

**SOFTWARE**

# Fotocal, sistema automatizado para la determinación del área y el costo de un modulo fotovoltaico

## *Fotocal, automated system for the determination of the area and the cost of and photovoltaic module*

Enrique Álvarez Torres<sup>1</sup> y Félix Ponce Ceballo<sup>2</sup>

**RESUMEN.** El Sistema Automatizado FOTOCAL, realiza el cálculo de las dimensiones y la generación de electricidad del modulo fotovoltaico que se necesita para la demanda energética según la situación que se plantea, además establece el precio de la tecnología requerida. Con los resultados obtenidos de este software, es posible establecer los recursos económicos para la implantación tecnológica propuesta. Este programa ha sido utilizado para la determinación del potencial energético solar fotovoltaico de instalaciones agropecuarias, proyectos de investigación científica, tesis para la obtención del título de Ingeniero Mecanizador, maestría y trabajo de diploma.

**Palabra clave:** software, energía fotovoltaica, panel, costo, módulo.

**ABSTRACT.** The FOTOCAL automated system performs the calculation of the dimensions and the electricity generation of the photovoltaic module that it is needed for the energy demand according to outlined situation; it also establishes the price of the required technology. With the results of this software, it is possible to establish the economic resources for the installation of this technological proposal. This program has been used for the determination of the sun photovoltaic energy potential of agricultural facilities, projects of scientific research, thesis for the obtaining of the title of mechanized system engineering, master and diploma work.

**Keyword:** software, photovoltaic energy, panel, cost, module.

### INTRODUCCIÓN

La introducción de la energía fotovoltaica en áreas rurales en Cuba se desarrollo en 1986, para la Electrificación de determinadas actividades, cuestión esta que se ha convertido en una realidad, pues en la actualidad se cuenta con mas de 1 600 instalaciones destacadas a lo largo de nuestro país, constituyendo un paso importante en el desarrollo de las Tareas de la Revolución en las áreas rurales (Cabrera,2005; Pantoja, 1991).

El uso de esta energía en Cuba, según Barri (2004) y Chávez (2001) permite:

- a) Un ahorro considerable de otras fuentes no renovables, las cuales han creado un impacto negativo en el medio ambiente, con su correspondiente efecto sobre los cambios climáticos y otras transformaciones negativas; b) La disminución de la dependencia de los combustibles fósiles y sus inestables

precios;

- c) El valor de esta Tecnología inicialmente es elevado, pero su recuperación es relativamente rápida, con su gran fiabilidad y eficiencia en el funcionamiento; y
- d) Menor dependencia económica y política de los Países Exportadores de los combustibles fósiles tradicionales. (Energía Solar, 2007).

En este sentido el Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA) y la Facultad de Mecanización Agropecuaria de la Universidad Agraria de la Habana, creo un grupo de Energía, el cual tiene dentro de sus objetivos el estudio de las diferentes fuentes energéticas, con la correspondiente tecnología requerida, lo que implica como objetivo la elaboración de un Software que acelere los cálculos en la determinación global del área del panel solar y su costo, tomando en cuenta la demanda energética determinada por una problemática dada.

**Recibido** 04/04/09, trabajo 21/06/10, trabajo 28/10, software.

<sup>1</sup> M.Sc., Prof. Asistente, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Mecanización, E-✉: [eaortres@isch.edu.cu](mailto:eaortres@isch.edu.cu)

<sup>2</sup> Dr. C., Profesor Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Mecanización.

**MATERIALES Y METODOS**

Se realizó una caracterización de las áreas donde se manifestaban las diferentes situaciones, donde se confrontaba la demanda energética y la necesidad de establecer los cálculos necesarios, incluyendo el material disponible (hardware) para la ejecución de dichos cálculos. Se tuvo en cuenta la disponibilidad de la información inicial y los medios para su obtención. (Colindres, 2007; Energía Solar, 2007; Esper *et al*, 2005; Greenperce,2003).

**Sistema Automatizado para la Determinación del Área y el Costo de un Modulo Fotovoltaico**

El sistema automatizado “FOTOCAL” se desarrollo sobre plataforma de trabajo en Basic, para Windows, pudiéndose utilizar el sistema operativo MS-DOS, a partir de los Diagramas de flujos sintetizados en las Figuras 1 y 2, según estos diagramas se determinan el área y costo del Modulo Fotovoltaico, según las diferentes variantes que se confronten (en dependencia de la opción utilizada del sistema) en dependencia de los datos iniciales y los medios empleados para la obtención de estos.

