



# **Title:** Sistema para el monitoreo remoto y análisis estadístico de la información energética disponible para optimizar el uso de arreglos de paneles solares

**Author:** Jesús, SANDOVAL-GIO, Carlos Alberto, LUJAN-RAMIREZ, Víctor, SANDOVAL-CURMINA, Irving Agustín, CHAN-SOSA

**Editorial label ECORFAN:** 607-8534  
**BCIERMMI Control Number:** 2018-03  
**BCIERMMI Classification (2018):** 251018-0301

**Pages:** 22  
**RNA:** 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
244 – 2 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 | 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.  
Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

### Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic Republic
Spain	El Salvador	of Congo
Ecuador	Taiwan	Nicaragua
Peru	Paraguay	

# INTRODUCCIÓN

- El crecimiento exponencial que está teniendo en Yucatán la demanda del uso de energía fotovoltaica ha propiciado el surgimiento de numerosas empresas dedicadas al diseño e instalación de estos sistemas [1-2].
- Para aprovechar al máximo la energía solar fotovoltaica que entrega un arreglo de paneles solares, es necesario contar con un sistema de monitoreo y control que opere sobre estos.

# INTRODUCCIÓN

- El piranómetro es un elemento de vital importancia en cualquier sistema de monitoreo que busca aprovechar al máximo la energía solar fotovoltaica [3-5].
- Este dispositivo realiza la medición de la radiación disponible en el lugar de ubicación del panel, por lo que esta información es de gran relevancia para analizar si la energía que se obtiene de los paneles es la mayor posible, debido a que diversos parámetros afectan esta captación.

# INTRODUCCIÓN

- Los principales parámetros que afectan la generación de un sistema fotovoltaico son:
  - 1) Orientación de los paneles.
  - 2) Condiciones de sombreado parcial,
  - 3) Temperatura de operación.
  - 4) Fallas en el funcionamiento o interconexión de los microinversores a la red.

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Los datos necesarios de radiación solar para dimensionar y diseñar un sistema fotovoltaico se obtienen generalmente de estaciones meteorológicas automáticas, pero estas no se encuentran en la posición geográfica del sitio de instalación.
- Los datos de irradiancia necesarios para monitorear el funcionamiento de un arreglo de paneles fotovoltaicos ya instalados requieren de una medición por aparatos. Los medidores de irradiancia tipo manual no permiten capturar los datos de manera digital y aquellos que se pueden conectar a una red son caros y de poca flexibilidad en su conexión.

# OBJETIVO

- El presente trabajo busca diseñar y construir un sistema de monitoreo remoto de la radiación solar a través de un piranómetro que proporcione la información para la gestión de la generación de energía de un arreglo de paneles fotovoltaicos conectados a la red eléctrica.

# DESARROLLO

- Un piranómetro es un dispositivo diseñado para la medición de la radiación solar que incide sobre una superficie en un campo de  $180^\circ$ .
- La medida se expresa como un flujo de potencia por unidad de área; en el sistema internacional de medida (SI) en Watts/metro cuadrado ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).
- Se considera toda la radiación incidente a la superficie, no solo la que llega perpendicular al sensor.

# DESARROLLO

- Un piranómetro puede construirse de varias formas siendo dos las más comunes [18-20]:
  - 1.- Térmico.
  - 2.- Semiconductor.



