

## **ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INSTALADOS EN LAS ESCUELAS RURALES DEL NORTE SANTAFESINO.**

M. Cutrera, B. Gottlieb, M. Battioni, R. Crisalle, G. Risso, R. Koropecski\*, R. Arce, R. H. Buitrago\*.

Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química

CONICET - UNL

Güemes 3450 - 3000 Santa Fe

TE / Fax : 54-42-55 9190 e-mail : rbuitre@intec.unl.edu.ar

\*Facultad de Ingeniería Química - UNL

Sgo. Del Estero 2829 - 3000 Santa Fe

### **RESUMEN**

Por convenio entre la Universidad Nacional del Litoral y el Ministerio de Educación de la Provincia de Santa Fe, se asigna al GENOC la responsabilidad del mantenimiento de prevención y reparación de los sistemas fotovoltaicos instalados en 163 escuelas rurales del norte santafesino.

Se visitaron hasta la fecha 59 escuelas, en las mismas se siguió un protocolo de inspección y mantenimiento que abarca todos los componentes del sistema. Se lleva una estadística completa de fallas y problemas, la que se presenta en este trabajo en forma sintética. En base a los problemas encontrados se discuten algunas soluciones.-

### **INTRODUCCIÓN:**

El Grupo de Energías No Convencionales (GENOC), dentro del convenio marco de cooperación celebrado entre el Gobierno de la Provincia de Santa Fe y la Universidad Nacional del Litoral el día 12 de Junio de 1995 y ratificado por ley N° 11473 de fecha 12 de Junio de 1997, se hizo cargo del estudio, mantenimiento y asistencia técnica de los sistemas fotovoltaicos instalados en 163 escuelas rurales del Norte Santafesino, a partir del 10 de febrero de 1998.-

El objetivo principal es mantener el servicio en buen funcionamiento, teniendo en cuenta la importancia que reviste para este tipo de usuario, que en la mayoría de los casos cumple funciones, no sólo educativas, sino también sociales y culturales entre los grupos familiares de la zona rural próxima.

En segundo lugar es interés de GENOC, la difusión de aquellas fuentes renovables de energía, como la solar fotovoltaica, a la vez que disponer de datos de funcionamiento de los distintos componentes de un sistema fotovoltaico, en lo que hace a durabilidad, rendimientos, causas de fallas, incidencia del tipo de usuarios, marcas comerciales en competición, etc.; a través de equipos que en la actualidad están prestando servicio.

El siguiente trabajo muestra resultados obtenidos sobre los 59 establecimientos educativos visitados en el transcurso del presente año. En la parte experimental se describe la rutina de mantenimiento seguida en cada establecimiento, en resultados, se muestran algunas estadísticas de fallas y de conducta del usuario. Este trabajo se completará al finalizar la primera inspección a todas las escuelas donde el muestreo será mucho más representativo, lo que se estima terminar en el mes de noviembre del corriente año.

### **MÉTODO DE MANTENIMIENTO:**

En cada visita a una escuela rural con sistema fotovoltaico, se procede de acuerdo al protocolo de inspección elaborado por GENOC, que básicamente comprende las siguientes tareas de rutina.

- a) Entrevista con el docente a cargo para obtener un reporte preliminar del estado del sistema, y problemas existentes. Se solicitan datos sobre el equipo eléctrico y/o electrónico usado, la cantidad de personas que habitan regularmente, sus edades y hábitos de consumo de energía.
- b) Módulos, bases y borneras:  
Limpieza profunda del vidrio frontal de los módulos y aplicación de líquido antiestático. Despeje de malezas y ramas que proyecten sombras sobre los módulos. Verificación del cierre y pegado de las cajas de conexionado, se somete a esfuerzos mecánicos los bulones de fijación y el cableado eléctrico.  
En el aspecto de funcionamiento, se mide la tensión de circuito abierto (Voc) y la corriente de corto circuito (Icc) del conjunto de paneles, así como la radiación solar y temperatura de los módulos en el momento de la toma de datos. Estas medidas, se hacen además para un sólo panel, individualizado adecuadamente, a fin de seguir su evolución

temporal en las siguientes visitas. Se ha desarrollado un equipo de adquisición de curvas I-V para los módulos que se comenzará a utilizar en los próximos viajes, estas curvas brindan la información completa sobre el estado del módulo.