El sistema presenta las características que se mencionan a continuación: (Álvarez, 2006; Álvarez, 2007; Espinosa, 2007; Sarmiento, 2003).

- A. El Sistema puede ser ejecutado en cualquier computadora, independientemente del Sistema Operativo que este montado.
- B. Durante la ejecución del Sistema automatizado, el Usuario puede hacer uso del Sistema Operativo montado en la computadora.
- C. La Introducción de los datos al Sistema, se hace en forma de bloque.
- D. Los resultados parciales y finales, pueden ser mostrados por la pantalla del display, grabados o impresos, según lo desee el Usuario.
- E. El Sistema muestra al Usuario informaciones de archivo, las cuales pueden ser modificadas o rectificadas, al igual que los datos introducidos por el este, durante la entrada de información al Sistema.
- F. Para facilitar la Habilidad de manejo del Sistema este dispone de una forma de funcionamiento demostrativa (DEMO).

Presenta un Menú con 5 opciones, de las cuales se nombran los aspectos más importantes a continuación:

**Opción 1ª** Información, se dan todas las características del sistema y sirve de documentación del Usuario.

**Opción 2ª** Se solicita según los equipos demandantes de energía, la Potencia (W) y el Tiempo de trabajo, dando como resultado la Demanda Energética Total, Área del Modulo y su costo.

**Opción 3ª** Se solicita según los datos que se tengan: la intensidad, tensión, tiempo de trabajo, rendimiento de las celdas, radiación, coeficiente de insolación y formas de las celdas.

**Opción 4a.** Se solicitan según los datos que se tengan: Coeficiente de Insolación, Factor óptico, Eficiencia de las células fotovoltaicas, Demanda eléctrica del Local, Energía Solar W/m<sup>2</sup> día y Valor del kW/\$.