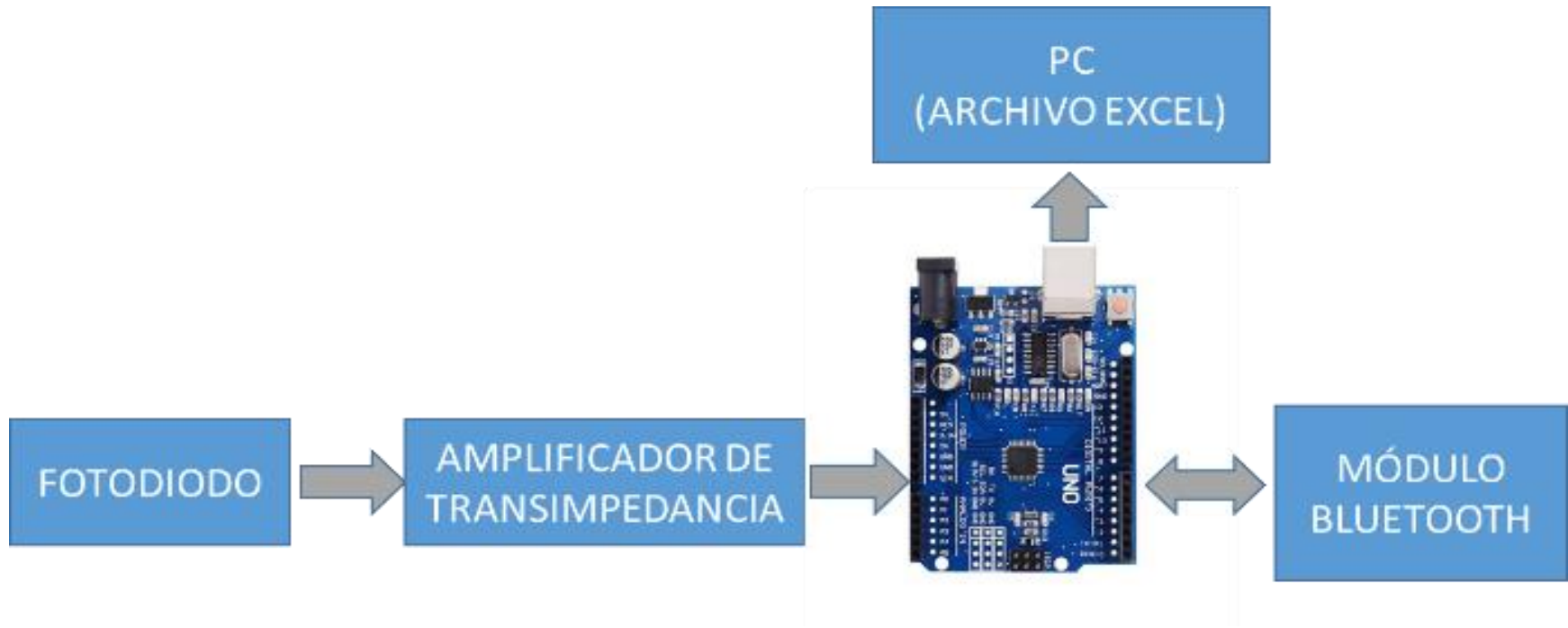
# PIRANÓMETRO TÉRMICO

- Se constituye por una pila termoeléctrica contenida en un alojamiento con dos semiesferas de cristal. La pila termoeléctrica está constituida por una serie de termopares colocados horizontalmente, cuyos extremos están soldados con unas barras de cobre verticales solidarias a una placa de latón maciza.
- El conjunto está pintado con un barniz negro, para absorber la radiación.
- El flujo de calor originado por la radiación se transmite a la termopila, generándose una tensión eléctrica proporcional a la diferencia de temperatura entre los metales de los termopares.

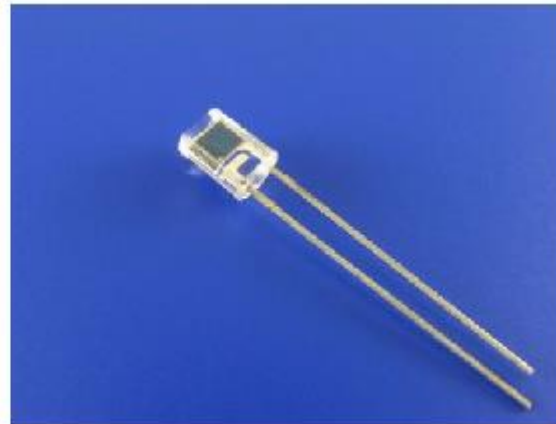
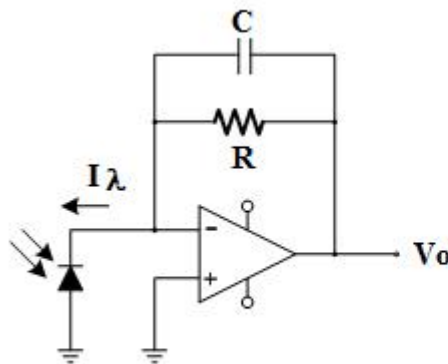
# PIRÁNOMETRO A SEMICONDUCTOR

