

# Laboratorio Virtual de Placas Solares Fotovoltaicas



## Práctica 1.

### Determinación de los parámetros de los paneles solares típicos.

Página alojada en <http://grupoorion.unex.es>

Grupo de Investigación  
**O R I O N**

## **Práctica 1. Determinación de los parámetros de los paneles solares típicos.**

### **1.1.1.- Objetivo.**

El objetivo de esta práctica es comprobar y entender el funcionamiento de los paneles solares determinando la curva de intensidad voltaje característica de las células solares (curva i-v), los parámetros de intensidad de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) y tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ), la variación de la potencia con el voltaje y la potencia máxima generada ( $P_{m\acute{a}x}$ ).

### **1.1.2.- Elementos necesarios**

Equipo solar fotovoltaico compuesto de:

- 2 Paneles solares fotovoltaicos.
- 1 Simulador solar formado por lámparas solares.
- 1 Regulador del cargador de la batería.
- 1 Módulo de carga DC.
- 1 controlador electrónico para la interfaz
- Sensores de medida
- 1 ordenador con el software SACED y la aplicación EESFC instalado
- Tarjeta de adquisición de datos

### **1.1.3.- Práctica Virtual.**

Para la elaboración de esta práctica virtual se ha utilizado una cámara de video, el equipo de simulación solar fotovoltaica (con todos los componentes descritos en el apartado anterior) y diversos programas informáticos para la captura de imágenes, grabación de videos, creación del audio y tratamiento de datos. En concreto, destacamos el uso de los programas "Windows Movie Maker", "Camtasia 7.0", "Microsoft Excel", "Power Point" y "GoldWave".

El método operativo para la puesta a punto de esta práctica virtual es el siguiente:

En primer lugar, para que el alumno que utilice el laboratorio virtual pueda hacerse una idea completa de la práctica, debemos grabar y digitalizar todas las acciones reales que realizamos con el equipo del laboratorio. Tanto si trabajamos con controladores del hardware como si modificamos los controles digitales en el software.

Para ello, con la cámara de vídeo, para dejar testimonio de la correcta manipulación del equipo físico, grabamos la colocación y el manejo del equipo, es decir, conectamos la alimentación trifásica a la red eléctrica, realizamos las conexiones de los sensores a la consola del controlador de equipo solar, en el módulo de carga DC ponemos la posición del reóstato de carga en el valor de máxima resistencia, movemos el selector de carga a la posición 2 y desconectamos las lámparas DC que están conectadas en paralelo con el reóstato, para ello colocamos el interruptor manual del reóstato hacia arriba y el interruptor manual de las

## Laboratorio Virtual de Placas Solares Fotovoltaicas

lámparas hacia abajo. Una vez realizado todos estos pasos, pulsamos los botones de encendido del módulo de carga DC y de la consola del controlador.

Estas grabaciones se capturan para poder procesarlas en el ordenador con diversos programas de edición de video. En estos archivos añadiremos secuencias de títulos sobre los videos y diferentes pistas de audio con los comentarios necesarios para que el alumno pueda entender cómo se ha llevado a cabo esta parte de la práctica.



Imagen 1. Ejemplo de una Captura de uno de los videos grabados con el manejo de los controles físicos

Por otro lado, una vez puesto en funcionamiento el hardware, debemos poner también en funcionamiento el software que controla desde el ordenador los parámetros de los paneles solares, de la ventilación, de las conexiones en serie o en paralelo de las células solares ... etc. Para que todos los pasos que demos en la interfaz queden grabados y así un alumno que visualice virtualmente esta práctica no pierda detalle del procedimiento para la realización de la misma, usaremos para la grabación de todo lo que ocurre en la pantalla del ordenador el programa informático "Camtasia 7.0". Este programa permite visualizar la pantalla del ordenador generando un archivo de video que será testigo de todas las acciones que se llevan a cabo con el mismo.

En primer lugar abrimos el programa "Camtasia 7.0" y seleccionamos la opción de "grabar pantalla"; seleccionaremos también la opción de grabar el sonido para poder ir explicando a su vez el desarrollo de la práctica. A continuación ejecutamos el software SACED que controla el equipo solar mediante la aplicación EESFC (equipo de energía solar fotovoltaica controlada desde ordenador). A la vez que se ejecuta la interfaz, vamos explicando los objetivos que se persiguen con esta práctica virtual y hacemos una breve introducción teórica de los parámetros con los que se trabajará en esta práctica. Esto sería equivalente a la lectura inicial que hace un alumno en el laboratorio real cuando lee el fundamento teórico de la práctica en el guión de la misma.