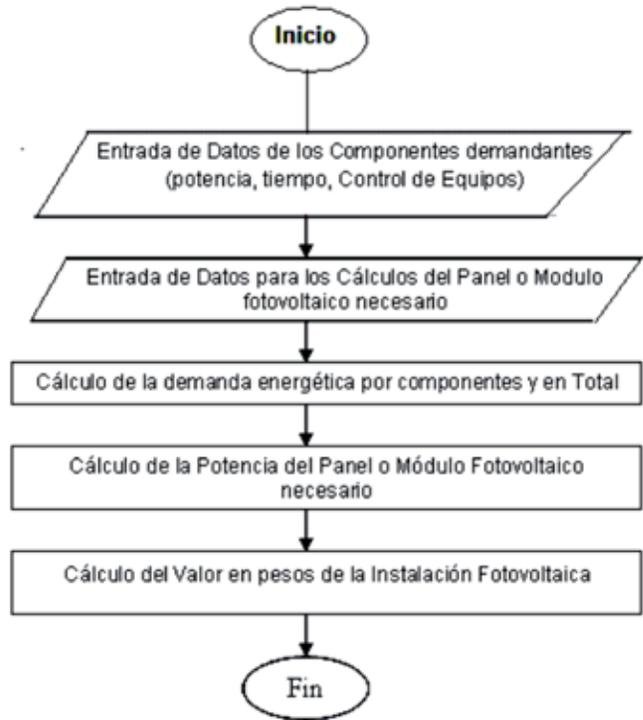


FIGURA 1. Diagrama de flujo sintetizado del sistema automatizado

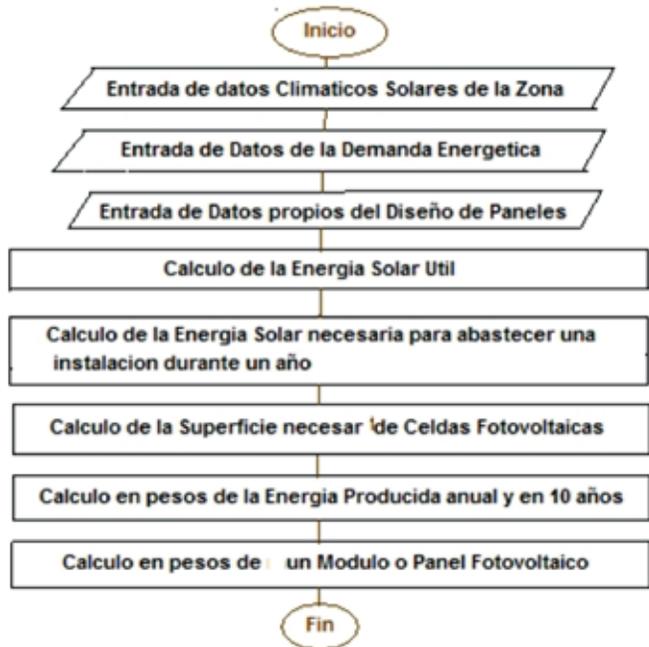


FIGURA 2. Diagrama de flujo sintetizado del sistema automatizado

**Opción 5a.** Salida definitiva del sistema.

La entrada de datos a cada una de las opciones varia según los datos que se solicitan por el sistema, donde si existe algún dato que es factible que cambie, según el tiempo transcurrido después de la elaboración del sistema puede haber variado, dado el desarrollo tecnológico actual. **Ejemplo:** rendimiento, forma de las celdas y etcétera.



FIGURA 3. Diagrama de flujo sintetizado del sistema automatizado

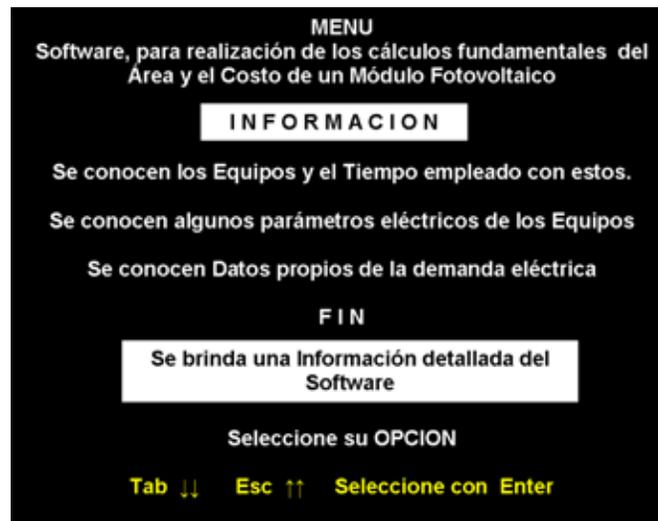


FIGURA 4. Menú del Programa.

### La entrada de datos

En cada una de las Opciones, se amplía con otros, que pueden estar formando parte de la base Interna del sistema por lo que *se muestra a continuación la totalidad de la Información que interviene en los cálculos*: a) Energía Solar captada por 1m<sup>2</sup> del captador durante una hora; b) Coeficiente de Insolación; c) Factor Óptico; d) Eficiencia del Colector y Celda Fotovoltaica; e) Cantidad de Energía demandada ; f) Concentración de Celdas Fotovoltaicas por 1m<sup>2</sup> de Captador.; y g) Valor en pesos por kW.

Para el caso que se desea determinar la Superficie de Celdas necesarias, para cumplimentar la demanda energética, pero de un Equipo o Sistema eléctrico, se incluyen los siguientes datos: 1) Tiempo que Trabaja el equipo; 2) Voltaje que demanda el Equipo; y 3) Intensidad que demanda el Equipo.

### Para la fase de los cálculos

Se obtienen la información siguiente: a) Energía Solar Útil; b) Cantidad de Energía Solar necesaria para cumplimentar

la demanda existente; **c)** Superficie Necesaria de Captadores; **d)** Valor en pesos de la Energía producida en un año; **e)** Valor Admisible en pesos para 1m<sup>2</sup> de Colector; y **f)** Valor en pesos del Módulo o Panel Fotovoltaico.

