

SITIO WEB COMO HERRAMIENTA DE APOYO A LA DOCENCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

J.D. Aguilar, P. Pérez, , G. Almonacid, J. De la Casa, G. Nofuentes, J.E.Muñoz, C.Rus, F. Muñoz, J.M. Anguita

*Grupo I+DEA. Dpto. Electrónica. Universidad de Jaén. jaguilar@ujaen.es
http://solar.ujaen.es*

RESUMEN

Las energías alternativas representan un papel cada vez más importante en el sector de la producción de la energía eléctrica. Es de prever que se produzca en los próximos años un auge de este mercado que precisará de un número cada vez mayor de técnicos especializados. La Universidad de Jaén tiene una experiencia de siete años impartiendo formación en energía solar fotovoltaica y hay un grupo de investigación consolidado, lo que nos permite disponer de abundante documentación que se puede aprovechar por los alumnos matriculados, trasladando conocimientos y experiencia. La presencia de las tecnologías de la información resulta muy útil, y tiene una aplicación directa en el ámbito de la docencia. En este documento se presenta el contenido de un servidor Web, que sirve de escaparate de aplicaciones de sistemas fotovoltaicos y a la vez es una herramienta docente para las asignaturas de energía solar fotovoltaica.

1. INTRODUCCIÓN

Las energías alternativas representan un papel cada vez más importante en el sector de la producción de la energía eléctrica. La energía solar fotovoltaica tiene dedicado un apartado especial dentro de las acciones clave de la Unión Europea[1].

Es de prever que se produzca en los próximos años un auge de este mercado que precisará de un número cada vez mayor de técnicos especializados en todas las fases que integran una instalación fotovoltaica[2]. Es misión de la universidad formar a estos técnicos y divulgar en la mayor medida posible las ventajas que aporta el uso de este tipo de energía. La formación de estos técnicos es bastante interdisciplinar y figura en pocos currícula de las titulaciones universitarias.

La Universidad de Jaén tiene una experiencia de siete años impartiendo formación en energía solar fotovoltaica. Actualmente hay dos asignaturas optativas en el plan de Ingeniero Técnico Industrial en Electrónica Industrial, que se ofertan también a las demás especialidades de Electricidad y Mecánica. “Fundamentos de Electricidad Fotovoltaica” e “ Instalaciones fotovoltaicas, con una carga lectiva cada una de 6 créditos. En estas asignaturas el número de alumnos matriculados (50-70) en comparación con las demás optativas es muy alto. Por otro lado, en la Universidad de Jaén, hay un grupo de investigación consolidado (IDEA), siendo una de sus líneas prioritarias la Energía Solar Fotovoltaica. Este grupo ha generado en los últimos años abundante documentación que se aprovecha por los alumnos matriculados, trasladando conocimientos y experiencia[3].

Tal y como muestra la profesora Lina García [4], la labor del Ingeniero es variada, dependiendo del tipo de puesto de trabajo que desempeñe, aunque es posible encontrar algunas pautas comunes. Cada una de las tareas a desarrollar implica una serie de conocimientos y aptitudes que deben de administrarse en su etapa de aprendizaje. Es precisa la capacidad de buscar información, y de transmitir por escrito los resultados, y ser capaz de ponerse al día de los últimos avances en su terreno de forma autónoma. Por tanto son mucho más importantes las aptitudes que el alumno aprenda durante su etapa de formación que los

contenidos meramente teóricos. La respuesta a todo esto viene de la mano de las teorías constructivistas que recientemente se están implantando en la didáctica moderna. Se trata de cambiar la tarea del docente: de ser un mero transmisor de conocimientos ha de convertirse en un elemento activo que facilite el aprendizaje. Ha de ser el alumno quien aprenda, y ello ha de suponerle un esfuerzo que el profesor ha de guiar. Todo ello le permitirá ser autosuficiente en el futuro, y sabrá adaptarse a la situación cambiante del mundo técnico actual.

En este sentido la presencia de las tecnologías de la información nos resulta muy útil, y pueden tener una aplicación directa en el ámbito de la docencia. Las experiencias relativas a la incorporación de Internet en la docencia puede considerarse en general positivas, aunque por propia experiencia el alumnado aún no está acostumbrado a utilizar la Red Internet como herramienta de trabajo.[5,6,7]

Podemos encontrar algunas direcciones relacionadas con el tema de la Energía solar con diferentes enfoques. Apareciendo algunas páginas con recursos docentes, desde apuntes básicos de diferentes conceptos hasta programas de cálculo y simulación del comportamiento de este tipo de sistemas

<http://emsolar.ee.tu-berlin.de/~ilse>

<http://www-lse.e-technik.fh-muenchn.de>

<http://www.anu.edu.au/engn/solar/sun>

<http://www.pvsyst.com><http://emsolar.ee.tu-berlin.de/~ilse>

<http://www-lse.e-technik.fh-muenchn.de>

<http://www.anu.edu.au/engn/solar/sun>

<http://www.pvsyst.com>

<http://www.ies.upm.es/>

2. OBJETIVOS

Los objetivos que perseguimos son:

-  Plasmar en la Red Internet las aplicaciones fotovoltaicas realizadas por el grupo IDEA de la Universidad de Jaén en los últimos años, fruto del esfuerzo de colaboración de diferentes organismos (Comunidad Europea, Ayuntamiento, Diputación Provincial, Universidad y Empresa privada), para dar a conocer a un público general los diferentes proyectos y como ejemplos de referencia para su estudio por los alumnos de las asignaturas de sistemas fotovoltaicos.
-  Elaboración de un sencillo tutorial sobre sistemas fotovoltaicos aplicado a la enseñanza de esta disciplina en las Escuelas Técnicas, con la incorporación de aplicaciones de diseño y demostración
-  Divulgación de diversas lecciones magistrales existentes para su utilización como herramienta docente.
-  Realización de programas de diseño de instalaciones fotovoltaicas, para su utilización en las aulas
-  Monitorización On line de diferentes sistemas fotovoltaicos, para su posterior utilización como supervisión del funcionamiento de los mismos o como herramienta docente.
-  Presentación de diversos enlaces a páginas con recursos en sistemas fotovoltaicos

Para cumplir estos objetivos, estamos poniendo en marcha un servidor web, que sirve de escaparate de utilización de la energía solar fotovoltaica y al mismo tiempo permite ser una herramienta docente muy potente.

3. CONTENIDOS WEB-SITE

El servidor cuenta con los siguientes apartados: Presentación del grupo IDEA (TEP101: Investigación y desarrollo en energía solar y automática. PAI de la Junta de Andalucía), divulgación de recursos de energía solar fotovoltaica en Jaén, proyectos realizados por miembros del Grupo, curso de energía solar fotovoltaica, telemonitorización on-line de sistemas fotovoltaicos, programa de simulación java, foro de discusión, enlaces. Este trabajo puede verse en <http://solar.ujaen.es> [8,9]



Ilustración 1.- Página principal del servidor <http://solar.ujaen.es>



Ilustración 2.- Página principal del apartado de divulgación de proyectos

4. PROYECTOS

En este apartado se exponen diferentes instalaciones fotovoltaicas realizadas por el grupo y algunas instalaciones pioneras en España en sistemas fotovoltaicas autónomas, realizadas por el Instituto de Energía Solar en la Sierra de Segura (Jaén). Cada una de estas instalaciones tiene su propia peculiaridad, lo que la hace muy atractivas desde el punto de vista docente.

4.1. Sierra de Segura

Consistió en el diseño, montaje y seguimiento de sistemas fotovoltaicos autónomos en algunas aldeas de la Sierra de Segura (Parque Natural de las Sierras de Segura, Cazorla y las Villas) realizadas por el Instituto de Energía Solar, con diferentes configuraciones. Tal y como R. Eyras relata [10] *"La experiencia comenzada por el Instituto de Energía Solar (I.E.S) en el estudio de requerimientos de las familias del medio rural tiene su comienzo en las instalaciones de energía solar fotovoltaica autónoma de la Sierra de Segura, cuya historia particular de esta aplicación como medio de electrificación rural, exhibe un paralelismo importante con el desarrollo de mercados rurales fotovoltaicos en Europa."* Son cinco aldeas en las que se desarrolló este trabajo. Desde el punto de vista docente presenta especial interés por presentar diferentes tipos de configuraciones de instalaciones autónomas, pudiéndose ver las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas.

4.2. Pérgola Fotovoltaica

El proyecto "Pérgola Fotovoltaica" consiste en la integración de un sistema fotovoltaico



Ilustración 3.- Pérgola fotovoltaica conectada a red en la EPS de Jaén de 2KWp

conectado a la red de 2 KWp en la terraza de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Jaén, y es un ejemplo de integración arquitectónica de la tecnología fotovoltaica en edificios. El sistema fue conectado a la red en Febrero de 1995 y ha estado plenamente operativo desde entonces[11,12]. El campo fotovoltaico está integrado por 23 módulos Isofotón I-88 de 88 Wp cada uno. El acondicionamiento de potencia se lleva a cabo por medio de un inversor monofásico de 1.8KVA monofásico, basado en la

utilización de IGBTs con control por PWM (modulación por anchura de pulso), y un transformador que proporciona el aislamiento galvánico entre DC/AC. Este sistema es un laboratorio de investigación y docente en la misma Escuela. El disponer de un sistema de estas características permite integrar diferentes conceptos que se ven de forma aislada en diferentes asignaturas de la carrera como son Sistemas de adquisición de datos para la parte de la monitorización o el propio inversor y sus señales para la asignatura de Electrónica de Potencia.

