

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL
Gerencia de Investigación, Desarrollo y Capacitación

Departamento: Vigilancia de la Atmósfera y Geofísica

Título: **“Red solarimétrica del Servicio Meteorológico Nacional y su mantenimiento”.**

Autores: Fernando Nollas, Gerardo Carbajal

Lugar: XXXVIII Reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente. San Rafael.

Fecha: 10-13 de noviembre de 2015

Tipo de documento: Ponencia

Número de documento: **0006VG2015**

RED SOLARIMÉTRICA DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL Y SU MANTENIMIENTO

F. Nollas¹, G. Carbajal^{1,2}.

¹ Servicio Meteorológico Nacional. Av. de los Constituyentes 3454. CP. 1417-Capital Federal
Tel. 51676767-18306. e-mail: fnollas@smn.gov.ar

² Pontificia Universidad Católica Argentina, Facultad de Ciencias Fisicomatemática e Ingeniería.
PEPACG. Av. Alicia Moreau de Justo 1300, Edificio San José, Oficina 301. Tel. 4349 0200-7091.

RESUMEN: El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) posee una red solarimétrica distribuida en cinco ubicaciones dentro del Territorio Nacional en la cual mide la radiación solar difusa utilizando aro sombreador y global. Las estaciones cuentan con piranómetros marca Kipp&Zonen modelo CM11 salvo una estación que posee piranómetros marca Eppley modelo PSP. En este trabajo se expone el estado actual de la red, su ubicación y la calibración de la misma que se llevó a cabo utilizando el pirheliómetro de cavidad marca EPPLEY modelo HF con número de serie 30112. Este instrumento es único en la Argentina con trazabilidad al Centro Mundial de Radiación Solar (PMOD/WRC) con sede en Davos- Suiza. Se concluye que el SMN posee actualmente una red con datos confiables y se encuentra en condiciones de calibrar sensores de radiación para la institución que lo requiera.

Palabras clave: radiación solar, red solarimétrica, intercomparación.

INTRODUCCION

La energía solar representa un parámetro de vital importancia para diversas disciplinas y conseguir datos confiables medidos en superficie es realmente un desafío debido a la dificultad que genera conseguir, mantener y calibrar los sensores que los obtienen. En Argentina existen actualmente muy pocas redes de medición de radiación solar debido al alto costo y esfuerzos que ello requiere. Se puede citar la Red Solarimétrica del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la Red Solarimétrica del Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar) y la red administrada por Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF) entre otras.

Se han publicado numerosos estudios que buscan estimar y evaluar el recurso solar del país (Grossi Gallegos 1998 a y b, Grossi Gallegos y Righini 2007 y Raichijk 2013), el cual se utiliza para múltiples aprovechamientos, siendo de los más usuales los agrícolas para estudiar la evapotranspiración y el crecimiento vegetal así como los energéticos mediante la generación eléctrica fotovoltaica y el calentamiento de agua sanitaria. A pesar de que se están realizando enormes esfuerzos para poder contar con datos de radiación (Aristegui y Righini 2012), todos los datos disponibles pueden ser utilizados a fin de estudiar la distribución temporal y espacial con cada vez menor error.

El Servicio Meteorológico Nacional fue una de las primeras instituciones relacionadas con la medición de la radiación solar en el país cuando en el año 1938 se instaló en el Observatorio de Buenos Aires un piranógrafo bimetalico que representó el puntapié para que posteriormente, algunos años después, se instalaran mas de estos instrumentos a lo largo del país completando veinte estaciones (Grossi Gallegos 2004). Luego, en el año 1964 la institución instaló seis piranómetros marca Kipp&Zonen modelo CM5. En la actualidad la Red Solarimétrica del SMN

está compuesta por cinco sitios en los cuales se mide radiación solar global y difusa utilizando piranómetros Kipp&Zonen CM11 y en una estación piranómetros Eppley PSP.

