

Laboratorio Remoto para el Aprendizaje de los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos

F.J. Muñoz[†], M. Torres[†], J.V. Muñoz[†], C. Rus[†], J.D. Aguilar[†], J. Aguilera[†].

[†]Grupo de Investigación IDEA

Departamento de Ingeniería Electrónica & Automática

Escuela Politécnica Superior. Universidad de Jaén

Campus de Las Lagunillas, s/n.

CP 23071, Jaén, Spain

Tlf: +34 953 212810. Fax: +34 953 211967

Email: fjmunoz@ujaen.es

Resumen—La enseñanza de disciplinas técnicas como la Electrónica requieren que el alumno esté en contacto con sistemas reales, donde puedan aplicar los conocimientos teóricos de forma práctica. Sin embargo, normalmente los recursos prácticos de los que se disponen son en su mayoría reducidos y suelen estar limitados a un número de alumnos. No obstante, existen herramientas, como son los laboratorios remotos, que facilitan al alumnado el acceso a estos equipos prácticos a través de internet, lo que permite el optimizar los recursos disponibles y llegar a un mayor número de alumnos y en un abanico horario mayor. En este sentido, el objetivo principal de esta comunicación es presentar una herramienta docente que permite al alumno estudiar y analizar de una manera dinámica, interactiva e independiente el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA). A través de esta última, el alumno tendrá acceso a tres sistemas fotovoltaicos autónomos reales que se encuentran actualmente operativos y monitorizados en la Universidad de Jaén. A través de una interfaz web podrá modificar el perfil de consumo del sistema durante unos días determinados. El objetivo será, para ese perfil de consumo escogido por él mismo, analizar el funcionamiento del sistema a partir de los documentos que ya existen a tal efecto. El análisis del mismo le proporcionará al alumno una completa visión del modo de funcionamiento global de los SFAs, así como de la operación individual de cada uno de los elementos que lo conforman. Este análisis será posible ya que se le proporcionará un archivo *.txt con las diferentes variables monitorizadas durante el periodo de estudio dado y por las condiciones de trabajo por él definidas.

Index Terms—Sistemas Fotovoltaicos Autónomos, Laboratorio Remoto, LabVIEWTM, Herramienta Docente, Autoaprendizaje.

I. INTRODUCCIÓN

En el Grado de Ingeniero Industrial especialidad Electrónica Industrial se abrirá en breve una intensificación en Electricidad Fotovoltaica donde el alumno que escoja esa trayectoria curricular deberá cursar varias asignaturas, con el fin de adquirir las competencias necesarias, a nivel cognitivo, procedimental-instrumental así como actitudinal para quedar capacitado en el diseño, cálculo y análisis de instalaciones fotovoltaicas, tanto conectadas a red como autónomas.

El alumnado se enfrenta a un gran salto a nivel conceptual, tanto en su vertiente teórica como práctica, ya que es la primera vez que el primero entra en contacto con la Energía Solar

Fotovoltaica. Todo ello pone de manifiesto la dificultad con la que se encuentra el alumno cuando cursa estas asignaturas, haciéndose totalmente necesario que el docente considere y aproveche todos los medios a su alcance para favorecer el aprendizaje de la misma.

El objetivo principal de esta comunicación es presentar una herramienta docente que permite al alumno estudiar y analizar de una manera dinámica, interactiva e independiente los sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA). A través de la primera, el alumno tendrá acceso a tres sistemas fotovoltaicos autónomos reales que se encuentran actualmente operativos en la Universidad de Jaén. A través de una interfaz web, podrá modificar, dentro de unos límites permitidos, el perfil de consumo del sistema durante unos días determinados. El objetivo será, para ese perfil de consumo escogido por él mismo, analizar el funcionamiento del sistema a partir de los documentos que ya existen a tal efecto. El análisis del mismo le proporcionará al alumno una completa visión del modo de funcionamiento global del sistema así como de la operación individual de cada uno de los elementos que lo conforman. Este análisis será posible ya que la propia interfaz web le proporciona un archivo *.txt con las diferentes variables monitorizadas durante el periodo de estudio dado y por las condiciones de trabajo por él definidas.

II. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS. MONITORIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO

El grupo de Investigación IDEA (Investigación y Desarrollo en Energía Solar) dispone de tres SFAs que están siendo monitorizados. Adicionalmente se ha desarrollado una herramienta web donde se muestran en tiempo real las variables monitorizadas, lo que permite establecer un entorno de monitorización remoto y online.

La aplicación ha sido desarrollada basándose en los siguientes elementos:

1. Aplicación en LabVIEWTM para la monitorización de los tres sistemas fotovoltaicos autónomos.
2. Interfaz Web en la que se habilitan unas opciones de menú para mostrar:



Figura 1: Sistemas Fotovoltaicos Autónomos. Armario de Conexiones Eléctricas.

- a) *Variables Monitorizadas y Parámetros de Análisis de Funcionamiento de los SFAs.* El alumno podrá observar de manera gráfica y en tiempo real las distintas variables que se están monitorizando y que definen el comportamiento de un SFA en su operación normal. Así mismo, también tendrá la posibilidad de descargarse un archivo en formato *.txt con las mismas para así poder abordar el estudio del funcionamiento del sistema acorde a los documentos normalizados a tal efecto.
- b) *Entorno para el Control del Perfil de Consumo.* En esta misma Interfaz se habilitará una página en la que el alumno una vez que se haya identificado a través de una contraseña accederá al menú de control del SFA. En él podrá seleccionar el perfil de consumo que él en concreto quiera estudiar. Se le dará la posibilidad de escoger diferentes valores de corriente para la caja de cargas a lo largo de tramos horarios durante un número de días determinado.
- c) *Biblioteca y Recursos Docentes.* Así mismo se ha incorporado una biblioteca con documentos de referencia de libre distribución, así como, elaborados por el profesorado donde se puedan encontrar los conceptos teóricos necesarios para el diseño de SFA, el análisis del funcionamiento de los mismos así como la diferente Normativa que existe a tal efecto.

Como ya se ha comentado anteriormente, la herramienta que aquí se presenta tendrá una funcionalidad principal y destacada que será la de servir de laboratorio remoto, utilizando para ello los SFAs instalados en la terraza de la Escuela Politécnica de la Universidad de Jaén. En la actualidad existen tres SFA, de los cuales dos de ellos utilizan un regulador de carga sin seguidor del punto de máxima potencia, mientras que el tercero si cuenta con un regulador que incorpora este seguimiento. Todos ellos están siendo monitorizados al mismo tiempo que se muestra en la herramienta anteriormente indicada un análisis de su funcionamiento a través del estándar IEC 61724 [1] y del nuevo método de análisis del Grupo IDEA [2].

Los sistemas están instalados en la terraza de la Escuela Politécnica de la Universidad de Jaén (latitud: 37°46'N y longitud: 3°46'O) y tienen la misma orientación e inclinación, Figura 1.

Los módulos están inclinados 50° respecto de la horizontal y orientados al sur. Cada generador está compuesto por 2 módulos I-106/12 (Isofotón) conectados en paralelo. El Sistema #1 incorpora un regulador de carga serie con modulación PWM (MORNING STAR. ProStar-15), el Sistema #2 un regulador de carga paralelo con modulación PWM (STECA PR2020) y por último el Sistema #3 tiene incorporado un regulador de carga con seguidor del PMP (MORNING STAR. SS-MPPT-15L), Tabla I.

La principal función de la herramienta web, comentada anteriormente, va a ser la de facilitar al alumnado donde pueda visualizar la evolución diaria de las variables monitorizadas, así como los parámetros de análisis más destacados. Además, va a ofrecer la posibilidad de permitir la descarga de elementos gráficos y de ficheros de texto relacionados con las variables monitorizadas y los parámetros de análisis de los dos métodos considerados, IEC 61724 y el Método IDEA.

De esta forma el alumno podrá establecer de manera offline su propio análisis y comparar los resultados obtenidos con los ofrecidos a través de la herramienta web. Además de esta opción, los alumnos, a través del entorno web, podrán establecer un perfil de consumo personalizado, durante un periodo de tiempo limitado, para estudiar el comportamiento de los SFA instalados en la Universidad de Jaén y el efecto que sobre estos provoca ese determinado perfil.