4.3. Proyecto Rebuild

Este proyecto, en el que participaron varias ciudades Europeas fue presentado al programa RECITE (Redes de cooperación entre regiones y ciudades de Europa) y nació con una meta muy ambiciosa: Investigar la posibilidad de integrar las energías renovables en edificios ya existentes dentro de los cascos históricos. La investigación llevada a término se desarrolló siguiendo tres vectores, en muchos casos superpuestos en el tiempo:

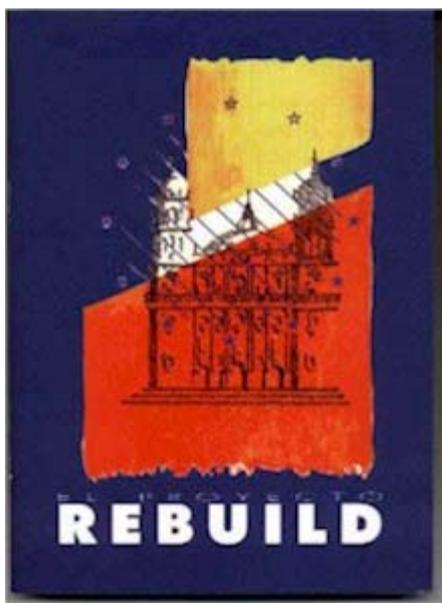


Ilustración 4.-Logotipo proyecto en la ciudad de Jaén

- Análisis exhaustivo del casco histórico [13,14]
- Ejemplificación de integración arquitectónica de las energías renovables.
- Elaboración de una propuesta de un plan energético a medio plazo para la zona, que diera cabida a las energías limpias y que cumpliesen unos criterios de viabilidad técnica y económica. [15]

Este trabajo sirve de escaparate de integración de energías alternativas en centros históricos, presentando el proceso seguido para el estudio de una futura intervención a gran escala.

4.4. Proyecto Iranzo

El proyecto IRANZO[16] nació como un estudio teórico dentro del programa Europeo REBUILD, en el cual cada una de las siete ciudades participantes debía seleccionar un edificio del centro histórico de la ciudad y realizar sobre el un diseño de aplicación de energías renovables. En Jaén se seleccionó el Palacio del Condestable Iranzo, situado en el centro histórico de la ciudad de Jaén, actual sede de una biblioteca pública y de ciertas dependencias municipales.

Se procedió al diseño de la integración de las energías renovables de manera estética y respetuosa con el entorno edificado en torno al Palacio. Desde el punto de vista docente tiene su interés porque se trata de la intervención en un edificio ya construido y con restricciones legales.

4.5. Proyecto Univer

El proyecto *Univer* consiste en un Sistema Fotovoltaico conectado a la Red (SFCR) de 200 kWp., en el Campus de "Las Lagunillas" de la Universidad de Jaén. El dimensionamiento del sistema se ha realizado para cubrir aproximadamente entre un 15% y un 20 % de la energía total consumida por las distintas dependencias que la Universidad tienen en este Campus. La energía generada por el SFCR se estima en unos 280 MWh/año[17,18].

Este proyecto ha sido aprobado dentro del programa thermie (número de proyecto se/00383/95/es/uk) del cuarto programa marco de investigación y desarrollo tecnológico de la Unión Europea y dentro de PAEE (plan de ahorro y eficiencia energética) del ministerio de industria y energía (nº 2109).



Ilustración 5.- Fachada fotovoltaica Proyecto Univer

El objetivo principal del proyecto es la implementación de una planta fotovoltaica de escala intermedia integrada en un conjunto de edificios públicos. Para poder realizar el sistema, se han desarrollado técnicas de integración de los generadores fotovoltaicos en edificaciones existentes y por otro lado, se ha desarrollado la tecnología necesaria para implementar proyectos de potencia en localizaciones accesibles al público,

fundamentalmente desde el punto de vista de la seguridad y de las protecciones[19-25].

Como aparece en la ilustración 6 el sistema consta de cuatro sistemas conectados a red. Aparcamiento 1 y 2 cada uno con un generador de potencia nominal próxima a 70KWp conectados a un inversor trifásico de 60KW fabricado por Enertrón, con medidas activas y pasivas de protección, con controlador permanente de aislamiento del sistema. Pérgola con 20KWp dividido en nueve subsistemas de 2120KWp (20 módulos de Isofotón I106) conectados a inversores monofásicos de 2KW de la empresa Fronius y por último la Fachada

con un generador de 40KWp dividido en quince subsistemas de 2700 Wp (20 módulos Shell 100RMs) conectados a inversores monofásicos de 2KW.

Debido a la diversidad de estructuras y elementos fotovoltaicos utilizados como diversos tipos de paneles de diferentes tecnologías, inversores monofásicos y trifásicos, sistemas de protección, etc, es un escaparate docente y de investigación único en su genero, que nos permite utilizarlo como ejemplo de aplicación para las clases y su posterior visita como práctica docente.

