



*Ini Inv*, e4: p18 (2010)

## Herramienta docente en la asignatura de instalaciones fotovoltaicas (Design SFA v1.0). Adaptación a los créditos ECTS

F.J. Muñoz, C. Rus, F. Almonacid, J.D. Aguilar, L. Hontoria, P.J. Pérez-Higueras, M.A. Torres

*Departamento de Ingeniería Electrónica y Automática. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Jaén. España.*

[fjmunoz@ujaen.es](mailto:fjmunoz@ujaen.es), [crus@ujaen.es](mailto:crus@ujaen.es), [facruz@ujaen.es](mailto:facruz@ujaen.es), [aguilar@ujaen.es](mailto:aguilar@ujaen.es),  
[hontoria@ujaen.es](mailto:hontoria@ujaen.es), [pjperez@ujaen.es](mailto:pjperez@ujaen.es)

### Resumen

Este documento pretende presentar una herramienta software de carácter docente orientada al aprendizaje del diseño de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos (SFA). Este último forma parte de los contenidos de las asignaturas optativas, "Instalaciones fotovoltaicas" y "Electricidad Fotovoltaica", ofertadas por la Universidad de Jaén en el plan de estudios correspondiente a Ingeniero Técnico Industrial en las especialidades de: Mecánica, Electricidad y Electrónica Industrial. Así mismo, el diseño de los SFA también conforma un módulo del Máster de Energías Renovables impartido en esta misma Universidad.

### JUSTIFICACIÓN

Las asignaturas Instalaciones Fotovoltaicas y Electricidad Fotovoltaica son materias optativas en la titulación de Ingeniero Técnico Industrial ofertadas en las especialidades de: Electrónica Industrial, Electricidad y Mecánica.

Los objetivos de estas asignaturas se centran en que el alumno adquiera las competencias necesarias, a nivel cognitivo, procedimental-instrumental así como actitudinal para que quede capacitado en el diseño, cálculo y análisis de instalaciones fotovoltaicas, tanto conectadas a red como autónomas.

Debido al carácter multidisciplinar de estas asignaturas, el alumnado, que procede de distintas trayectorias curriculares, se enfrenta a un gran salto a nivel conceptual, tanto en su vertiente teórica como práctica, ya que es la primera vez que el alumno entra en contacto con la Energía Solar Fotovoltaica. En ese sentido, y teniendo en cuenta la dificultad con la que se encuentra el alumno cuando cursa estas asignaturas, se hace totalmente necesario que el docente considere y aproveche todos los medios a su alcance para favorecer el aprendizaje de la misma.

Es muy frecuente que, en la actualidad, los alumnos sigan centrando su aprendizaje exclusivamente en los apuntes suministrados por el profesor de la asignatura y en las colecciones de problemas propuestos por este último. No obstante, las nuevas tecnologías ponen a nuestro alcance una serie de medios que presentan un alto potencial docente. En ese sentido, la utilización de estos últimos podrá redundar en la calidad de la enseñanza, además de permitir que su aprendizaje sea más interesante para el alumno.

## OBJETIVOS

Como objetivos generales se pueden destacar los siguientes:

- Tomar el testigo y dar continuidad al trabajo ya iniciado con el Proyecto de Innovación Docente (PID) denominado *Elaboración de Material Docente y Realización de Aplicación Software para el Cálculo de Radiación*, de apoyo al aprendizaje de las asignaturas Instalaciones fotovoltaicas y Electricidad fotovoltaica, ambas pertenecientes a la Titulación de Ingeniero Técnico Industrial, en la adaptación de los programas de las asignaturas indicadas anteriormente al nuevo sistema de créditos ECTS. Este Proyecto de Innovación Docente se concretó en una comunicación al VIII Congreso del TAAE 2008 (C. Rus, *Herramienta para el cálculo de la radiación solar sobre superficies inclinadas*. Editorial del VIII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica, Zaragoza, España, 2008).
- Ofrecer al alumno herramientas software que faciliten el estudio y comprensión de la asignatura y que le estimulen a alcanzar los conocimientos exigidos mediante un trabajo autónomo y una participación activa dirigida por el profesor.

