



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

**CARTAGENA, COLOMBIA
18 al 21 de septiembre de 2018**



DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA ENSEÑANZA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Santiago Contreras Castillo, Juan Sebastián Rojas Aguilar, Edwin Francisco Forero

**Universidad Santo Tomás
Bogotá, Colombia**

Resumen

Por parte del semillero de eficiencia energética, perteneciente al grupo de investigación MEM, se diseñará un prototipo de un sistema fotovoltaico sin conexión a la red (Off-Grid) para mejorar el proceso de enseñanza de la energía fotovoltaica en la facultad de ingeniería electrónica de la universidad Santo Tomás sede Bogotá. La metodología de enseñanza será por medio de prácticas presenciales que permita a los estudiantes y asistentes tener la oportunidad de manejar equipos reales y conocer el funcionamiento de cada uno de los componentes en un sistema fotovoltaico, además, permitirá afianzar los conocimientos teóricos adquiridos en un curso que se desarrollará en paralelo a este prototipo. Para demostrar que la aplicación de prácticas presenciales apoya el conocimiento teórico, para mejorar la enseñanza de la energía fotovoltaica se realizarán prácticas de prueba y encuestas entre los participantes para así medir los resultados.

Palabras clave: enseñanza; energía fotovoltaica; mejoramiento

Abstract

As the research group of energy efficiency, pertaining to the group of investigation MEM, a prototype of a photovoltaic system without connection to the network (Off-Grid) will be designed to improve the process of education of the photovoltaic energy in the faculty of electronic engineering of Santo Tomás University, Bogotá. The methodology will be through face-to-face practices that allow students and assistants to have the opportunity to handle real equipment and know the operation of each of the components in a photovoltaic system, in addition, it will strengthen the theoretical knowledge acquired in a course that will be developed at the same time to this prototype. To

demonstrate that the application of face-to-face practices support theoretical knowledge, to improve the teaching of photovoltaic energy, test practices and surveys will be carried out among the participants in order to measure the results.

Keywords: *teaching; photovoltaic energy; improvement*

1. Introducción

La educación es un componente fundamental en la formación de los estudiantes de ingeniería, ya que es a partir de ella que se logra adquirir el conocimiento, y el uso de este en la práctica es importante para afianzar y mejorar el aprendizaje del estudiante. En muchos casos, las instituciones no cuentan con recursos para la compra de plantas físicas suficientes para la utilización de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, que le permitan conocer el funcionamiento real de una máquina, lo cual les dará las herramientas necesarias para afrontar problemas de la vida cotidiana en la ingeniería y familiarizar los conceptos que se aprendieron a través de la teoría.

El proyecto busca mejorar la enseñanza sobre las energías renovables más específicamente sobre la energía fotovoltaica siguiendo con el modelo pedagógico de la universidad Santo Tomás donde menciona que el modelo se enfrenta a 3 retos los cuales son la modernización y la ecología, la globalización y la sociedad del conocimiento y por último la cibercultura y los nuevos escenarios educativos [1] el desarrollo de este proyecto a parte de darle al estudiante la oportunidad de enfrentarse a una situación real donde pueda entender y aplicar los conocimiento adquiridos por su cuenta se está ayudando a la superación de los retos mencionados anteriormente pues el proyecto presenta innovación para la educación además inicia una concientización desde la educación sobre aspectos ambientales y la generación limpia de energía.

Además, el proyecto se centra en la energía fotovoltaica porque esta representa la segunda fuente más avanzada de energía renovable con mayor influencia en el mundo y cuenta con una producción de entre el 0.85% y el 1% de la producción de energía eléctrica mundial además que su tecnología ha avanzado de forma exponencial obteniendo su integración a los mercados mundiales y reduciendo considerablemente sus costos de venta y producción [2].

Los estudiantes de Ingeniería Electrónica en su pensum ven la temática de la energía fotovoltaica donde se tocan temas como el estudio del comportamiento de un panel solar, sus variables características y sus tipos, también cuentan con la oportunidad de aprender sobre logaritmos de seguimiento del punto de potencia máxima (MPPT) pero toda esta teoría solo se ve aplicada por medio de simulaciones que emulan el comportamiento de paneles solares o convertidores es por esto que se hace necesario crear una herramienta para mejorar y dar un valor agregado a la educación sobre la energía fotovoltaica. Cabe mencionar que el gobierno colombiano ha iniciado varias iniciativas para el apoyo de la implementación de las energías limpias [3] y éste será un campo de acción en donde los estudiantes podrán desempeñarse profesionalmente.

