

# Energía solar fotovoltaica en la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central Aplicación en un sistema de iluminación

Photovoltaic solar energy in  
the Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central  
Application of lighting system

**Amparo Montañez<sup>1</sup>, Diego Rincón<sup>2</sup>, Yousef Zúñiga<sup>3</sup>, William González<sup>4</sup>, Germán López<sup>5</sup>**

## **Resumen**

Este artículo describe el trabajo llevado a cabo por el semillero de investigación SER (Semillero en Energías Renovables), de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central de Bogotá (ET-ITC). Dicho trabajo diseña un sistema de iluminación a partir de energía solar fotovoltaica y, posteriormente –luego de adquirir los materiales requeridos con la ayuda de la ET-ITC–, realiza el montaje e instalación del sistema propuesto. Se analizan y describen tanto aspectos como consideraciones tenidos en cuenta por el semillero SER en el momento de diseñar una instalación con energía solar fotovoltaica. Se plantea la importancia de la implementación de este tipo de tecnología en una institución educativa, a la vez que promueve e incentiva el uso de ese tipo de energía amigable con el medio ambiente a todo el plantel educativo.

**Palabras clave:** *energía solar fotovoltaica, diseño, energía amigable, promover, incentivar.*

## **Abstract**

This article describes the work carried out by the hotbed of research SER (seedlings in renewable energies), of the Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central of Bogotá (ET-ITC); which designed a system solar photovoltaic and later after acquiring the materials required whit the help of the ET-ITC, performs the assembly and installation of the proposed system. Analysed and described both aspects and considerations taken into account by the seedlings SER when designing a solar photovoltaic installation. It raises the importance of the implementation of this type of technology in an educational institution, at the same time that promotes and encourages the use of this type of friendly energy environment to all school site.

**Key words:** *photovoltaic solar energy, design, friendly energy, promote, encourage.*

1 Estudiante de Tecnología en Montajes Industriales, VI semestre, integrante semillero SER, Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, Bogotá, lmontanez@itc.edu.co.

2 Estudiante de Tecnología en Montajes Industriales, VI semestre, integrante semillero SER, Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, Bogotá, ddrincon@itc.edu.co.

3 Estudiante de Tecnología en Montajes Industriales, VI semestre, integrante semillero SER, Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, Bogotá, yzuniga@itc.edu.co.

4 Estudiante técnico en Sistemas, V semestre, integrante semillero SER, Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, Bogotá, wigonzalez@itc.edu.co.

5 Ingeniero mecánico, docente coordinador, semillero SER, Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, Bogotá, germanlopezm@yahoo.es.

---

## 1. Introducción

La creciente demanda de energía en esta sociedad de consumo, así como el progresivo aumento de la población mundial, han llevado a los seres humanos a utilizar de manera indiscriminada los recursos naturales, principalmente los no renovables y las fuentes de energía provenientes del petróleo. Todo esto ha afectado al planeta, principalmente por la alta emisión de gases de efecto invernadero y por el agotamiento de estos recursos.

En la ET-ITC de Bogotá, hace un par de años, se conformó el semillero SER, un grupo de estudiantes –coordinados por un profesor–deseosos de investigar sobre las energías limpias más representativas a nivel mundial; para tal fin, se decide iniciar con el estudio de la energía solar fotovoltaica. Una de las tareas que desarrolla el semillero SER es la promoción y difusión de las energías renovables ante la comunidad académica de la institución en particular y ante la sociedad bogotana en general. Para lograr esta tarea, se escoge como tema de investigación la aplicación de la energía solar fotovoltaica para realizar la iluminación de un sitio visible y estratégico de la institución. El lugar elegido corresponde al cuarto piso del patio central, específicamente el costado suroeste. Esta zona cuenta con un área con techo, lo que permite la instalación de los paneles solares; adicionalmente, hay ausencia total de sombras, de fácil visualización por cualquier persona dentro de la institución y con un bajo nivel de circulación peatonal –corresponde al final de un corredor externo con vista al patio central–, además de no contar con ningún tipo de iluminación eléctrica (figura 1).

Se espera que este sitio se convierta en un ícono de las energías renovables en la ET-ITC, además de constituirse en un ‘laboratorio experimental’ para el desarrollo de nuevos proyectos de investigación en el área. De la misma forma, espera convertirse en un espacio motivador de alumnos



**Figura 1.** Sitio escogido para la instalación solar fotovoltaica en la ET-ITC.

El proyecto cuenta con la financiación de la institución; actualmente se encuentra en la etapa de pruebas y seguimiento con la colaboración de nuevos integrantes del semillero. Estos últimos se han venido sumando gracias al interés despertado en los estudiantes durante el proceso de instalación del sistema de iluminación.