Para conseguir un determinado perfil de consumo se podrán modificar los parámetros de control de la caja de cargas que tiene incorporada cada uno de los SFA instalados y que simula un consumo eléctrico sobre el sistema. Estas cajas de cargas están compuestas por 4 lámparas halógenas. Todas ellas pueden ser encendidas y apagadas de una forma automatizada y horaria para establecer diferentes corrientes de descarga que oscilan entre 0,90 A y 13 A.

Tabla I: Generador fotovoltaico y componentes de los sistemas #1, #2 and #3.

Generador Fotovoltaico	
Potencia del Generador 212 Wp (Módulos: 2x106 Wp).	
Batería	
Batería de 200 Ah (C100) VRLA (Sellada e inundada de Plomo-ácido)	
$V_S = 12V$.	
Regulador de Carga	
Sistema #1.	Regulador de carga serie con modulación PWM de 15 A. MORNING STAR. ProStar-15.
Sistema #2.	Regulador de carga paralelo con modulación PWM de 20 A. STECA PR2020.
Sistema #3.	Regulador de carga con seguidor del PMP de 15 A. MORNING STAR. SS-MPPT-15L.
Caja de Cargas	
Compuesta por cuatro lámparas halógenas de diferente potencia, cuyo encendido está controlado desde el PC de Monitorización.	
10W, 20W, 50W y 75W de potencia.	

III. WEB EDUCACIONAL DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS

La herramienta educacional que aquí se presenta está basada en un sistema robusto y fiable que une flexibilidad, automatización y un fácil acceso a la información que se genera durante el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos autónomos.

El diagrama de bloques del sistema online de monitorización de sistemas fotovoltaicos autónomos se muestra en la Figura 2. El funcionamiento de este sistema se basa en dos elementos como serían el Sistema de Monitorización y el Portal Web para SFA.

III-1. Sistema de Monitorización: El Sistema de Monitorización se componen del Sistema de Adquisición de Datos (SAD) y del PC de Monitorización. El SAD es el encargado de medir de forma directa las variables físicas, meteorológicas y eléctricas que están presentes en el funcionamiento de los SFAs. Por otro lado, el PC de Monitorización se encarga de gestionar la comunicación con el SAD, de tal manera que la adquisición de las distintas variables se haga de forma automatizada, para luego pasar a almacenar los datos recogidos en un formato adecuado. Además, se encarga del control del perfil de consumo a través de la gestión del encendido y apagado de las lámparas de la caja de cargas. Por otro lado, se encarga también de proporcionar la información necesaria al servidor web, que aloja el portal web. En el caso concreto del sistema experimental que aquí se presenta, instalado en la Universidad de Jaén, el PC de Monitorización se comunica via GPIB con el SAD (Data Logger [Agilent 34970A]) usando una serie de comandos estándares remotos (SCPI – IEEE 488.2), debido a que están muy próximos y ubicados en el mismo lugar. Esta comunicación, así como la adquisición, almacenamiento y visualización de los datos recogidos se hace a través de un Virtual Instrument (VI) desarrollado en el entorno de programación de LabVIEW™.

III-2. Portal Web para SFA: Al sistema de monitorización se le ha incorporado una página web de tal forma que, a través de Internet, y para cualquier usuario HTTP, está disponible en tiempo real la evolución diaria de las variables recogidas, así como un histórico de los parámetros de análisis del funcionamiento calculados previamente. Dentro de lo que sería la aplicación web cada SFA tiene habilitado un espacio donde se muestran toda la información referente al mismo. Este portal web está alojado dentro del servidor que dispone el Departamento de Ingeniería Electrónica y Automática de la Universidad de Jaén, a través de la URL <http://voltio.ujaen.es/sfa>. La interfaz web se ha desarrollado intentando que el uso de ésta sea lo más sencillo e intuitivo posible, presentando los parámetros más representativos del funcionamiento de los SFAs, de ahí que pueda tener un impacto considerable sobre el proceso de aprendizaje de los alumnos. Es el servidor web el que ofrece una interfaz común al usuario, siendo su principal tarea la de gestionar y responder las peticiones que se realicen por parte de los usuarios externos. Este sitio web está creado usando lenguaje HTML y se encuentra alojado en el PC Servidor Web, por lo que se puede acceder a la información externamente desde cualquier tipo de navegador (I. Explorer, M. Firefox, G.Chrome,...) y desde cualquier dispositivo con conexión a Internet (Android, Apple, BB,...). Por lo que los datos son accesibles para cualquier usuario que los solicite desde cualquier parte del mundo.