Tomando en cuenta todo lo anteriormente dicho el proyecto buscará implementar un prototipo de un sistema fotovoltaico para el mejoramiento de la enseñanza sobre la energía fotovoltaica por

medio de prácticas presenciales acerca de las temáticas más importantes vistas en el curso de Fuentes de energía renovables en su capítulo de energía Solar fotovoltaica. Se tendrá ayuda profesional acerca de métodos de enseñanza a aplicar en las prácticas y en el desarrollo de las guías de estas, además se buscará obtener el apoyo de los profesores que imparten las clases para seguir así las mismas temáticas vistas por los estudiantes y poder identificar por medio de la recolección de datos sobre el desarrollo y resultados de las prácticas que este método ayudará al mejoramiento de la educación sobre esta tecnología de generación de energía eléctrica.

2. Diseño de la planta

Para el prototipo del sistema fotovoltaico se tuvieron parámetros de diseño como lo son que el prototipo tiene que ser modular pues se debe otorgar al estudiante la facilidad de intercambiar los elementos del sistema para así observar el cambio en el funcionamiento. por otra parte, el sistema debe ser capaz de manejar un rango de potencias pues debido a que los paneles solares se irán cambiando pues el sistema debe adecuarse a la potencia que estos entreguen.

En la figura 1 se muestra el diagrama de conexiones para el prototipo, se buscó que este tuviera dos tipos de cargas unas cargas alimentadas antes de la conversión DC/AC y otras cargas después de esta, para así poder observar distintas etapas del sistema y poder mostrar al estudiante que no es necesario el inversor y que la implementación de esta forma de generación eléctrica es demasiado versátil dependiendo a la solución.

Cabe mencionar que un trabajo a futuro de este proyecto es permitir al estudiante verificar el funcionamiento de la planta remotamente además de interactuar con ella y poder realizar las prácticas de forma virtual es por esto que en el diagrama se integra una tarjeta de adquisición capaz de comunicarse con los data logger del regulador y del inversor y capaz de medir voltajes y corrientes en puntos estratégicos.

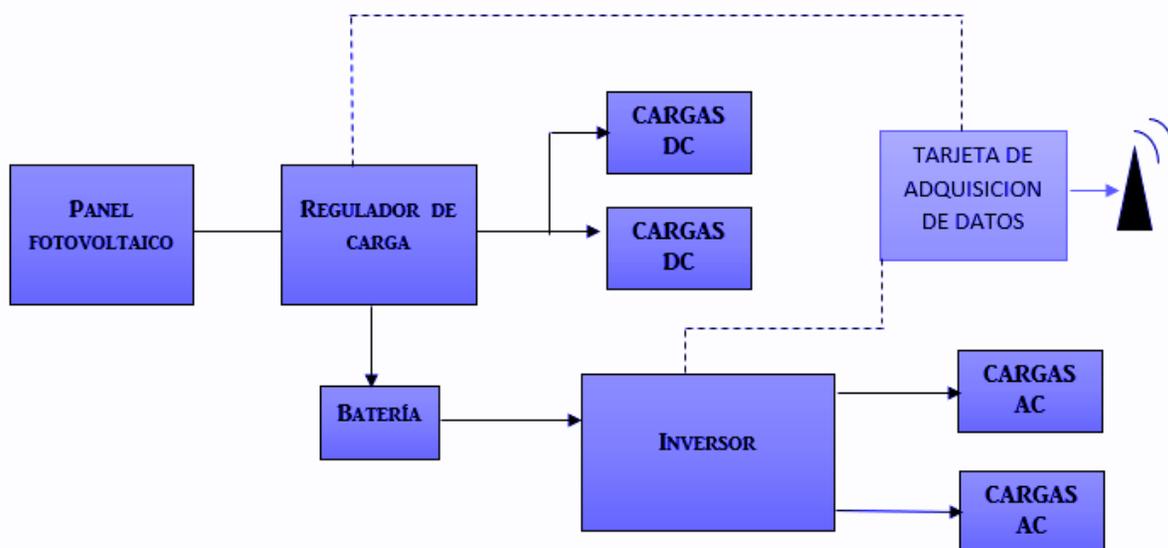


Figura 1. Diagrama de conexiones del prototipo fotovoltaico educacional.

- Paneles solares con distintas potencias, además de distinta composición sea monocristalinos, policristalinos y amorfos.
- Regulador de carga capaz de recibir el rango de potencias de los paneles.
- Acumuladores, Baterías de carga seca y descarga profunda.
- Inversores con la opción de dar onda pura y onda modificada.
- Cargas DC que no consuman más de 1 amperio puede ser un cargador de celular o un Arduino UNO
- Cargas AC que pueden ser bombillas ahorradoras.