UBICACIÓN Y TIPO DE SENSORES

Hoy por hoy la red solarimétrica del SMN está compuesta por La Quiaca (prov. de Jujuy), Pilar (prov. de Córdoba), Buenos Aires, Puerto San Julián (prov. de Santa Cruz) y Ushuaia (prov. de Tierra del Fuego). Todos los sitios pertenecen al SMN y cuentan con personal capacitado para el mantenimiento de los sensores; siendo sus tareas diarias la limpieza del domo externo y el cambio de silicagel de cada uno de los sensores en caso de ser necesario. A excepción de la VAG de Ushuaia, en cada uno de estos puntos expuestos se cuenta con piranómetros marca Kipp&Zonen modelo CM11, el cual si bien no es el más actualizado de la marca, ha sido ampliamente recomendado para este tipo de medidas. El datalogger utilizado en Puerto San Julián es un Campbell tipo 21X mientras que el adquisidor en el resto de las estaciones es un datalogger de marca Campbell tipo CR10X. Estos están configurados para obtener datos cada diez segundos y calcular un promedio de potencia para el minuto. En Ushuaia los instrumentos utilizados son piranómetros marca Eppley PSP.

Cada uno de los lugares de ésta red atravesó distintos procesos hasta llegar al punto en el que se encuentran hoy. En Buenos Aires las medidas se iniciaron con un piranógrafo para que en el año 1964 se instalaran piranómetros CM5. Posteriormente se instalaron sensores CM11 y cabe aclarar que durante todo este período los datos se obtuvieron de manera horaria. Según los registros existentes entre el año 2010 y 2011 los datos fueron obtenidos integrando cada diez minutos y desde el año 2012 la actualidad se obtiene un promedio minutil. Datos confiables del CM11 están disponibles a partir del 1998 y los mismos fueron analizados en un trabajo (Carbajal et al. 2011). En Pilar se inició de una manera muy parecida a Buenos Aires, teniendo un piranógrafo primero, piranómetros CM5 luego y finalmente piranómetros CM11. Lamentablemente muchos datos se han perdido contando con registros digitales a partir del año 1995 cada quince minutos hasta el 2012 y cada minuto hasta la actualidad.

El Observatorio Heliofísico de La Quiaca sirvió como centro de medición de la constante solar en la década del 20 (Grossi Gallegos 2004) y luego se instaló allí un piranógrafo. De éste observatorio se cuenta con datos digitales a partir de 1996 cada quince minutos y de forma minutil a partir de 2005 a la actualidad. Yendo hacia la Patagonia argentina la estación de Puerto San Julián no tuvo piranógrafo y las mediciones del recurso solar comenzaron allí en el año 1997 con la instalación de piranómetros CM11. Estos registros tienen datos con la irradiancia promedio de quince minutos y minutales a partir de 2005.

La estación más austral se encuentra en Ushuaia, ciudad en la se contaba con datos de un sensor Eppley 8-48 “Black&White” (Grossi Gallegos et al 2006) entre 1986 y 1992. Por otra parte, el SMN instaló allí piranómetros CM11 en el año 1994 y posteriormente, por problemas técnicos, estos fueron intercambiados por piranómetros Eppley PSP. Se cuenta con datos digitales de la estación en los períodos 1994-2001, 2004 y 2005 de manera horaria y desde el 2009 a la actualidad de manera minutil. La figura 1 muestra un mapa donde se ubican las estaciones y observatorios nombrados.

Centralizar una red no es tarea sencilla, de hecho fue la falta de fondos y mantenimiento (entre otras cosas) lo que no permitió que la red solarimétrica argentina, que contaba con 41 estaciones en el año 1985, siguiera funcionando. Si bien los piranómetros CM11 se encuentran instalados desde el año 1995 en algunas estaciones, no se cuenta con el registro completo por diversas causas como

problemas técnicos en sensores o dataloggers, pérdida de información en el cambio de personal, datos incoherentes, etc. La tabla 1 resume la cantidad de meses de datos tanto de radiación global como difusa con los que se cuenta en cada una de las estaciones.