El portal web es el encargado de actualizar los datos relativos al funcionamiento de los tres SFAs e interactuar con los usuarios que soliciten la información almacenada en él. Se encarga de mostrar las imágenes generadas por el Sistema de Monitorización, al mismo tiempo este último, es el responsable de gestionar la creación de una copia de seguridad, así como garantizar el flujo de datos entre los dos ordenadores para copiar en el Servidor Web todos los ficheros (imágenes y ficheros de texto) generados previamente en el PC de Monitorización.

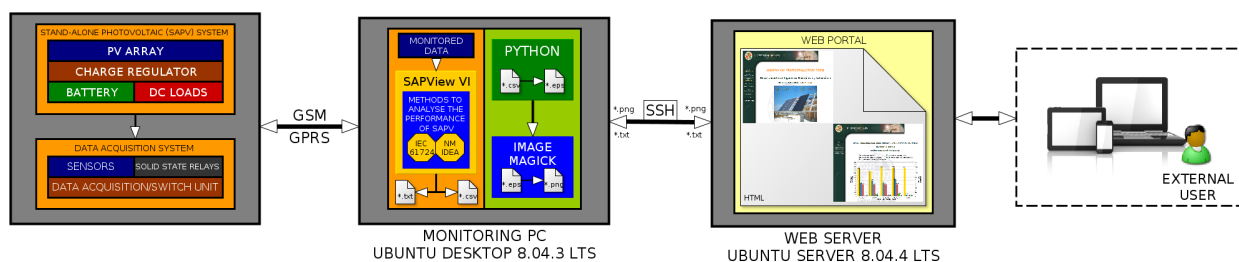


Figura 2: Sistemas de Monitorización Online. Diagrama de Bloques.

Además de esto, el portal web se ofrece la posibilidad de poder descargar tanto las figuras como los ficheros de texto que contienen los parámetros monitorizados y de análisis incluidos en los métodos de análisis considerados. Estos ficheros siguen el formato propuesto en el estándar IEC 61724. De esta manera, cualquier usuario externo podrá realizar su propio análisis del funcionamiento de los SFAs de forma offline. En este sentido, el alumnado va a poder realizar su propio análisis del funcionamiento de los SFAs y comparar los resultados obtenidos con los ofrecidos en la web. Además de esta opción, se ha habilitado la posibilidad de que estos definan un perfil de consumo al sistema para analizar los efectos que este tiene sobre los tres SFAs disponibles. Para acceder a esta opción de personalizar la configuración del sistema será necesario únicamente una conexión a Internet, así como los permisos adecuados para acceder a esta zona del portal web. De esta forma un usuario/alumno habilitado podrá establecer un perfil de consumo personalizado durante un periodo de cinco días y así desarrollar el estudio correspondiente. Este perfil personalizado de consumo se establecerá definiendo las corrientes de descarga horarias existiendo un rango de corrientes disponibles entre 0,90 A y 13 A.

IV. UTILIZACIÓN DE LA WEB EDUCACIONAL DE SFAS

Actualmente son tres los SFAs que están en funcionamiento y siendo monitorizados en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Jaén. A continuación, en este apartado, se van a exponer tres actividades prácticas de uso de la herramienta educativa que aquí se presenta. Estas actividades son las más representativas de la herramienta web.

