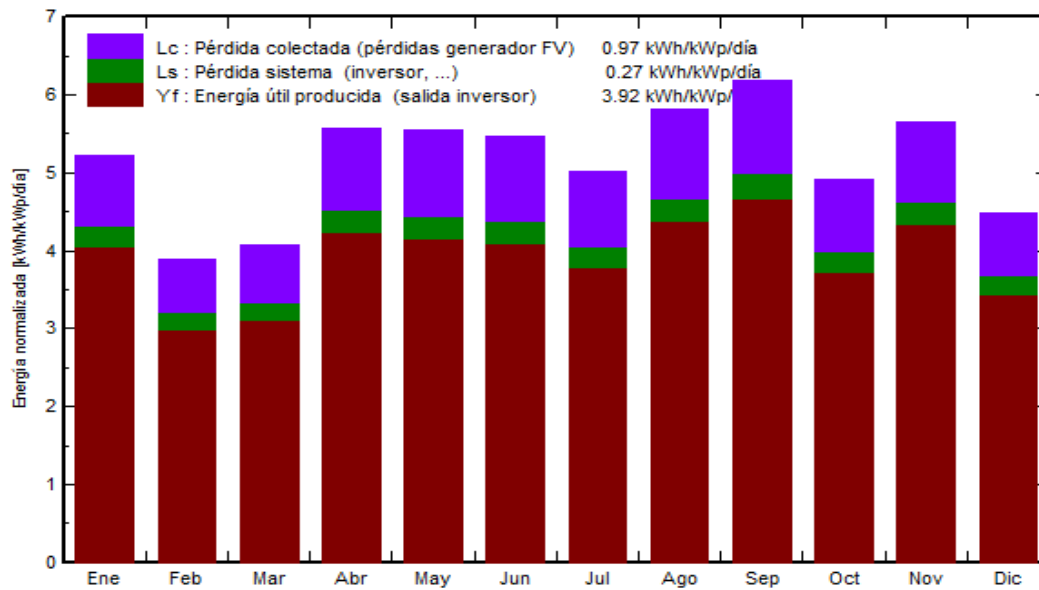
La gráfica 1, muestra a partir de los datos promedios de la instalación las posibles pérdidas anuales de la instalación, donde el mayor % de pérdida se produce en el generador fotovoltaico, debido a la temperatura de los módulos, de un 9 %, mayor que las pérdidas globales del inversor durante su funcionamiento de 6.5 %.



Gráfica 1. Diagrama de pérdidas en la instalación.

La gráfica 2, nos muestra a partir de la simulación la producción normalizada de la central fotovoltaica, que se estima sea de 11.476 MWh/año, para ello se debe ser riguroso con el equipamiento a adquirir y sobre todo en la calidad y certificados de garantía de los módulos fotovoltaicos e inversores.

### Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 7.50 kWp



Gráfica 2. Producción normalizada por kWp instalado

La instalación abarcará unos  $15 \text{ m}^2$  y su diseño quedará conformado de la siguiente forma:

- 30 módulos fotovoltaicos de  $250 \text{ Wp}$ , agrupados en tres cadenas cada una de 10 módulos, conectados en serie, para una potencia de  $2.5 \text{ kWp}$  y una potencia instalada de generación de  $7.5 \text{ kWp}$ .
- 3 inversores de  $2300 \text{ W}$ , cada uno conectado a una cadena de 10 módulos, con una potencia de salida de  $6.9 \text{ kWp}$ .
- Capacidad teórica de producción energía de  $11.4 \text{ MWh/año}$ .

Evaluación y verificación del diseño de la instalación.

Para evaluar la capacidad de producción de energía de la instalación, se requiere primeramente, evaluar la  $P_{\text{máx}}$  de cada uno de los módulos  $FV$  (por separados y conjunto de 10 módulos  $FV$  por cadenas), a partir de valores de irradiancia, superiores a los  $700 \text{ W/m}^2$  y la temperatura del módulo  $FV$ , (J. Muñoz, F. Martínez y E. Lorenzo., 2010). Para ello se realizó un conjunto de mediciones de los principales parámetros eléctricos y su corrección a las  $STC$  Condiciones Standard de Medida ( $1000 \text{ W/m}^2$  y  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ) para conocer el grado de dispersión existente entre los valores de  $P_{\text{máx}}$ . Esto nos permitirá corroborar las principales características de los datos suministrados por el fabricante y cual será su comportamiento ante las condiciones reales de operación.