## 2. Planteamiento del problema

Colombia es un país que afortunadamente posee una buena oferta de recursos energéticos: exportador de petróleo –32 a nivel mundial– (Index Mundi, 2012), de carbón –sexto a nivel mundial– (Mercado Internacional del Carbón, 2005); está entre los 30 primeros países con mayores reservas de gas natural (INDEX MUNDI, 2012) y sexto país a nivel mundial con mayores reservas hídricas (Boggiano, 2013). Esta situación tiende a reducir el crecimiento y la implementación de las llamadas energías renovables, como la eólica, la mareomotriz, la geotérmica y la solar (térmica y fotovoltaica); energías que disponen también de altos índices de disponibilidad (IPSE, 2013).

La energía solar fotovoltaica ha demostrado ser una alternativa bastante viable en un país como Colombia, donde las condiciones geográficas y to-

---

pográficas así lo demuestran, de acuerdo con lo que se puede observar en el Atlas de radiación solar elaborado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2005).

### **3. Justificación**

El sistema de iluminación a partir de la energía solar fotovoltaica en la ET-ITC se diseña con el ánimo de facilitar un contacto más cercano con esta tecnología y ofrecer un espacio dentro de la institución que sirva como vitrina de nuevos proyectos o centro de reunión para futuros investigadores. Este sitio, adicionalmente, servirá como laboratorio de prácticas para el semillero y punto de partida para otros estudiantes que deseen integrar el semillero; apropiado también como una respuesta preliminar al nuevo reto que plantea la nueva legislación nacional (Ley 1715 del 2014, por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional).

### **4. Metodología**

Para el proyecto presentado, se llevó a cabo una investigación de tipo cuantitativo-descriptivo, debido a la naturaleza de las inquietudes planteadas por el semillero, y se establecieron cinco etapas para el desarrollo del proyecto:

1. Revisión documental: Se efectúa una valoración de los autores más reconocidos, además de las múltiples investigaciones y avances tecnológicos en lo que se refiere al tema del sol como vector energético, las celdas fotovoltaicas y los sistemas fotovoltaicos aislados.
2. Cálculos y diseño: Se realiza el diseño del sistema fotovoltaico de iluminación, basado en la situación actual y en pruebas con pequeñas celdas de fácil adquisición en el mercado local.

En esta fase también se definen los diferentes componentes que conforman una instalación solar FV, además de seleccionar el lugar para iluminar con dicho sistema.

3. Implementación: Se obtienen los recursos y se compran materiales y elementos, y luego se procede con la instalación y montaje del sistema.
4. Pruebas, captura de datos y evaluación de resultados: Se llevan a cabo el monitoreo, mediciones y toma de datos del sistema FV. Luego se evalúa determinando los resultados.
5. Divulgación: Apoyados en el estudio realizado, se procede con la divulgación del proyecto (presentación de los resultados obtenidos a la comunidad educativa y científica).

### **5. Objetivo general**

Diseñar e implementar un sistema de iluminación fotovoltaico en la ET-ITC, con el fin de promover el uso de esta energía.

#### **5.1. Objetivos específicos**

- Describir y caracterizar los diferentes elementos que conforman una instalación solar fotovoltaica tipo aislada.
- Elaborar el cálculo de un sistema de iluminación fotovoltaico autónomo.
- Implementar el sistema FV mediante la instalación de los componentes en el lugar establecido.
- Evaluar la eficiencia, funcionamiento y rendimiento del sistema FV mediante un método de seguimiento y monitoreo.
- Diseñar un plan de divulgación del sistema FV en la ET-ITC, difundiendo la información sobre el diseño, funcionamiento, capacidad de generación y posibles aplicaciones del proyecto.

## 6. Marco teórico

### Radiación solar

El sol genera radiación solar por fusión nuclear; esta energía –inmensamente utilizable– viaja 149,5 millones de kilómetros en 8,3 minutos hasta la superficie terrestre a una velocidad de 300.000 km/s (Masa, 2011). Algunas formas de ondas electromagnéticas nocivas para los seres vivos contenidas en la radiación solar son filtradas por la atmósfera (Gobierno de Aragón España, Centro Aragonés de Tecnologías para la Educación., 2014), para luego presentarse en una de tres maneras representativas (Masa, 2011): radiación directa, radiación difusa o dispersa y radiación de albedo.