IV-3. Variables Monitorizadas y Parámetros de Análisis de Funcionamiento: El primer ejemplo práctico de uso la herramienta web está relacionado con el acceso a las variables monitorizadas y a los parámetros de análisis del funcionamiento. La herramienta desarrollada permite el acceso en tiempo real a la evolución diaria de las variables monitorizadas, así como a un histórico de los datos almacenados, Figura 3. Los pasos a seguir para acceder a esta información serían los siguientes,

- Se parte de la página Web de inicio, <http://voltio.ujaen.es/sfa>.
- Se selecciona el SFA que se pretende estudiar, e.g. SFA #1. (Regulador de Carga Serie).

- Se hace click en el boton (Variables Monitorizadas) y a continuación se selecciona la variable a representar, e.g. Intensidad de Corriente en la Batería (I_S).

Los pasos expuestos arriba para visualizar la evolución diaria de las variables monitorizadas son válidos también a la hora de visualizar los valores diarios de los parámetros de análisis del funcionamiento, con la única diferencia en que en lugar de seleccionar “Variables Monitorizadas”, se seleccionaría el apartado relacionado con el “Parámetro de Análisis Diario” que se quiera visualizar.

IV-4. Definición de un Perfil de Consumo Personalizado:

Otra de las funcionalidades que incorpora esta herramienta es la capacidad de personalizar y configurar un perfil de consumo estableciendo las diferentes corrientes de descarga horarias para un periodo de cinco días y de esta forma estudiar el efecto que este perfil tiene sobre el funcionamiento de los SFAs instalados. Los pasos a seguir para definir un perfil de consumo personalizado serían los siguientes,

- Se parte de la página Web para el control del perfil de consumo y se accede como usuario autorizado Figura 4, <http://voltio.ujaen.es/sfa/login.html>.
- Se selecciona las intensidades de corriente de descarga horarias y una fecha disponible para iniciar a aplicar el perfil de consumo personalizado Figura 5.
- Se confirma y comprueba que los valores introducidos son correctos Figura 5.

IV-5. Acceso a Recursos Docentes y Documentación:

Otra funcionalidad que permite esta herramienta es el acceso a documentos y recursos docentes relacionados sistemas fotovoltaicos autónomos. El conjunto de documentos que se ofrecen online podrán ser útiles a la hora del estudio de la asignaturas relacionadas con los SFA. Los documentos que aquí se facilitan son documentos que permiten ser distribuidos libremente. Como ya se ha indicado, la web educativa que aquí se presenta es una herramienta que se ha implantado recientemente, por lo que la biblioteca de documentos, es reducida y se irá ampliando conforme pase el tiempo. Los pasos para acceder a esta información son los siguientes,

- Se parte de la página Web donde está recogida la documentación, <http://voltio.ujaen.es/sfa/doc.html>.
- Se selecciona el formato del documento y se procede a su descarga.



Figura 3: Web para la Monitorización de SFAs. Evolución Diaria de las Variables Monitorizadas. Intensidad de Corriente en la Batería SFA #1.



Figura 4: Web para la Monitorización de SFAs. Página para Acceder al Control del Perfil de Carga.

IV-6. Evaluación del Uso de la Herramienta: La evaluación de la herramienta por parte de los usuarios se está llevando a cabo durante el presente curso académico. Para obtener la opinión de los usuarios se ha elaborado una encuesta de selección múltiple sobre utilidad de la herramienta, facilidad de uso, nivel de aprendizaje y competencias adquiridas a través de la misma, que se le pasará a los alumnos del Máster de Energías Renovables de la Universidad de Jaén a la finalización del periodo lectivo. Los comentarios que hasta el momento se han recibido indican una tendencia positiva en cuanto al impacto pedagógico que implica en la docencia el uso de esta herramienta, al entrar en contacto con sistemas reales instalados y en funcionamiento.

Para finalizar la descripción de la herramienta, destacar que en principio no tendría limitaciones de uso en cuanto a número de usuarios o en cuanto al horario para su utilización. La única limitación relativa vendría impuesta en el apartado del control del perfil de consumo para los sistemas, ya que para ser representativo y poder obtener resultados sobre el

PERSONALIZACIÓN DEL PERFIL DE DESCARGA / CUSTOMIZE A LOAD PROFILE.

Pasos a seguir para configurar un perfil de descarga.