3. Estrategias de enseñanza

Para la realización de las prácticas de laboratorio es necesario que el estudiante adopte una estrategia de regulación de recursos, la cual indica que el mismo estudiante debe administrar el tiempo que usa para la realización de las prácticas y el lugar en el cual se efectuarán las mismas, las cuales deberán ser monitoreadas y a su vez apoyadas por pares que brindaran puntos de vista o resolverán dudas para un mejor aprendizaje [4] de esta forma, al realizar las guías prácticas, se tendrá un mayor cuidado y al surgir alguna duda que alguien pueda resolver, será posible tener un aprendizaje de modo eficiente y rápido.

Para mejorar el aprendizaje del estudiante un poco más, se buscará que el estudiante investigue de ciertas temáticas previas a la práctica las cuales se mostraran durante la realización de esta (aprendizaje profundo) [4], de modo que se comprueben algunos conceptos, se entiendan y estos queden claros.

El objetivo final del acompañamiento y monitoreo de prácticas o tutorías por parte de monitores, cuyo objetivo es el de lograr conocimientos necesarios o mostrar la información requerida que permitan al estudiante valerse por sí mismo, y lograr la autonomía necesaria para trabajar los equipos con el trato adecuado y seguro de modo que el estudiante no se vea afectado y que la planta solar tampoco, para poder en un futuro realizar prácticas de diferentes temáticas.

Por último, en cada guía de laboratorio se buscará otorgar al estudiante consejos sobre el manejo de los implementos, mostrarle qué medidas de seguridad exige la ley y otras medidas que la experiencia ha enseñado además se otorgaran también algunos comentarios o sugerencias personales los cuales brindan un punto de vista extra al estudiante en puntos a tener en cuenta en la realización del informe o en la organización de los datos de la práctica.

4. Guías propuestas

La universidad cuenta con un Syllabus para la materia de fuentes de energía renovables, y además cuenta con espacios destinados para la realización de algunas prácticas de laboratorio, en las cuales se puede incluir las guías de laboratorio que se tienen pensadas para los estudiantes. Para la realización de las prácticas se tiene pensado darle dos opciones al estudiante para la medición de las variables de voltaje y corriente, la primera es por medio de la utilización de multímetros los

cuales podrán medir dichas variables en el sistema en puntos ya diseñados para este fin pedir por otra parte se dará la opción de realizar las mediciones con microcontroladores y los estudiantes tendrán la facilidad de tener la instrumentación necesaria para la adecuación de las variables para su lectura.

A continuación, se mostrarán las guías propuestas inicialmente para realizar las pruebas del prototipo.

Guía N°1

Nombre: Manejo y reconocimiento de equipos.

Objetivos:

- Mostrar al estudiante equipos reales los cuales podrán encontrar en el campo laboral al implementar una solución con energía solar.
- Explicar el correcto manejo de los equipos y su funcionamiento.
- Permitir al estudiante observar el funcionamiento de una planta solar sin conexión a la red (Off-Grid).

Tiempo destinado: 2 horas con el grupo completo.

Materiales para utilizar: N/A

Metodología:

Se llevará y dividirá por grupos a los estudiantes por una serie de estaciones en las cuales cada monitor de la práctica tendrá un implemento de un sistema fotovoltaico, en cada una de estas estaciones se mostrará el correcto funcionamiento del equipo, sus variaciones en el mercado y su correcto uso y manipulación. De esto los estudiantes daban una retroalimentación a sus compañeros de tipo peer learning [5], en la cual los estudiantes mismos refuerzan el conocimiento adquirido y se resuelvan las dudas que se tengan por parte de algún módulo o equipo.

Guía N°2

Nombre: Adquisición de curvas Voltaje vs Corriente y Voltaje vs Potencia del panel solar de la planta física y simulación.

Objetivos:

- Permitir al estudiante comparar entre la fiabilidad y exactitud de una simulación y de una medición real.
- Brindar el conocimiento necesario al estudiante para que maneje los implementos de un sistema fotovoltaico de manera correcta y segura.

Tiempo destinado: 30 minutos por grupo.

Materiales para utilizar:

- Multímetro.
- Software Psim (open source).
- Arduino (Opcional para la medición de voltaje y corriente)

Metodología:

Se dividirá el grupo de trabajo en grupos de máximo 4 personas y se rotaran cada 20 minutos el manejo del prototipo educacional fotovoltaico, en este momento el grupo deberá simular niveles de irradiancia mediante un reflector y medir el voltaje y la corriente en el panel, los estudiantes deberán

realizar estas mediciones con los 3 paneles disponibles los cuales serán de distintas composiciones además deberán variar el ángulo de azimut de la posición de cada uno de los paneles y mostrar la diferencia en cada nivel de irradiancia. Mientras un grupo está trabajando con el prototipo educacional fotovoltaico los otros grupos deberán simular el mismo sistema configurando las características de cada panel para esto es requisito buscar la hoja técnica de cada uno y así aprender a leer esta. al final cuando ya se tengan los datos experimentales y los datos de la simulación se les pedirá a los estudiantes que analicen y comparen estos y saque sus conclusiones de las discrepancias que se pueden encontrar entre estos.