### El efecto fotovoltaico

Es la capacidad de los semiconductores de permitir el flujo unidireccional de corriente eléctrica y su facultad de modificar su comportamiento eléctrico al incidir sobre ellos radiación lumínica, creando una diferencia de potencial entre sus terminales.

### Celdas fotovoltaicas

De acuerdo con la estructura molecular que el cristal semiconductor adopte, pueden ser: monocristalinas y policristalinas. Las primeras rinden del 15 al 18%, su estructura interna tiene una única forma y se caracterizan por un color azul homogéneo. Las segundas rinden del 12 al 14%, tienen diferentes formas y su color varía entre tonalidades de azul casi grisáceo y amorfas, rinden un 10%, es una agrupación de células en finas capas, permitiendo su flexibilidad y su color característico, marrón homogéneo (Mcgraw-Hill, 2010).

Una adecuada instalación solar fotovoltaica exige una correcta selección de los elementos empleados, tales como paneles solares, regulador de carga, baterías, inversor, conductores eléctricos y caja de distribución, protección y control. El listado es obtenido del cálculo de dimensión se-

gún la carga o demanda propia de la instalación, frente a la cantidad de radiación solar o HPS que corresponde al número de horas en las que cada metro cuadrado de superficie captadora obtiene de modo constante 1.000 W de energía (Masa, 2011).

## 7. Cálculo del sistema de iluminación solar

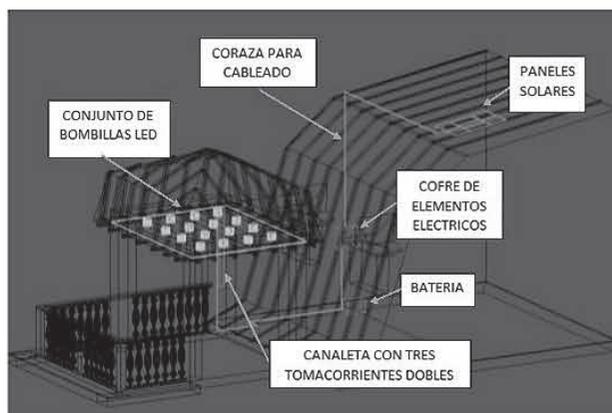


Figura 2. Ubicación de elementos que componen la instalación solar fotovoltaica.

Para el cálculo de la energía total consumida, se estimó 16 luminarias led de 3 W a 110 V CA cada una, y se dispondría de dos tomacorrientes de máximo 25 W a 110 V CA cada uno. También se estimó que el número de horas de uso diario de estos dispositivos era de máximo 4 horas y que la tensión de trabajo de la batería era 12 V CC. Con esta información se determinó la energía de consumo diario ( $\sum E_{CA}$ ), la cual dio: 392 W-h/día en CA; este valor se afectó por el rendimiento del inversor o convertidor. Se tomó 0,90, dando un consumo diario de 435,6 W-h  $E_d$ ; con este valor se determinó la carga por generar

$$(C_G), C_G = C_d \text{ [Ah]} \quad (1)$$

$C_d$  = carga consumida diaria; a su vez, esta se calcula con la ecuación (2)

$$C_d = \frac{E_d}{V_{tr}} = \frac{(435,6 \text{ wh})}{(12 \text{ V})} = 36,3 \text{ [Ah]}$$

(2)

Para determinar el número total de paneles fotovoltaicos ( $N_T$ ) del sistema, se parte de que la energía que puede(n) generar un(os) panel(es) fotovoltaico(s) es igual a la potencia pico generada multiplicada por el tiempo de captación solar, así:

$$E_G = P_{PG} \times HSP \text{ [Wh]} \quad (3)$$

$P_{PG}$  es la potencia pico generada en el (los) panel(es) fotovoltaico(s).

Ahora, para estimar el valor de la energía generada por los paneles, fue necesario hacer una preselección del panel fotovoltaico; en este caso se escogió un panel policristalino de 80 W pico a una tensión pico por módulo  $v_{PM}$  de 17,5 V y una corriente pico  $i_{PM}$  de 4,58A; pero por otro lado:

$$E_G = v_{PM} \times i_{PM} \times N_S \times N_P \times HSP \quad (4)$$

Para determinar el número de paneles y su forma de conectarse, para cubrir la demanda de energía, el número de HSP tomado fue 4,5 h para la ciudad de Bogotá, según el Ideam, la UPME y el Ideam (2005). La tensión de trabajo (en el banco de baterías) fue de 12 V. En la tabla 1 se muestran los datos técnicos del panel preseleccionado:

Potencia max [W]	80 W
Tensión a potencia max. $v_{PM}$ [V]	17,5 V
Intensidad a potencia max $i_{PM}$ [A]	4,58 A
Tensión en circuito abierto $v_{oc}$ [V]	21,6 V
Corriente en cortocircuito $i_{sc}$ [A]	5,17 A

**Tabla 1.** Datos técnicos del panel fotovoltaico preseleccionado

Al calcular la carga que genera un solo panel, se obtiene:

$$C_G = \frac{435,6 \text{ wh}}{17,5 \text{ v}} = 24,9 \text{ [Ah]} \quad (5)$$

El número de paneles en paralelo ( $N_p$ ) se calcula así:

$$N_p = \frac{C_G}{i_{MP} \times HSP} = \frac{(24,9\text{Ah})}{4,58\text{A} \times 4,5\text{h}} = 1,21 \sim 2 \quad (6)$$

El número de paneles fotovoltaicos en serie ( $N_s$ ) se calcula así:

$$N_s = \frac{V_{tr}}{v_{PM}} = \frac{12 \text{ v}}{17,5 \text{ v}} = 0,68 \sim 1 \quad (7)$$

El número total de paneles ( $N_T$ ) es:

$$N_T = N_p \times N_s = 2 \times 1 = 2 \quad (8)$$

Por otra parte, la carga del banco de baterías ( $C_B$ ) que garantiza la autonomía de esta instalación, tomando dos días de autonomía y una profundidad de descarga ( $p_r$ ) de la batería de plomo/ácido libre de mantenimiento, de 0,5, es:

$$C_B = \frac{C_a * n.^\circ \text{ de días de autonomía}}{pf} = \frac{36,3 \text{ Ah} \times 2}{0,5} = 145,2 \text{ Ah} \quad (9)$$

Por lo que se escoge una batería de 12 V y 150 A-h de plomo/ácido. El dimensionamiento de los conductores por utilizar, las protecciones eléctricas requeridas tanto en CC como en CA, el dimensionamiento de la conexión a tierra, el estudio y cálculo de la ubicación, dirección e inclinación de los paneles solares fotovoltaicos y la construcción del soporte para los paneles solares se realizaron de acuerdo con las recomendaciones de autores especializados (Ortega, 2000).

## 8. Resultados y conclusiones

Con el diseño e instalación del sistema de iluminación propuesto, se ha cumplido con el propósito de apropiar una metodología, tanto de cálculo como de implementación de la energía solar fotovoltaica, en una instalación tipo aislada por parte de los integrantes del semillero SER.

---

La ET-ITC cuenta con un espacio de difusión de este tipo de tecnología, con el que podrá promover su uso, además de acercar a estudiantes y docentes a una permanente reflexión sobre las bondades de la energía solar fotovoltaica.

## 9. Agradecimientos

Los integrantes del semillero SER agradecen a los directivos de la ET-ITC por la financiación para la adquisición de los equipos, por la sesión del sitio y por la colaboración para la implementación del sistema solar fotovoltaico.

## 10. Referencias bibliográficas

Boggiano, M. A. (16 de 11 de 2013). *Carta financiera*. Obtenido de los diez países con más reservas de agua del mundo: <http://www.cartafinanciera.com/tendencia-actual/los-10-paises-con-mas-reservas-de-agua-del-mundo/>.

Gobierno de Aragón (España), Centro Aragonés de Tecnologías para la Educación (2014). *e-educativa.catedu.es/*. Obtenido de *e-educativa.catedu.es/*: <http://e-educativa.catedu.es/44700165/>

[aula/archivos/repositorio//2500/2555/html/4\\_efecto\\_protector\\_de\\_la\\_atmosfera.html](http://aula/archivos/repositorio//2500/2555/html/4_efecto_protector_de_la_atmosfera.html).

Index Mundi (02 de 11 de 2012). *Economía, exportaciones de petróleo*. Obtenido de <http://www.indexmundi.com/g/r.aspx?v=95&l=es>.

IPSE (2013). *Plan de acción 2014 IPSE*. Bogotá: IPSE.

Masa, M. A. (2011). *Energía solar fotovoltaica*. México, D. F.: Limusa.

McGraw-Hill (2010). *www.mcgraw-hill.es*. Obtenido de *www.mcgraw-hill.es*: <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>.

Ortega, R. M. (2000). *Energías renovables*. Madrid: Paraninfo.

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2005). *www.upme.gov.co Atlas de radiación solar en Colombia*. Obtenido de *www.upme.gov.co*: [http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas\\_Radiacion\\_Solar/2-Mapas\\_Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/2-Mapas_Radiacion_Solar.pdf).