Figura 1. Ubicación geográfica de cada uno de los sitios pertenecientes a la actual Red Solarimétrica del SMN.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
LA QUIACA	6	6	6	8	9	10	9	10	10	10	10	8
PILAR	8	8	9	8	11	10	11	11	9	10	9	8
BUENOS AIRES	18	18	17	18	18	18	16	15	15	14	16	16
PUERTO SAN JULIAN	9	8	9	10	7	5	6	6	6	5	6	5
USHUAIA	14	15	14	13	16	16	15	14	14	14	15	15

Tabla 1. Cantidad de datos disponibles por mes en cada sitio de medición.

A la actual configuración se le sumará a la brevedad una nueva estación piranométrica ubicada en el Observatorio Meteorológico de Mendoza, en donde se espera medir radiación solar global horizontal. El contar con este punto de medición será de suma importancia dados los niveles radiativos de la zona y sus posibles aplicaciones tanto energéticas como en el área de los cultivos vitivinícolas.

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

El SMN está homologado como Centro Regional de Calibración de sensores de radiación por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y cuenta con un pirheliómetro primario marca Eppley Laboratory, modelo AHF con número 30112, el cual es calibrado cada cinco años por el Centro Mundial de Radiación (PMOD/WRC) siendo la última intercomparación al momento en el año 2010 (Reporte de IPC-XI) y en septiembre de 2015 participará de la IPC-XII. Este sensor es el que el SMN utiliza para calibrar tanto sus sensores como los que otras instituciones requieran.

Todos los sensores de la Red Solarimétrica del SMN fueron calibrados entre diciembre de 2014 y febrero de 2015 debido a que las condiciones meteorológicas deben ser idóneas para poder aseverar la confiabilidad en los datos (outdoor) y cabe aclarar que todo el proceso se realizó bajo las normas internacionales ISO 9847 e ISO 9846 utilizando dispositivos diseñados bajo las mismas. En primera instancia se calibraron tres piranómetros mediante el método de tapado-destapado (ISO 9846) para luego utilizar estos sensores como patrones secundarios y calibrar así el resto de los piranómetros (ISO 9847). Para cada sensor se utilizaron al menos tres días de medidas para obtener su capacidad de respuesta R_i y los mismos se ubicaron siempre sobre la misma mesada como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Proceso de tapado y destapado durante la intercomparación de sensores de radiación solar.

Durante la calibración de los piranómetros contra piranómetros todos ellos fueron conectados al mismo datalogger CR10X adquiriendo un valor cada diez segundos y realizando un promedio minatural. Se realizaron entre 14 y 17 series por cada uno de los sensores y, una vez finalizada la calibración de cada uno de ellos, se realizó una validación en la que se comparó la diferencia relativa porcentual entre los valores obtenidos con los sensores utilizando su nuevo factor de calibración y el promedio de los patrones.

Los resultados obtenidos durante la intercomparación se muestran en la tabla 2, donde se expone el número de sensor y los parámetros obtenidos y considerados durante la intercomparación. El factor calculado para cada sensor fue contrastado contra la capacidad de respuesta utilizada anteriormente mostrando que, en los sensores Kipp&Zonen, este parámetro se modificó entre 1,2% y 3,5% mientras que los sensores Eppley PSP de Ushuaia han actualizado su factor en 6,9% y 10,2%, resultado que pone de manifiesto la necesidad de cambiar este tipo de sensores y colocar otros de mejor calidad y con un factor de estabilidad menor a los actuales.