Guía N°3

Nombre: Funcionamiento de un sistema fotovoltaico sin conexión a la red eléctrica. (Off- Grid).

Objetivos:

- Permitir al estudiante observar el funcionamiento de un sistema fotovoltaico.
- Concientizar al estudiante sobre la importancia de la generación limpia de energía.
- Dar las herramientas teóricas apoyadas por la experiencia que otorga la práctica para que pueda diseñar soluciones para equipos que funcionen en DC como en AC.
- Mostrar al estudiante las diferentes tecnologías de optimización de la generación permitiéndole que utilice equipos con distintas tecnologías y compare.

Tiempo destinado: 40 minutos por grupo

Materiales para utilizar:

- Multímetro.
- Destornillador

Metodología

Se llevará a los estudiantes a un espacio abierto donde llegue la luz del sol directamente en donde ya estará el montaje del prototipo fotovoltaico educacional listo para su uso, lo primero que realizarán los estudiantes será la conexión desde el panel solar hasta las cargas AC como se muestra en la figura 1 en este proceso se enseñara a los estudiantes la correcta forma de conexión y los cuidados que se deben tener para evitar arcos de voltaje. Ya con esto el prototipo tendrá una serie de interruptores en donde se podrá cancelar la conexión al inversor y cancelar la conexión del panel con el regulador así los estudiantes tendrán la oportunidad de verificar partes del sistema individualmente y observar qué sucede cuando el panel solar es tapado por completo o desconectado. Además de esto los estudiantes tomarán los datos que entregan el regulador y el inversor en su interfaz donde estará la corriente del sistema, la eficiencia del equipo y así poder encontrar la potencia generada por el sistema y la eficiencia total también, el estudiante volverá a tomar medidas con el multímetro en los puntos estratégicos para así poder completar un estudio completo sobre el comportamiento del sistema.

Los estudiantes deberán escoger cambiar un equipo sea el panel solar, un regulador o el inversor, este cambio debe ser distinto entre cada equipo y así poder tener distintos tipos de montaje para después compartir a sus compañeros su trabajo. además, deberán variar las cargas tanto AC como DC antes de tomar las medidas.

5. Trabajos futuros

El proyecto está visualizado para que la universidad Santo Tomás lo utilice en prácticas de laboratorio en las asignaturas que puedan darle uso, además, está pensado para que los estudiantes de electrónica puedan acceder a la herramienta de modo seguro y de forma práctica además como se mencionó anteriormente en el diseño se integró una tarjeta de adquisición de datos la cual será capaz de estar leyendo datos con un tiempo de espera razonable entre cada medida y que envíe estos datos a una plataforma web para que de este modo el estudiante pueda verificar el funcionamiento del prototipo remotamente y ya cuando se tenga esto se buscará que el estudiante pueda realizar prácticas remotas controlando el prototipo desde internet.

Además, se buscará que desde la página web se permita manipular el ángulo de inclinación de la planta solar por medio de actuadores los cuales permiten al panel solar inclinarse o moverse, con el ánimo de que el estudiante pueda analizar como varía la medición con respecto a la posición óptima del sistema según varias consideraciones.

6. Referencias

- [1]. Tomas, U. S. (2010). *Modelo pedagógico educativo*. Bogotá D.C: Editorial USTA.
- [2] UPME. (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*. Bogotá D.C: Upme.
- [3] Perdomo, N. R. (2016). *Energías Renovables: "La nueva Economía" y Su impacto Ambiental*. Bogotá D.C: Universidad Militar Nueva Granada.
- [4]. R. R. J. J. y O. D. F. A., «Estrategias de aprendizaje utilizadas por estudiantes de ingeniería eléctrica y ingeniería electrónica de primer semestre,» *Educación en ingeniería*, vol. 9, n° 18, pp. 216-227, 2014.
- [5]. M. Duque, J. Celis y A. Camacho, «Como lograr alta calidad en la educación de los ingenieros: una visión sistemática,» *Educación en ingeniería*, n° 12, pp. 48-60, 2011.

7. Sobre autores

- **Santiago Contreras Castillo:** Estudiante de Ingeniería Electrónica, Desarrollador asociado certificado de LabVIEW, santiagocontreras@usantotomas.edu.co
- **Juan Sebastián Rojas Aguilar:** Estudiante de ingeniería Electrónica, Técnico en instalaciones eléctricas y electrónica, juanrojasa@usantotomas.edu.co
- **Edwin Francisco Forero García:** Ingeniero Electricista, Magister en ingeniería Área ingeniería Electrónica, Candidato a Doctor, edwinforero@usantotomas.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)