De los resultados obtenidos de las mediciones a los módulos  $FV$  y su corrección a las  $STC$ , llama la atención que el valor del  $V_{oc}$  - voltaje de circuito abierto, para una irradiancia que oscila entre los  $900$  y  $1000 \text{ W/m}^2$ , y temperatura superiores a los  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , presentan una desviación de  $0,3 \%$ , aceptable, no pasando lo mismo con los valores nominales en el  $MPP$ - punto de máxima potencia, de potencia, voltaje y corriente, que se desvían mucho más en el rango mencionado, a modo de ejemplo en la tabla 2 se muestran las mediciones de una de las Cadenas.

Es evidente que la afectación de los valores nominales en el punto  $MPP$  relacionados con: potencia, voltaje y corriente, se debe a que los módulos  $FV$  alcanzan temperaturas de hasta  $57 \text{ }^\circ\text{C}$  y sostenidos por encima de  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , por lo que el voltaje del módulo disminuye de forma proporcional con el aumento de la temperatura, disminuyendo la  $P_{\text{máx}}$  del módulo (F. Martínez, E. Lorenzo, J. Muñoz y R. Moreto, 2011). Se observó en las mediciones, que cuando la temperatura del módulo oscila por debajo de los  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  la desviación de la  $P_{\text{máx}}$  se reduce a su valor mínimo, no así cuando la temperatura esta en un rango superior a los  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ , donde los valores de  $P_{\text{máx}}$  se alejan de los especificados por el fabricante  $\pm 3\%$ .

CADENA 3	Mód.	Pmáx (W)	Voc (V)	Vmpp (V)	Impp (A)	Isc (A)	Irrad (W/m <sup>2</sup> )	Temp (°C)	FF (%)	tol+ (%)	tol- (%)
Medida 40 - CIES 15/02/2012 13:33	1	No Ok (-8,62%)									
Medidas OPC	1	225.36	33.86	25.79	8.74	9.65	1114.00	52.90	69.00	3.00	3.00
STC	1	228.44	37.36	29.15	7.84	8.46	1000.00	25.00	72.00	3.00	3.00
Nominal	1	250.00	37.40	30.30	8.22	8.72	1000.00	25.00	76.00	3.00	3.00
Medida 41 - CIES 15/02/2012 13:35	2	No Ok (-9,46%)									
Medidas OPC	2	223.00	33.65	25.58	8.72	9.55	1113.00	53.30	69.00	3.00	3.00
STC	2	226.36	37.22	29.36	7.71	8.39	1000.00	25.00	73.00	3.00	3.00
Nominal	2	250.00	37.40	30.30	8.22	8.72	1000.00	25.00	76.00	3.00	3.00
Medida 42 - CIES 15/02/2012 13:37	3	No Ok (-8,99%)									
Medidas OPC	3	224.58	33.60	25.72	8.73	9.67	1124.00	53.90	69.00	3.00	3.00
STC	3	227.53	37.29	29.36	7.75	8.41	1000.00	25.00	73.00	3.00	3.00
Nominal	3	250.00	37.40	30.30	8.22	8.72	1000.00	25.00	76.00	3.00	3.00
Medida 43 - CIES 15/02/2012 13:41	4	No Ok (-8,97%)									
Medidas OPC	4	225.98	33.79	25.86	8.74	9.70	1120.00	53.00	69.00	3.00	3.00
STC	4	227.57	37.29	29.22	7.79	8.43	1000.00	25.00	72.00	3.00	3.00
Nominal	4	250.00	37.40	30.30	8.22	8.72	1000.00	25.00	76.00	3.00	3.00
Medida 44 - CIES 15/02/2012 13:44	5	No Ok (-8,62%)									
Medidas OPC	5	226.98	34.00	26.36	8.61	9.62	1112.00	51.10	69.00	3.00	3.00
STC	5	228.45	37.29	29.01	7.88	8.44	1000.00	25.00	73.00	3.00	3.00
Nominal	5	250.00	37.40	30.30	8.22	8.72	1000.00	25.00	76.00	3.00	3.00
Medida 45 - CIES 15/02/2012 13:52	6	No Ok (-8,90%)									
Medidas OPC	6	210.13	34.33	26.51	7.93	8.61	1010.00	48.60	71.00	3.00	3.00
STC	6	227.74	37.29	29.58	7.70	8.36	1000.00	25.00	73.00	3.00	3.00
Nominal	6	250.00	37.40	30.30	8.22	8.72	1000.00	25.00	76.00	3.00	3.00
Medida 46 - CIES 15/02/2012 14:00	7	No Ok (-8,83%)									
Medidas OPC	7	197.79	34.30	26.36	7.50	8.08	942.00	47.70	71.00	3.00	3.00
STC	7	227.93	37.22	29.01	7.86	8.42	1000.00	25.00	73.00	3.00	3.00
Nominal	7	250.00	37.40	30.30	8.22	8.72	1000.00	25.00	76.00	3.00	3.00
Medida 47 - CIES 15/02/2012 14:03	8	No Ok (-9,21%)									
Medidas OPC	8	196.38	34.27	26.79	7.33	7.99	935.00	47.10	72.00	3.00	3.00
STC	8	226.98	37.15	29.29	7.75	8.40	1000.00	25.00	73.00	3.00	3.00
Nominal	8	250.00	37.40	30.30	8.22	8.72	1000.00	25.00	76.00	3.00	3.00
Medida 48 - CIES 15/02/2012 14:08	9	No Ok (-9,76%)									
Medidas OPC	9	193.65	34.39	26.86	7.21	7.87	915.00	44.40	72.00	3.00	3.00
STC	9	225.59	36.86	28.86	7.82	8.45	1000.00	25.00	72.00	3.00	3.00
Nominal	9	250.00	37.40	30.30	8.22	8.72	1000.00	25.00	76.00	3.00	3.00
Medida 49 - CIES 15/02/2012 14:10	10	No Ok (-10,07%)									
Medidas OPC	10	192.84	34.57	26.86	7.18	7.79	911.00	43.20	72.00	3.00	3.00
STC	10	224.82	36.86	28.72	7.83	8.41	1000.00	25.00	73.00	3.00	3.00
Nominal	10	250.00	37.40	30.30	8.22	8.72	1000.00	25.00	76.00	3.00	3.00