c) **Tablero y banco de baterías:**

En el tablero se realiza una inspección visual para detectar roturas, luces indicadoras quemadas, problemas en las conexiones, se repone la batería de alimentación del instrumento, se comprueban los valores de tensión ajustados para las distintas funciones de control y se ensaya, con un simulador especialmente diseñado en nuestro grupo, la operación del controlador de carga de baterías.

En el banco de baterías se mide la tensión y comprueba en todos los vasos, el nivel y densidad del electrolito, así como su homogeneidad, se repone en caso de necesidad. Se verifica el estado de bornes, engrase y si presentan sulfatación; la conexión del sensor de temperatura. Se hace un ensayo de descarga durante 30 minutos para medir la capacidad real remanente, el cuál se repite para una batería testigo a fin de seguir su evolución temporal en las siguientes visitas.

d) **Instalación eléctrica general.**

Inventario de luminarias, llaves y tomas. Chequeo del funcionamiento y reposición del material defectuoso. Inspección del tablero de distribución.

Medición de la caída de tensión desde el banco de baterías hasta el toma más alejado del mismo, el toma se identifica a fin de poder seguir la evolución temporal del  $\Delta V$ , como monitor del envejecimiento del cableado y conexionado de la red de distribución.

## **CAPACITACIÓN DE USUARIOS**

El equipo técnico a cargo de la instalación de los sistemas fotovoltaicos, instruyó a los usuarios en el momento de entregar la obra; pero, dada la permanente movilidad de los maestros, el GENOC consideró necesaria la realización de una nueva capacitación. Es por esto, que el primer paso dado fue el dictado de un curso al usuario, es decir, a los educadores a cargo de los equipos; con el objeto de familiarizarlos con el sistema y su correcto uso. El curso se dictó en las Regionales de cada zona y se distribuyó un manual confeccionado por GENOC como guía y recordatorio de los cuidados a tener con el equipo. A la vez se recabó información sobre la mejor manera de comunicarse con cada educador, a fin de agilizar la asistencia técnica cuando ocurre alguna falla.

El curso dictado por GENOC consistió en la descripción general del equipo, la explicación de algunos términos eléctricos básicos para facilitar la comprensión de las indicaciones que aparecen en los instrumentos. Y, esencialmente, el detalle de los cuidados a tener y el porqué de los mismos, con cada componente del sistema.

Las reuniones llevadas a cabo en cada Regional fueron también una importante ocasión de intercambio de ideas con los docentes, que explicaron los problemas encontrados durante el uso y la opinión, en general favorable, sobre el servicio eléctrico ofrecido por los paneles fotovoltaicos.

## **ESTUDIO DE FALLAS:**

El tipo y cantidad de desperfectos ocurridos, contados sobre las 59 escuelas visitadas al presente (6 de ellas están actualmente conectadas a la red de distribución de energía convencional), se resumen a continuación. **Los porcentajes se dan sobre el total de escuelas visitadas o de módulos, baterías, reguladores, tubos fluorescentes y reactancias instalados según corresponda.**

### **Módulos y sus soportes:**

- Cambio de coloración de celdas: en 10 escuelas (17 %).
- Roturas y robos: 24 módulos (3,5 %).
- Problemas menores tales como oxido en borneras de la base, elementos que proyectan sombra, falta de limpieza, malezas, insectos y pequeños animales en cajas de conexión de módulos: en 29 escuelas (49 %)

### **Regulador:**

- Fuera de servicio por tormenta eléctrica: en 2 escuelas (3,4 %).
- Mal operados por usuario: en 2 escuelas (3,4 %).
- Fallas menores ( luces, fusibles, batería, etc.) que no provocan salida de servicio: en 5 escuelas (8,5%).
- Fuera de servicio por descalibración: en 4 escuelas (6,8 %).