Paso 1: Establecer la corriente de descarga horaria.
Paso 2: Completar el formulario con los niveles de corriente elegidos.
Paso 3: Seleccionar mediante el calendario habilitado la semana para empezar a aplicar el perfil personalizado (Comienzo en Lunes, 5 días de aplicación).
Paso 4: Verificar que el perfil se ajusta a las características del Sistema Fotovoltaico Autónomo (Max. 45Ah/día).
Paso 5: Confirmar y enviar el formulario para solicitar la reserva de los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos.

Ejemplo de Perfil de Descarga / Example of Preset Load Profile.

Current (A) vs Hours a Day graph showing a step-like profile with peaks around 12A and 14A.

How to define a custom load profile.

Step 1: Set the hourly discharge current.
Step 2: Complete the form with the selected discharge current values.
Step 3: Select the week to start to apply the custom load profile using the calendar (Beginning on Monday, 5 days of application).
Step 4: Verify that the load profile complies with the requirements of the Stand-Alone Photovoltaic Systems (Max. 45Ah/day).
Step 5: Confirm and send the form to ask for booking the Stand-Alone Photovoltaic Systems.

Niveles de Corriente Disponibles en la Caja de Carga.		Corrientes de Descarga Horarias.		Calendario de Aplicación.	
Combinations of Lamps (25W, 40W, 25W, 100W)	Current (Amps)	Combinations of Lamps (25W, 40W, 25W, 100W)	Current (Amps)	00:00 -- 00:59	0.0 Amp
(0) (0) (0) (0)	0.0 Amp	(1) (0) (0) (0)	6.2 Amp	01:00 -- 01:59	0.0 Amp
(0) (0) (1) (0)	0.8 Amp	(1) (0) (1) (0)	7.1 Amp	02:00 -- 02:59	0.0 Amp
(0) (0) (1) (1)	1.7 Amp	(1) (0) (1) (1)	7.9 Amp	03:00 -- 03:59	0.0 Amp
(0) (1) (0) (1)	2.5 Amp	(1) (0) (1) (1)	8.7 Amp	04:00 -- 04:59	0.0 Amp
(0) (1) (0) (0)	4.2 Amp	(1) (1) (0) (0)	10.6 Amp	05:00 -- 05:59	0.0 Amp
(0) (1) (1) (1)	5.9 Amp	(1) (1) (1) (1)	11.2 Amp	06:00 -- 06:59	0.0 Amp
(0) (1) (1) (0)	5.8 Amp	(1) (1) (1) (0)	12.1 Amp	07:00 -- 07:59	0.0 Amp
(0) (1) (1) (1)	6.7 Amp	(1) (1) (1) (1)	12.9 Amp	08:00 -- 08:59	0.0 Amp
Where "1" denotes ON and "0" denotes OFF.				09:00 -- 09:59	0.0 Amp
				10:00 -- 10:59	0.0 Amp
				11:00 -- 11:59	0.0 Amp
				12:00 -- 12:59	0.0 Amp
				13:00 -- 13:59	0.0 Amp
				14:00 -- 14:59	0.0 Amp
				15:00 -- 15:59	0.0 Amp
				16:00 -- 16:59	0.0 Amp
				17:00 -- 17:59	0.0 Amp
				18:00 -- 18:59	0.0 Amp
				19:00 -- 19:59	0.0 Amp
				20:00 -- 20:59	0.0 Amp
				21:00 -- 21:59	0.0 Amp
				22:00 -- 22:59	0.0 Amp
				23:00 -- 23:59	0.0 Amp

Discharge Currents Provided by the Loads Box. Hourly Discharge Currents. Implementation Schedule.

Fecha de Inicio: 06_02_2012

Starting Date: [Calendar]

Verificación del Perfil de Descarga Personalizado. Estado del Perfil de Descarga. Confirmación y Envío del Perfil de Descarga Personalizado.

Verificar el Perfil / Check the Profile. Custom Load Profile Status. Confirmar el Perfil / Confirm the Profile.

Checking the Custom Load Profile. Custom Load Profile Status. Custom Load Profile Confirmation and Shipping.