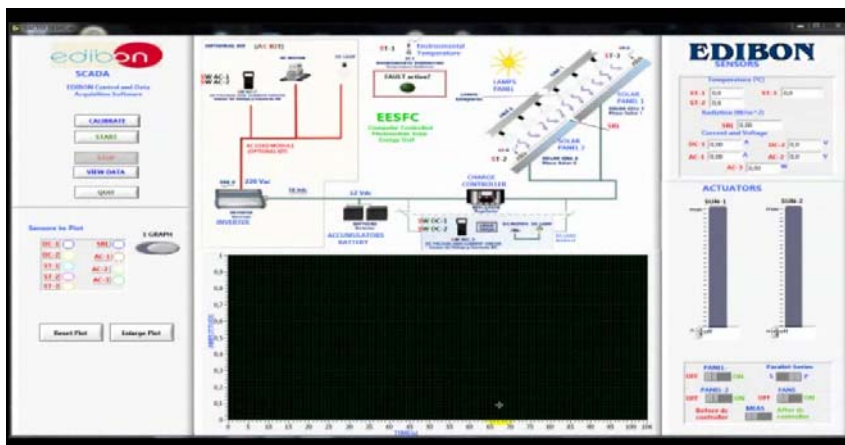


Imagen 2. Ejemplo de una captura de la pantalla del ordenador con la interfaz del software

Con la aplicación abierta, explicamos las zonas que presenta la interfaz haciendo zoom en las distintas partes para que los alumnos se hagan una idea de cómo funciona y de cuáles son los controladores digitales con los que se puede interactuar y cuáles son las salidas tanto de datos como gráficas que genera el programa.

Colocamos los controles digitales de la parte derecha de la interfaz de modo que encendamos el panel solar 1 y situamos el control “SUN 1” en la posición de máxima radiación. El resto de controles los dejamos en la posición que traen por defecto. En la siguiente imagen se muestra como quedarían colocados.

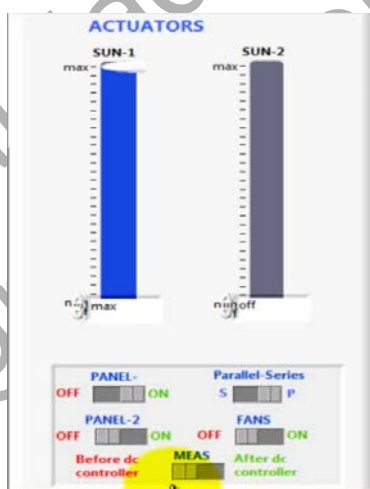


Imagen 3. Captura del video que muestra las posiciones de los controles digitales para el desarrollo de la práctica 1

Por último, ponemos en funcionamiento el equipo pulsando el botón “start” de la interfaz situado en la parte superior izquierda de la misma. Se abrirá una ventana emergente donde pondremos el nombre del archivo en el cual queremos guardar los datos de salida para su posterior tratamiento con una hoja de cálculo. Una vez hecho esto, el equipo solar se pone en funcionamiento, encendiéndose las lámparas solares ultravioleta que iluminan el panel solar 1. Para que el alumno pueda visualizar este efecto, grabamos de nuevo con la cámara de video este hecho.



Imagen 4. Lámparas solares ultravioleta encendiéndose para iluminar al panel solar 1

La interfaz de la aplicación tiene en su parte superior derecha campos que muestran los valores que están midiendo los sensores conectados a los paneles y a la consola del controlador. Para que el alumno pueda captar esta información y anotar los datos de medida, ampliaremos la pantalla en esta zona. Los sensores nos indican las temperaturas de los paneles solares 1 y 2 y la temperatura ambiente (sensores ST3, ST2 y ST1 respectivamente) así como la intensidad de corriente (DC1), potencial (DC2) e intensidad de radiación (SRL) generada por las lámparas solares ultravioletas.