### Para la fase de resultados

Como ejemplo se muestran los resultados siguientes:

**La Demanda es de:** ..... **1,316 kW**  
 Se necesita un Módulo que produzca: ..... **1448,040 Wp**  
 El valor de la instalación fotovoltaica es d: .. **217.206 pesos**

**Desea Imprimir los resultados....SI(S)....o....NO(N)**

**Otro ejemplo en que se puede ver los resultados siguientes:**

### RESULTADOS

Energía que llega a 1m<sup>2</sup> de captador anualmente en kW ..... **2355,345**  
 Coeficiente de insolación ..... **0,70**  
 Factor óptico ..... **0,90**  
 Eficiencia de las celdas fotovoltaicas..... **0,10**

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ÁLVAREZ, T. E.: Sistema automatizado para la determinación del área y el costo de un módulo fotovoltaico, En: **II Conferencia Científica de Ingeniería Agrícola de la Habana**, ISBN 956-16-0414-9, La Habana, 2006.
- ÁLVAREZ, T. E.: Sistema automatizado para la determinación del área y el costo de un módulo fotovoltaico, En: **Centro Nacional del Autor (CENDA)**, Ciudad de la Habana, Registro 2819, La Habana, 2007.
- BERRI, S. L.: "Energía, Medio Ambiente y Sostenibilidad", "Mito y realidad de las Energía Renovable", Revista Científica Popular Trimestral de CUBASOLAR, La Habana, Cuba, *Energía y Tú*, 26: 4–11, abril–junio, 2004.
- CABRERA, I. M.: "Los Sistemas fotovoltaicos conectados a red", Revista Científica Popular Trimestral de CUBASOLAR, La Habana, Cuba, *Energía y Tú*, 31: 6–12, julio–septiembre, 2005.
- CHÁVEZ, P. I.: "Desarrollo en Cuba de la Energía Fotovoltaica", Revista Científica Popular Trimestral de CUBASOLAR, La Habana, Cuba, *Energía y Tú*, 14: 12–14, abril–junio, 2001.
- COLINDRES, M. CR.: "Auto-sostenibilidad energética para una vaquería típica por medio de las fuentes de energías eenovables (FER)", **Trabajo de Diploma (en Opción al Título de Ingeniero Mecanizador Agropecuario)**, Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 2007.
- ENERGÍA SOLAR: *Energía sola, [en línea] 2007, Disponible en: <http://www.solarcenter.com.ar/solar> [Consulta: 22 diciembre 2007].*
- ESPER, A. SCHUMM, G and MUKLBAUKER, W.: *Photovoltaic Septems and Components Solar Energy and Biomass Engineering*. pp. 66–90, Volume V. Handbook of Agriculture Engineering. **Edited:** by CIGR–The Internacional Commision of Agricultural Engineering, USA, 2005.
- ESPINOSA, J. R: *Uso de la Energía Fotovoltaica en la Micro vaquería de la CPA "Capitán Alberto Torres"*, **Trabajo de Diploma (en Opción al Título de Ingeniero Mecanizador Agropecuario)**, Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 2007.
- GREENPERCE: *Energía solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica*, España, 2003.
- PANTOJA, L. A.: *Tecnología fotovoltaica solar*, pp. 163 – 185, Energía Renovables. Comité de Energía y Recursos Naturales del Instituto de la Ingeniería de España, **Editorial CIEMAT**, Madrid, España, 1995.
- SARMIENTO, S. A.: "La hora pico". Revista Científica Popular Trimestral de CUBASOLAR, La Habana, Cuba, *Energía y Tú*, 22: 10–11, abril–junio, 2003.
- TURRÍNI, E.: "El camino del sol y la Revolución en el siglo XXI", Revista Científica Popular Trimestral de CUBASOLAR, La Habana, Cuba, *Energía y Tú*, 28: 29–37, octubre–diciembre, 2004.

Energía solar anual útil ..... **156.87**  
 Cantidad de energía solar en kW anual necesaria por casa ..... **3650,00**  
 Superficie necesaria de captadores en cm. x cm ..... **23,27**  
 Superficie necesaria de celdas fotovoltaicas en cm. x cm..... **465,37**  
 Valor en pesos de la energía producida en un año x casa..... **4562,50**  
 Valor admisible en pesos para 1m<sup>2</sup> de colector ..... **1960,82**

**ACCIONE UNA TECLA PARA CONTINUAR**

### CONCLUSIONES

**El Sistema Automatizado creado permite:**

- Hallar el área y el costo del módulo fotovoltaico, incluyendo el costo de montaje, mantenimiento y control del sistema.
- La posibilidad de hacer valoraciones sobre el costo de la energía que genera el sistema fotovoltaico y el ahorro económico que constituye el cambio de esta energía por la energía producida de combustibles fósiles.
- Al usuario disponer de una Herramienta de trabajo, para promover la necesidad de emplear este tipo de energía, para disminuir el empleo de otras fuentes no renovables, que afectan tanto al medio ambiente.