### **Baterías:**

- Fuera de servicio: 12 (5 %).
- Escasa retención de carga: 10 (4 %).
- Bajo nivel de electrolito, falta de grasa y sulfatación en bornes, mala ventilación en el recinto: en 13 escuelas (24,5 %).
- En mal estado por abandono debido a instalación de energía convencional: 22 (8 %).
- Densímetros rotos: 2 (3,4 %).

Reactancias electrónicas:

- De 18 W: 27 (3,4 %).
- De 36 W: 28 (7 %).

Tubos fluorescentes:

- De 18 W: 61 (8 %).
- De 36 W: 45 (11 %).

Instalación eléctrica:

- No se encontraron desperfectos en número significativo en el cableado conexiones eléctricas, llaves, tomas y fusibles.

Teniendo en cuenta el total de fallas ocurridas conforme a nuestra tipificación, los elementos constitutivos del sistema fotovoltaico que presentan mayor porcentaje de desperfectos son los siguientes:

Tubos fluorescentes de 18 W:	21 %.
Tubos fluorescentes de 36 W:	15 %.
Reactancias electrónicas de 36 W:	9,5 %.
Reactancias electrónicas de 18 W:	9 %.
Roturas y robos de módulos:	8 %.
Baterías fuera de servicio:	4 %.
Reguladores fuera de servicio:	2 %.

Con el objeto de analizar la información de acuerdo al tiempo transcurrido desde que comenzó a funcionar cada instalación, se distinguieron tres grupos:

- Grupo I, dos años y medio.
- Grupo II, dos años.
- Grupo III, un año y medio.

Dado que las causas de módulos fuera de servicio no fueron técnicas, sino causas climatológicas o vandalismo, se hizo este análisis sobre las reactancias, los tubos, las baterías y los reguladores de carga, que han sido los elementos con mayor porcentaje de problemas.

- Los porcentajes se dan sobre la población individual de cada grupo.

- GI: 23 % de fallas en reactancias y tubos fluorescentes.  
14 % de baterías de 2 V fuera de servicio.  
20 % de baterías de 12 V fuera de servicio.  
2 % de reguladores descalibrados
- GII: 23 % de fallas en reactancias y tubos fluorescentes.  
0 % de baterías fuera de servicio.  
0.3 % de reguladores descalibrados
- GIII: 4.5 % de fallas en reactancias y tubos fluorescentes.  
0 % de baterías fuera de servicio.  
0 % de reguladores descalibrados

## CONCLUSIONES

Se estudiaron los sistemas fotovoltaicos instalados en las escuelas rurales ya mencionadas, habiendo transcurrido distintos tiempos de funcionamiento: desde un año y medio a dos años y medio. En general los resultados son satisfactorios, con un buen estado de conservación, que permite predecir la continuidad en servicio de muchos elementos mas allá de lo que originalmente se pensaba. Se observa una fuerte dependencia del estado en que se encuentran los sistemas, del cuidado y los hábitos del usuario. Se encuentran contrastes como que en una escuela al cabo de casi tres años tiene todo en perfectas condiciones mientras otras presentan baterías completamente agotadas, luminarias quemadas y descuido en la limpieza de módulos, con solo un año y medio de uso.

De las fallas detectadas surgen claramente las siguientes recomendaciones a los efectos de prolongar la vida útil de los componentes de un sistema fotovoltaico:

a) Las reactancias electrónicas deben tener un sistema de seguridad para evitar su deterioro cuando el tubo se agota. Además las instaladas en el exterior de la vivienda deben ser encapsuladas.

b) Las baterías necesitan que se les mantenga el nivel de electrolito y carga adecuados, el consumo diario no debería superar el 20% de su capacidad.

c) El regulador de carga debe poseer fuentes de referencia de muy buena calidad o en su defecto controlarse su calibración con una frecuencia trimestral.