SENSOR	Cap. de Resp Calculada (V/W/m ²) * 10 ⁶	DESVIACION ESTÁNDAR ⁶ (V/W/m ²) * 10 ⁶	Incerteza (V/W/m ²) * 10 ⁶	Capacidad de Respuesta ⁶ Anterior (V/W/m ²) * 10 ⁶
830284	4,90	0,04	0,01	4,96
830287	4,980	0,007	0,002	5,05
955655	5,244	0,009	0,003	5,35
830283	5,61	0,1	0,03	5,73
955658	5,30	0,05	0,01	5,40
830282	5,24	0,05	0,01	5,32
955993	5,12	0,03	0,01	5,26
955992	5,34	0,02	0,01	5,43
955656	5,07	0,05	0,01	5,18
830285	5,03	0,07	0,02	5,18
830286	4,63	0,05	0,01	4,80
30109F3	7,85	0,2	0,04	8,74
30125F3	7,77	0,1	0,03	8,35

Tabla 2. Resultados obtenidos para cada sensor durante la intercomparación de sensores de radiación solar.

Actualmente se está trabajando para conseguir piranómetros Kipp&Zonen tipo CMP11 con el fin de renovar la red Solarimétrica del SMN y expandir la misma a fin de contar con mayores puntos de medición. Se espera también a la brevedad trabajar de manera conjunta con CITEDEF (Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa), institución que posee una Red Solarimétrica distribuida en varias provincias de la Patagonia Argentina.

CONCLUSIONES

De la clase de sensores y su calibración utilizando el pirheliómetro patrón se concluye que la Red Solarimétrica del SMN posee datos de radiación de calidad y, si bien no se cuenta con todas las

series completas desde su instalación, existen muchos años de datos que podrían ser utilizados para distintos estudios así como para aumentar la cantidad de datos utilizando parámetros disponibles. También el pirheliómetro patrón utilizado para las intercomparaciones posee trazabilidad respecto al PMOD/WRC por lo que el SMN se encuentra en condiciones de realizar calibraciones tanto a pirheliómetros como piranómetros.

REFERENCIAS

- Aristegui R., Righini R. (2012). Discusión sobre el proceso de selección de sitios apropiados para la ubicación de estaciones de una futura red solarimétrica nacional. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 16. (ISSN 0329-5184) 11.39-11.46
- Carbajal Benítez G. Barlasina M. E. Copes G, Cupeiro M, Sánchez R y Demasi M. “Registros y algunos aspectos de la radiación solar estacional en la Ciudad de Buenos Aires”. *International Center of Earth Science (ICES)*, ISBN 978-987-1323-24-1 y ISBN 978-987-1323-27-2.
- Grossi Gallegos, H. (1998a), Distribución de la radiación solar global en la República Argentina. I. Análisis de la información. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 4, 119-123.
- Grossi Gallegos, H. (1998b), Distribución de la radiación solar global en la República Argentina. II. Cartas de radiación. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 5, 33-42.
- Grossi Gallegos (2004) *Notas sobre radiación solar*, Luján, Buenos Aires, 225 páginas (ISBN 9879285-19-0).
- Grossi Gallegos H., Roberti A., y Sierra V. (2006). Análisis de los datos de radiación solar disponibles en Ushuaia, Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. (ISSN 0329-5184) Vol. 10. 11.09-11.14
- Grossi Gallegos, H. y Righini, R. (2007) “Atlas de energía solar de la República Argentina. Publicado por la Universidad Nacional de Luján y la Secretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires, Argentina, 74 páginas + 1 CD-ROM, (ISBN 978-987-9285-36-7).
- Raichijk C. (2013). Cartas de radiación solar directa normal para la pampa húmeda argentina. *Acta de la XXXVI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 1, pp. 11.47-11.53. ISBN 978-987-29873-0-5.

ABSTRACT

The National Meteorological Service (SMN) owns a solarimetric network distributed around five locations within the national territory, where global and diffuse solar radiation are measured using for the last one a shadow band. Different pyranometers are installed at the stations, four of them are from Kipp&Zonen company, model CM11, and the last one is an Eppley, model PSP. This work shows the actual state of the network, its location and the calibration made using a cavity pyrhelimeter (Eppley, model HF, serial number 30112). This is a unique instrument in Argentina that has trazability with the World Solar Radiation Center (PMOD/WRC) placed at Davos, Suiza. We conclude that the SMN has at the present a solar radiation network with reliable data and the right conditions to calibrate radiation instruments for any organization which requires it.