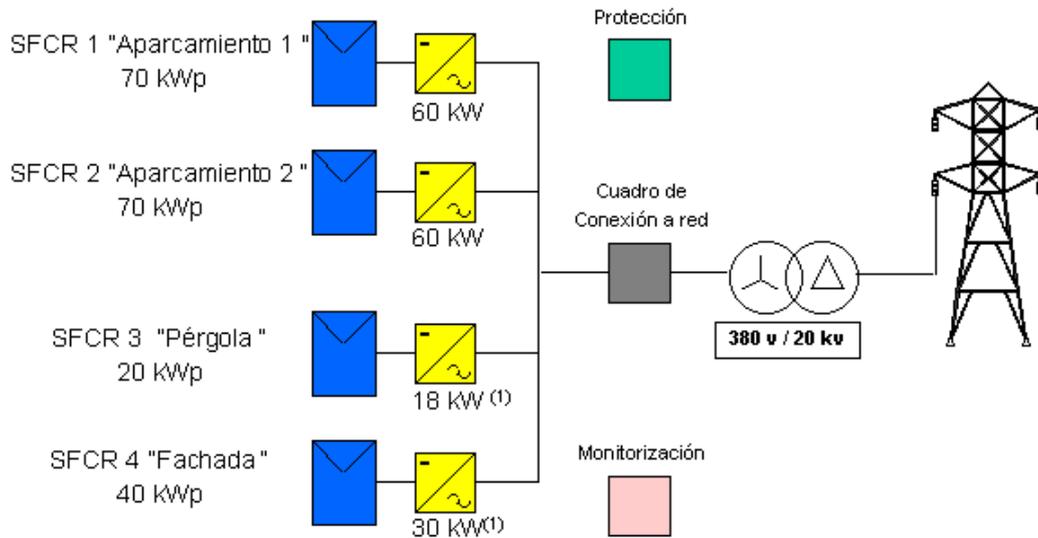


Ilustración 6.- Diagrama de bloques sistema fotovoltaico Proyecto Univer

4.6. Proyecto Five



Ilustración 7.- Vehículo de emergencias sanitarias. Proyecto FIVE

El elevado consumo eléctrico del equipamiento médico que incorporan los vehículos de emergencias sanitarias, junto a los cortos periodos de funcionamiento del motor del vehículo, ocasiona un envejecimiento prematuro de las baterías. Esto conlleva un doble problema: por una parte, un elevado coste de mantenimiento por la frecuente reposición de las mismas y, lo que es mas grave, dificultades ocasionales para la puesta en marcha del vehículo en momentos que pueden ser críticos para la vida de los pacientes. El proyecto FIVE (Fotovoltaico Integrado en Vehículos de Emergencia) tiene como objeto resolver estos problemas con la incorporación de una nueva fuente de energía respetuosa con el medio ambiente. Este trabajo consistió en el

de una nueva fuente de energía respetuosa con el medio ambiente. Este trabajo consistió en el

diseño, implementación y evaluación de un prototipo de vehículo de emergencias sanitarias con un generador fotovoltaico (GFV) de 400Wp instalado en la cubierta del vehículo.[22]

Este proyecto fue financiado por el *Plan Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico* cofinanciado con fondos *FEDER* de la UE. Coordinado por la Universidad de Jaén y participaron en él como socios las siguientes empresas: *EPES*, empresa pública de emergencias sanitarias de Andalucía, *ISOFOTON*, fabricante de módulos fotovoltaicos, y *Emergencia2000*, empresa especializada en la carrocería y equipamiento de vehículos de emergencias sanitarias

5. MONITORIZACIÓN ON-LINE

Internet ofrece muchas posibilidades relacionadas con la monitorización, evaluación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos. Dentro del Grupo de Investigación se han desarrollado varios sistemas de telemonitorización realizados para diferentes instalaciones fotovoltaicas, que presentan como características más importantes las siguientes:

- Usan un interfaz normalizado: No es necesario disponer de una aplicación específica para poder acceder a la información. Desde cualquier navegador es posible la visualización de los valores monitorizados.
- Hay distintos niveles de seguridad: Desde aplicaciones sin autenticación que permiten que cualquier usuario puede disponer de la información monitorizada, hasta sistemas con niveles altos de seguridad para restringir y proteger el uso de la información.
- Realizan la representación gráfica de los parámetros monitorizados, calculan los valores del rendimiento del sistema, ofrecen valores diarios, medias mensuales y medias anuales.
- Usando técnicas de inteligencia artificial (redes neuronales, lógica borrosa, etc) indica si el funcionamiento del sistema es correcto e informa de las posibles causas del fallo.

Las instalaciones monitorizadas con libre acceso por parte de los usuarios son dos:

➤ *Pérgola Fotovoltaica en la EPS*: Posee una estación metereológica, donde se monitoriza la temperatura ambiente, la radiación solar directa y radiación global[23].

➤ *Proyecto Univer*: La monitorización del Proyecto UNIVER se ha realizado según las recomendaciones de la Unión Europea⁽¹⁾. El sistema de adquisición de datos está basado en un equipo HP-34970A (datalogger) configurado para almacenar muestras de los sensores cada 10 minutos. Los parámetros monitorizados son la temperatura ambiente T_{am} (°C), la irradiancia en el plano de cada generador

VALORES INSTANTANEOS DE TEMPERATURA Y RADIACION EN EL LABORATORIO DE ENERGIA SOLAR	
FECHA / DATE:	28-03-2000
HORA / TIME:	18:52
TEMPERATURA:	14.9 °C
RADIACION GLOBAL: (en plano horizontal)	0090 W/m2
RADIACION DIRECTA: (en plano normal)	0000 W/m2

Proyecto Pérgola Fotovoltaica
Universidad de Jaén
C/ Avda. Madrid, 38
JAEN - España

Ilustración 8.- Monitorización estación metereológica Pérgola Fotovoltaica en la EPS de Jaén

¹ G.Blesser, D.Muro, 'Guidelines for Assessment of Photovoltaic Plants. Document A. Photovoltaic System Monitoring'. Report EUR 16338 EN. 1995.