## CONTENIDOS

El contenido de la herramienta desarrollada es el que a continuación se indica:

1. **Aplicación software de Diseño de SFA (Fig.1)**. Con esta aplicación el alumno podrá, a partir de una estimación del consumo del sistema, diseñar un SFA que cubra las necesidades del mismo. Este diseño vendrá conformado por los siguientes apartados:
  - Estimación del Consumo de la Instalación
  - Dimensionado del generador fotovoltaico.
  - Dimensionado del sistema de acumulación.
  - Dimensionado del regulador de carga.
  - Dimensionado de las unidades acondicionadoras de potencia.
  - Dimensionado del cableado.
2. **Base de Datos de diferentes componentes fotovoltaicos utilizados** (e.g. Módulos fotovoltaicos, reguladores de carga, baterías, inversores, acondicionadores de potencia,...). Cada componente presentará un enlace a su correspondiente hojas de características en formato electrónico (e.g. \*.pdf) así como un enlace a la página web del fabricante. De esta forma, el alumno podrá no sólo dimensionar los diferentes elementos de una instalación fotovoltaica autónoma, sino que podrá escoger, dentro de un amplio abanico de componentes existentes en el mercado, el que se más ajuste a las necesidades de la aplicación que se pretende diseñar.
3. **Base de datos de irradiación diaria media mensual para distintas inclinaciones y para las diferentes capitales de provincia españolas**. Estas se obtendrán a partir de los datos proporcionados por el Joint Research Centre (JRC) a través de su página web <http://sunbird.jrc.it/solarec/index.htm>. Esta información, será de gran importancia para el alumno a la hora de dimensionar el

tamaño del generador fotovoltaico y escoger la inclinación adecuada para el mismo.

- Metodología.** El software utilizado para el desarrollo de la herramienta docente es Microsoft Excel® con macros en Visual Basic (VBA). La elección de este software radica en su gran versatilidad, su fácil uso, una adecuada interfaz gráfica y a la amplia difusión y disponibilidad que presenta este software.

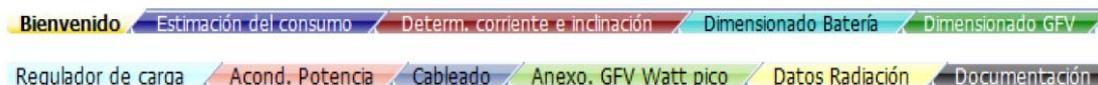


Figura 1. Pantalla de inicio de Design SFA v1.0.

		HOJAS DE CARACTERÍSTICAS										
BATERÍAS	Absolute	BAE	Classic	Delphi	Flamm	Hoppecke	Sonnenschein	Sunlight	Sunbyte			
		Absolute IP Absolute XL	Secura OPzV Secura OPzS	Gama Classic	Freedom 2000	Gama Flamm	Solar Bloc Solar Power OPzS Power Block OPzS OPzV Power Block OPzV FNC	Solar OPzV ARCO Solar Solar Block	Gama OPzS OPzS extendida	Sunbyte	Volver a Dimens. Batería	
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	BP Solar	Conergy	Isotón	Saiyo	Sharp	Shell	Solarworld	Solon	Uni-Solar			
	BP 1180	C 125-P	IS-75 / 12	HP-2055XHE1	ND-60RU2	SM50-H	SW155 / 175 poly ST	Blue 22003	ES-81T	Volver a Config. 1		
	BP 3165	S 170W-175W	IS-150S / 12	HP-2150XHE1	ND-32	SM55	SW180 / 185 mono	Blue 22007	ES-104	Volver a Config. 2		
	BP 3170	S 190P/200P	IS-150S / 24	HP-2150XHE1	ND-00E JFA	S070	SW200 / 225 poly	P2200-07	PVL-136	Volver a Config. 3		
	BP 7180		IS-200 / 32	HP-225XHE1	ND-120UF	S072		F2200-	US-2	Volver a Config. 4		
	BP 7185				ND-N2ECUF	Ultra 6085-P			US-11			
	BP 7190				ND-167U1V	SM110-122			US-44			
	Pvl Serie 3				NE-110U1	SM110-242						
					NT-115U1	SG140-PC						
					ND-180U1F	SG150-PC						
				ND-218U1F	SG180-PC							
				ND-218U2								
REGULADORES DE CARGA	Conergy	Mastervolt	MorningStar	Stecca	Xantrex							
	SCC eco	SCM-N 20-40	ProStar	Solum	C/2 Controller							
	SCC vision		SunGuard	PR Night	Serie C							
			SMS	PR 0303/0505								
			SunKeeper	PR 1010 / 0303								
			SunSaver	PS 2000-IP								
			SunSoft	Solarix								
			SunSaver Duo	Solarix 2411/4401								
			TriStar	Solarix ST								
				Solarix PDS								