Figura 5: Web para la Monitorización de SFAs. Definición del Perfil de consumo Personalizado.

análisis del funcionamiento de los mismos, como mínimo debe de aplicarse durante una serie de días sobre los SFA. Esta situación implica que los sistemas queden reservados para un único usuario durante este periodo de tiempo. Durante el presente curso académico, la solución que se ha ofrecido a los alumnos del Máster de Energías Renovables de la Universidad de Jaén ha sido la de hacer agrupaciones de alumnos que establecerían un perfil de consumo conjunto para poder atender de esta forma durante el periodo de la asignatura a todos ellos.

V. CONSIDERACIONES FINALES

Los beneficios que implican el uso de laboratorios remotos en disciplinas técnicas son considerables. El uso de sistemas reales a través de Internet es un incentivo que ayuda a los estudiantes a consolidar los conceptos teóricos adquiridos de forma práctica. Por otro lado, estas herramientas incrementan el número de usuarios que pueden utilizar estos equipos, normalmente muy específicos y costosos. Además, estudiantes y docentes, gracias a este tipo de herramientas, pueden acceder a los recursos desde cualquier lugar y en cualquier momento sin la necesidad de estar físicamente presente en el laboratorio, con el único requisito de una conexión a Internet. En ese sentido, esta comunicación presenta una herramienta web

educacional para la docencia de los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos. La herramienta cubre conceptos relacionados con los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos y su funcionamiento que se impartirán en el Grado de Ingeniero Industrial especialidad Electrónica Industrial en una intensificación en Electricidad Fotovoltaica o que actualmente se imparten en el Máster Oficial de Energías Renovables de la Universidad de Jaén. La herramienta esta basada en una aplicación web alojada en la URL: <http://voltio.ujaen.es/sfa>, y permite la visualización online y en tiempo real de la evolución de las variables monitorizadas de tres SFAs instalados en la Escuela Politécnica de la Universidad de Jaén. Además, de se muestran los parámetros calculados para el análisis del funcionamiento de estos SFAs, que permiten el análisis de estos a través de dos métodos como son el estándar internacional IEC 61724 y el método de análisis desarrollado por el Grupo de Investigación IDEA de Universidad de Jaén [2]. Así mismo, esta herramienta va a permitir la descarga de los ficheros de monitorización por parte de los alumnos, lo que va a permitir que estos desarrollen su propio análisis del funcionamiento y puedan comprobar los resultados obtenidos con los mostrados en la web. Por otro lado, se ha habilitado la posibilidad de poder definir el perfil de consumo durante un periodo de tiempo concreto, con lo que los estudiantes podrán estudiar los efectos que este

perfil personalizado provoca en el funcionamiento de los SFAs. En este sentido, la aplicación que se desarrolló inicialmente con un perfil investigador se ha empezado a utilizar con fines educativos para dar a conocer entre los estudiantes los aspectos técnicos más destacados relacionados con el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos autónomos. Hay que indicar que esta herramienta educativa se ha implantado durante el presente curso académico y será a la finalización de este cuando se pueda evaluar de forma completa el impacto educativo que ha tenido esta sobre los estudiantes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado en el marco del proyecto de innovación docente PID 681012, “Herramienta docente para el estudio y análisis del funcionamiento de los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos a partir de datos monitorizados”, concedido por la Universidad de Jaén.

REFERENCIAS

- [1] International Standard IEC 61724, *Photovoltaic system performance monitoring — Guidelines for measurement, data exchange and analysis*, International Electrotechnical Commission (IEC), Geneva, First, 1998.
- [2] F.J. Muñoz, G. Almonacid, G. Nofuentes, y F. Almonacid, *A new method based on charge parameters to analyse the performance of stand-alone photovoltaic systems.*, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 90 (2006), pp 1750–1763.
- [3] Commission of the European Communities *Photovoltaic System Monitoring, Documents A & B* Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants, version 4.3, 1997.
- [4] National Instruments, *LabVIEW*, Más información: <http://www.ni.com/labview>
- [5] Python Programming Language, *PYchart*, Más información: <http://home.gna.org/pychart>
- [6] The Apache Software Foundation, *Apache HTTP Server*, Más información: <http://httpd.apache.org>