G_A (W/m^2), la tensión V_A (V), la corriente I_A (A) de cada generador y la potencia a la salida de los inversores P_{IO} (kW). Para medir estos valores se han utilizado como sensores una Pt-100, cuatro células calibradas con las orientaciones de los distintos generadores, shunt para la medida de corriente y medidores de potencia monofásicos y trifásicos. La Pt-100 y las células se encuentran conectados directamente al datalogger, mientras que los otros sensores lo hacen a través de convertidores de 4-20 mA.

En la siguiente tabla se muestran todos los parámetros monitorizados junto con los intervalos de medida y los sensores empleados [21,24].

Tabla 1.- Parámetros monitorizados en el proyecto UNIVER

Nº	Parámetro Monitorizado	Sistema	Unidades	Rango	Sensor	Cs
1	Temperatura ambiente	Todos	°C	-10..50	Pt-100	
2	Radiación aparcamiento	1 y 2	W/m^2	0..2000	Célula calibrada	
3	Tensión generador	1	V dc	0..700	Directa	*
4	Corriente generador	1	A dc	0..100	Shunt (200A-60mV)	*
5	Potencia salida	1	KW ac	0..70	3 Transf. 100/5A	*
6	Tensión generador	2	V dc	0..700	Directa	*
7	Corriente generador	2	A dc	0..100	Shunt (200A-60mV)	*
8	Potencia salida	2	KW ac	0..70	3 Transf. 100/5A	*
9	Radiación pérgola	3	W/m^2	0..2000	Célula calibrada	
10	Tensión generador	3 (9)	V dc	0..400	Directa	
11	Corriente generador	3 (9)	A dc	0..15	Shunt (15A-60mV)	
12	Potencia salida	3 (9)	W ac	0..3000	1 Transf. 15/5A	*
13	Radiación fachada	4	W/m^2	0..2000	Célula calibrada	
14	Tensión generador	4 (9)	V dc	0..400	Directa	
15	Corriente generador	4 (9)	A dc	0..15	Shunt (15A-60mV)	
16	Potencia salida	4 (9)	W ac	0..3000	1 Transf. 15/5A	*
17	Potencia salida	3 + 4	KW ac	0..70	3 Transf. 100/5A	*

Usan un convertidor de señales para obtener a la salida un bucle de corriente 4-20 mA

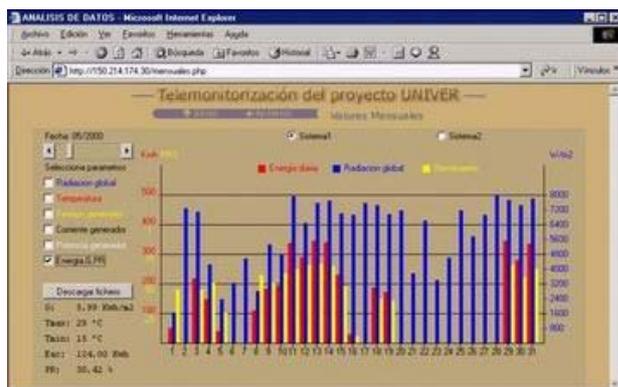


Ilustración 9.- Presentación de datos monitorizados Proyecto Univer

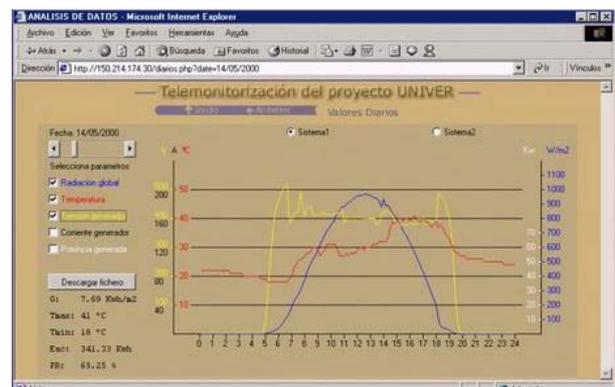


Ilustración 10.- Representación gráfica datos Proyecto Univer

Por tanto hemos implementado un novedoso sistema de telemonitorización a través de Internet, el cual permite la visualización instantánea de los valores monitorizados mediante un navegador Web estándar. El sistema de telemonitorización se basa en un ordenador conectado

al datalogger a través de un puerto serie (RS-232) y a Internet mediante la red de la Universidad de Jaén.