- El principio de funcionamiento no es térmico como en el caso anterior; sino que tiene como fundamento el efecto fotoeléctrico.
- La radiación incide sobre un fotodiodo que es capaz de generar una diferencia de potencial y de ese modo, mediante la lectura de voltaje, conocer los datos de radiación.

# DIAGRAMA DEL SISTEMA



# ELEMENTO SENSOR

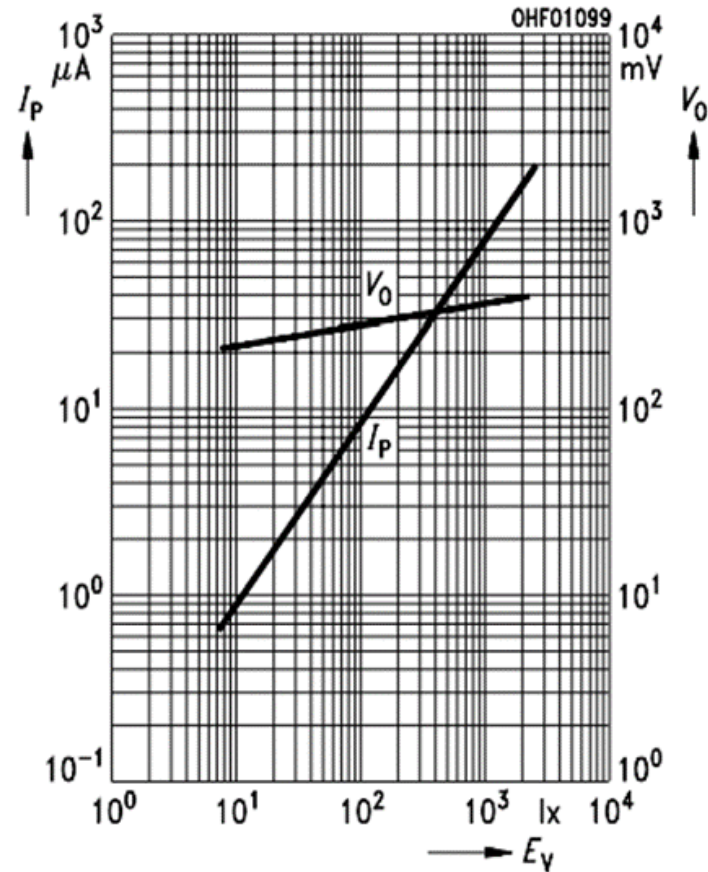
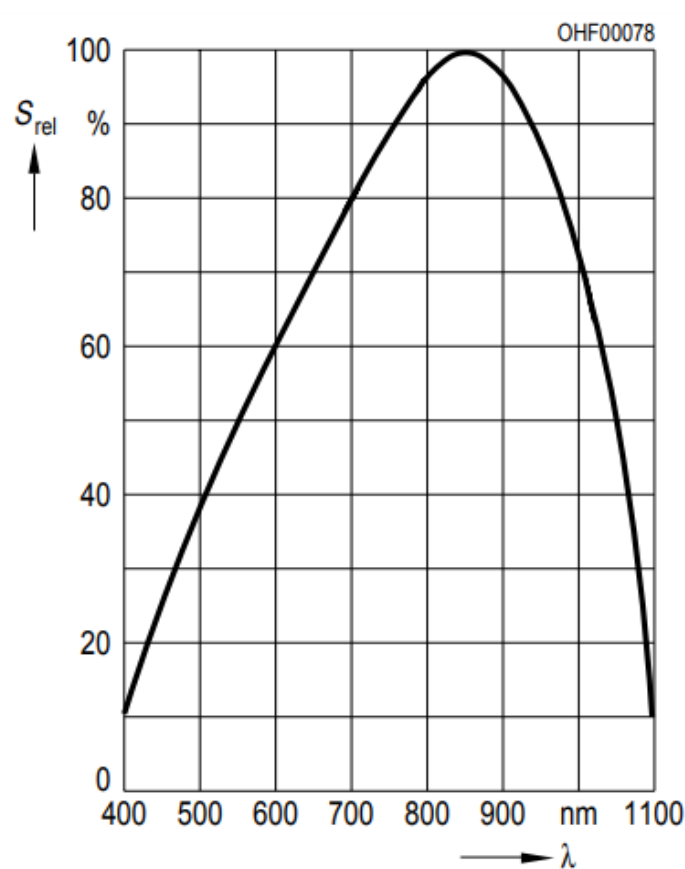