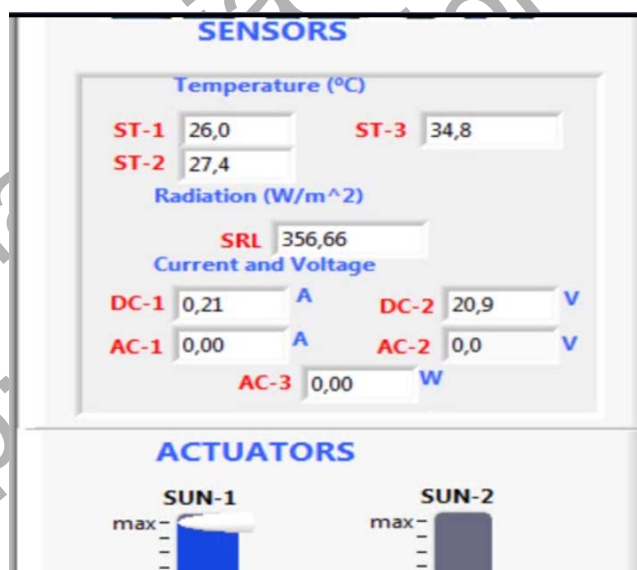
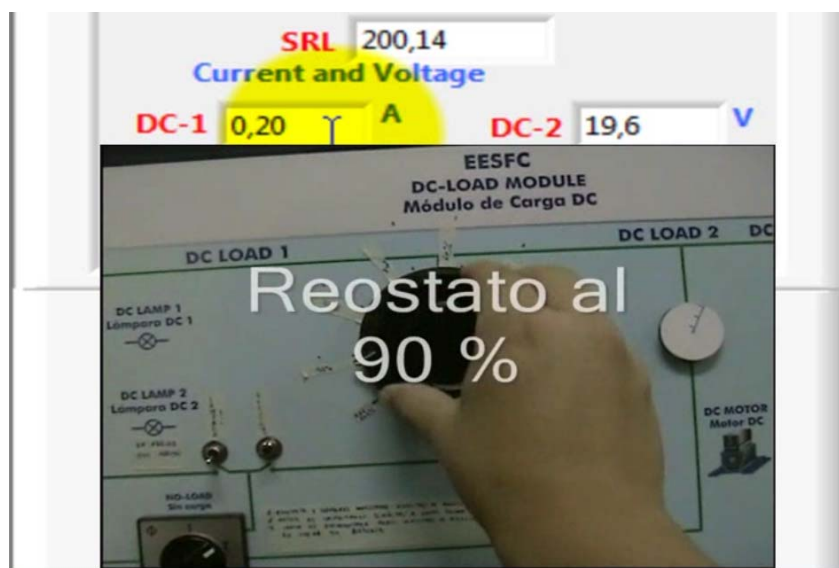


Imagen 5. Captura de los campos que muestran los valores de los distintos sensores

Mientras vamos tomando los datos necesarios, explicamos al alumno en el video dónde debe focalizar su atención para conseguir el objetivo de esta práctica virtual. De este modo, para poder caracterizar el panel solar 1 y obtener la curva característica de intensidad-voltaje para este panel iremos modificando las posiciones del reóstato de carga situado en el módulo de carga físico del equipo. Para que el alumno visualice esto, tomamos de nuevo la cámara de video y grabamos de nuevo las acciones que vamos a ir realizando sobre el hardware a la vez que se visualiza la interfaz digital del equipo solar fotovoltaico. Así el alumno no perderá

detalle del procedimiento a realizar en esta práctica virtual como si el mismo estuviese en el laboratorio real.



**Imagen 6** Captura simultánea del controlador físico y de la interfaz digital del equipo solar fotovoltaico

Pedimos al alumno que anote los valores de los sensores de intensidad, voltaje y radiación para cada posición diferente del reóstato de carga, el cual iremos modificando desde la posición de máxima resistencia (100%) hasta la posición de mínimo (0%). Sugerimos al alumno que cada vez que modifique la posición del reóstato de carga, debe esperar a que los valores que proporcionan los sensores se establezcan con el tiempo, para que los datos tomados sean correctos. Por otro lado, le advertimos que el reóstato de carga no debe permanecer mucho tiempo en la posición de mínimo, ya que en ese caso se podría producir daño por el calor disipado o incluso fundir el fusible de protección situado en la parte trasera del módulo de carga.