Los sistemas de telemonitorización desarrollados se pueden considerar una experiencia muy positiva que ha servido para demostrar las posibilidades que ofrece Internet y facilitar las labores de mantenimiento y evaluación de los sistemas. En nuestra aplicación a la docencia el



Ilustración 11.- Pantalla presentación curso Web solar

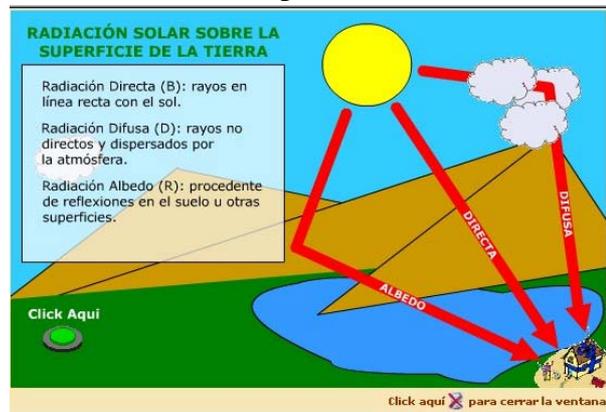


Ilustración 12.- Ejemplo de ilustración realizada con Flash del curso solar

alumno puede ver en tiempo real el comportamiento del sistema y visualizar datos históricos almacenados previamente, para la realización de pequeños debates en grupo y problemas planteados de cálculo, simulación y comparación con datos reales.

6. CURSO SOLAR

Web solar es un conjunto de páginas Web en las que podemos encontrar información básica sobre Energía Solar Fotovoltaica. Se han incluido un conjunto de programas realizados en Java y JavaScript en los que es posible el cálculo de algunos parámetros, dibujo de curvas, etc. También incluye animaciones Flash con el objeto de aclarar conceptos y facilitar la navegación por la Web. Es nuestra intención ir dotando progresivamente de diferentes contenidos al mismo con la profundidad adecuada al nivel de enseñanza en que nos

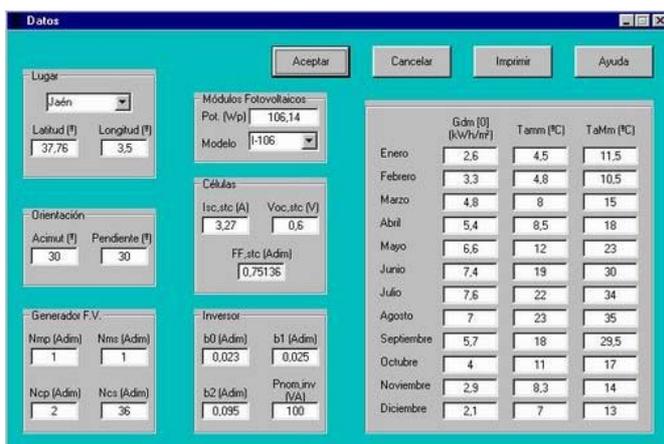


Ilustración 13.- Pantalla de entrada datos de Calensof

	Energía DC (kWh)	Energía AC (kWh)	Eficiencia Inversor Media (Adm)
Enero	11,18015	9,72331	0,86863
Febrero	12,62847	10,97013	0,86688
Marzo	16,18247	14,03711	0,86743
Abril	15,91525	13,73237	0,86661
Mayo	17,64117	15,25433	0,8647
Junio	18,35464	15,85077	0,86358
Julio	18,74353	16,18293	0,86339
Agosto	18,48794	15,97151	0,86389
Septiembre	17,34838	15,01594	0,86555
Octubre	14,46507	12,54989	0,8676
Noviembre	11,96228	10,4112	0,87034
Diciembre	8,95094	7,73729	0,86441
Anual	181,86029	157,43678	0,86632

Ilustración 14.- Pantalla modo texto de presentación resultados

encontramos.

El curso consta de los siguientes temas: Introducción, radiación solar, célula solar, componentes, tipos de sistemas, dimensionado, modelado de sistemas fotovoltaicos, practicas y test.

7. SIMULACIÓN JAVA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Se ha realizado en Java un programa (calensoft) de simulación de sistemas fotovoltaicos conectados a red, que permite simular el comportamiento de un sistema a partir de unos datos elementales de entrada, con aplicación docente en las prácticas de las asignaturas de fotovoltaica. En la actualidad existen dos versiones una más elemental en Java y otra más elaborada realizada en Visual basic que se suministra al alumno para las prácticas de la asignatura.

8. LECCIONES MAGISTRALES

Lecciones sobre diferentes aspectos de la energía solar fotovoltaica, se ponen a disposición del alumno. De esta manera se comparten los diferentes recursos didácticos realizados.