El fotodiodo seleccionado para la realización del sistema fue el SFH 206 K de Siemens. Es un fotodiodo PIN.

# CARACTERÍSTICAS DEL SFH206K

Parámetro	Valor	Unidad
Sensitividad espectral	$S_{\lambda} = 0.62$	A/W
Tensión a circuito abierto ( $E_v = 1000 \text{ lx}$ )	$V_o = 365$	mV
Coefficiente de temperatura para $V_o$	$TC_v = -2.6$	mV/°K
Corriente de cortocircuito ( $E_v = 1000 \text{ lx}$ )	$I_{SC} = 80$	$\mu\text{A}$
Coefficiente de temperatura para $I_{SC}$	$TC_i = 0.18$	%/°K
Área de superficie fotosensible	$A_s = 7$	$\text{mm}^2$

# CARACTERÍSTICAS DEL SFH206K



# RESULTADOS EXPERIMENTALES

- Se utilizó un piranómetro comercial para contrastar las mediciones obtenidas con el prototipo desarrollado. Se usó el LP02<sup>®</sup> de la empresa Sensovant<sup>®</sup>.
- El prototipo y el dispositivo comercial de medición se colocaron juntos en la ubicación 20.939,-89.615 dentro de las instalaciones de la Universidad Tecnológica Metropolitana, con la misma orientación, y un ángulo de inclinación de 21° dada la posición meridional de la ciudad de Mérida, Yucatán.
- Se dispusieron los aparatos sobre el techo de un edificio de 6 m. de altura. Se dio inició la medición a las 9:00 am concluyendo a las 18:00 hrs.