Tabla 2. Mediciones realizadas a la Cadena 3.

Leyenda:

Vmpp: voltaje punto de máxima potencia  
Impp: corriente punto de máxima potencia  
Isc: corriente corto-circuito



*Irrad*: irradiancia incidente sobre el módulo *FV*

*Temp*: temperatura del modulo *FV*

*Tol* ±: tolerancia de la *Pmáx* del módulo *FV* especificada por el fabricante.

*Medidas OPC*: Medida instantánea realizada con el instrumento.

*Nominal*: datos del fabricante.

Los niveles altos de temperatura en los módulos *FV* pueden estar condicionado a que hay más radiación difusa y mayor coeficiente de absorción de la capa soporte de las células *FV* unido a menor evacuación o pérdidas de calor y la respuesta eléctrica a la naturaleza de las células fotovoltaicas, afectando de forma directa la *Pmáx* del módulo *FV*, o que el *Pmpp* - *coeficiente de temperatura [%/K]* que es de -0,44, puede que no sea lineal y tenga una proporcionalidad que se incremente con la temperatura.

De igual forma, se realizaron mediciones promedio de *Pmáx* a cada una de las cadenas de 10 módulos *FV*, tabla 3, que comprende el generador *FV*, en un rango de valores de irradiancia entre los 900 y 1000  $W/m^2$  y temperatura de los módulos *FV* superiores a los 40 °C, y se promediaron los mismos, obteniendo como resultado una *Pmáx* de generación *FV* de 6.7 *kWp*, por debajo de los 7.5 *kWp* según fabricante y diseño, a pesar de ello la correlación entre la potencia nominal inversor y potencia del generador *FV*, (6.9/6.7) para estas nuevas condiciones, es de 1.02 %, estando en el límite del rango permisible (0.85 y 1.05 %), según norma internacional.