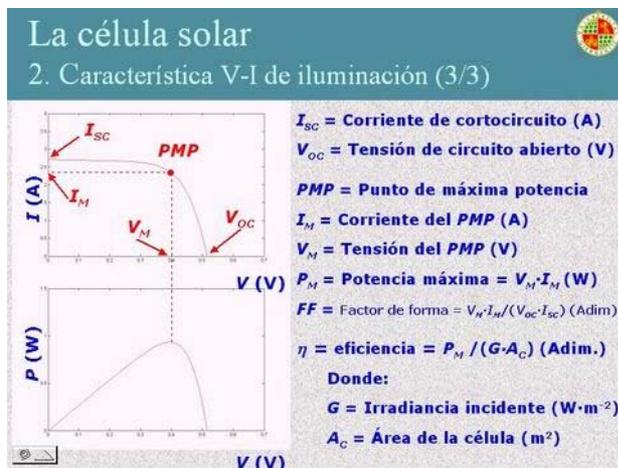


Ilustración 15.- Transparencia lección célula solar

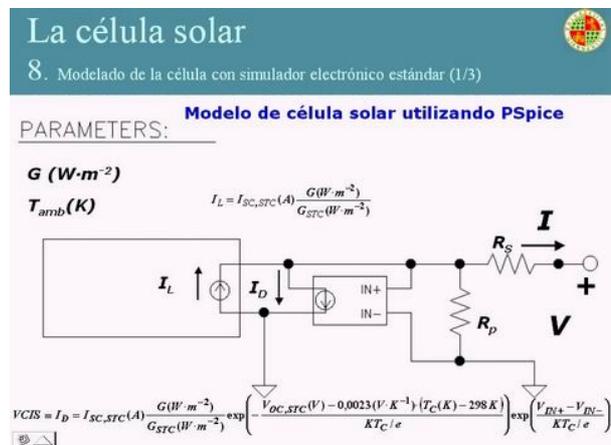


Ilustración 16.- transparencia lección célula solar. Simulación con pspice

9. MODELO DE SIMULACIÓN DE SFCR POR ORDENADOR CON EXCEL

Es un modelo realizado sobre excel, destinado a cursos superiores o de doctorado. El objetivo principal del modelo desarrollado consiste en estimar los valores de la energía producida por un SFCR a lo largo de un año. Además, se calculan los parámetros más representativos que caracterizan a un SFCR, tales como los valores de la tensión, corriente y potencia a la salida del generador, así como los valores de la eficiencia del inversor y de la potencia a la salida del sistema[21]. El procedimiento de cálculo implementado en el modelo propuesto se puede resumir en la siguiente secuencia de bloques:

- Cálculo de la irradiancia solar en el plano del generador a partir de la irradiación diaria media mensual en el plano horizontal.
- Cálculo de la evolución diaria de la temperatura ambiente a partir de los valores máximos y mínimos de la temperatura diaria media mensual.
- Cálculo de los valores de tensión y corriente del punto de máxima potencia del generador para los distintos valores de irradiancia y temperatura ambiente previamente calculados.

- Cálculo de la energía generada a partir de los valores V-I obtenidos para el generador y el modelo usado de inversor.

Los datos de partida que se han empleado para realizar los cálculos son los valores diarios medios mensuales de radiación y temperatura ambiente, los parámetros que caracterizan al generador y los del inversor. Los datos de salida son: Irradiancia global sobre el plano del generador, temperatura ambiente, corriente del generador, tensión del generador, rendimiento del inversor, potencia a la salida del inversor y energía generada por el sistema

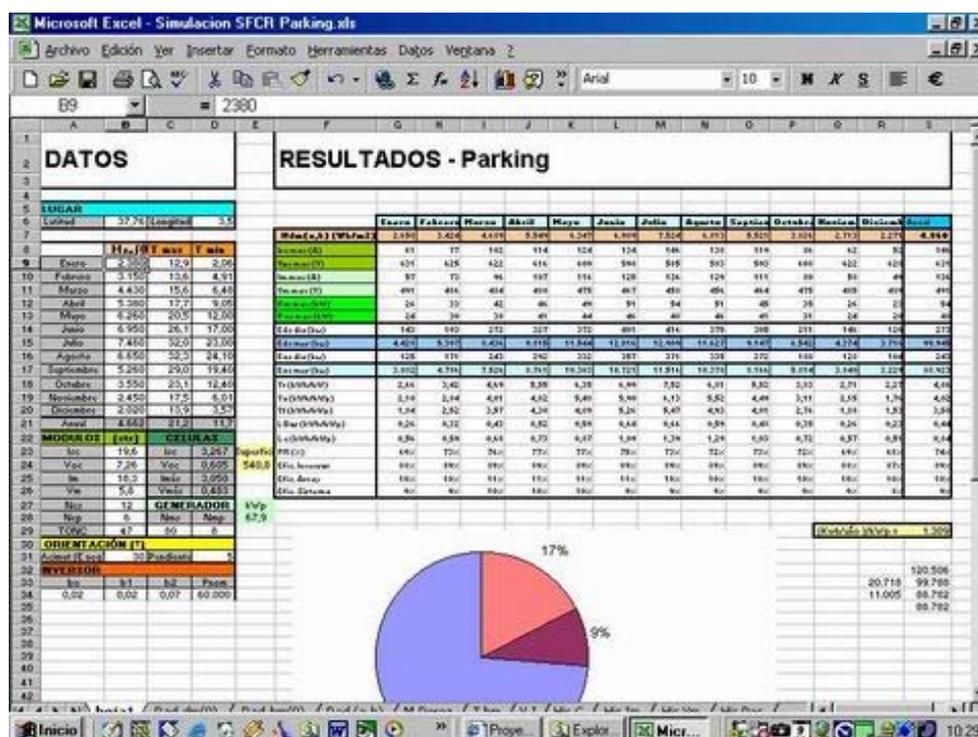


Ilustración 17.- Pantalla principal simulación con Excel de sistema fotovoltaico conectado a red