# LP02

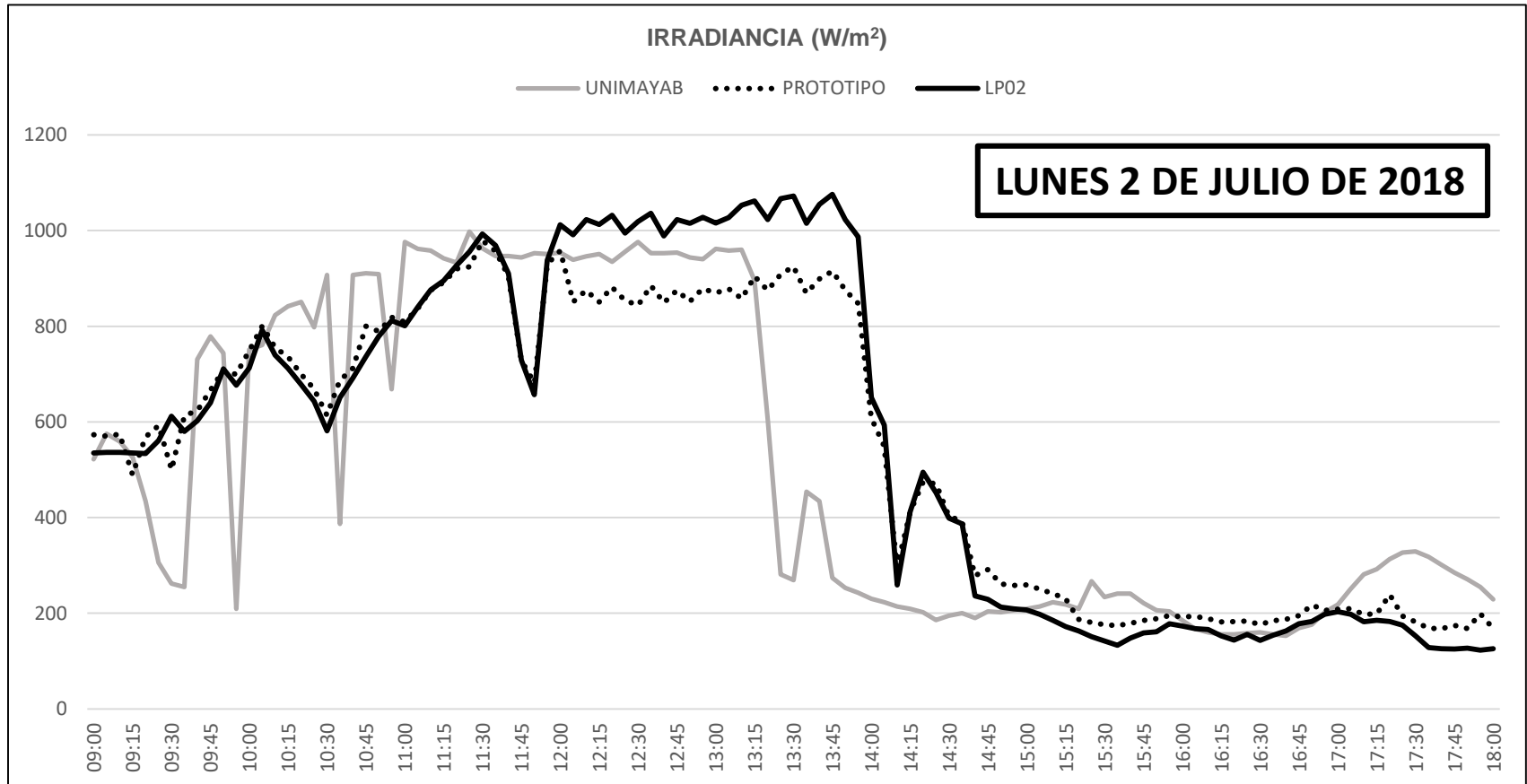




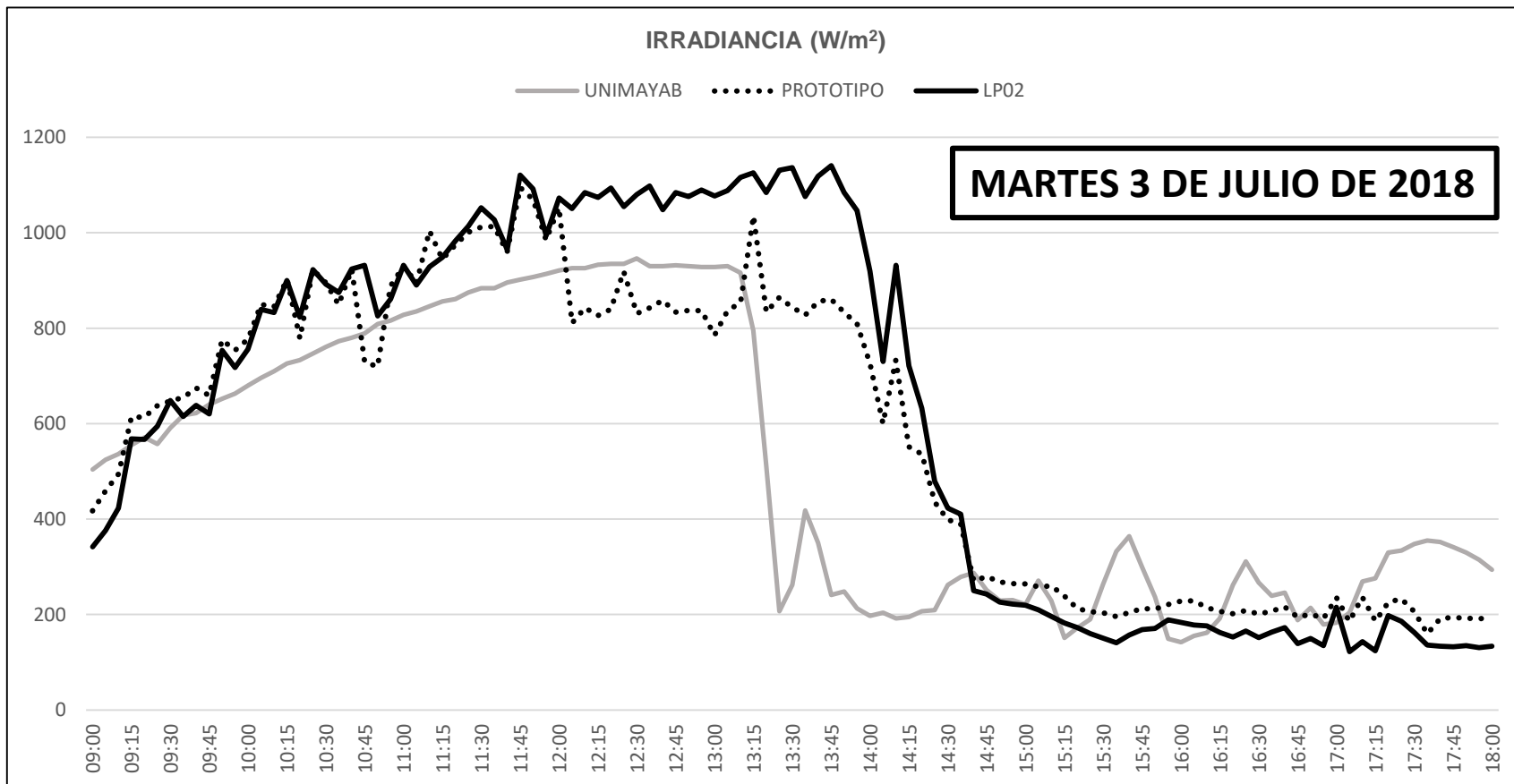
# RESULTADOS EXPERIMENTALES

- Se presentan adicionalmente para comparación las mediciones tomadas de la página de internet de la estación meteorológica UNIMAYAB del Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) unidad Mérida, ubicada en las coordenadas 21.112, -89.609.
- Las diferencias en las mediciones derivan de los siguientes aspectos: la estación meteorológica considera un muestreo realizado con un medidor que considera un espectro de radiación más amplio y toma las lecturas sobre un plano horizontal, no inclinado como las adquiridas con el prototipo y el medidor comercial.

# RESULTADOS EXPERIMENTALES I



# RESULTADOS EXPERIMENTALES II



# CONCLUSIONES

- Se presenta el desarrollo de un prototipo de piranómetro de semiconductor basado en un fotodiodo.
- Se obtuvieron mediciones muy aproximadas a las de un medidor comercial típico. Estas serán de gran utilidad para el desarrollo de estrategias de optimización de un arreglo de paneles fotovoltaicos conectados a la red eléctrica.
- Se observa que se requiere compensación en las medidas ya que el contenido espectral del piranómetro es sensible a menos componentes que los recibidos en la radiación solar, además de necesitar un control de la temperatura de operación.

# REFERENCIAS

[1] Instalación de paneles solares en Yucatán, en auge. (27 de junio 2017). *Diario de Yucatán*. Recuperado de

<http://yucatan.com.mx/merida/ciudadanos/instalacion-paneles-solares-yucatan-auge>.

[2] Cosecha solar, energía poco aprovechada. (8 de septiembre de 2014). *El Universal*. Recuperado de

<http://archivo.eluniversal.com.mx/ciencia/2014/cosecha-solar-energia-94014.html>.

[3] Vignola, F., Derocher, Z., Peterson, J. Vuilleumier, L., Félix, C., Gröbner, J., & Kourenmeti, N. (2016). *Effects of Changing Spectral Radiation Distribution on the Performance of Photodiode Pyranometers*. *Solar Energy*, 129, pp 224-235.