Cadenas	Promed. Temp (°C)	Promed. Irr. ( $W/m^2$ )	Promed. <i>Pmáx</i> ( <i>Wp</i> )	<i>Pmáx.</i> ( <i>Wp</i> )	Pot. Cadena <i>STC</i> ( <i>Wp</i> )
1	52	998	226	2260	2324
2	50	994	221	2210	2257
3	49.5	1029	227	2270	2249
TOTAL				<b>6740</b>	6830

Tabla 3. Mediciones promedio de *Pmáx* por cadenas del generador *FV*.

*Promed. Temp*: Promedio de temperatura de los módulos *FV*.

*Promed. Irr*: Promedio de Irradiancia de todas las medidas.

*Promed. Pmáx*: Promedio de las potencias de los módulos *FV*.

*Pmáx*: Potencia máxima, suma de las potencias promedios evaluadas de cada cadena de módulo *FV*.

*Pot. Cadena STC*: Potencia de las cadenas evaluada a las *STC* (1000  $W/m^2$  y 25 °C).

## CONCLUSIONES

Se realizó el diseño y la simulación de los principales parámetros característicos del Microsistema Fotovoltaico de conexión la red, arrojando una capacidad teórica de producción de 11.4 *MWh/año*, a partir de estos resultados teóricos, se instaló y puso a punto el Microsistema Fotovoltaico de 7.5 *kWp*, en el *CIES*.

De los resultados de las mediciones realizadas se observa que existe una desviación de los valores en el punto de máxima potencia, de forma individual y por grupos o cadenas de módulos *FV*, superior al valor de tolerancia admisible declarado por el fabricante, que se relaciona con los niveles altos y sostenidos de temperatura por encima de los 50 °C.

Los niveles altos de temperatura en los módulos *FV*, provocan que el coeficiente de temperatura, en el punto de máxima potencia no sea lineal y tenga una proporcionalidad que se incremente con la temperatura, afectando de forma directa la potencia máxima del generador *FV*, lo que implica que la potencia real instalada en capacidad de generación de la planta, oscile en el orden de los 6.7 *kWp* y no en los 7.5 *kWp* según el diseño.

Tener en cuenta las experiencias adquiridas en el *CIES*, en la evaluación de Sistemas Fotovoltaicos de conexión a red, para el establecimiento de Normativa Nacional, que regule este procedimiento.

## Bibliografía

Arias, J. (2005). Mitos, realidad, esperanza y utopía de la energía renovable. *4ta. Conferencia Internacional de Energía Renovable, ahorro de energía y educación energética*. Cuba.

E., L. (Julio 2010). *Protocolo de Ensayo para Centrales Fotovoltaicas*. Madrid: Unisversidad Politécnica de Madrid. IES, España.

- et, D. J. (2000). Two years experience in the operation of the first community photovoltaic system in Cuba. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 105-110.
- F. Martínez, E. Lorenzo, J. Muñoz y R. Moreto. (2011). On the testing of large PV arrays. En *PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS*. España, IES. UPM.
- J. Muñoz, F. Martínez y E. Lorenzo. (2010). *On-site characterisation and energy efficiency of grid-connected PV inverters*. España, IES. UPM.
- Lorenzo, E. (2010). *A dónde va la fotovoltaica*. España: Instituto de Energía Solar – Universidad Politécnica de Madrid.
- SMA. (s.f.). *SMA*. Recuperado el 2011, de <http://files.sma.de/dl/2585/SWebbox-SE-BES111011.pdf>

**ABSTRACT:** As a result of the project, "**Microsystem with Photovoltaic connected to the National Grid**," was installed in the *CIES - Solar Energy Research Center* a Photovoltaic Microsystem of *7.5 kWp* connected to the National Electric System, in order to assess the conditions actual nominal electrical operating parameters of the installation, with respect to those declared by the manufacturer.

Evaluations showed that there is a deviation of *Pmax - maximum power* in *PV* modules - Photovoltaic and *PV* module strings, exceeding permissible tolerance value declared by the manufacturer. The data obtained allowed the analysis of energy production capacity, technology assessment and its potential according to the characteristics of the national grid and weather conditions, contributing *11.4 MWh / year* to the National Power Grid.

**Keywords:** solar energy, photovoltaic systems networking, technology.