10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] DG XVII Work Programme for 1999 del V Programa marco de la Unión Europea
- [2] Gimeno, F.J. et al. "La formación en energía solar fotovoltaica en la Universidad Politécnica de Valencia". *TAAE 2000. Barcelona. 419-422*
- [3] Almonacid, G., Hontoria, L., (2004) "Reflexiones sobre la formación en Sistemas de Energía Solar". *Tecnología aplicadas ala enseñanza de la electrónica. TAAEE2004. Valencia.*
- [4] García, L., Luque, P.L. "¿Aptitudes o contenidos? Hacia una enseñanza técnica e calidad". *X Congreso de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. Valencia.*
- [5] Aguilar, J.D., "Web de apoyo a la docencia de la asignaturas de ingeniería: aplicación a la electrónica de potencia". *Actas IV TAAE2000. Barcelona. 621-624*
- [6] Campo, J.C., et al. "Página web para el apoyo de la docencia de instrumentación electrónica". *Actas TAAE2002. Las Palmas de Gran Canaria. 107-110*
- [7] Lorenzo, R., et al. "Diseño e implementación de un tutorial de electrónica básica por medio de tecnologías web". *Actas TAAE2002. Las Palmas de Gran Canaria. 353-356*

- [8] Aguilar, J.D. et al. (2000) “La energía solar fotovoltaica en la provincia de Jaén: Página Web”. *IX Congreso Ibérico de Energía Solar*. Córdoba (Spain)
- [9] Aguilar, J.D. et al. “Website diffusion for pv-system projects at Jaén (Spain); Monitoring and teaching applications”. *ISES Solar World Congress 2003. Ninth International Symposium on Renewable Energy Education (ISREE-9)*. Göteborg, Sweden
- [10] Eyra, R., (1996) *Estandarización de sistemas fotovoltaicos autónomos. Tesis doctoral*. U.P.M. (Spain)
- [11] Nofuentes, G. Et al. “El proyecto Pergola Fotovoltaica: resultados obtenidos y lecciones aprendidas durante dos años de monitorización”. *IX Congreso Ibérico de Energía Solar. Cordoba 2000*
- [12] G. Nofuentes. *Contribución al desarrollo de aplicaciones fotovoltaicas en edificios*. Tesis Doctoral E.T.S.I. Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid. 2001
- [13] Aguilar, J.D. et al. (1993) “Energías renovables para edificios en centros históricos”. *Boletín Instituto de Estudios Giennenses*. N 149. Jaén (Spain)
- [14] Almonacid, G. et al. (1994) “Análisis energético y posibilidades de aplicación de energía solar en el casco histórico de la ciudad de Jaén”. *Actas del VIII. Congreso Ibérico sobre energía Solar*. Vigo (Spain)
- [15] Almonacid, G. et al. (1995) “Estimation of the effects of an intensive solar intervention in the historical centre of Jaén (Spain)”. *Progress in Photovoltaics*, 3, 197-209.
- [16] De la Casa, J. et al. (1995) “Condestable Project. An example of the integration of Renewable Energies in historical environments”. *Proc 13th EC PV Solar Energy Conference*, Niza (France)
- [17] Aguilera, J. et al. (2000) “Universidad Verde: 200KWp grid-connected PV system”. *28th IEEE PV Specialists Conference*. Anchorage (Alaska)
- [18] Perez, P. et al. (2001) “Univer Project: a 200 KWp photovoltaic generator at Jaén University Campus. First experience and operational results”. *17th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*. Munich (Germany)
- [19] Gomez, P., *Contribución al Desarrollo Tecnológico de la seguridad y protección a personas en aplicaciones fotovoltaicas conectadas a red*. Tesis Doctoral. Universidad de Jaén. 2002
- [20] Vidal, P.G. et al. (2001) “Measures used to protect people exposed to PV generator Univer Project”. *Progress in Photovoltaics*, 9, 57-67
- [21] Perez, P., *Contribución al desarrollo tecnológico de sistemas fotovoltaicos conectados a red. El proyecto Univer*. Tesis Doctoral. Universidad de Jaén. 2003
- [22] Almonacid, G. et al. (2002) “Integration of PV systems on health emergency vehicles. FIVE Project. Results and preliminary conclusions”. *EuroSun 2002 4th ISES-Europe Solar Congress*. Bologna (Italy)
- [23] Muñoz, J.E. (2002) “Telemonitorización de sistemas fotovoltaicos vía internet. Experiencias de operación en distintos sistemas”. *XI Congreso Ibérico de Energía Solar*. Algarve (Portugal)
- [24] Perez, P.J. at al. (1998) “Telecontrol of PV systems using Internet”. *2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy*. Viena (Austria)
- [25] Martinez, C.J, Calensoft 4.0. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Jaén.