Figura 2. Extracto de la Base de Datos de los componentes utilizados en Design SFA v1.0. Se incluyen Hojas de Características de los mismos.

En la herramienta docente se habilitarán diferentes pestañas para el dimensionado de cada uno de los componentes que conforman el sistema a diseñar. Así mismo, se permitirá una gran interactividad por parte del alumno: este último podrá estudiar el efecto de diferentes parámetros en el diseño del sistema, el programa ofrecerá diferentes tipos gráficos que permitan establecer estudios comparativos entre la elección de uno u otro componente, se incluirán en el programa diferentes hipervínculos a documentos elaborados por el profesorado donde se puedan encontrar los conceptos teóricos necesarios para el diseño de SFA, la diferente Normativa que los ampara, etc. Todo ello orientado a favorecer y promover el autoaprendizaje del alumno.

La metodología usada para la elaboración de la herramienta se basa en la planificación y seguimiento del nivel de ejecución de las diferentes tareas:

1. Revisión bibliográfica y documental relacionada con el diseño de SFA. Así como con la programación de Visual Basic (VBA) en aplicaciones del programa Microsoft Excel. Estudio de diferentes métodos de diseño del sistema fotovoltaico autónomo: Método del mes peor y Método de máxima captación de energía anual.
2. Obtención de datos de irradiación diaria media mensual para diferentes inclinaciones para las diferentes capitales de provincia.
3. Búsqueda de cargas de bajo consumo en corriente alterna y continua.
4. Búsqueda de documentación relativa a los diferentes componentes que conforman un SFA (e.g. hojas de características).
5. Elaboración de la herramienta docente. En esta etapa se desarrolla la programación en VBA y la elaboración de la aplicación.
6. Aplicación práctica. Se llevarán a cabo varios casos reales de diseño de sistemas fotovoltaicos autónomos.

## **PROYECCIÓN Y UTILIDAD DE LA HERRAMIENTA**

Los resultados derivados de la experiencia están siendo muy satisfactorios. Se ha desarrollado una herramienta que, aparte de ofrecer los contenidos teóricos relativos al diseño de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos, permite, por parte del alumno, un alto grado de interactividad para desarrollar con más profundidad los diferentes conceptos teóricos de la asignatura. En ese sentido, el alumno puede no sólo resolver los ejercicios y prácticas propuestos, sino que puede modificar los datos de partida, y observar cómo afectan los mismos en el diseño final de las aplicaciones estudiadas.

Durante el curso académico 2008/2009 se desarrolló la herramienta. En el siguiente curso académico (2009/2010) se distribuyó la herramienta a los alumnos, bien a través de la plataforma ILIAS, bien a través de soportes electrónicos (e.g. DVD) apreciándose la eficacia de la misma. Esto ha permitido una retroalimentación que es muy interesante a la hora de la elaboración definitiva de la herramienta. Así no se pierde el punto de vista de los alumnos, que, en definitiva es crucial, porque a ellos va dirigido la misma. Así mismo, en el próximo curso académico se pretende desarrollar un cuestionario que se aplicará al final de curso para sondear la opinión del alumno sobre esta nueva herramienta. Los resultados derivados de este último serán determinantes para valorar la eficacia de la herramienta docente propuesta, así como de las posibles mejoras a las que se puede someter a la misma.