Si el alumno estuviese en el laboratorio real, debería completar una tabla de datos como por ejemplo la que se muestra en la imagen 53, para que el alumno del laboratorio virtual pueda hacerlo del mismo modo, se ha creado una presentación con el programa "Power Point" que ha sido transformada a una animación de video para integrarla en la práctica virtual. De este modo, el alumno es capaz de visualizar cómo se va completando la tabla de datos en función de los valores que se van obteniendo en la práctica.

PANEL SOLAR 1			
REOSTATO (%)	SENSOR DC1 (A)	SENSOR DC2 (V)	SENSOR SRL (W/m <sup>2</sup> )
100			
90			
80			
70			
60			
50			
40			
30			
20			
10			
0			
SIN CARGA			

Imagen 7. Ejemplo de la tabla que deben completar los alumnos en la práctica 1

Una vez realizado esta parte de la experiencia, calcularemos el valor de los dos parámetros característicos de una célula fotovoltaica, es decir, el valor de la corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) y el valor de la tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ). Para ello, explicaremos en el vídeo en primer lugar el significado teórico de ambos parámetros y a continuación procederemos al desarrollo de la parte experimental. Para obtener la intensidad de cortocircuito, ponemos el reóstato de carga al 0% y anotamos el valor del sensor DC1. Para obtener la tensión de circuito abierto debemos cambiar la posición del selector del módulo de carga DC y colocarlo en la posición 1. De este modo, los paneles solares operan en circuito abierto. Para que el alumno pueda visualizar esto, lo grabaremos con la cámara de vídeo y solaparemos dicha imagen con la de la interfaz digital. Con el selector en esta nueva posición, la información del sensor DC2 será la tensión de circuito abierto.



Imagen 8. Colocación del selector de carga en la posición 1. (Paneles operando en circuito abierto)

Con todos estos datos podremos trazar la curva característica de intensidad-voltaje del panel solar 1. Para ello, tendremos que utilizar una hoja de cálculo y un programa de tratamiento de datos para su representación gráfica. Utilizaremos en este caso el "Excel" y grabaremos las gráficas obtenidas para anexarlas a la práctica virtual con el propósito de mostrar al alumno los resultados obtenidos. Una vez integradas las curvas dentro del vídeo, explicaremos en él cómo se han trazado comentando lo más significativo de las mismas.

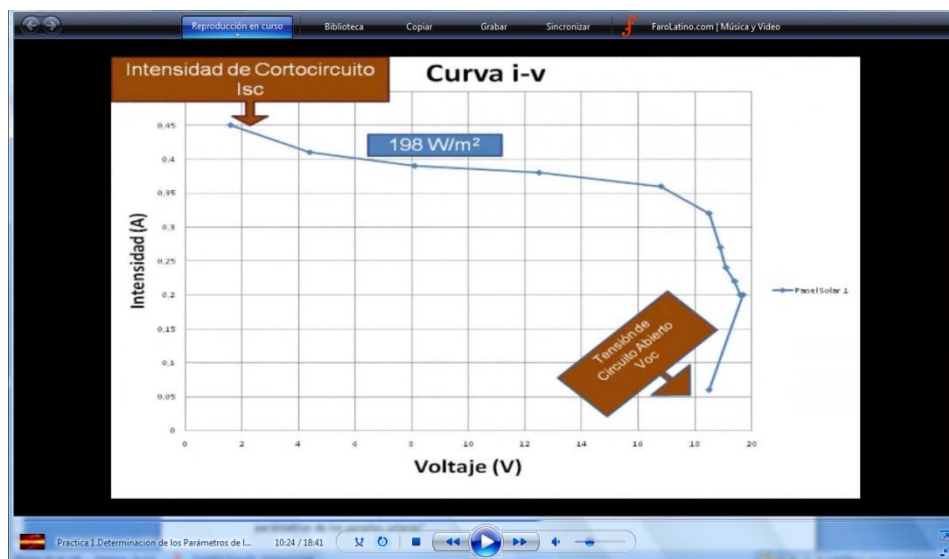


Imagen 9. Captura de las gráficas de la práctica virtual 1

Por último, una vez que hemos caracterizado el panel solar 1, repetiremos el procedimiento llevado a cabo pero con el panel solar 2. Para ello explicamos en el vídeo como se desconecta el panel 1 y cómo se conecta el panel solar 2 en los controladores digitales de la aplicación.