[4] Sengupta, M., Gotseff, P., & Stoffel, T. (September 2012). *Evaluation of Photodiode and Thermopile Pyranometers for Photovoltaic Applications*. Proceedings of 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Frankfurt, Germany. Conference Paper NREL/CP-5500-56540.

[5] Fletes, N., Paredes, C., & Dibene, L. (2016). *Eficiencia en la producción de energía de un panel fotovoltaico a diferente inclinación en Nuevo Vallarta, Nayarit*. *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería*, 3-8: 99-103.

[6] Roitman, M., Mestrallet, A., Aramburu, M., & Rossi, R. (septiembre 2015). *Dimensionamiento de un sistema de energía solar fotovoltaica para una vivienda familiar de la ciudad de Córdoba*. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 2, 37-43.

# REFERENCIAS

- [7] Cardozo, A., (junio 2014). Cálculo y diseño de sistema solar fotovoltaico para uso doméstico (tesina de especialista). Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México.
- [8] Neri, J.L., Mateo, J., & Reséndiz, G. (2013). Módulo fotovoltaico para entrenamiento de alumnos del Centro de Desarrollo de Energías Renovables (tesis de maestría). Centro de investigación en materiales avanzados, CIMAV); Chihuahua, México.
- [9] Díaz, T., & Carmona, G. (2011). Instalaciones solares fotovoltaicas. Grado Medio. McGraw-Hill/Interamericana. España.
- [10] Aguilera, J., Hontoria, L. (2011). Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos. Grupo IDEA. Departamento de Electrónica. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Jaén. España.
- [11] Mestanza Acosta P., & Verástegui Gubler, A. (2013). Proyecto EnDev/GIZ. Manual de instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario. Cooperación Alemana al Desarrollo – GIZ. Lima, Perú.
- [12] Molina, M., & Melchor, C. (2016). Prototipo de un Sistema Fotovoltaico Autónomo. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería, 3-8: 9-18.
- [13] Sánchez Juárez, A. (2017). Especificación Técnica para Sistemas Fotovoltaicos conectados a la red eléctrica asociados a proyectos productivos agropecuarios. Fideicomiso de riesgo compartido. México.
- [14] González, R., Jiménez, H., & Lagunas, J. (2003). Sistemas fotovoltaicos conectados a la red. Boletín IIE octubre-diciembre del 2003. México D.F., México.

# REFERENCIAS

- [15] Al-Najideen, M. I., & Alrwashdeh, S. S. (2017). Design of a solar photovoltaic system to cover the electricity demand for the faculty of Engineering- Mu'tah University in Jordan. *Resource-Efficient Technologies*, 3(4), 440–445.
- [16] Sharma, R., & Goel, S. (2017). Performance analysis of a 11.2 kWp roof top grid-connected PV system in Eastern India. *Energy Reports*, 3, 76–84.
- [17] Ahsan, S., Javed, K., Rana, A.S., Zeeshan, M. (2016). Design and Cost Analysis of 1 kW Photovoltaic System Based on Actual Performance in Indian Scenario. *Perspectives in Science*, 8, 642–644.
- [18] Martínez, M., Andújar, J.M., & Enrique, J.M., (2009). A New and Inexpensive Pyranometer for the Visible Spectral Range. *Sensors*, 9, 4615-4634.
- [19] Vignola, F., Peterson, J, Chiu, C, Dooraghi, M., Sengupta, M., & Mavromatakis, F. (2017). Comparison of Pyranometers and Reference Cells on Fixed and One-axis Tracking Surfaces. *ASES National Solar Conference 2017 Proceedings*. Denver, Colorado, USA.
- [20] King, D.L., Boyson, W.E., Hansen, B.R., & Bower, W.I. (1998). Improved accuracy for low-cost Solar Irradiance sensors. *2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion*, 6-10, Vienna, Austria.



**ECORFAN®**

**© ECORFAN-Mexico, S.C.**

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)