Con los datos que obtenemos con el panel 2, hacemos la representación gráfica de sus curvas características y las comparamos con las obtenidas en el panel solar 1 comentando las conclusiones más relevantes de esta práctica virtual para que el alumno tenga una visión completa de todo el desarrollo de la misma.

Por último, a modo de evaluación, plantearemos en la práctica virtual una serie de preguntas abiertas para que el alumno pueda reflexionar sobre el porqué de los resultados obtenidos y comparar por ejemplo, las curvas experimentales obtenidas con los valores proporcionados por el fabricante de los paneles solares.

Todos los archivos que hemos generado, tanto imágenes como gráficos, videos, audios y animaciones los llevaremos al programa de edición de video "Camtasia 7.0" para realizar el montaje de esta práctica virtual. Esto nos permite añadir títulos de crédito, resaltar con textos los momentos en los que queremos llamar la atención del alumno y realizar el montaje final de la película.

Esta práctica virtual elaborada se encuentra disponible en dos formatos digitales, un archivo "Windows media video" y un archivo "m4v" especial para su visualización a través de internet en dispositivos móviles como un iphone o ipod. Ambos formatos se encuentran disponibles en la página web de nuestro grupo de investigación <http://grupoorion.unex.es> siguiendo el enlace "Laboratorio virtual de placas solares fotovoltaicas" y pulsando en "Determinación de los parámetros de los paneles solares"



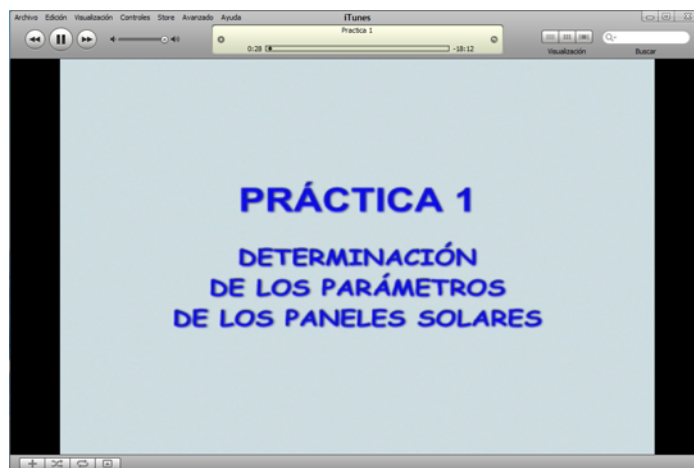


Imagen 10. Captura de la práctica virtual 1

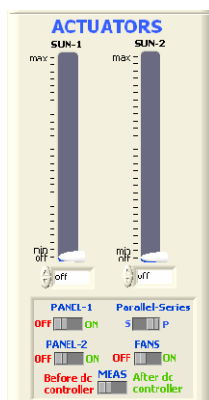


Imagen 11. Ejemplo de animación incluida en el video de la práctica 1

#### 1.1.4.- Desarrollo de la práctica.

Para llevar a cabo la correcta realización de la práctica siga los siguientes pasos:

1. Ejecute el software SACED y la aplicación EESFC.
2. Compruebe que el reóstato de carga DC está en posición de máxima resistencia (Girado totalmente hacia la izquierda).
3. Ponga el selector de carga DC en la posición 2 y Desconecte las lámparas DC que están conectadas en paralelo con el reóstato (Interruptor manual hacia abajo).
5. Conecte la alimentación trifásica y ponga la interface en funcionamiento después de comprobar que todos los sensores están conectados a ella correctamente.
6. Compruebe que la posición inicial de los controles digitales y analógicos se corresponde con la siguiente pantalla.



**Imagen 12. Posición de los controles digitales**

7. Pulse "START" para comenzar con la aplicación EESFC.
  8. Conecte el PANEL-1 y desconecte el PANEL-2. Mantenga los paneles solares conectados en paralelo. Sitúe el control SUN-1 en la posición de máximo para obtener la máxima radiación. Anote los valores que muestren los sensores de intensidad DC-1, tensión DC-2 y radiación SRL.
  9. Cambie la posición del reóstato de carga al 90 % aproximadamente y anote los valores de los parámetros obtenidos.
  10. Repita el punto 9 con aumentos o descensos del 10 % aproximadamente del reóstato de carga hasta alcanzar el 0 %, que es el punto de cortocircuito del panel solar.
  11. Para obtener el voltaje de circuito abierto del panel solar, ponga el selector de carga DC en posición 1.
- Para obtener los parámetros de la curva i-v del PANEL-2, debe llevar a cabo la misma práctica repitiendo los pasos 8-11.

**1.1.5.- Resultados y tablas.**

Expresa los resultados conforme a la siguiente tabla.

**Tabla 1. Tabla de resultados de la Práctica 1**

REOSTATO	PANEL SOLAR 1			PANEL SOLAR 2		
	SENSOR DC1	SENSOR DC2	SENSOR SRL Wr (W/m2)	SENSOR DC1	SENSOR DC2	SENSOR SRL Wr (W/m2)
	I (A)	V(V)		I (A)	V(V)	
100%						
90%						
80%						
70%						

60%						
50%						
40%						
30%						
20%						
10%						
0%						
Isc						
Voc						

- Trace la curva i-v para cada panel anotando en cada punto de la gráfica el valor de la radiación que se ha medido.
- Compare las gráficas obtenidas con las siguientes curvas, que son suministradas por el fabricante de los paneles.

CURVA I-V (a 25°C)

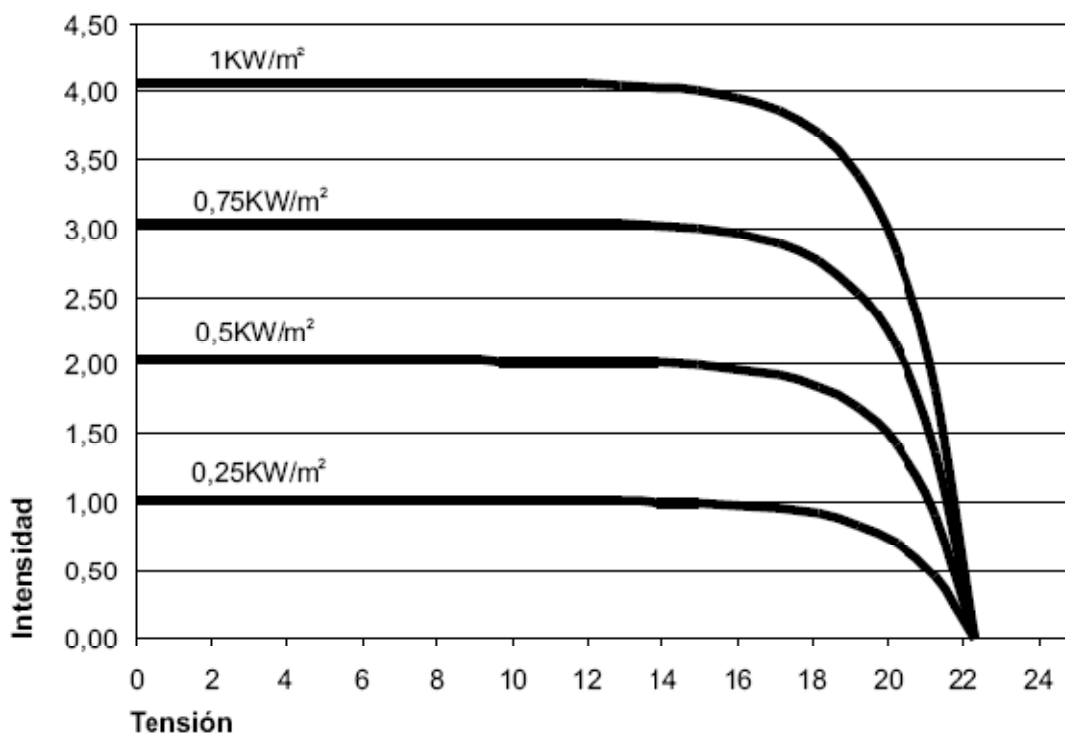


Imagen 13. Curva de intensidad- voltaje para diferentes valores de intensidad de radiación a temperatura ambiente de 25°C

